

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Левина Ольга Александровна

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТОВАРНОГО ОСЕТРОВОДСТВА**

06.02.10 – частная зоотехния, технология производства продуктов
животноводства

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
заслуженный работник
рыбного хозяйства
профессор Пономарев С.В.

АСТРАХАНЬ - 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1 Обзор литературы	9
1.1 Современные технологии индустриальной аквакультуры	9
1.2 Роль биологически активных веществ в рыбоводном процессе	12
1.3 Селен, как фактор антиоксидантной защиты в технологиях аквакультуры	21
1.4 Биологическая роль хлорида натрия, как основного компонента морской среды	28
2. Методология и методы исследования	32
2.1 Условия проведения экспериментов	33
2.2 Методы изучения размерно-массовых показателей рыб	35
2.3 Методы оценки физиологического состояния рыб	36
3 Результаты исследований	42
3.1 Влияние солености на рост и физиологическое состояние осетровых рыб	42
3.1.1 Выращивание молоди русского осетра при моделировании условий замкнутого водоснабжения	44
3.1.2 Адаптационные возможности гибридов осетровых рыб (стерлядь×белуга, русский осетр×ленский осетр) при выращивании в системе замкнутого водообеспечения	52
3.1.3 Экономическая эффективность выращивания осетровых рыб при солоноватоводном режиме в условиях установки замкнутого водообеспечения	60
3.2 Применение Е-селена в технологии выращивания осетровых рыб	62
3.2.1 Эффективность витаминно-минерального препарата Е-селен при выращивании осетровых рыб	63
3.2.2 Физиологическое состояние рыб, выращенных на комбикорме с	

добавлением Е-селена	66
3.2.3 Морфофункциональное состояние печени и половых желез осетровых рыб при высоком уровне Е-селена в корме	71
3.2.4 Антиоксидантные свойства витаминно-минеральной добавки Е-селен в корме для осетровых рыб	78
3.2.5 Биологическая эффективность комплексного использования Е-селена и пробиотического препарата «Бацелл»	83
3.2.6 Экономическая эффективность применения витаминно-минерального препарата Е-селен в комбикорме для осетровых рыб	89
3.3 Научно-производственная оценка проведенных исследований	91
Заключение	95
Выводы	102
Практические рекомендации	104
Перспективы дальнейшей разработки темы	104
Список сокращений и условных обозначений	105
Библиографический список	105
Приложения	130

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В настоящее время, развитие хозяйств аквакультуры является одним из важных направлений агропромышленного сектора, которое позволяет обеспечить население продукцией водных биоресурсов.

Многочисленные исследования и производственный опыт показывают, что выращивание рыб, в том числе и осетровых, в ограниченных объёмах пресной воды с применением полнорационных сухих кормов в определённой степени может изменять их функциональное состояние. Повысить резистентность, укрепить иммунитет, нормализовать микрофлору организма и снизить кормовые затраты позволяет использование пробиотических препаратов.

Особое значение для нормального роста и развития проходных видов рыб имеет солёность воды в рыбоводных емкостях, а также наличие в составе кормов витаминов, макро- и микроэлементов, которыми богата морская вода и кормовые организмы. Дефицит или дисбаланс этих веществ в рационе рыб приводит к характерным нарушениям в обменных процессах, способствуя снижению темпа роста и эффективности производства деликатесной продукции.

В связи с этим, проблему совершенствования технологии производства товарной осетровой продукции при максимальной реализации генетического потенциала роста культивируемых рыб возможно решить, приблизив искусственно созданные условия выращивания к естественным биологическим потребностям организма. Это особенно актуально в контексте совершенствования методов товарного рыбоводства в системах замкнутого водоснабжения.

Степень ее разработанности. Многолетние исследования гидрохимического режима естественной среды обитания осетровых рыб позволили установить оптимальные параметры температурного и кислородного режимов в системах оборотного водоснабжения. Значительная часть исследований посвящена изучению предела солеустойчивости молоди и производителей осетровых рыб, отловленных из естественной среды обитания.

Установлено, что каждый вид осетровых рыб имеет свой солевой оптимум, в пределах которого наиболее эффективно функционирует их обмен веществ и повышается уровень жизнеспособности. Такие исследования проводили: Ю.В. Наточин, В.И. Лукьяненко, Л.С. Краюшкина, Г.Ф. Металлов, Н.С. Строганов, А.Д. Гершанович, Н.Ш. Нинуа, А.А. Кокоза и др. Однако, оптимальная солёность воды для замкнутых систем, при товарном выращивании осетровых рыб, не определена.

Вопросами сбалансированного и рационального кормления рыб в разное время занимались: И.Н. Остроумова, А.Н. Канидьев, В.Я. Склярлов, Е.А. Гамыгин, А.М. Щербина, С.В. Пономарев, Н.А. Абросимова, Е.Н. Пономарева, А.А. Васильев, А.А. Бахарева, Е.П. Мирошникова, В.В. Мунгин, Ю.Н. Грозеску, Ю.А. Гусева и многие другие. Однако, до сих пор в литературе отсутствуют данные об оптимальном рационе различных видов осетровых рыб для выращивания в солоноватоводных условиях, в частности, не изучено влияние комплекса витамина Е и селена, бактериального препарата «Бацелл» на обмен веществ и темп роста осетровых в условиях индустриального производства.

Цель и задачи исследования. Цель работы – повышение рентабельности производства продукции товарного осетроводства.

Поставленная цель определила решение следующих задач:

- определить оптимальную степень солёности водной среды и ее эффективность при выращивании молоди русского осетра в условиях установки замкнутого водообеспечения;
- изучить показатели интенсивности роста гибридов осетровых рыб при солоноватоводном режиме;
- изучить влияние доз введения витаминно-минерального препарата Е-селен при выращивании осетровых рыб;
- проанализировать эффективность использования антиоксидантных свойств препарата Е-селен для увеличения срока хранения комбикорма;
- оценить продуктивность осетровых рыб при комплексном использовании Е-селена и пробиотического препарата «Бацелл» в комбикорме;
- провести научно-производственную оценку проведенных исследований.

Научная новизна. Впервые определена оптимальная степень солености водной среды при выращивании молоди русского осетра в установке замкнутого водообеспечения. Установлено, что оптимальная соленость водной среды стимулирует интенсивность роста рыб и не оказывает негативного влияния на работу биологического фильтра. Впервые изучены адаптивные возможности и продуктивность молоди гибридов осетровых рыб при оптимальном солоноватоводном режиме.

Определена оптимальная доза введения витаминно-минерального препарата Е-селен в рационе осетровых рыб и установлена эффективность использования антиоксидантных свойств Е-селена для улучшения качественных показателей корма и увеличения продуктивности. Доказана эффективность комплексного использования витаминно-минеральной добавки Е-селен и пробиотического препарата «Бацелл» в составе корма для осетровых рыб.

В результате проведенных исследований усовершенствована технология получения товарной осетровой продукции за счет использования оптимального солоноватоводного режима, антиоксидантных свойств витаминно-минерального препарата Е-селен и комплексного использования Е-селена и пробиотического препарата «Бацелл».

Теоретическая и практическая значимость. Изучение биологических и хозяйственных особенностей осетровых рыб при различной солености водной среды позволило рекомендовать оптимальную соленость водной среды для системы замкнутого водообеспечения, способствующую максимальной реализации генетического потенциала и увеличению продуктивности осетровых рыб в 2,0 раза. Теоретически обосновано выращивание осетровых рыб и их гибридов при оптимальном солоноватоводном режиме (5 ‰).

Установлена норма ввода Е-селена в корм для осетровых рыб, повышающая эффективность выращивания на 9,0 %. Изучены антиоксидантные свойства препарата Е-селен и доказано его положительное влияние на качественные показатели корма и продуктивность осетровых рыб. Получены результаты комплексного использования витаминно-минерального препарата Е-

селен и пробиотического препарата «Бацелл» в составе полнорационного сухого корма для осетровых рыб.

Исследования выполнялись с 2011 г. по 2016 г. в рамках федеральной целевой программы ФГБНУ ЮНЦ РАН «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России». Результаты научных исследований прошли производственную проверку на рыбоводных предприятиях Астраханской и Ростовской областей.

Методология и методы исследований. На основе поставленной цели была разработана схема экспериментальных работ. Комплексную оценку роста и развития исследуемой рыбы проводили на основе анализа размерно-массовых, гематологических и некоторых биохимических показателей, и гистологических материалов. Регулярно проводили мониторинг термического и гидрохимического режимов в рыбоводных емкостях.

Работа выполнялась в аквариальном комплексе научно-экспедиционной базы Южного научного центра РАН (Ростовская обл.), в инновационном центре «Биоаквапарк - научно технический центр аквакультуры» (г. Астрахань), рыбоводном предприятии ООО «Аква-Новатор» (Астраханская обл.), ООО ИНТП «ИНТОС» (Ростовская обл.).

Положения, выносимые на защиту:

- выращивание осетровых рыб при солоноватоводном режиме позволяет увеличить интенсивность роста и продуктивность;
- введение в продукционные корма для осетровых рыб витаминно-минерального препарата Е-селен в концентрации 0,6 мл/кг корма оказывает положительное влияние на интенсивность метаболических процессов;
- комплексное использование Е-селена и бактериального препарата «Бацелл» способствует повышению конвертируемости корма и увеличению продуктивности осетровых рыб.

Степень достоверности и апробация результатов. Комплексные исследования проводили на осетровых хозяйствах Астраханской и Ростовской областях с использованием стандартных методик, принятых в рыбоводстве, с последующей статистической обработкой полученных результатов. Данные

гематологического и биохимического анализа получены с использованием современных методов на сертифицированном оборудовании в аккредитованных лабораториях.

Основные результаты исследований, изложенные в диссертационной работе и докладывались на Ежегодных конференциях студентов и аспирантов базовых кафедр Южного научного центра РАН (г. Ростов-на-Дону, 2011-2015 гг.), 2-й международной научной конференции «Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб» (Санкт-Петербург, 2013), международной научной конференции «Рациональное использование и сохранение водных биоресурсов» (г. Ростов-на-Дону, 2014), международной конференции «Актуальные вопросы рыбного хозяйства и аквакультуры бассейнов южных морей России» (г. Ростов-на-Дону, 2014), международной научно-практической конференции «Сохранение биологических ресурсов Каспия» (г. Астрахань, 2014), международной научно-технической конференции «Современные проблемы и тенденции инновационного развития рыбохозяйственного комплекса: взгляд молодых» (г. Владивосток, 2015), всероссийском научно-практическом форуме молодых ученых «Методы изучения водных экосистем - 2016» (г. Севастополь, 2016), международной научно-практической конференции «Состояние и пути развития аквакультуры Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны» (г. Саратов, 2016).

Публикации. Материалы исследований изложены в 15 научных работах, в том числе 4 в журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 134 страницах компьютерного текста, состоит из введения, результатов исследований, заключения с выводами, практическими рекомендациями и приложениями, содержит 24 рисунка и 35 таблиц. Библиографический список включает работы 182 отечественных и 39 зарубежных авторов.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Современные технологии индустриальной аквакультуры

В условиях, когда уловы океанической рыбы и других морепродуктов сокращаются, а рыбные запасы внутренних водоемов находятся в критическом состоянии и поддерживаются в основном за счет искусственного воспроизводства, единственным надежным источником увеличения объемов пищевой рыбопродукции является аквакультура, которая ежегодно набирает высокие темпы и составляет уже 44,0 % от общего объема производства рыбной продукции в мире (Состояние мирового рыболовства ..., 2014; Г.Г. Матишов, Е.Н. Пономарева 2014).

Одно из направлений аквакультуры - рыбоводные предприятия индустриального типа. Выращивание рыбы в прудах, садках и бассейнах позволяет повысить рыбопродуктивность с единицы площади водоема, рационально использовать земельные и водные ресурсы, уменьшить сезонность производства, повысить степень механизации и автоматизации производственных процессов.

Все большее развитие получает индустриальное разведение осетровых рыб, основанное на интенсивных методах выращивания, позволяющее управлять не только параметрами водной среды и режимом кормления, но и осуществлять контроль и коррекцию физиологического состояния культивируемых объектов. В России данное направление осетроводства интенсивно развивается в тепловодных хозяйствах при ТЭС, ГРЭС и АЭС. Круглогодичное поддержание оптимальной температуры позволяет повысить эффективность производства в 2,0 -2,5 раза, в сравнении с использованием водоисточников с естественной температурой воды (А.Ю. Киселев, 1997; В.В. Кривошеин, 2006).

В настоящее время в товарном осетроводстве все более значимое место занимает технология получения товарной продукции в условиях замкнутого водоснабжения (УЗВ), которая является базовой инновацией в области

аквакультуры. На основе уже запатентованных УЗВ разрабатываются новые комплексы на качественно новом организационно-технологическом и экономическом уровнях.

Использование УЗВ позволяет достичь полной независимости производственного процесса от природно-климатических условий, тем самым расширить географию аквакультуры, проводить ранний искусственный нерест, моделировать условия, приближенные к естественным морским и пресноводным водоемам, и производить экологически чистую осетровую продукцию во всех климатических зонах мира (А.В. Жигин, 2003).

Кроме того, использование крупного посадочного материала, выращенного в УЗВ, кардинально меняет производственный процесс и продолжительность товарного выращивания гидробионтов в прудах, садках или бассейнах. Это позволяет сократить время выращивания товарной рыбы (в среднем на один год) и одновременно увеличить продуктивность водоемов.

Изменение сроков выращивания товарной продукции позволяет дополнительно высвободить площадь рыбохозяйственных водоемов (выростных и зимовальных прудов, садков, бассейнов) и использовать ее для производства дополнительной товарной продукции (А.В. Жигин, Н.В. Изотова, 2015).

За рубежом (Япония, США, Нидерланды, Германии, Франция, Норвегия, Ирландия, Шотландия, Израиль, Румыния, Индия, Китай и многие другие страны) большое внимание уделяется использованию замкнутых систем водоснабжения. При этом циркуляционные установки (УЗВ) используют как в пресноводной аквакультуре, так и в марикультуре для выращивания дорады, лаврака, кефали, бычков и др. (Н.В. Мовсесова, А.В. Жигин, 2011).

В России так же накоплен богатый опыт в области разработки и эксплуатации замкнутых систем водоснабжения. Тем не менее, выращивание гидробионтов в УЗВ в нашей стране незначительно. Становление промышленной аквакультуры в замкнутых системах идет в основном по пути создания пресноводных установок. В последнее время популярным и перспективным

направлением является аквапоника - выращивание в системах оборотного водоснабжения дополнительно продукции растениеводства.

Перспективным направлением является и создание морских УЗВ. В конце 20-го века отечественными специалистами (Н.И. Куликова и др., 1984; Т.М. Аронович, 1985; А.В. Чепурнов и др., 1985) разрабатывались методы искусственного воспроизводства морских гидробионтов: камбалы калкана, бычка-кругляка, кефали, камчатского краба и других видов. Специалистами ВНИРО и ВНИИПРХ проводились исследования технологических особенностей (эффективность механической и биологической очистки воды) при использовании морской воды в рыбоводных установках. В конце 20-го века создана первая промышленная рециркуляционная установка с морской водой (Г.В. Верещагин, 1990; П.В. Шекк и др., 1991; А.Ю. Киселев, 1997).

Отличительной особенностью создания морских УЗВ является более высокий технологический уровень подобных систем. Сложность в том, что соленость воды оказывает воздействие на все абиотические факторы среды. В сравнении с пресноводной установкой отмечается более низкий уровень кислорода (на 20,0 - 27,0 %) и низкая токсичность нитритов, при этом увеличивается токсичность нитратов. Кроме того, слабощелочная реакция среды в морской воде ($\text{pH} = 8,1 - 8,7$ ед.) не благоприятна для развития и жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий, для которой оптимальным показателем является $\text{pH} = 6,5 - 7,5$ ед. Для предотвращения негативного влияния солености на биофильтр требуется постепенный переход его работы с условий пресной воды в условия морской (или обратно). Повышенный водородный показатель и соленая вода (более 10 - 12 %) требуют времени для адаптации нитрифицирующих бактерий к работе в новых условиях. В морской УЗВ созревание биофильтра при 20 °С длится от 2 месяцев (по органическим загрязнениям) до 3 месяцев (по соединениям азота). Для сравнения, в пресноводных системах созревание биофильтра происходит в течение 20 – 25 суток.

Очистка оборотной воды от нитратов и фосфатов происходит за счет частичной подмены воды в системе, а также за счет использования макроводорослей, произрастающих в сходных, с культивируемыми объектами, условиях обитания (С. Спотт, 1983; А.В. Жигин, Д.В. Дементьев, 2016). Надежность работы установки с соленой водой обеспечивается за счет использования материалов с повышенной коррозионной устойчивостью для изготовления блоков системы.

Несмотря на богатый литературный материал, описывающий научный и производственный опыт аквакультуры: рыбоводно-биологические нормативы, бизнес-планы, проектные решения по строительству УЗВ различной мощности и направленности (И.А. Бурцев и др., 1984; И.И. Смольянов, 1987; Т.Г. Петрова и др., 1991; А.Ю. Киселев, 1997; А. Steven, 2001; И.И. Стадольский, М.А. Вдовченко, 2002; М.С. Чебанов и др., 2004; Л.М. Васильева и др., 2006; Е.А. Мельченков, 2006; А.А. Иванов и др., 2008; М.А. Щербина и др., 2008; Я. Брайнбалле, 2010; М.С. Чебанов, Е.В. Галич, 2011; А.В. Жигин, 2011; Р. Кольман, Б. Здановски, 2013; А.В. Жигин, Д.В. Дементьев, 2015 и др.), необходимость увеличения производства рыбохозяйственной продукции высокого качества ставит перед рыбоводами ряд новых проблем, требующих своего научного решения. Научно исследовательскими институтами разрабатываются новые инновационные и совершенствуются уже существующие экологически безопасные биотехнологии, ориентированные на повышение рентабельности производства и сохранения качества рыбоводной продукции без ущерба для потребителя.

1.2 Роль биологически активных веществ в рыбоводном процессе

Разработанные технологии выращивания рыбы в искусственных экосистемах (УЗВ) руководствуются принципом максимального приближения созданных условий к естественным биологическим потребностям культивируемых объектов. В основе знаний о физиологии и биохимии питания

заложены возможности повышения эффективности всех рыбоводных процессов: быстрый темп роста при минимальных затратах на корма и наименьшем загрязнении воды, повышение качества производителей и их потомства, снижение себестоимости товарной продукции и т.д.

Отечественными учеными разработаны и совершенствуются рецептуры комбинированных кормов, которые отвечают биологическим потребностям рыб (В.Я. Скляр и др., 1984; М.А. Щербина и др., 1985; Е.А. Гамыгин и др. 1990, 2004; С.В. Пономарев, Е.Н. Пономарева, 2003 а, б; Н.А. Абросимова и др. 2005; М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин, 2006; Г.Г. Матишов и др., 2007; А.А. Васильев и др., 2011; И.Н. Остроумова, 2012; Е.П. Мирошникова и др., 2014; В.В. Мунгин и др., 2016; Ю.А. Гусева и др., 2016 и др.).

Тем не менее, искусственные условия выращивания (ограниченное пространство, малая двигательная активность, отсутствие поиска пищи, однообразная пища и т.д.) не способствуют получению полноценной в физиологическом отношении молодежи. Низкий иммунофизиологический статус рыб приводит к снижению резистентности культивируемых объектов. Нарушения технологии выращивания способствует стрессу, задержке роста, нарушению репродуктивного процесса, заражению инфекционными и инвазионными заболеваниями, отравлениями нитратами, тяжелыми металлами и микотоксинами.

В таких условиях для улучшения функционального состояния рыб и повышения ценности искусственных кормов используют биологически активные регуляторы. На данный момент известно достаточно большое количество веществ различной химической природы, обладающих биологически активными свойствами. Это и вещества, синтезируемые непосредственно организмом (гормоны, ферменты, некоторые витамины, пептиды), и вещества, получаемые извне (витамины, макро- и микроэлементы, фитогормоны, биолины и др.). В связи с этим, одним из направлений современного кормопроизводства является поиск препаратов, повышающих неспецифическую резистентность рыб.

Кроме того, важным направлением в корректировке дефицита аминокислот и витаминов при исследовании соответствующего биологически-активного

препарата является разработка схем инъектирования, которая позволяет повысить репродуктивные качества производителей и положительно отразиться на выживаемости молоди (М.М. Шахмурзов и др., 2002).

Из всего многообразия биологически активных веществ, которые есть на данный момент, в аквакультуре применяют олигонуклеотиды, стероидные гормоны, нейропептидные комплексы, ферменты, гормоны щитовидной железы, витамины, микроэлементы, бактерии, глюканы, животные экстракты и полипептиды (М. Galeotti, 1998; Л.М. Мирзоева, 1999; М. Sacai, 1999; С. Владовская, 2000).

Гормоны щитовидной железы и стероиды стимулируя рост рыб сокращают затраты корма, вследствие чего снижается себестоимость выращиваемой рыбы (Т.И. Lam, 1982; D.A. Higgs et al., 1982; А.Н. Канидьев, Е.А. Гамыгин, 1986; В.В. Дума, 1986; А.С. Ващенко, В.В. Дума, 1986; В.А. Хрипач и др., 1993).

Брассиностероиды защищают животных, в том числе и рыб, от неблагоприятных экологических условий (Л.В. Витвицкая, Б. Абтахи, 1996; V.A. Khripach et al., 1997).

Нейропептидные препараты так же оказывают положительное влияние на процесс онтогенеза рыб, оказывая воздействие на водно-солевой и энергетический обмен, функцию эндокринных желез, иммунную систему, рост и размножение клеток различных тканей (В.Е. Клуша, 1984; R.L. Moss, С.А. Dudley, 1984).

На фоне высоких плотностей посадки и нарушений оптимальных гидрохимических условий, при выращивании рыб в садках или бассейнах, могут наблюдаться явления, связанные с витаминной недостаточностью. Это приводит к снижению пищевой активности, скорости роста и развитию алиментарных заболеваний: деформация позвоночника и жаберной крышки (В.П. Петренко, 1985; С.В. Пономарев, 2005).

В последние десятилетия наметилась тенденция увеличения уровня витаминов в кормах, особенно для молоди и производителей. Среди многочисленной группы жирорастворимых витаминов (А, Д, К, Е) исключительно

важную роль в стабилизации физиологического состояния рыб играет витамин Е (токоферол) - природный антиоксидант, который инактивирует процессы окисления полиненасыщенных жирных кислот, стабилизируя клеточные мембраны, а так же играет важную роль в процессах синтеза ДНК, белков, углеводов и липидов. Наибольшей биологической активностью обладает α -токоферол (Витамины ... , 1974; S.O. Hung et al., 1981; C.V. Cowey, 1983).

Потребность в витамине Е у рыб колеблется от 20,0 -100,0 мг/кг корма (осетровые, лососевые) до 50,0 -500,0 мг/кг корма (форель, карп, канальный сом) (И.Н. Остроумова, 2012). При дефиците витамина Е повышается проницаемость и ломкость капилляров, снижается устойчивость эритроцитов, нарушается синтез гемсодержащих ферментов и целостность мембран, в связи с увеличением содержания продуктов окисления ненасыщенных кислот (W. Steffens, 1985). Кроме того, наблюдается некроз печени и изменения в почках. Недостаток витамина способствует накоплению в организме рыб перекисей, что наносит ущерб органам секреции, экскреции и воспроизводства (G. Brubacher, 1966; O.A. Roels, 1967; Н.Г. Емелина, 1970; T. Watanabe et al., 1977; Ж.И. Абрамова, Г.И. Оксенгендлер, 1985).

Эффективным способом стабилизации физиологического состояния выращиваемых рыб и обеспечение их потребности в витамине Е является введение этого компонента в рецептуру корма. Для осетровых рыб такой нормой принято считать 50,0 мг/кг корма. Это позволяет значительно улучшить физиологическое состояние рыб и повысить темп роста (С.В. Пономарев и др., 2000; А.А. Бахарева, Ю.Н. Грозеску, 2013). Для радужной форели рекомендуют норму 200,0 мг/кг корма, что способствует повышению продуктивного действия промышленных комбикормов и устранению в них дисбаланса жирных кислот.

Использование α -токоферола в комплексе с другим антиоксидантом, в частности с аскорбиновой кислотой, в виде инъекций производителям осетровых в преднерестовый период способствует улучшению рыбоводно-биологических показателей этих рыб. Так, инъектирование самок русского осетра этими препаратами позволяет уменьшить стрессовую нагрузку, повысить скорость

созревания и процент созревших рыб, увеличить оплодотворяемость икры и улучшить качество потомства (Е.Н. Пономарева, М.Н. Сорокина, 2004).

Отмечено, что потребность в витамине Е находится в зависимости от температуры (снижение приводит к увеличению потребности в витамине) и содержания липидов в рационе. Концентрацию витамина Е при 15,0 % липидов в корме рекомендуется поддерживать на уровне 100,0 мг/кг корма (С.В. Cowey et al., 1983; Н.Т. Сергеева, 1998). При этом от количества полиненасыщенных жирных кислот в корме напрямую зависит потребность в витамине Е и селене (R.T. Lovell, 1996; К. Hamre, 2011).

Введение каротиновых добавок в корма снижает затраты концентрированных кормов на 10,0 – 12,0 %, положительно влияет на уровень гемоглобина и общего белка в сыворотке крови, оказывает ростостимулирующее и иммуностимулирующее воздействие, что исследовалось О.А. Корабельниковой (2005) и П.П. Головиным с соавторами (2008). Каротиноидные препараты «Витатон» и «НейчаРоуз» способствовали повышению неспецифической резистентности организма при инфекционных процессах. Увеличился темп роста и выживаемость, а углеводный (глюкоза) и белковый обмен (общий сывороточный белок) поддерживались на высоком уровне. Результаты применения нуклеотидного препарата (иммуномодулятора) «Намивит» при выращивании молоди ленского осетра свидетельствовали о положительном влиянии на динамику белка в сыворотке крови, что так же способствовало устойчивости рыб к стрессам, помогая скорректировать защитную реакцию организма.

К водорастворимым витаминам, которые способствуют нормальному росту и развитию рыб, относят витамины группы В (тиамин (В₁), рибофлавин (В₂), пантотеновая кислота (В₃), холин (В₄), никотиновая кислота (В₅/РР), пиридоксин (В₆), биотин (В₇/Н), миоинозит (В₈), фолиевая кислота (В₉), цианкобаламин (В₁₂)), которые оказывают катализирующее действие на реакции метаболизма рыб.

Эти витамины поддерживают работу нервной системы, участвуют в синтезе стероидных гормонов и гемоглобина, поддерживают тканевое дыхание и

окислительно-восстановительные процессы (Витамины ... , 1974; В.Я.Скляров и др., 1984; А.И. Глубоков, 1988; Д.С. Скрипник, 1995; В.Г. Ребров, О.А. Громова, 2003; И.Н. Остроумова, 2012). Кроме того, отмечено их воздействие на конечные этапы гаметогенеза. Инъекции раствора тиамин (В₁) внутривентриально текучим самкам снижают смертность потомства (P. Amcoff, 2000).

При подготовке производителей осетровых к нересту с использованием цианокобаламина (50,0 мкг/кг массы тела) отмечается улучшение физиологических и рыбоводно-биологических показателей. Цианокобаламин при обработке икры (1,0 мг/л) перед закладкой на инкубацию способствует получению физиологически полноценной молоди (М.Н. Сорокина и др., 2005; Е.Н. Пономарева и др., 2008).

Отдельно выделяют потребность в витамине С (аскорбиновая кислота), который необходим для нормального роста и жизнедеятельности. В зависимости от вида рыб потребность в витамине С колеблется от 30,0 -100,0 мг/кг корма (карап) до 1000,0 мг/кг корма (осетровые) (С.В. Пономарев, Е.Н. Пономарева, 2003а; И.Н. Остроумова, 2012). При этом отмечено, что на фоне стрессов и патологического состояния увеличивается и потребность в витамине.

Дефицит витамина С отрицательно сказывается на иммунитете, общем физиологическом состоянии организма (снижение аппетита, скорости роста, повышение смертности, снижение гематокрита) и может провоцировать алиментарные заболевания, деформации позвоночника (лордоз, сколиоз, «синдром сломанной спины»), кровоизлияния во внутренние органы и глаза, анемию, а так же патологии, связанные с нарушением синтеза коллагена (W. Steffens, 1974; C. Lim, R.T. Lovell, 1978; P. Mazik et al., 1987; J.W.Hilton, 1989).

Обогащение рациона рыб витамином С оказывает положительное влияние на такие жизненные этапы как вителлогенез и оплодотворение икры. Отмечается увеличение выживаемости эмбрионов и личинок, повышение жизнестойкости в условиях гипоксии, повышенных плотностях посадки и длительной транспортировки (R. Waagbo e tal., 1989; Е.Н. Пономарева, М.Н. Сорокина, 2004). Изучена эффективность витамина С, как лечебного средства при регенерации

поврежденных кожных покровов осетровых рыб. В состав поливитаминного премикса аскорбиновую кислоту рекомендуют вводить из расчета 100,0 г/кг корма (С.В. Пономарев и др., 2000).

Инъекцирование производителей витаминами С и Е в комплексе с цианкобаламином способствует улучшению размерно-массовых и физиологических показателей, снижению стрессовой нагрузки и повышению скорости созревания, увеличению оплодотворяемости икры и повышению качества выращиваемой молоди (Е.Н. Пономарева и др., 2008).

В условиях аквакультуры для восполнения потребности рыб в витаминах, их включают в рецептуру комбикормов в составе премиксов. Однако, технологические особенности процесса изготовления (гранулирование, экструдирование), транспортировки и хранения комбикормов (температурный режим, влажность, освещение) могут приводить к процессу перекисного окисления липидов (ПОЛ), который разрушает витамины. В связи с этим, модернизируются технологические процессы (введение основного компонента после экструзии, применение экспандирования) и разрабатываются стабилизированные формы витаминов, дополнительно вводятся макро- и микроэлементы, которые ингибируют процессы перекисного окисления.

Одним из таких макроэлементов является селен (Se), который участвует в процессе регуляции реакций свободно-радикального (перекисного) окисления (СРО) липидов и является важным компонентом в системе антиоксидантной защиты организма.

Результаты исследования влияния небольших концентраций этого микроэлемента при введении в рацион белого амура свидетельствуют об увеличении интенсивности роста и ферментативной активности в слизистой оболочке кишечника рыб (Д.А. Бедняков и др., 2009). Селен участвует в процессах тканевого дыхания, повышает иммунитет, препятствует накоплению ядовитых соединений в организме, защищает клетки от вредного влияния свободных радикалов, способствует повышению общей резистентности организма и снижению смертности (И.А. Галатдинова и др., 2015). Это важный компонент в

метаболизме йода - незаменимого для гормонов щитовидной железы (тироксин, трийодтиронин). Кроме того, селен, как синергист витамина Е, опосредованно влияет и на устойчивость эритроцитов, снижая вероятность их гемолиза.

В естественных условиях необходимое количество макро- и микроэлементов рыбы получают из воды и естественной кормовой базы. При этом у морских рыб неорганические ионы активно абсорбируются эпителием кишечника, откуда поступают в печень и доносятся в артериальную кровь, в отличие от пресноводных рыб, у которых ионы поступают в кровоток сразу после абсорбции через жабры. Однако, при выращивании в бедной минеральными веществами воде, потребность в микроэлементах восполняется только через комбикорма, в состав которых входят как премиксы, так и отдельные минеральные соединения.

В исследованиях А.Н. Неваленного (2003) и Д.А. Беднякова (2010, 2011, 2014) доказано, что ионы металлов, входящие в состав витаминно-минеральных премиксов в комбикормах, так же могут выступать в качестве модификаторов пищеварительных и транспортных процессов у рыб

Взаимосвязь активности ферментов и экологии питания подтверждается многочисленными исследованиями, посвященными изучению пищеварительных ферментов рыб (И.Л. Голованова, 1997; В.В. Кузьмина, И.Л. Голованова, 1997; В.В. Кузьмина и др., 1999; В.В. Кузьмина, 2010; А.А. Филипов, И.Л. Голованова, 2010). При этом, непосредственный контакт пищеварительного тракта рыб с внешней средой позволяет рассматривать его содержимое, как часть окружающей среды.

Таким образом, солевой состав воды является одним из основных экологических факторов, оказывающих косвенное и прямое воздействие на жизнь рыб: влияние на пищеварительную систему и активность ферментов, осуществляющих процессы пищеварения.

Поддержание оптимального физиологического состояния культивируемых видов зависит от состояния микрофлоры пищеварительного тракта, которая стимулирует расщепление всех питательных веществ корма, способствует синтезу

жизненно необходимых соединений и выполняет барьерную функцию (А.М. Уголев, В.В. Кузьмина, 1993; В.В. Кузьмина, 2005). Для поддержания микрофлоры пищеварительного тракта, повышения общей резистентности к патогенным микроорганизмам водной среды и улучшению физиологического состояния используют пробиотические препараты.

Несмотря на большой выбор пробиотиков разрешенных к применению в сельском хозяйстве, различных по составу, качеству и фармакологической направленности действия, в аквакультуре используется незначительное их количество. Прежде всего, это связано с отличием биохимического статуса пойкилотермных животных от гомойотермных рыб. Неэффективным считается применение в аквакультуре препаратов на основе бифидо- и лактокультур, выделенных от теплокровных животных. Положительные результаты дает использование пробиотиков на основе бактерий *Bacillus subtilis* при культивировании рыб (Н. Sugita et.al., 1998) и креветок (S. Rengpipat et.al., 1998; R. Geovanny et.al., 2008).

Многочисленные исследования по применению пробиотиков в аквакультуре свидетельствуют об их положительном влиянии на физиологическое состояние рыб (И.В. Бурлаченко и др., 2002; Е.А. Шульга и др., 2009; Р.А. Руденко и др., 2009; Ю.Н. Грозеску и др., 2009; Л.И. Бычкова, Л.Н. Юхименко, 2014; И.В. Моружи и др., 2014; Н.А. Юрина, Е.А. Максим, 2015). Это проявляется в укреплении естественных защитных механизмов организма, нормализации нарушенного искусственным кормлением микробиального равновесия в организме и предупреждению возможности массового заболевания рыб (Y.S. Yeong, 2008; M.M. El-Ezabi et. al., 2011; X. Аламдари, С.В. Пономарев, 2013). В исследованиях по применению пробиотика на основе спорообразующих (*Bacillus subtilis*) и молочнокислых (*Lactobacillus acidophilus*) бактерий («Бацелл») на сеголетках карпа (А.Е. Чиков и др., 2014), отмечается повышение уровня протеина, жира и золы в теле. Кроме того, применение пробиотических препаратов способствует снижению кормовых затрат, увеличению темпа роста и повышению выживаемости.

Таким образом, современные технологии индустриального рыбоводства позволяют получать продукцию высокого качества. Основным этапом выращивания в условиях искусственных экосистем является сбалансированное кормление рыб с учетом их физиологии и биохимии питания. Дополнительное обогащение рациона биологически активными веществами в виде кормовых добавок, витаминов, витаминно-минеральных комплексов помогает в адаптации к искусственным условиям, оказывает стимулирующее действие на организм рыб, позволяет повысить продуктивность выращиваемых рыб и в целом увеличивает рентабельность рыбоводного предприятия.

1.3 Селен, как фактор антиоксидантной защиты в технологиях аквакультуры

Селен - микроэлемент необходимый для нормальной жизнедеятельности. Механизм действия соединений на основе селена, сложен и влияет на все функции организма. Он особенно взаимосвязан с системой антиоксидантной защиты, активностью многих окислительно-восстановительных ферментов и витаминов. Выступая катализатором важнейших биохимических процессов, селен способен не только стимулировать, но и вызывать сбой в их работе (Г.Ф. Металлов и др., 2013; Н.А. Пудовкин, Т.В. Гарипов, 2014).

Состояние антиоксидантной системы рыб выступает, как биомаркер состояния окружающей среды. Поэтому в условиях искусственного кормления особенно важным является усиление антиоксидантной защиты организма от повреждающего действия перекисей, которые могут образовываться в результате нарушения технологии кормления (недостаточно качественное сырье при производстве кормов, слабая техническая оснащенность производств, нарушение технологии транспортировки и хранения кормов). Кроме того, снижение температуры окружающей среды так же является стрессовой ситуацией в процессе которой увеличивается количество ненасыщенных жирных кислот в организме и повышается активность ПОЛ с образованием токсичных перекисей

(J. Sargent et. al., 1989; A. Delgado et. al., 1994; H. Guderley, J. St-Pierre, 2002). Поэтому, в организме рыб, богатых ненасыщенными легкоокисляемыми жирными кислотами, особенно важно достаточное количество веществ, участвующих в противоокислительной защите.

Признаком ослабления антиоксидантной защиты организма служат потеря аппетита, снижение темпа роста, снижение активности и повышение смертности. Кроме того, отмечается мышечная дистрофия, жировая дегенерация печени, накопление жидкости в брюшной полости, гемолиз эритроцитов, снижение гематокрита (R.T. Lovell, 1996; T. Watanabe et al., 1997)

В последние годы для практического применения в сельском хозяйстве разработаны и предложены комплексные препараты на основе неорганического селена - селенита натрия (селерол, Е-селен, селевит, седимин) и органического селена (селенофилы, биоселен, дрожжевой селен, селенопиран, Сел-плекс, Селенолин, ДАФС-25), которые способствуют повышению продуктивности.

Исследования по применению селена и комплексных витаминно-минеральных препаратов для сельскохозяйственных животных достаточно обширны и информативны. Оздоровительное влияние селена на сельскохозяйственных животных проявляется в повышении уровня гемоглобина, лейкоцитов, эритроцитов, глюкозы, амилазы, общего белка. Накопленный опыт свидетельствует о положительном влиянии биологически активных добавок на его основе на рост и развитие, биохимический статус и морфофункциональное состояние печени сельскохозяйственных животных, способствующих лучшей адаптации к условиям выращивания и методами интенсивной технологии, восполняя потребность животных в селене (В.В. Рубцов, С.А. Алексеева, 2006; Н.А. Череменина, 2007).

Известно, что природные воды регионов России, в том числе юга России и Поволжья считаются «субоптимальными» по концентрации селена - 0,00035-0,00088 мг/л, что ниже максимально-допустимой концентрации для рыбохозяйственных водоемов (0,0016 мг/л) (В.В. Ермаков, В.В. Ковальский, 1974). Поэтому вопросу селеновой недостаточности особое внимание должно

уделяться именно в рыбохозяйственном секторе. Однако, исследования практического использования селена в технологиях аквакультуры, в частности в осетроводстве, фрагментарны, неоднозначны и не всегда дают целостную картину получаемого эффекта.

Согласно литературным данным у рыб потребность в селене колеблется от 0,15 до 0,50 мг/кг корма (Т. Watanabe et al., 1997; Т.Г. Сергеева, 1998). Оптимальное количество селена в рационе лососевых рыб, способствующее увеличению активности фермента глутатионпероксидазы, не превышает 0,38 мг/кг корма.

В организм рыб селен в основном поступает с пищей. В исследованиях Н.А. Пудовкина (2013) установлено, что концентрация селена в организме хищных рыб выше, чем у всеядных. Отмечено, что при обогащении рациона селеносодержащими препаратами количество микроэлемента в организме дозозависимо повышается. Кроме того, у пресноводных рыб самая высокая концентрация селена отмечена в печени – основном органе, выполняющем белковосинтезирующую и детоксицирующую функцию. Накопление селена также происходит в жаберных лепестках и гонадах. Добавление селена в рацион молоди карпа способствует улучшению показателей красной крови, белкового и жирового обмена (И.А. Галатдинова и др., 2015).

Поступление в организм рыб высоких концентраций соединений селена отражается на работе всех систем, кроме скелетно-мышечной. Превышение оптимальных концентраций селена в рационе рыб (более 3,0 мг/кг корма) в течение длительного времени оказывает токсическое действие, которое проявляется в снижении аппетита, усвояемости пищи, скорости роста, аккумуляции гликогена в печени.

Излишки селена у рыб выводятся через жабры и мочу, что свидетельствует об отсутствии кумулятивного эффекта (R.T. Lovel, 1996). Однако, выводимый из организма рыб селен может загрязнить замкнутую водную экосистему. Поэтому, при использовании селена в условиях замкнутых систем необходимо учитывать дозировку и длительность применения.

Установлено, что селен, также, как и α -токоферол имеет связь с липопротеидами, особенно α -, β – фракциями. Он ингибирует процесс образования перекисей, необходим для биосинтеза белка на рибосомах, поддержания функции мембран и т.д. (Н.А. Пудовкин и др., 2013). При этом снижение альбуминов и увеличение бета- и гамма- глобулинов приводит к увеличению количества белка в крови. Это требует дополнительных энергетических затрат. С позиции биохимии этот процесс объясняют раздражением клеток ретикулоэндотелиальной системы печени (Г.М. Скаржинская и др., 1997).

Анализ научной литературы отечественных и зарубежных исследователей о биохимических аспектах применения селена, свидетельствует о его взаимосвязи с различными биологически активными веществами. При этом наиболее выражено селен взаимодействует с витамином Е, усиливая или принимая на себя его функции (рис.1).

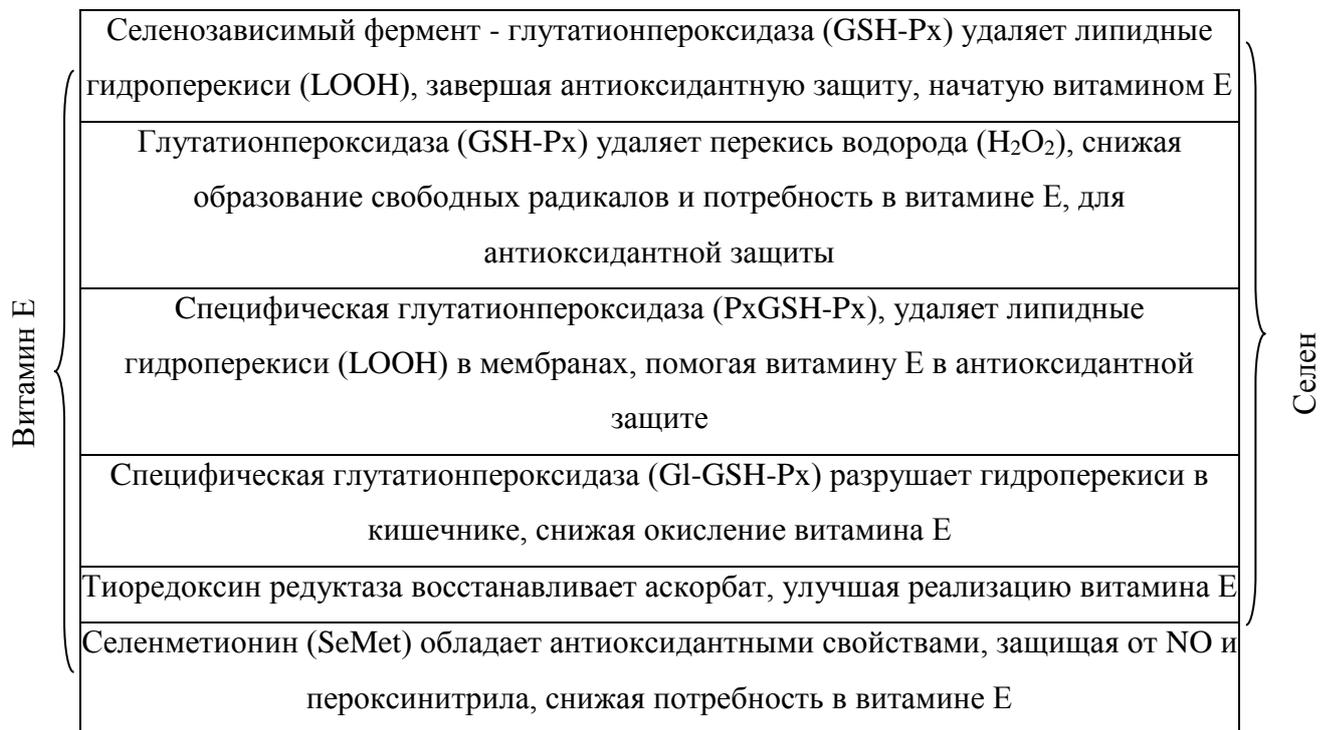


Рисунок 1 - Взаимодействие витамина Е и селена в организме (P.F. Surai, 2002; Т.Т. Папазян и др., 2009)

Селен, необходим для нормального поступления витамина Е в организм и способствует его задержке в плазме крови. Одновременно, витамин Е снижает

потребность в селене и оказывает ингибирующее действие на процесс его выведения из организма. Селенит натрия и витамин Е оказывают аналогичное воздействие на обмен метионина, стимулируют процесс поступления аминокислот в печень и их включения в белки (М.К. Курашвили, Е.Г. Меликия, 2010).

Токоферолы подавляют перекисление ненасыщенных жирных кислот и, таким образом, сдерживают образование пероксидов, а селен в составе глутатионпероксидазы разрушает уже образовавшиеся соединения, завершая этот процесс (А.Р. Вальдман, 1977). Эти соединения в процессах окисления липидов нейтрализуют токсические продукты СРО, но функциональные точки их приложения в антиоксидантной системе различны. Поэтому селен и токоферол взаимодополняемы, а не взаимозаменяемы.

В производственных условиях научно необоснованное повышение уровня витамина Е (иногда даже 2–3 раза) не дает желаемых результатов, если рацион не скорректирован по селену (Т.Т. Папазян и др., 2009). Селен и витамин Е усиливают процессы эритропоэза, что отражается на количестве эритроцитов и стимулирует образование гемоглобина.

Селен так же устраняет часть симптомов, проявляющихся при дефиците витамина Е, в частности, нарушение проницаемости мембран эритроцитов и повреждение мускулатуры. Недостаток селена и токоферола отражается на селеносодержащих аминокислотах, ингибируя процесс превращения метионина в цистеин, который становится незаменимой аминокислотой.

Обогащение рациона селенитом натрия стимулирует процесс биосинтеза аскорбиновой кислоты. При использовании селена, отмечена так же интенсивная утилизация глюкозы, что связано с биосинтезом липидов.

Использование селена оказывает влияние на белковый обмен. Это объясняется тем, что селенопротеины это составляющий компонент метаболизма тиреоидных гормонов, в частности гормона щитовидной железы Т3, который играет важную роль в усилении синтеза белка (В.Н. Никулин и др., 2012).

Учитывая особенности взаимодействия селена и витамина Е целесообразно применение комплексных витаминно-минеральных препаратов на их основе. Одной из таких добавок является препарат Е-селен.

Е-селен применяют для профилактики и лечения заболеваний, вызванных недостатком витамина Е и селена, а также при стрессах, нарушениях репродукции, задержке роста, инфекционных и инвазионных заболеваниях, отравлении нитратами, тяжелыми металлами и микотоксинами. Витамин Е в составе комплексного препарата влияет на окислительно-восстановительные процессы и регулирует углеводно-жировой обмен, является катализатором воздействия витаминов, оказывает влияние на состояние иммунитета. В составе кормов он наиболее технологичен для молодежи рыб. При использовании Е-селена в практике сельского хозяйства отмечается увеличение общего белка и лейкоцитов. Наблюдается изменения в соотношении белковых фракций сыворотки крови: увеличивается уровень α - и β - глобулинов.

Исследования аналогичного комплексного препарата «Эсвекс» в концентрации 1,0 мл/кг корма на сеголетках радужной форели свидетельствуют о снижении вредного влияния аккумулируемых в организме липидов. По данным исследований Ю.И. Есавкина (2007), препарат, как кормовая добавка не оказала существенного влияния на уровень рыбоводно-биологических и иммунофизиологических показателей, индекс гонад достоверно не изменился. Однако применение этого препарата позволило снизить интенсивность жиронакопления и отход молодежи.

В исследованиях на радужной форели добавление витамина Е, селена и ненасыщенных жирных кислот (в виде кальмарового жира) в состав корма (РГМ-5В) способствовало увеличению содержания $\omega 3$ кислот и энергопротеинового соотношения, что благоприятно отразилось на обмене веществ. При незначительном увеличении темпа роста (5,0 %) и некотором снижении затрат на корма (8,0 %) наблюдалось снижение концентрации липидов на 21,9 % за счет снижения концентрации триацилглицеринов на 18,0 % и увеличение количества

фосфолипидов на 20,0 % (Т.Г. Сергеева и др., 1989). При этом концентрация белков, углеводов и минеральных веществ в теле рыб практически не изменилась.

В свободнорадикальных процессах принимают участие и такие биологически активные добавки, как пробиотики. Установлено (Р.Б. Темираев и др., 2013; Б.В. Тараканов и др., 2011), что использование пробиотика на основе лактобактерий совместно с токоферолом и селенитом натрия оказывает положительное воздействие на белковый обмен. Это отражается в увеличении альбуминов, α - и β -глобулинов в крови, которые играют важную роль в транспорте питательных веществ и обладают ферментативной активностью. Установлено, что добавление антиоксидантов в сочетании с пробиотиком оказывает положительное действие на уровень общего белка в сыворотке крови и влияние на гемо- и эритропоз. Уровень эритроцитов, гемоглобина и лейкоцитов в крови находится в пределах физиологической нормы. Комплексное использование пробиотика и селенита натрия способствует увеличению концентрации глюкозы в крови.

Однако эти исследования касаются сельского хозяйства. Сведения о комплексном воздействии пробиотических препаратов, селенита натрия и токоферола в рыбоводстве отсутствуют.

Таким образом, анализ и обобщение данных отечественных и зарубежных исследований позволяют сделать вывод о необходимости включения селена в список микроэлементов, добавляемых в комбикорма для рыб. Очевидна перспективность препаратов на основе селена для стимуляции адаптогенных и антиоксидантных свойств у рыб, выращиваемых в индустриальных условиях. Изучение влияния природных антиоксидантов (селен, токоферол) на метаболизм рыб, в том числе осетровых, в условиях замкнутой экосистемы, является логическим и перспективным подходом в борьбе против стрессов в искусственных условиях выращивания, в частности УЗВ. Проведение исследований совместного использования соединений селена и пробиотических препаратов, анализ физиолого-биохимических и гематологических показателей

позволят разработать методы положительного воздействия на здоровье культивируемых объектов и экономические показатели производства.

1.4 Биологическая роль хлорида натрия, как основного компонента морской среды

Эффективность современного рыбоводства связана главным образом с его интенсификацией за счет технологий разработанных с учетом действительно оптимальных условий для роста и развития рыб. В то же время вопрос о понимании оптимума и его конкретных значениях в условиях искусственных экосистем, до сих пор нельзя считать закрытым.

Натурные наблюдения за распределением каспийских осетровых в море, их поведенческими реакциями под влиянием экологических факторов, свидетельствуют, что их молодь зависит от воздействия абиотических факторов среды, в частности от солености.

Многолетние исследования физиологии осетровых (Л.С. Краюшкина, 1967, 1998; Г.К. Шелухин, 1971; Г.К. Шелухин и др., 1990; Ю.В. Наточин и др., 1995; Г.Ф. Металлов и др., 2010) свидетельствуют о том, что с соленостью среды в большей степени связана концентрация осмотически активных веществ в крови. Так, содержание натрия в среде обитания влияет на его концентрацию в жидкостях внутренней среды. По данным Ю.В. Наточина с соавторами (1995) наименьшая величина концентрации натрия наблюдается у рыб в наиболее опресненных водоемах.

Натрий – один из важнейших элементов, участвующих в минеральном обмене. В организме натрий в виде растворимых солей (хлорида, фосфата, гидрокарбоната) содержится в основном во внеклеточных жидкостях. Он принимает участие в осморегуляции, как основной регулятор осмотического давления жидкости тела, обеспечивающий постоянство внутренней среды и обуславливающий возможность приспособления рыб к жизни в воде различной солености (Г.В. Никольский, 1974). Гипотезой Na^+ - градиента объясняется связь

между транспортом сахаров и движения натрия через мембрану (К.Ф. Сорвачев, 1982). Этот механизм считается основным, обеспечивающим превращение химической энергии в осмотическую работу, с которой сопряжено поступление в клетку других соединений.

Натриевая соль соляной кислоты или хлорид натрия является основным компонентом морской воды, количество которого влияет на общую соленость водоема. Согласно литературным данным (Г.Ф. Металлов и др., 2010) в процентном соотношении, количество хлорида натрия колеблется от 78,32 % в океанической воде до 62,15 % в Каспийском море.

Засчет хлорида натрия на необходимом уровне поддерживается осмотическое давление плазмы крови, так как концентрация ионов натрия и хлора в плазме составляет 86,0 - 95,0 % от общего содержания всех ионов (С.А. Кузьмичев и др., 2005). Установлен факт, что уровень концентрации ионов натрия оказывает влияние на интенсивность транспортных процессов мономеров в кишечнике рыб (А.А. Грудзков и др., 1991).

Осетровые являются эвригалинными рыбами. В процессе онтогенеза в конце личиночного и начале малькового периода развития происходят существенные морфофизиологические и биохимические изменения, подготавливающие их к смене экологической среды обитания, т.е. к переходу из реки в море, а точнее в Северный Каспий с характерной для него низкой соленостью (11,0-13,0‰). Именно слабосоленые воды стимулируют активность щитовидной железы, вследствие чего у мальков осетровых, отловленных в Северном Каспии отмечается гиперфункция этой железы и более высокие темпы роста в первые месяцы пребывания в море в сравнении с одновозрастными мальками, задержавшимися в реке.

После завершения метаморфоза - превращения личинок осетровых в мальков, оптимальной средой обитания для них становятся слабосоленые воды, повышающие интенсивность обменных процессов (Н.В. Сомкина, Н.В. Асланян, 1973). Вследствие этого обеспечиваются более высокие темпы дальнейшего развития.

Г.К. Шелухиным (1990) экспериментально было доказано, что в летний период молодь осетра предпочитает опресненную среду, а адаптационные возможности молоди осетра позволяют считать приемлемой для нее в теплое время года соленость каспийской воды 4 - 7‰. Выявленная высокая выживаемость молоди осетра в 5‰ солености даже при экстремально высоких температурах объясняется её (воды) стабилизирующим влиянием на уровень и направленность обменных процессов. Молодь атлантического осетра, выращенная в морской воде, также по темпу роста обгоняет молодь, содержащуюся в пресной воде (Н.Ш. Нинуа, 1976).

Лабораторные испытания (Г.Ф. Металлов и др., 2010; В.В. Мартынова, 2003) подтверждают, что оптимальные условия солености для рыб, в том числе и осетровых, повышают устойчивость молоди к изменениям среды (экстремально высокие температуры, дефицит кислорода), способствуют увеличению выживаемости, а также улучшению физиологического состояния. Это отражается на повышении упитанности и темпа роста. Отмечается увеличение уровня гемоглобина. Изменение обменных процессов сопровождается расходом белка и гликогена, что подтверждает активную работу механизмов их эффективного использования.

Дополнительным источником натрия в организм рыб так же является кормовая база. Потребность в натрии у рыб от 3,6 до 9,0 г/кг корма. Важную роль в питании осетровых играют хирономиды, мелкие донные рыбы, нереис. Согласно литературным данным о минеральном составе гидробионтов, количество натрия в хирономидах и олигохетах составляет 5,4 г/кг сухого вещества (Е.М. Маликова, 1971), в морских рыбах 1,0 - 1,3 г/ кг сырого вещества, а в пресноводных рыбах всего 0,3 - 0,5 г/ кг сырого вещества. Кроме того, морские рыбы характеризуются более высоким содержанием хлора (1,4 - 1,6 г/ кг сырого вещества) по сравнению с пресноводными (0,5 - 0,6 г/ кг сырого вещества) (Химический состав..., 1987).

Таким образом, содержание рыбы в морской среде полностью исключает проблемы минерального питания. Однако, этот вопрос остается актуальным при выращивании эвригалинных рыб в искусственных пресноводных экосистемах.

Активный обмен натрия и хлора со средой, их постоянное поступление в организм и удаление с объемом жидкости через почки позволяет толерантно относиться взрослым особям к высокому содержанию хлористого натрия и в корме.

Согласно многочисленным исследованиям (Л.Я. Штерман, 1960; В.Д. Романенко и др., 1978; И.Н. Остроумова; 1983; Е.А. Гамыгин и др., 1989; В.Н. Раденко, О.Л. Радищев, 1993) введение NaCl и морской соли в корма в качестве консерванта способствует повышению аппетита, улучшению всасываемости, а так же способствует лучшей адаптации к морской воде при искусственном воспроизводстве видов. Кроме того, натрий активизирует процесс всасывания аминокислот, является одним из мощных регуляторов транспорта аминокислот через клеточную мембрану.

В исследованиях на годовиках радужной форели (Л.Я. Штерман, 1960) было установлено, что оптимальным является добавление к рациону 10,0 % NaCl. Нарушения (снижение скорости роста) начинаются при увеличении соли до 11,0 - 15,0 % к рациону. Эти данные особенно важны, так как в составе кормовые компоненты уже содержат определенное количество соли. В рыбной муке количество натрия составляет 12,0 г/ кг сырого вещества (Н.И. Клейменов и др., 1987), а доступность колеблется в пределах 78,0 - 93,0 % (И.Н. Остроумова, 2012).

Исследования И.Е. Хованского (2004) подтвердили, что мальки, рацион которых дополнительно обогащен NaCl, более устойчивы и лучше адаптируются к гипертонической среде. Отмечены приспособительные изменения микроструктуры тканей желудка и кишечника (И.Н. Остроумова, 2012).

Учитывая особенности таких эвригалинных видов, как осетровые, использование хлорида натрия в технологии выращивания в качестве компонента среды для создания солёности 4 - 7‰ или для дополнительного обогащения рациона является биологически обоснованным и физиологически оправданным методом стимуляции темпа роста и получения физиологически полноценной молоди.

2 МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Диссертационное исследование выполнялось в период 2011 - 2016 гг. в инновационном центре ФГБОУ ВО Астраханского государственного технического университета «Биоаквапарк – научно-технический центр аквакультуры» (г. Астрахань), научно-экспедиционной базе Южного научного центра РАН (пос. Кагальник, Ростовская область), малом инновационном предприятии «Аква-Новатор» (Астраханская область) и ООО ИНТП «ИНТОС» (Ростовская область).

Схема исследований представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 - Схема исследования

Исследования проводили на молоди русского осетра (*Acipenser queldenstadtii* Brandt et Ratzeburg, 1833), разновозрастных особях гибрида стерлядь×белуга (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758× *Huso huso* Linnaeus, 1758) и

русский осетр×ленский осетр (*Acipenser queldenstadtii* Brandt et Ratzeburg, 1833х *Acipenser baerii* Brandt, 1869).

2.1 Условия проведения экспериментов

В лабораторных условиях выращивание молоди осетровых проводили в пластиковых бассейнах системы замкнутого водообеспечения (1×1 м), в производственных условиях – в промышленных рыбоводных бассейнах и садках (рис.3). Выращивание старших возрастных групп проводили в квадратных бассейнах (2×2 м) и садках (5×5 м) при нормативных плотностях посадки.



а)



б)

Рисунок 3 - Научно-экспедиционная база Южного научного центра РАН:

а) – бассейны (1×1 м) для подращивания молоди; б) – УЗВ

На протяжении исследований контролировали термический и гидрохимический режимы, водообмен, рост и развитие рыб. Ежедневно измеряли кислород, температуру и водородный показатель (рН). Для этого применяли термооксиметр Cyber Scan DO 300 и рН-метр HANNA. Концентрацию биогенных элементов в воде измеряли с помощью тестов фирмы Tetra. В системе замкнутого водообеспечения ежедневно проводилась замена воды не более 5,0 %.

Моделирование солевых условий среды проводили с применением раствора поваренной соли (NaCl), осмотическая сила которого соответствовала солености Северного Каспия - 5 ‰. Концентрацию соли контролировали рефрактометром Klilong RHS-10ATC. Эксперимент проводили в трехкратной повторности на

молоди русского осетра, особях гибрида русский осетр×ленский осетр и сеголетках гибрида стерлядь×белуга при оптимальном температурном и кислородном режимах. Кормление проводили гранулированным комбикормом. Суточную норму определяли по кормовым таблицам в зависимости от средней массы рыб и температуры воды.

Диссертационное исследование включало оценку эффективности использования витаминно-минерального препарата Е-селена (ООО «Нита-Фарм») в кормах для осетровых рыб. В 1,0 мл препарата содержится 0,5 мг селенита натрия и 50,0 мг токоферола ацетата (витамина Е). Для определения оптимальной концентрации препарат тестировали в различных дозировках (табл. 1).

Таблица 1 - Дозировки витаминно-минерального препарата Е-селен в составе корма для осетровых рыб

Вводимый компонент	Дозировка на 1 кг корма				
	I	II	III	IV	V
Е-селен, мл	0,6	1,0	2,0	3,0	4,0
Из них:					
Селен, мг	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0
Витамин Е, мг	30,0	50,0	100,0	150,0	200,0

Препарат вводили в состав комбикорма в процессе его изготовления. Опытные партии сухих комбикормов изготавливали в лабораторных условиях методом влажного прессования с последующей сушкой. Состав комбикорма был следующим: мука рыбная – 50,0 %, мука мясная – 10,0 %, мука пшеничная – 10,0%, соевый шрот – 20,0 %, жир рыбий – 9,0 %, премикс ВМП ПО-5 – 1,0 %. По составу этот корм полностью соответствовал потребностям осетровых в основных питательных веществах: протеин – 47,6 %, жир – 15,2 %, углеводы (БЭВ) – 18,0%, клетчатка – 1,2 % (С.В. Пономарев и др., 2000; С.В. Пономарев, Е.Н. Пономарева, 2003). Готовые сухие комбикорма измельчали в дробилке и рассеивали до гранул необходимого размера, в соответствии с рекомендуемыми

соотношениями размера гранул и массой выращиваемой рыбы (Л.М. Васильева и др., 2006).

Для определения физиологического статуса осетровых рыб, получавших в рационе селенит натрия, дополнительно оценивали влияние Е-селена при совместном использовании с пробиотической добавкой «Бацелл» (ООО «Биотехагро»). В 1г пробиотической добавки содержится не менее 3×10^8 колониеобразующих единиц (КОЕ) бактерий (*Bacillus subtilis* 945 (B-5225), *Lactobacillus acidophilus* L917 (B-4625), *Ruminococcus albus* 37 (B-4292)). В состав комбикорма пробиотик вводили согласно рекомендациям производителя (0,2 %).

2.2 Методы изучения размерно-массовых показателей рыб

Систематически контролировали темп роста рыбы. Взвешивание и измерение рыбы проводили на основе рекомендаций И.Ф.Правдина (1966). Для этого использовали электронные весы фирмы Ohaus Pioneer PA 2102. Состояние исследуемых рыб оценивали на основании морфологических и рыбоводно-биологических показателей. Контрольное взвешивание и измерение проводили методом случайной выборки - не менее 25 особей из каждого бассейна.

Коэффициент упитанности рассчитывали по-Фультону (И.Ф. Правдин, 1966) и использовали формулу 1:

$$Q\phi = \frac{W \cdot 100}{L^3} \quad (1)$$

где: $Q\phi$ - упитанность по-Фультону;

W – масса тела, г;

L – абсолютная длина рыбы, см.

Абсолютный прирост рассчитывали по формуле 2:

$$P = M_k - M_n \quad (2)$$

где: P – абсолютный прирост, г;

M_k – масса в конце выращивания, г;

M_n – масса в начале выращивания, г.

Среднесуточный прирост вычисляли по формуле 3:

$$C = \frac{m_k - m_n}{n} \quad (3)$$

где: C – среднесуточный прирост, г/сут;

m_k – масса в конце выращивания, г;

m_n – масса в начале выращивания, г;

n – продолжительность выращивания, сут.

Среднесуточную скорость роста рассчитывали с использованием формулы сложных процентов (J.D. Castel, K. Tiewes, 1979) согласно уравнению 4:

$$A = \left[\left(\frac{M_k}{M_n} \right)^{1/T} - 1 \right] * 100 \quad (4)$$

где: A – среднесуточная скорость роста, %;

M_k – масса в конце выращивания, г;

M_n – масса в начале выращивания, г;

T – продолжительность выращивания, сут.

Определение коэффициента массонакопления (В.Ф. Резников и др., 1978; С.В. Купинский и др., 1985) проводили по формуле 5:

$$K_M = \frac{(M_k^{1/3} - M_n^{1/3}) * 3}{T} \quad (5)$$

где: K_M – коэффициента массонакопления;

M_k – масса в конце выращивания, г;

M_n – масса в начале выращивания, г;

T – продолжительность выращивания, сут.

2.3 Методы оценки физиологического состояния рыб

При оценке физиологического состояния рыб важное значение имеют гематологические показатели, изменения которых зависят от видовых и возрастных особенностей культивируемых рыб. Гематологический анализ проводили на пробах, взятых из хвостовой вены прижизненным способом. Взятие проб крови, так же, как и измерение длины и массы проводили после адаптации молоди к условиям эксперимента.

Кровь отбирали в пробирки Эппендорфа с использованием антикоагулянтов.

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) определяли методом Панченкова. Для предотвращения свертывания крови капилляры промывали 5,0 % раствором трехзамещенного цитрата натрия. Затем вновь набирали раствор до отметки «Р» (реактив) и сливали в часовое стекло. Этим же капилляром до отметки «К» набирали исследуемую кровь и спускали на то же стекло. Смесь набирали до отметки «К», не допуская образования пузырьков, и ставили в штатив Панченкова на 1 час. Через час фиксировали деления до границы осевших эритроцитов (мм/ч).

Уровень гемоглобина, характеризующий интенсивность окислительных обменных процессов, определяли в лабораторных условиях с помощью гемиглобинцианидного метода (E.J. van Kampen, W.G. Zijlstra, 1961). Метод основан на взаимодействии гемоглобина с железосинерозистым калием (красная кровяная соль) с последующим окислением до метгемоглобина (гемиглобин). При взаимодействии с ацетонциангидрином метгемоглобин образует гемиглобинцианид (цианметгемоглобин), интенсивность окраски которого пропорциональна концентрации гемоглобина в крови.

Трансформирующий реагент (натрий углекислый (1,0 г), калий железосинерозистый (200,0 мг) и ацетонциангидрин (0,5 мл) разбавляли дистиллированной водой (до 1,0 л). Затем с помощью мерной пипетки раствор разливали в пробирки (5 мл), добавляли исследуемые пробы крови (20,0 мкл), тщательно перемешивали, инкубировали при комнатной температуре (+18-25°C) в течение 20 минут. После этого измеряли оптическую плотность холостой и опытных (трансформирующий раствор) проб на спектрофотометре в кюветах с толщиной поглощающего свет слоя 10 мм при длине волны 540 (500 - 600) нм.

Расчет концентрации гемоглобина проводили согласно формуле 6:

$$C=(E_o/E_k)*120 \text{ г/л} \quad (6)$$

где E_o – показатель опытной пробы (оптическая плотность), ед.;

E_k – показатель калибровочной пробы (оптическая плотность), ед.;

120 – концентрация гемоглобина в калибровочной пробе, г/л.

Определение лейкоцитарной формулы крови проводили на хорошо окрашенных гематологических препаратах под иммерсионным маслом (ув.100/1,25) согласно принятым методикам (Н.Т. Иванова, 1983; М.Г. Абрамов, 1985; Г.И. Козинец, 1998).

Окраску препарата проводили с помощью фиксатора красителя по Май-Грюнвальду фирмы «Ольвекс Диагностикум». Фиксацию (2-3 мин.) гематологических препаратов проводили на высушенных мазках с помощью неразбавленного фиксатора-красителя по Май-Грюнвальду (1,0 мл). После фиксации препарат промывали дистиллированной водой (рН=6,7-7,0) или фосфатным буферным раствором для промывки мазков (0,5 мл концентрированного фосфатного буфера в 1000,0 мл дистиллированной воды) и высушивали на воздухе. На высушенные мазки наносили разбавленный (1:2-1:3) фиксатор краситель (15 мин.). После окраски мазки промывали буфером для промывки мазков или дистиллированной водой (рН=6,7-7,0) и высушивали на воздухе.

Для биохимического анализа сыворотки образцы крови отбирали в пробирки без антикоагулянта (гепарина) и оставляли коагулировать. Для быстрого получения сыворотки кровь центрифугировали при 3 тыс. оборотах в минуту.

Уровень сывороточного белка в лабораторных условиях определяли биуретовым методом с помощью наборов реагентов фирмы «Агат-мед» (Ю.Б. Филиппович и др., 1975). В пробирки наливали 5,0 мл рабочего раствора биуретового реагента. Пипеткой добавляли 0,1 мл крови. Содержимое пробирки перемешивали, избегая образования пены, и инкубировали при комнатной температуре (+18-25°C) в течение 30 минут. Измерение оптической плотности контрольной и калибровочной пробы проводили при длине волны 540 (500-600) нм в кювете при толщине слоя, поглощающего свет, 1 см. Концентрацию общего белка рассчитывали по формуле 7:

$$C=(E_o/E_k)*60 \text{ г/л} \quad (7)$$

где E_o – показатель опытной пробы (оптическая плотность), ед.;

E_k – показатель калибровочной пробы (оптическая плотность), ед.;

60 – концентрация общего белка в калибровочной пробе, г/л.

Предшественник гормонов, играющий важную роль в иммунной системе – холестерин, участвующий в пластическом и энергетическом обмене, определяли энзиматическим методом с помощью набора реактивов фирмы «Ольвекс диагностикум» (P. Trinder, 1969; F. Fishbach et al., 2004). Измерения оптической плотности калибровочной и опытных проб проводили с помощью спектрофотометра при длине волны 500 (490-540) нм. Концентрацию холестерина рассчитывали по формуле 8:

$$C=(E_{\text{пробы}}/E_{\text{калибр.}})*5,17 \text{ ммоль/л} \quad (8)$$

где $E_{\text{пробы}}$ – показатель опытной пробы (оптическая плотность), ед.;

$E_{\text{калибр.}}$ – показатель калибровочной пробы (оптическая плотность), ед.;

5,17 – концентрация холестерина в калибровочной пробе, ммоль/л.

Процесс накопления энергетических резервов характеризуют общие липиды, тем самым отражая связь гидробионтов со средой обитания. Определение общих липидов проводили в сыворотке крови, используя набор реактивов фирмы PLIVA – Lachema (N. Zollner et al., 1962; J.A. Knicht et al, 1972). Метод основан на взаимодействии ненасыщенных липидов, жирных кислот, фосфолипидов и холестерина после гидролиза серной кислоты с фосфованилинолевым реактивом с образованием красного окрашивания.

Исследование влияния солености в УЗВ на функциональное состояние молоди русского осетра и гибридов стерлядь×белуга, русский осетр×ленский осетр оценивали и по состоянию водно-солевого обмена на основе динамики уровня осмоляльности сыворотки крови. Наиболее точным в настоящее время методом определения концентрации осмотически активных веществ является криоскопический метод, основанный на способности осмотически активных веществ понижать точку замерзания раствора пропорционально концентрации растворённых частиц (ГОСТ 55578 - 2013).

Осмоляльность сыворотки крови определяли криоскопическим методом с помощью осмометра ОМКА-1Ц-0,1. В качестве стандарта применяли раствор

NaCl, концентрацией 400,0 ммоль/кгH₂O. Результаты определения выражали в ммоль/кг H₂O.

Влияние селена в составе витаминно-минеральной добавки Е-селен так же оценивали по состоянию печени и развитию гонад. Морфофункциональное состояние исследуемого материала анализировали на основе стандартных гистологических методов (Б. Ромейс, 1954; Г.А. Меркулов, 1969). Материал фиксировали в жидкости Буэна и подвергали спиртовой обработке в несколько этапов с последующим увеличением крепости спирта. Образец заливали в парафин, а парафиновые срезы (5–7 мкм) окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну, гематоксилинэозином и кислым фуксином с докраской по Маллори. Препараты исследовали с применением специального оборудования - микроскопа OLYMPUS BX40. Микрофотографии изготавливали с помощью цифровой камеры-окуляра DCM500.

При исследовании Е-селена, как антиоксиданта в кормах с истекшим сроком хранения, интенсивность процесса ПОЛ оценивали по накоплению в ткани печени малонового диальдегида (МДА) и диеновых конъюгатов (ДК). Определение МДА проводили в гомогенате печени тиобарбитуровым методом на спектрофотометре (532 нм) (И.Д. Стальная, Т.Г.Гаришвили, 1977). Уровень ДК определяли по методике И.Д. Стальной (1977). Результаты выражали в нмоль/г.

Определение качества кормов с истекшим сроком хранения проводили по уровню перекисного и кислотного числа (ГОСТ 31485-2012). Перекисное число определяли по количеству выделившегося йода продуктами окисления липидов (перекисей и гидроперекисей), содержащимися в 100,0 г жира (%). Кислотное число определяли по количеству миллиграммов едкого калия, необходимого для реакции нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 1,0 г жира.

Для оценки эффективности совместного использования Е-селена и пробиотика проводили исследование количественного состава условно-патогенной микрофлоры кишечника. Отбор микробиологических проб кишечника рыб проводили на основе методики В.А. Мусселиус (1983). Результат оценивали

по общему микробному числу (ОМЧ) и выражали через КОЕ в 1,0 мл воды (А.А. Воробьев, Е.А. Лыкова, 1999).

В работе проводилось комплексное исследование состояния водной среды при моделировании условий выращивания анализ функционального состояния культивируемых рыб. В процессе исследования было проведено 1810 взвешиваний разновозрастных особей осетровых рыб и 754 гематологических и биохимических анализов, обработано 435 гидрохимических проб.

Полученные результаты подвергали статистической обработке с применением программы Microsoft Excel. Статистический анализ проводили с определением среднего арифметического значения (M), статистической ошибки (m), стандартного отклонения (σ), коэффициента вариации (cv). Сравнительные признаки оценивали с помощью критерия достоверности Стьюдента (Г.Ф. Лакин, 1990).

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Влияние солености на рост и физиологическое состояние осетровых рыб

Эффективность рыбоводства зависит от применяемых технологий, рассчитанных на создание оптимальных условий для роста и развития рыб. При разработке и реализации современных технологий индустриального рыбоводства (системы оборотного водоснабжения, садковые линии, бассейны) ориентируются на значения абиотических и биотических факторов в естественных условиях обитания культивируемых видов.

В настоящее время вопрос о понимании оптимальных условий среды до сих пор нельзя считать решенным, а необходимость разработки способов ускорения роста и физиологической полноценности молоди в условиях их хозяйственно-промышленного выращивания остается актуальной. При этом важно учитывать видовые и возрастные физиологические особенности культивируемых объектов.

Осетровые преимущественно эвригалинные рыбы, поэтому среди большого многообразия абиотических факторов, влияющих на продуктивность и физиологическое состояние рыб, важным экологическим фактором является солёность водной среды (Е.Н. Пономарева и др., 2012). Многолетние исследования свидетельствуют о том, что распределение осетровых рыб в море происходит в соответствии с оптимальными солевыми и температурными границами (В.Н. Беляева, 1967; М.И. Легеза, 1968; А.А. Кокоза и др., 1984; Г.К. Шелухин и др., 1990; А.П. Сливка и др., 2000). Так, ареал обитания Каспийских и Азовских осетровых (белуга, севрюга, осетр) находится в пределах от 0 до 15 ‰. Все виды сибирского осётра, а также амурский осётр не выходят за пределы солоноватой зоны, стерлядь и байкальский осётр обитают только в пресной воде (Г.В. Никольский, 1974; Л.С. Краюшкина, 1998; Ю.В. Наточин, 1976; Ю.В. Наточин и др., 1975, 1995; Г.Ф. Металлов и др., 2010).

Увеличение выживаемости культивируемой рыбы в УЗВ можно обеспечить за счет изменения буферности водной среды, учитывая естественную сезонную динамику солевого диапазона ареала обитания культивируемых видов.

Существуют обширные, но противоречивые данные о физиологических пределах солевой толерантности разновозрастной молоди осетровых рыб. Выявлена высокая степень ранней солевой адаптивности молоди этих рыб, направленная на снижение смертности потомства в процессе быстрого ската в приустьевые районы морей.

Многочисленные исследования по солеустойчивости осетровых рыб свидетельствуют о том, что солевой максимум у молоди находится в пределах 12-15 ‰ (табл. 2). Исследователями отмечена 100,0 % выживаемость на всех этапах постэмбрионального развития при солености 2 - 6 ‰ (В.Н. Беляева, И.И. Болдырев, 1968).

Таблица 2 - Видовые особенности солеустойчивости осетровых рыб

Автор	Вид	Солеустойчивость
Л.С.Краюшкина (1967)	молодь русского осетра	10,5-12,2 ‰
	молодь ленского осетра	менее 12,0 ‰
	сеголетки русского осетра	17,5-19,2 ‰
Л.С.Краюшкина, В.П.Дюбин (1974)	молодь байкальского осетра	12,5 ‰
В.П.Дюбин (1972)	молодь севрюги	10,0-12,0 ‰
В.Н.Беляева, И.И.Болдырев (1968); А.А. Кокоза (2004)	заводская молодь осетровых	10,0-12,0 ‰
В.П.Дюбин, С.Г.Киселева (1976)	молодь азовского осетра	8,5-12,0 ‰

Г.Ф. Металловым с соавторами (2007; 2010) установлено, что оптимальными условиями для этих рыб можно считать среду соленостью 4-7 ‰. Такая соленость характерна для Северного Каспия, где и происходит нагул молоди и взрослых особей.

О.Д. Арутюновым с соавторами (1991, 2001) установлено, что максимальная выживаемость молоди осетровых рыб при транспортировке в закрытой таре отмечается при солености водной среды 3 ‰ для молоди 1,0 г и 4-5 ‰ для более

крупной молоди массой 3,0 г. Изменение этого параметра в большую или меньшую сторону приводит к снижению выживаемости перевозимой рыбы.

Таким образом, значительная часть исследований в основном посвящена пределу солеустойчивости осетровых и ориентирована на изучение осморегулирующих механизмов и выживаемости молоди в различных градиентах солености.

3.1.1 Выращивание молоди русского осетра при моделировании условий замкнутого водообеспечения

Сравнительную оценку влияния воды различной солености (0‰, 3‰, 5‰, 7‰) проводили на молоди русского осетра в возрасте 2-х месяцев. На протяжении всего эксперимента основные гидрохимические параметры среды соответствовали оптимальным значениям, допустимым для культивирования молоди (Г.Г. Матишов и др., 2011). Температурный и кислородный режим изменялись в пределах 20,0 -22,0 °С и 85,0-100,0% насыщения соответственно.

При интенсивном рыбоводстве важно соблюдать биологическое равновесие и предотвращать появление в воде аммонийного ($\text{NH}_4/\text{NH}_4^+$) и нитритного (NO_2) азота. Нарушение процессов аммонификации и нитрификации снижает эффективность работы биологического фильтра в системе замкнутого водообеспечения и приводит к появлению в воде опасных токсических концентраций аммонийного и нитритного азота, оказывающих негативное влияние на организм рыб.

Известно, что водородный показатель (рН) морской воды не является благоприятным для жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий и выше 9,5 ед. клетки активного ила гибнут (А.В. Жигин, 2011; М.В. Демина, 2004). Наиболее оптимальным диапазоном для нормального развития нитрифицирующих бактерий является 6,5 –7,5 ед. Гидрохимические показатели, характеризующие качество воды, находились в пределах нормативных значений (табл. 3).

Таблица 3 - Гидрохимические показатели в бассейнах при разной степени солености (n=28)

Показатель	Норма (А.В.Жигин, 2003; Г.Г.Матишов и др., 2011)	Степень солености, ‰			
		0	3	5	7
Водородный показатель (рН), ед.	6-8	7,35±0,11	7,42±0,13	7,51±0,08	8,27±0,09***
Аммонийный азот, мг/л	2-4	0,99±0,09	0,98±0,08	1,07±0,08	2,25±0,40**
Нитриты (NO ₂) мг/л	до 0,1-0,2	0,051±0,01	0,053±0,01	0,053±0,01	0,16±0,06
Нитраты (NO ₃) мг/л	до 60	20,45±1,40	22,34±1,49	22,73±1,32	32,49±3,26**
Железо общее мг/л	до 0,5	0,120±0,01	0,115±0,1	0,122±0,01	0,114±0,01
Фосфаты мг/л	0,2-0,5	0,119±0,12	0,120±0,12	0,118±0,12	0,129±0,13

Примечание: ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

Водородный показатель во всех вариантах эксперимента поддерживался на уровне 7,5-8,5 ед. При солености 7 ‰ наблюдалась характерная для морской воды слабощелочная реакция среды. Применение такой солености на протяжении длительного периода времени нежелательно, так как слабощелочная реакция среды (8,0-8,5 ед.) увеличивает токсичность аммонийного азота и риск аммиачного отравления и способствовала снижению выживаемости культивируемых рыб на 10,0%.

Снижение скорости окисления органических загрязнений в слабощелочной среде при 7 ‰ способствует снижению скорости изъятия аммонийного азота и отрицательно влияет на эффективность очистки воды. Повышение солености воды до 7 ‰ характеризовалось снижением эффективности работы биологического фильтра и увеличением уровня аммонийного азота в воде в 3,5 раза (рис.4). При использовании более низкой концентрации соли негативное влияние на работу биологического фильтра не выявлено.

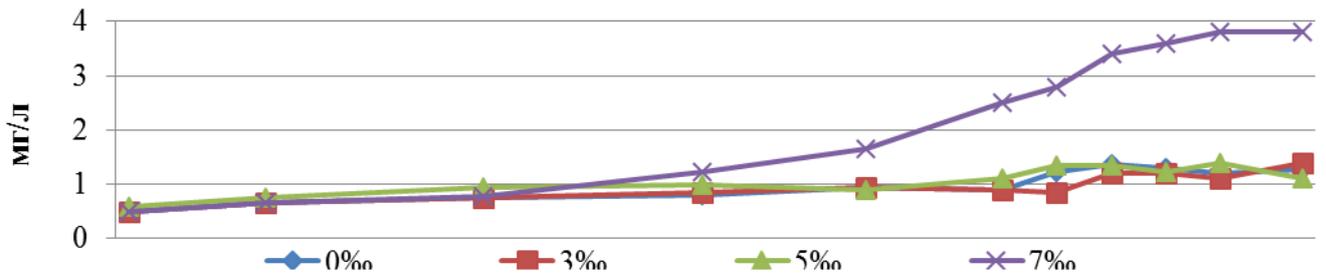


Рисунок 4 – Динамика аммонийного азота в условиях эксперимента

В описанных гидрохимических условиях проводили эксперимент на протяжении 28 дней. Результаты исследования представлены на рисунке 5 и в таблице 4.

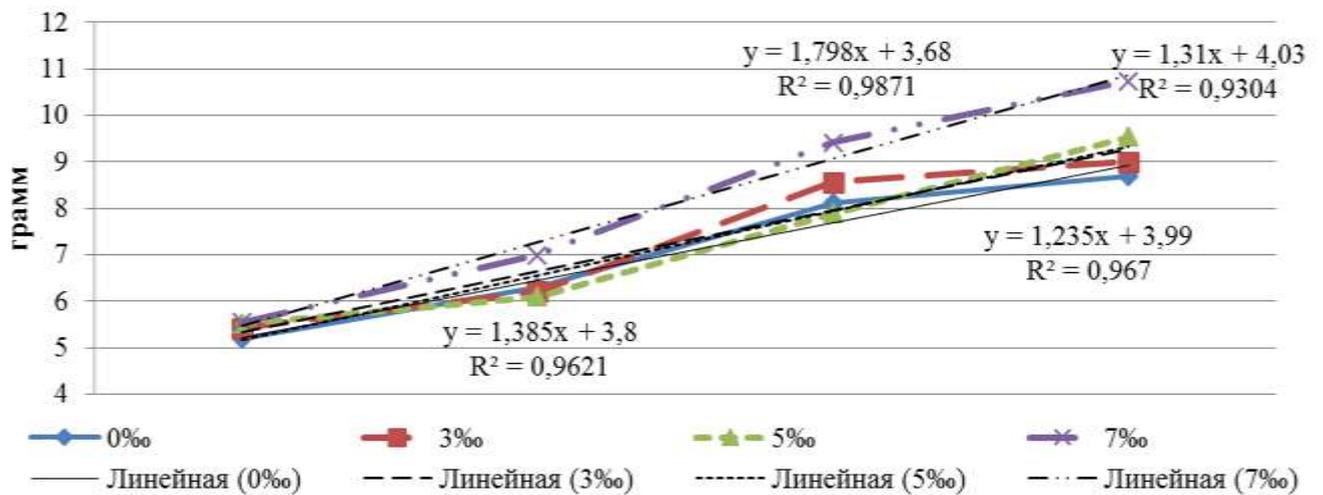


Рисунок 5 - Динамика весового роста молоди русского осетра

На рисунке видно, что нарастание массы происходит с постоянной скоростью и описывается линейным уравнением. Достоверность аппроксимации (R) в пределах 0,93 - 0,98 свидетельствует о соответствии расчетной линии с полученными экспериментальными данными.

Минимальный прирост наблюдался при выращивании русского осетра в воде соленостью 0 ‰ и 3 ‰. Выживаемость составила 94,0 % в обоих вариантах эксперимента. Максимальный прирост отмечен при солености 7 ‰, однако слабощелочная среда при 7 ‰ снизила эффективность работы нитрифицирующих бактерий и способствовала увеличению токсичности нитритов, что снизило выживаемость рыб на 13,0 %.

Таблица 4 – Показатели роста молоди русского осетра (n=25)

Показатель	Степень солености, ‰			
	0	3	5	7
Средняя масса, г				
начальная	5,19±0,19	5,43±0,18	5,52±0,21	5,55±0,20
конечная	8,70±0,49	9,01±0,40	9,54±0,52	10,74±0,46**
Средняя длина, см				
начальная	11,23±0,18	11,44±0,13	11,35±0,16	11,52±0,15
конечная	13,76±0,29	13,74±0,22	13,94±0,27	14,62±0,25*
Абсолютный прирост, г	3,51	3,58	4,01	5,19
Среднесуточный прирост, г	0,13	0,13	0,14	0,19
Среднесуточная скорость роста, %	1,83	1,79	1,94	2,33
Коэффициент массонакопления, ед.	0,03	0,03	0,04	0,05
Выживаемость, %	94	94	94	85
Период выращивания, сут.	28	28	28	28

Примечание: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

Аналогичные рыбоводно-биологические результаты получены при выращивании молоди в воде соленостью 5 ‰. При этом не наблюдается отрицательного влияния на эффективность утилизации растворенных органических загрязнений и соединений азота в аппаратах биологической очистки. Выживаемость молоди русского осетра в таких гидрохимических условиях составила 94,0 %.

Одним из элементов биохимической оценки физиологического состояния культивируемых рыб является характеристика метаболической функции крови (Г.Ф. Металлов и др., 2016). С целью выявления изменений в обменных процессах изучалась динамика таких показателей как СОЭ, концентрация гемоглобина, сывороточного белка, общих липидов, холестерина и концентрации осмотически активных веществ в сыворотке крови.

В качестве нормативных значений использовались данные физиологических показателей молоди в естественных условиях: СОЭ – 2,0 – 4,0 мм/час, гемоглобин

– 50,0 – 80,0 г/л, холестерин – 1,0 – 2,8 ммоль/л, общие липиды –3,0 – 4,0 г/л, общий белок– 28,0 – 40,0 г/л (Г.Ф. Металлов и др., 2007).

В начале эксперимента отмечены невысокие значения гематологических показателей, что свидетельствует о низкой активности окислительного обмена (табл. 5).

Таблица 5 – Гематологические показатели молоди русского осетра в начале исследования (n=12)

Показатель	Степень солености, ‰			
	0	3	5	7
СОЭ, мм/ч	1,13±0,13	1,25±0,10	1,17±0,14	1,17±0,11
Гемоглобин, г/л	37,61±1,24	32,30±1,33**	28,70±0,43***	30,05±0,64***

Примечание: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

СОЭ у рыб контрольной группы находился в пределах нижней границы модального диапазона, установленного для рыб в естественных условиях обитания. Возможно, это связано с повышенным содержанием в крови липидных компонентов препятствующих осаждению эритроцитов. Более высокий уровень холестерина в крови рыб, выращиваемых в искусственных условиях можно объяснить возросшей потребностью организма в данном биохимическом субстрате для обеспечения адаптивных возможностей организма в искусственных условиях выращивания.

Известно, что дыхательные процессы рыб в соленой воде находятся в более благоприятных условиях, так как она имеет постоянную реакцию за счет более простого поглощения углекислоты, чем в пресной воде. За период исследования наблюдается стабилизация окислительного обмена, особенно в солевой среде, что проявилось в повышении СОЭ и концентрации гемоглобина (табл. 6).

Гемоглобин является важнейшим элементом при реализации дыхательной функции. Осуществляя транспортную функцию углекислого газа и кислорода, регулируя работу щитовидной железы и в целом иммунной системы, гемоглобин

способствует выведению токсинов и принимает участие в процессах, направленных на регенерацию клеток.

Таблица 6 - Показатели крови молоди русского осетра в конце исследования (n=12)

Показатель	Степень солености, ‰			
	0	3	5	7
СОЭ, мм/ч	1,29±0,07	1,33±0,11	1,29±0,11	1,71±0,13**
Гемоглобин, г/л	33,05±1,06	34,13±0,72	37,60±0,76**	38,41±0,80***

Примечание: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

Уровень гемоглобина экспериментальных групп рыб на протяжении всего эксперимента был несколько ниже значений, характерных для рыб, выловленных в море. Возможно это реакция организма на солёность среды при выращивании рыб в УЗВ. Тем не менее, сравнение показателей крови экспериментальных групп рыб свидетельствует о достоверно более высоком уровне этого показателя при выращивании осетра в соленой воде, что согласуется с литературными данными (Е.В Сементина и др., 2008; Е.И. Хрусталеv и др., 2008).

В результате биохимического анализа крови выявлено достоверное различие по уровню общих липидов, превышающий значения, характерные для осетровых рыб Северного Каспия (3,0 - 4,0 г/л) (табл. 7).

Таблица 7 – Биохимические показатели крови молоди русского осетра в начале исследования (n=12)

Показатель	Степень солености, ‰			
	0	3	5	7
Общий белок, г/л	19,68±0,41	20,24±0,55	18,81±0,52	20,03±0,62
Общие липиды, г/л	6,12±0,16	6,20±0,15	7,18±0,24***	6,78±0,26*
Холестерин, ммоль/л	3,19±0,10	3,10±0,09	2,75±0,11**	2,80±0,09**

Примечание: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

В процессе исследования уровень общих липидов достоверно снизился ($p \leq 0,05$). Однако культивирование в пресной воде существенно не отразилось на физиологическом состоянии исследуемой молодежи: отсутствовала положительная динамика в изменении липидного обмена, а снижение показателя не превысило 1,5% (табл.8).

Таблица 8 – Биохимические показатели крови молодежи русского осетра в конце исследования (n=12)

Показатель	Степень солености, ‰			
	0	3	5	7
Общий белок, г/л	19,18±0,40	18,90±0,37	16,86±0,47***	18,11±0,42
Общие липиды, г/л	6,02±0,20	6,17±0,18	6,99±0,18**	6,41±0,22
Холестерин, ммоль/л	2,15±0,07	2,97±0,15**	2,47±0,13*	2,66±0,12**

Примечание: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

Поскольку липиды выполняют самые разнообразные функции, сложно установить, что повлияло на их динамику. Повышенный уровень липидного обмена характерен для рыб, питающихся полнорационными сухими кормами. При равных условиях содержания, единственным фактором, который мог повлиять на динамику общих липидов, была соленость среды. Уровень холестерина изменился незначительно и находился в пределах, характерных для осетровых рыб в Каспийском море. Динамика изменений концентрации холестерина, аналогичная динамике общих липидов.

Таким образом, выявленная динамика исследованных показателей (СОЭ, гемоглобин, общий белок, общие липиды, холестерин) у рыб, выращиваемых при различной степени солености водной среды, можно рассматривать, как положительную тенденцию стабилизации их функционального состояния. Увеличение интенсивности роста соотносится с повышенной обеспеченностью их организма гемоглобином.

Механизм водно-солевого обмена оценивали на основе данных осмоляльности сыворотки крови. На протяжении всего периода исследования значения данного показателя различались незначительно и соответствовали гипертоническому типу водно-солевого обмена (рис.6). Такая динамика осмоляльности крови характерна для разновозрастных осетровых в опреснённой зоне Северного Каспия 230,0 -270,0 ммоль/кг H₂O (Г.Ф. Металлов и др., 2010).

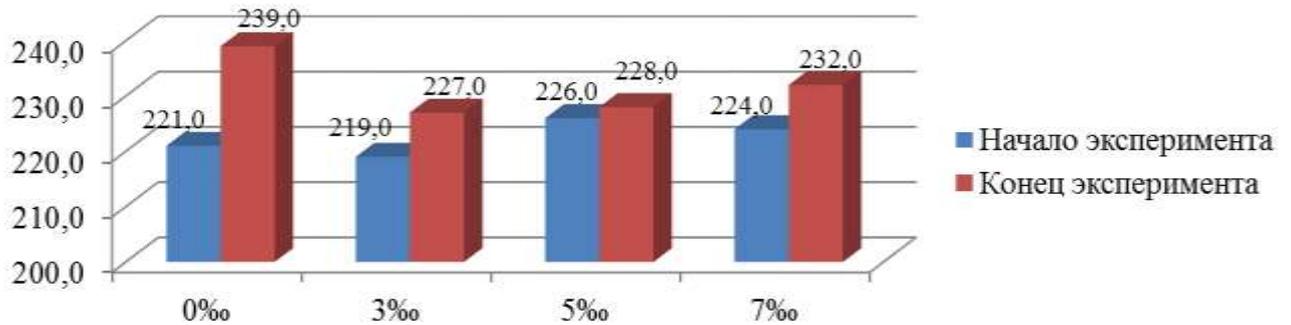


Рисунок 6 - Динамика осмоляльности сыворотки крови
молоди русского осетра (ммоль/кг H₂O)

В условиях эксперимента осмоляльность водной среды составила 65,0 ммоль/кг H₂O (3‰), 134,0 ммоль/кг H₂O (5‰), 193,0 ммоль/кг H₂O (7‰), а для пресной воды 20,0 ммоль/кг H₂O. Осмоляльность воды в Северном Каспии варьирует от 92,0 до 230,0 мосм/кг.

Таким образом, ввиду экологической пластичности и биологических особенностей осетровых, в частности русского осетра, выращивание при солёности 5 - 7‰ повлияло на характер обмена веществ. Физиологические показатели молоди русского осетра, выращиваемой при различной степени солёности водной среды, также как у контрольной группы рыб, приближались к параметрам характерным для рыб в естественной среде обитания. Однако при моделировании солевых условий в УЗВ наблюдается более эффективное использование компонентов пищи в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ), что подтверждается интенсивным темпом роста. Кроме того, характерная для каспийских осетровых рыб гипертоничность среде обитания значительно легче

поддерживается в слабосоленой воде, а в пресной воде происходит излишняя гидратация организма.

3.1.2 Адаптационные возможности гибридов осетровых рыб (стерлядь×белуга, русский осетр×ленский осетр) при выращивании в системе замкнутого водообеспечения

Значительная часть экспериментальных работ по адаптивным возможностям осетровых рыб к солености водной среды в основном проведена на осетре, белуге, севрюге и стерляди (Л.С. Краюшкина, 1967; М.М. Каргаполова, 1968; В.Н. Беляева, И.И. Болдырев, 1968; В.П. Дюбин, С.Г. Киселева, 1976; Г.Ф. Металлов и др., 2010). Однако, в современных условиях дефицита диких производителей осетровых и, учитывая их биологические особенности (низкий темп роста, поздние сроки созревания, требовательность к условиям выращивания и т.д.), в товарном осетроводстве целесообразнее выращивать гибридные формы, имеющие гетерозисные преимущества перед чистыми видами.

Одной из технологий товарного рыбоводства является выращивание бестера в морских садках. Установлено, что мелкая молодь (до 2,0-3,0 г) адаптируется к солоноватой воде (4 - 5 ‰) без дополнительной акклиматизации, а увеличение солености до 9,0 - 10,0 ‰ должно происходить постепенно, в течение 1-2 дней. В Пролетарском водохранилище (р. Западный Маныч) сеголетки бестера осваивают участки соленостью 15 ‰, подростый гибрид проникает и в более осолоненные участки (П.А. Моисеев и др., 1985).

Учитывая результаты выращивания русского осетра в условиях 5 ‰ солености, аналогичные эксперименты были проведены в УЗВ при полном регулировании параметров среды на особях гибрида русский осётр x ленский осётр (4 мес.) и сеголетках гибрида стерлядь×белуга, которые отличаются высоким темпом роста и повышенным иммунитетом, что делает их перспективными объектом товарного рыбоводства.

Выращивание разновозрастной рыбы проводили при оптимальном температурном и кислородном режиме (рис. 7, 8).

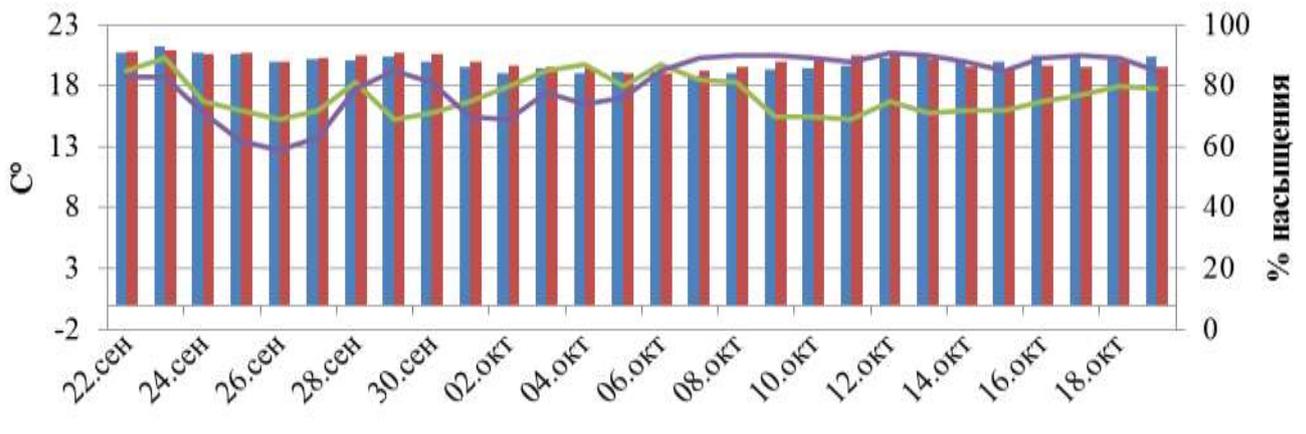


Рисунок 7 - Динамика термического и кислородного режима при выращивании гибрида русский осетр

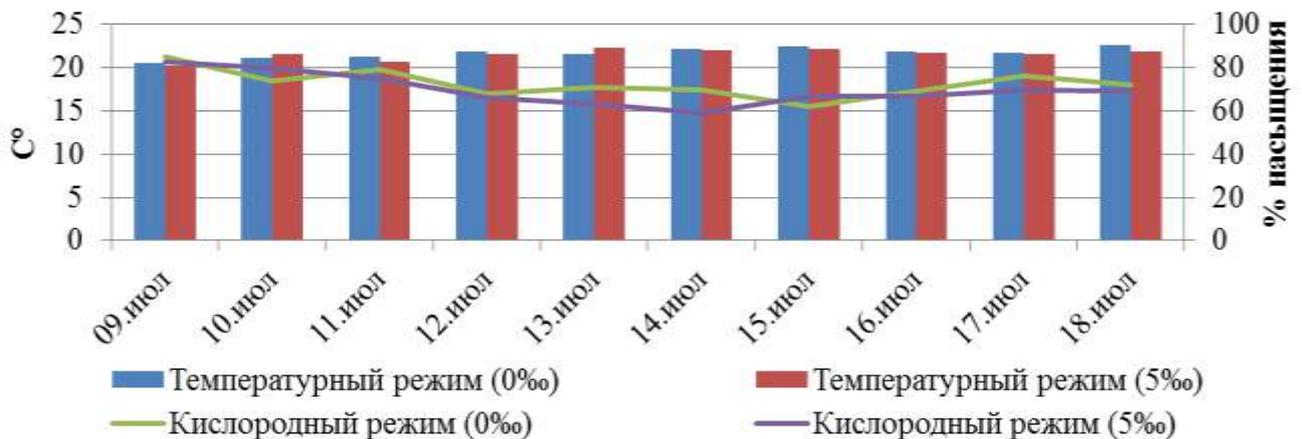


Рисунок 8 - Динамика термического и кислородного режима при выращивании: гибрида стерлядь×белуга

Продолжительность исследования составила 28 дней при выращивании гибрида русский осётр х ленский осётр и 10 дней при выращивании гибрида стерлядь х белуга. В течение всего эксперимента изменения гидрохимических показателей в экспериментальных бассейнах находились в пределах нормативных значений, не оказывающих пагубного влияния работу нитрифицирующих бактерий биологического фильтра (табл. 9).

После помещения гибрида русский осетр ×ленский осетр, привезенного с садкого предприятия Астраханской области, в экспериментальную солевую среду отмечено снижение интенсивности роста. Об этом свидетельствует динамика

абсолютного прироста и среднесуточной скорости роста. Через две недели прирост массы значительно ускорился и по всем параметрам превысил темп роста рыб контрольной группы (рис. 9).

Таблица 9 - Гидрохимические показатели в бассейнах экспериментальной установки при моделировании условий водной среды (n=10)

Показатель	Объект исследования			
	Гибрид русский осетр×ленский осетр		Гибрид стерлядь×белуга	
	Степень солености, ‰			
	0	5	0	5
Водородный показатель (рН), ед.	7,22±0,09	7,41±0,05	7,34±0,04	7,55±0,07*
Аммонийный азот, мг/л	0,97±0,07	1,03±0,09	0,88±0,05	1,10±0,08*
Нитриты (NO ₂) мг/л	0,054±0,01	0,061±0,01	0,063±0,01	0,071±0,01
Нитраты (NO ₃) мг/л	34,0±1,18	35,2±2,18	32,4±1,59	34,8±1,87
Железо общее мг/л	0,125±0,01	0,116±0,01	0,134±0,01	0,147±0,01
Фосфаты мг/л	0,12±0,01	0,13±0,01	0,108±0,01	0,110±0,01

Примечание: * $p \leq 0,05$

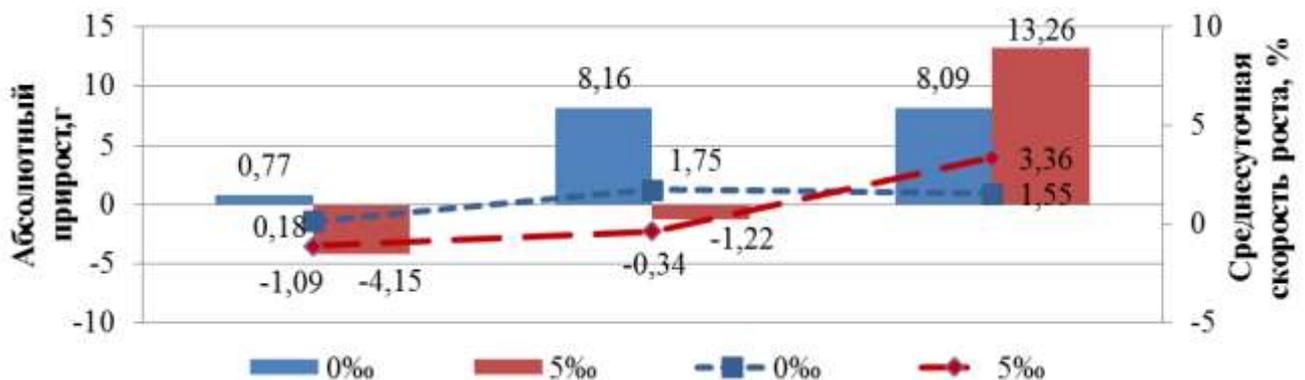


Рисунок 9 – Динамика темпа роста гибрида русский осетр×ленский осетр

Невысокая интенсивность роста особей контрольной группы в начале исследования объясняется адаптацией рыб к условиям УЗВ.

Более глубокие изменения в динамике рыбоводно-биологических показателей особей гибрида русский осетр×ленский осетр при моделировании условий выращивания являются результатом адаптации его физиологических

систем не только к условиям замкнутого водообеспечения, но и солёности водной среды.

Положительная динамика темпа роста так же выявлена при выращивании сеголеток гибрида стерлядь×белуга (табл.10).

Таблица 10 - Показатели темпа роста гибрида стерлядь×белуга при моделировании условий замкнутого водообеспечения (n=30)

Показатель	Степень солёности, ‰	
	5	0
Средняя масса, г		
начальная	145,5±7,20	159,5±3,70
конечная	155,50±2,78	164,91±3,15*
Средняя длина, см		
начальная	34,23±1,10	35,62±0,56
конечная	34,60±1,14	35,79±0,86
Коэффициент упитанности по Фультону, ед.	0,35±0,01	0,35±0,01
Среднесуточный прирост, г	1,00	0,54
Абсолютный прирост, г	10,00	5,41
Коэффициент массонакопления, ед.	0,04	0,02
Среднесуточная скорость роста, %	0,67	0,33
Период выращивания, сут.	10	

Примечание: * $p \leq 0,05$

Таким образом, при выращивании гибридов русский осетр×ленский осетр и стерлядь×белуга при солоноватоводном режиме (5 ‰), отмечен активный пластический обмен, что подтверждается высокой интенсивностью роста.

Помимо показателей роста у экспериментальных групп рыб исследовали физиолого-биохимические показатели крови. Учитывая, что родительские виды исследуемого гибрида, в частности русский осетр, в этом возрасте находятся в море, показатели крови в эксперименте сравнивали с физиологическими показателями рыб из естественных условий, которые можно принять за нормативные значения (В.И. Лукьяненко и др., 1984).

В начале исследования физиологические показатели экспериментальных групп рыб были относительно лабильны, что, вероятно, связано с периодом адаптации на данном этапе к условиям эксперимента. В среднем показатели не выходили за пределы значений характерных для осетровых рыб в Северном Каспии (рис.10).

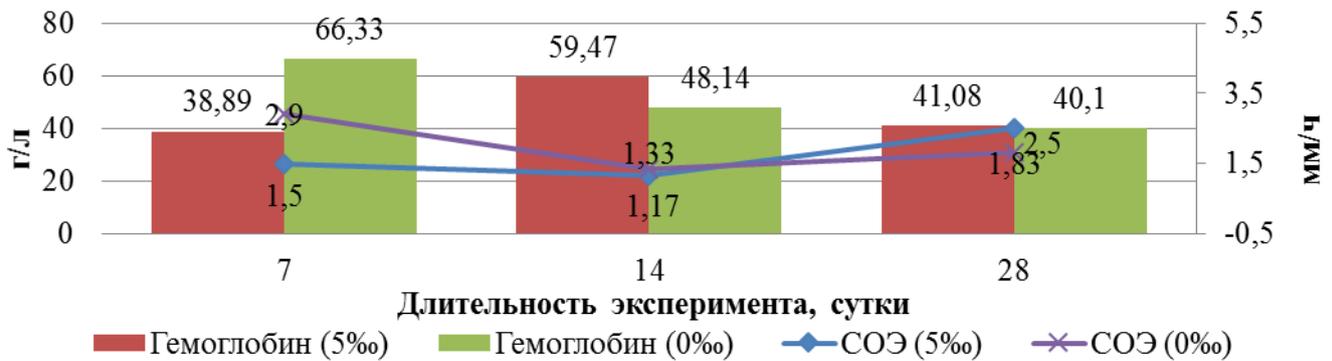


Рисунок 10 - Гематологические показатели крови гибрида
русский осетр × ленский осетр

На протяжении всего эксперимента при равных гидрохимических условиях основным воздействующим механизмом на физиолого-биохимические процессы была соленость водной среды. Положительная динамика изменений уровня гемоглобина биологически обоснована и объясняется интенсификацией обменных процессов. Это подтверждается исследованиями Г.К. Шелухина (1990), который отмечал более низкий уровень гемоглобина при содержании рыб в пресной воде.

Уровень белка, общих липидов и холестерина у рыб на начальном этапе исследования находился в пределах нижней границы нормы и был относительно однороден. Вариабельность показателей не превышала 10,0-25,0 %.

Адаптационный процесс завершился повышением уровня общего белка до 28,0-29,0 г/л, что характерно для особей, находящихся в естественной среде (25,0-40,0 г/л) (рис.11).

Такая динамика изменения белка связана со спецификой питания (комбинированные корма) и уровнем стрессовой нагрузки (замкнутое водообеспечение), которая преодолевается за счет дополнительной энергии

полученной при расщеплении белка. Часто наблюдается у осетровых при выращивании в условиях рыбоводных заводов.

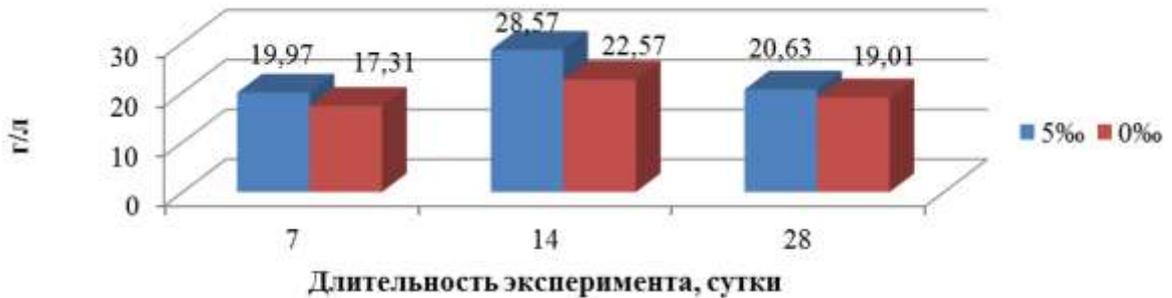


Рисунок 11 – Изменения концентрации общего белка крови гибрида русский осетр×ленский осетр

В наиболее критический период адаптации, характеризующийся снижением прироста, наблюдалось увеличение ($p \leq 0,05$) гемоглобина, общего белка, общих липидов и холестерина на 30,0-45,0 %. Подобная перестройка обмена веществ необходима для выработки дополнительной энергии для преодоления организмом стрессовой ситуации: содержание в замкнутой системе и солености водной среды.

Аналогичная тенденция по динамике физиологических показателей выявлена у рыб в пресной воде. Однако глубина этих изменений была менее рельефна и незначительно отразилась на скорости роста.

В целом, физиологическое состояние рыб соответствовало норме, что подтвердилось и показателями липидного обмена (рис.12).



Рисунок 12 – Динамика липидного обмена гибрида русский осетр×ленский осетр

Концентрация общих липидов соответствовала норме (3,0 – 5,0 г/л), а уровень холестерина находился в пределах 1,0 – 2,0 г/л, что так же характерно для рыб в естественной морской среде обитания.

Данные гематологического и биохимического исследования крови сеголетков гибрида стерлядь×белуга свидетельствуют об удовлетворительном физиологическом состоянии рыб экспериментальных групп (табл. 11).

Таблица 11 – Показатели крови гибрида стерлядь×белуга в начале эксперимента (n=14)

Показатель	Степень солености, ‰	
	0	5
СОЭ, мм/ч	1,57±0,14	1,71±0,07
Гемоглобин, г/л	73,43±2,35	70,57±2,33
Общий белок, г/л	23,89±0,90	21,41±0,53*
Общие липиды, г/л	5,31±0,31	5,20±0,38
Холестерин, ммоль/л	3,74±0,41	2,59±0,33*

Примечание: * $p \leq 0,05$

В тоже время, СОЭ и общий белок были ниже значений характерных, для осетровых рыб в Северном Каспии. Повышенный уровень жирового обмена, вероятно, связан с особенностями искусственного питания рыб в УЗВ.

В процессе исследования отмечена успешная адаптация рыб к новым условиям выращивания (табл. 12).

Таблица 12 - Физиологический статус гибрида стерлядь×белуга при моделировании условий выращивания (n=14)

Показатель	Степень солености, ‰	
	0	5
СОЭ, мм/ч	1,71±0,09	2,75±0,14***
Гемоглобин, г/л	58,57±1,93	55,71±1,02
Общий белок, г/л	19,06±0,51	17,79±0,29*
Общие липиды, г/л	5,53±0,12	5,82±0,18
Холестерин, ммоль/л	2,44±0,14	3,26±0,37*

Примечание: * $p \leq 0,05$; *** $p \leq 0,001$

Увеличение СОЭ на 37,0 % у рыб в солености 5‰ связано с перестройкой осморегуляционных механизмов на фоне адаптации к солоноватоводным условиям. На 20,0-22,0 % в обоих вариантах эксперимента отмечено снижение уровня гемоглобина. Аналогичная тенденция характерна для динамики общего белка.

В целом экспериментальные группы рыб на протяжении всего исследования по физиологическому состоянию достоверно не отличались, но более высокий темп прироста массы при выращивании в условиях 5 ‰ солености при прочих равных условиях содержания, позволяет сделать вывод о ростостимулирующем действии солоноватоводного режима (5 ‰) на молодь гибрида стерлядь×белуга.

Выявленная динамика физиолого-биохимических показателей соответствует описанным ранее изменениям в эксперименте по влиянию солености на особей гибрида русский осетр×ленский осетр.

Успешная адаптация гибридов к солености подтверждается показателем водно-солевого обмена (табл. 13).

Таблица 13 - Осмоляльность среды и сыворотки крови в условиях эксперимента (n=14)

Осмоляльность	Ед.изм.	Объект исследования	
		Гибрид русский осетр×ленский осетр	Гибрид стерлядь×белуга
0‰			
Вода	ммоль/	11,0±0,01	11±0,01
Сыворотка	кг Н ₂ О	242,0±1,9	256,0± 3,9
5‰			
Вода	ммоль/	134,0±0,01	132,0±0,01
Сыворотка	кг Н ₂ О	243,0±2,4	249,0±1,76

Кровь в обоих вариантах была гипертонична по отношению к внешней среде. Уровень осмолярности сыворотки крови соответствовал параметрам, наблюдаемым у разновозрастных особей осетровых, выловленных в опреснённой зоне Северного Каспия и речной воде (230,0 – 270,0 ммоль/кг Н₂О).

Результаты экспериментальных исследований подтвердили данные производственных испытаний (табл. 14).

Таблица 14 – Динамика роста гибрида стерлядь×белуга в условиях ООО ИНТП «ИНТОС»(n=30)

Показатель	Степень солености, ‰	
	5	0
Средняя масса, г		
начальная	112,23±4,38	115,11±4,98
конечная	143,46±4,42	129,60±4,88**
Средняя длина, см		
начальная	30,71±0,33	30,60±0,41
конечная	32,43±0,37	31,37±0,34**
Абсолютный прирост, г	31,23	14,49
Кормовые затраты, ед.	1,51	1,74
Среднесуточная скорость роста, %	0,82	0,39
Коэффициент массонакопления, ед.	0,04	0,02
Период выращивания, сут.	30	

Примечание: * $p \leq 0,05$

Таким образом, в процессе проведенных исследований по выращиванию осетровых рыб при различной степени солености водной среды выявлена высокая интенсивность роста, значительно превышающая параметры рыб, выращиваемых в пресной воде. Наиболее подходящей концентрацией для УЗВ является соленость водной среды 5 ‰, не оказывающая негативного влияния на работу нитрифицирующих бактерий биофильтра. Кроме того, использование посадочного материала с хорошим исходным физиологическим состоянием является необходимым условием выращивания качественной продукции в УЗВ.

3.1.3 Экономическая эффективность выращивания осетровых рыб при солоноватоводном режиме в условиях установки замкнутого водообеспечения

Выращивание осетровых рыб при солоноватоводном режиме (5 ‰) способствует снижению кормовых затрат на 15,2 %, увеличению скорости роста и

сокращению периода достижения товарной массы, а также улучшению физиологического состояния культивируемой рыбы, что способствует повышению качества выращиваемой продукции. Кроме того, технология выращивания осетровых рыб при солоноватоводном режиме (5 ‰) не требует дополнительных затрат на дорогостоящие корма (табл. 15).

Таблица 15 - Экономическая эффективность применения солоноватоводного режима (5 ‰) в установке замкнутого водообеспечения

Показатели	Степень солености, ‰	
	0	5
Средняя масса, г		
начальная	115,1	112,2
конечная	500,0	500,0
Посажено на выращивание, экз.	450,0	450,0
Выживаемость, %	92,0	98,0
Выращено и реализовано, экз.	414,0	441,0
Весовой прирост, кг	155,2	170,0
Кормовые затраты, ед.	1,74	1,51
Затраты корма на весь период выращивания, кг	270,1	256,7
Стоимость 1 кг комбикорма, руб.	149,0	149,4
Затраты на комбикорма, руб.	40244,9	38350,98
Стоимость 1 кг соли, руб	-	5,0
Затраты на соль, руб.	-	40,0
Реализационная стоимость рыбы, руб/кг	600,0	
Общая сумма выручки от реализации, руб.	248400,0	264600,0
Себестоимость 1 кг рыбы	331,0	232,0
Прибыль, руб	113366,0	162288,0
Коэффициент рентабельности, %	45,6	61,3

Таким образом, применение солоноватоводного режима при выращивании осетровых позволяет реализовать генетический потенциал роста культивируемых рыб, сократить период достижения товарной массы и снизить кормовые затраты

на 15,2 %. Прибыль с 1 кг товарной осетровой продукции увеличивается на 99,0 рублей, а рентабельность производства увеличивается на 15,7%.

3.2 Применение Е-селена в технологии выращивания осетровых рыб

Многолетний производственный опыт выращивания осетровых рыб в искусственных условиях, показывает, что технологические особенности (повышенные плотности посадки, сортировка рыбы, транспортировка и т.д.) являются стрессовыми воздействиями, провоцирующими процессы СРО и нарушение обмена веществ (Г.Ф. Металлов и др., 2013). Как следствие, приводящие к снижению адаптационных и защитно-приспособительных механизмов, торможению скорости роста и развития организма.

Усиление защитных систем организма возможно за счет введения в корма различных биологически-активных веществ, обладающих антиоксидантным и адаптогенным действием. Особый интерес среди них вызывают соединения селена, который является важным элементом антиоксидантной защиты. Совместно с витамином Е селен играет важную роль в инактивации процесса окисления полиненасыщенных жирных кислот и стабилизации клеточных мембран (Н.Г. Емелина и др., 1970; Витамины, 1974; S.O. Hung, 1981; С.В. Cowey, 1983). Синергизм этих биологически активных веществ проявляется в защите эмбрионов от окислительного процесса, поддержании иммунитета, предотвращении от микотоксикозов, профилактике от асцитов, предотвращении ПОЛ в половых продуктах. Комбинация этих элементов позволяет предохранять организм рыб от токсического действия окисленных жиров и достичь максимального эффекта при профилактике и лечении нарушений физиологических процессов в организме (О.А. Громова, И.В. Гоголева, 2010).

Известно, что рыбы обладают выраженной способностью аккумулировать селен из воды и корма. Некоторое количество этого элемента поступает в организм в процессе дыхания через жабры (W. Maher et al, 1997).

Территория юга России относится к неблагоприятным биохимическим провинциям по содержанию селена в почве и воде, а концентрация этого микроэлемента ниже порогового уровня (Н.А. Пудовкин и др., 2012). По данным Н.А. Голубкиной (2012) в донных отложениях Каспийского моря уровень селена так же находится на низком уровне и не превышает 108,0-230,0 мкг/кг.

В условиях искусственного выращивания, когда обмен веществ полностью находится под контролем человека, применение препаратов на основе селена в технологии кормления приобретает особую актуальность. Однако в рыбоводстве до сих пор отсутствует достаточное биологическое обоснование использования селеносодержащих препаратов.

3.2.1 Эффективность витаминно-минерального препарата Е-селен при выращивании осетровых рыб

Изменение экологической ситуации и ухудшение качества кормового сырья приводит к тому, что во многих странах пересматриваются уже существующие нормы введения витаминов и микроэлементов в корма.

Витаминно-минеральный препарат Е-селен тестировали на основании литературных данных о биологических потребностях рыб в селене (0,15-0,50 мг/кг) и витамине Е (20,0-100,0 мг/кг), а также учитывая сведения о нормативных дозах этих компонентов в кормах для рыб (селен 0,15-1,50 мг/кг, витамин Е - 50,0-100,0 мг/кг). Исследовали следующие концентрации Е-селена: I вариант - 0,6 мл/кг корма; II вариант - 1,0 мл/кг корма; III вариант - 2,0 мл/кг корма; IV вариант - 3,0 мл/кг корма. В качестве контроля использовали корм без добавления Е-селена (табл.16).

Полученные результаты динамики темпа роста свидетельствуют о положительном влиянии витаминно-минерального препарата Е-селен на продуктивность рыб. За весь период эксперимента абсолютный и среднесуточный прирост рыб опытных групп составил 129,84 - 136,45 г и 1,44 - 1,52 г/сут соответственно. В контрольном бассейне эти показатели были на 4,0 - 9,0 % и

составляли 124,84 г и 1,31 г/сут. Динамике темпа роста соответствовало и изменение абсолютных значений. Среднесуточная скорость роста в контрольной группе была ниже на 4,0 %.

Таблица 16 – Влияние различных концентраций витаминно-минерального препарата Е-селен на показатели роста гибрида русский осетр×ленский осетр (n=30)

Показатель	Группы				
	I	II	III	IV	Контроль
Средняя масса, г					
начальная	133,35 ± 5,12	137,40 ± 7,55	128,28± 7,15	134,16 ± 5,62	125,79 ± 4,91
конечная	269,80±3,17**	252,72±7,01	251,96±7,36	266,44±5,26*	250,63±4,62
Средняя длина, см					
начальная	35,11±0,41	33,46±0,69*	32,42±0,93*	34,18±0,71	35,05±0,38
конечная	43,68±0,35	43,52±0,35	43,64±0,26	44,90±0,30***	42,65±0,47
Коэффициент упитанности по Фультону, ед.					
начальный	0,30±0,01	0,31±0,01	0,30±0,01	0,34±0,01	0,29±0,01
конечный	0,32±0,01	0,31±0,01	0,30±0,01	0,29±0,01	0,32±0,01
Абсолютный прирост, г	136,45	115,32	123,68	132,28	124,84
Среднесуточный прирост, г	1,52	1,28	1,37	1,47	1,39
Среднесуточная скорость роста, %	0,78	0,67	0,75	0,76	0,76
Коэффициент массонакопления, ед.	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Период выращивания, сут.	90				

Примечание: * p≤0,05; ** p≤0,01; *** p≤0,001

Так как физиологические и токсические дозы препарата довольно близки, отдельно тестировали высокую дозу Е-селена - 4,0 мл/кг (табл.17).

Анализ показателей продуктивности подтвердил результаты тестирования более низких концентраций Е-селена. Интенсивность роста контрольной группы рыб (абсолютный и среднесуточный прирост) был ниже на 5,0 %.

Таблица 17 – Продуктивность гибрида русский осетр×ленский осетр при высокой концентрации Е-селена (n=120)

Показатели	Опыт	Контроль
Средняя масса, г		
начальная	133,35 ± 2,12	125,79 ± 2,91*
конечная	512,98±9,57	480,01±9,17*
Средняя длина, см		
начальная	40,00±0,45	41,26±0,53
конечная	51,26±0,42	50,98±0,31
Коэффициент упитанности по Фультону, ед.		
начальный	0,32±0,01	0,32±0,01
конечный	0,38±0,01	0,36±0,01
Абсолютный прирост, г	379,63	354,22
Среднесуточный прирост, г	4,2	3,9
Среднесуточная скорость роста, %	1,5	1,5
Коэффициент массонакопления, ед.	0,1	0,09
Период выращивания, сут.	90	90

Примечание: * $p \leq 0,05$

Полученные в ходе исследования данные, свидетельствуют о том, что использование низких концентраций Е-селена улучшает продуктивность выращиваемой рыбы. Однако, учитывая, что максимальная активность фермента глутатионпероксидазы, в состав которой входит селен, отмечается при концентрации последнего от 0,15 до 0,38 мг/кг, наиболее эффективной и безопасной концентрацией Е-селена в рационе осетровых рыб является 0,6 мл/кг корма, которая соответствует концентрации селена 0,3 мг/кг. Это подтвердилось и результатами, полученными в ходе проведенных экспериментов.

Добавление витаминно-минеральной добавки Е-селен (0,6 мл/кг корма) в рацион гибрида стерлядь×белуга, выращиваемого в условиях садкового предприятия ООО «Аква-Новатор», подтвердили полученные ранее результаты (табл.18).

Таблица 18 – Динамика роста при выращивании гибрида стерлядь×белуга при добавлении Е-селена (n=30)

Показатель	Группы	
	Опыт	Контроль
Масса начальная, г	38,98±2,65	37,42±2,99
Масса конечная, г	77,38±3,01*	69,41±2,34
Абсолютный прирост, г	38,40	31,99
Среднесуточная скорость роста, %	2,48	2,23
Кормовые затраты, ед.	1,5	1,7
Выживаемость, %	89	86
Продолжительность, сут.	28	28

Примечание: * $p \leq 0,05$

Таким образом, применение витаминно-минеральной добавки Е-селен в рационе осетровых рыб способствует повышению продуктивности. Тестирование различных концентраций Е-селена, выявило аналогичную динамику роста во всех вариантах эксперимента. Учитывая, что физиологические и токсические дозы близки и недостаточно выявлены, 0,6 мл/кг корма является безопасной биологически обоснованной концентрацией Е-селена, достаточной для нормального роста и развития рыб.

3.2.2 Физиологическое состояние рыб, выращенных на комбиорме с добавлением Е-селена

Практика применения Е-селена в профилактических дозах при кормлении сельскохозяйственных животных, в том числе и рыб, как правило, свидетельствует о незначительной положительной тенденции массовых

характеристик, поскольку в первую очередь направлена на улучшение их физиологического состояния, деформируемого условиями выращивания.

Для оценки влияния витаминно-минеральной добавки Е-селен в составе комбикорма для осетровых рыб исследовали динамику физиологических показателей крови. Анализ физиологического состояния проводили при наиболее эффективной норме ввода Е-селена - 0,6 мл/кг в сравнении с контрольным вариантом (табл.19).

Таблица 19 –Показатели крови гибрида русский осетр×ленский осетр (n=30)

Показатель	Группа					
	Контрольная			Опытная		
	Продолжительность опыта, сут.					
	0	45	90	0	45	90
СОЭ, мм/ч	1,66±0,10	1,60±0,09	1,60±0,11	1,96±0,12	2,20±0,18**	2,00±0,13**
Гемоглобин, г/л	46,62±1,59	61,38±1,94	62,68±2,06	49,94±1,84	61,38±1,69	64,15±2,09
Общий белок, г/л	24,41±0,56	22,51±0,47	28,94±0,62	29,08±0,51***	21,33±0,59	26,96±0,63**
Общие липиды, г/л	3,50±0,15	2,35±0,15	3,28±0,15	3,37±0,21	2,35±0,15*	2,32±0,13***
Холестерин, ммоль/л	1,50±0,07	4,41±0,11	1,58±0,08	3,86±0,18***	4,60±0,24	1,50±0,05

Примечание: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

Гематологические показатели в течение всего периода исследования находились в пределах нормы. При добавлении Е-селена уровень гемоглобина был стабильно выше, но разница была статистически недостоверна ($p \geq 0,05$).

Уровень СОЭ у рыб экспериментальных групп практически соответствовал нижней границе нормы, установленной для разновозрастных осетровых рыб в морской период жизни. Относительно более низкий уровень СОЭ у рыб контрольной группы, возможно, связан с негативными изменениями в метаболизме печени, которые компенсируются применением Е-селена у опытных рыб.

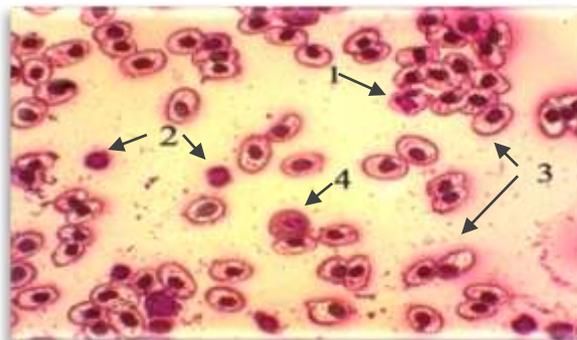
Известно, что введение селена в рацион рыб (камп, толстолобик) способствует снижению накопления вторичных продуктов окисления липидов,

поддерживает равновесие окислительных процессов и оказывает положительное влияние на гемопоэз (И.А. Галатдинова и др., 2015).

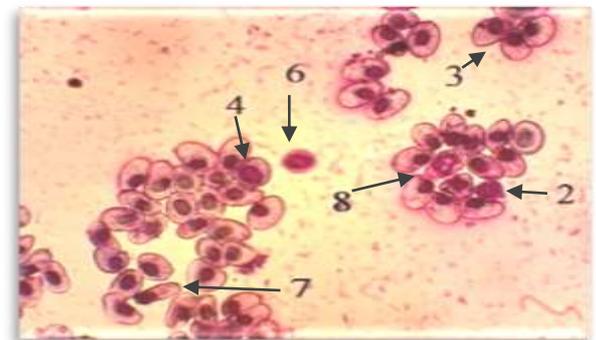
Анализ лейкоцитарной формулы крови подтвердил хорошее физиологическое состояние экспериментальных групп рыб (табл.20, рис.13).

Таблица 20 - Лейкограмма крови гибрида русский осетр×ленский осетр (n=10)

Показатели	Опыт	Контроль
Лимфоциты	61,20±3,33	60,3±3,28
Моноциты	3,5±0,76	3,7±0,76
Сегментоядерные эозинофилы	6,1±0,83	5,8±0,73
Палочкоядерные эозинофилы	1,9±0,17	2,3±1,33
Нейтрофилы, в т.ч.:		
Промиелоциты	1,3±1,32	1,5±0,62
Палочкоядерные нейтрофилы	21,1±0,58	20,4±0,76
Сегментоядерные нейтрофилы	2,7±0,50	3,1±0,58
Миелоциты	2,6±0,09	2,9±0,09



а)



б)

Рисунок 13 - Микроскопия мазков крови: а) контроль; б) опыт

1- палочкоядерный эозинофил; 2- лимфоциты; 3- эритроциты;
4-лимфобласт; 5 – палочкоядерный эозинофил; 6 – промиелоцит; 7 – тромбоцит;
8 – сегментоядерный нейтрофил

Количество моноцитов было незначительным, что свидетельствует об отсутствии воспалительных процессов у рыб в обоих вариантах эксперимента. Изменения, которые проявились в контрольной и опытной группах рыб, находились в пределах физиологической нормы, но различия статистически

недостовверны ($p \leq 0,05$). Сходная лейкограмма контрольной и опытной групп рыб - закономерный результат выращивания молоди в стабильных условиях замкнутого водоснабжения.

Уровень общего белка достоверно изменялся ($p \leq 0,05$) в течение всего периода исследования у рыб экспериментальных групп в пределах нижней границы нормы (18,0-29,0 г/л), характерной для рыб из естественных водоёмов (28,0–40,0 г/л). Более низкий уровень общего белка у рыб, выращенных с применением Е-селена, подтверждает выявленные ранее особенности динамики роста. Применение витаминно-минерального препарата позволило более эффективно утилизировать потребляемые корма.

Добавление Е-селена отразилось на процессе липидного обмена. Общие липиды характеризуют процесс накопления энергетических резервов и отражают связь гидробионтов со средой обитания. Уровень общих липидов на протяжении всего эксперимента изменялся в пределах референтных значений, характерных для осетровых рыб в естественных условиях среды (3,0-4,0 г/л).

Известно, что снижение процесса пероксидации липидов приводит к повышению концентрации омега-3 кислот и стимулированию липидного обмена, что подтверждается достоверно более высокими значениями данного показателя ($p \leq 0,001$) в начале исследования. Использование Е-селена способствует снижению уровня общих липидов ($p \leq 0,001$).

Холестерин, как важный компонент липидного обмена играет значительную роль в деятельности иммунной системы и защите организма от стресса. На протяжении всего исследования уровень холестерина изменялся в значительных пределах, превышая норму в 2,0 – 2,5 раза. Несмотря на аналогичную тенденцию липидного обмена контрольной группы рыб, изначально высокое значение холестерина ($3,86 \pm 0,18$ ммоль/л) снижается до уровня физиологической нормы ($1,50 \pm 0,05$ ммоль/л) при обогащении рациона антиоксидантами. Выявленную тенденцию динамики общих липидов и холестерина можно считать положительной для физиологического состояния рыб.

Таким образом, результаты исследования показали, что витаминно-минеральная добавка Е-селен (0,6 мл/кг) в составе комбикорма положительно влияет на белковый, жировой и окислительный обмены.

Аналогичная тенденция в изменении физиолого-биохимических показателей крови наблюдалась при обогащении рациона высокой концентрацией Е-селена - 4,0 мл/кг (табл.21).

Таблица 21 – Показатели крови гибрида русский осетр×ленский осетр (n=30)

Показатель	Группа					
	Контрольная			Опытная		
	Продолжительность опыта, сут.					
	0	45	90	0	45	90
СОЭ, мм/ч	2,90±0,24	2,90±0,17	2,98±0,20	3,35±0,21	4,3±0,17	4,00±0,17
Гемоглобин, г/л	56,60±1,20	63,80±1,40	59,71±1,65	61,4±1,31**	64,4±1,48	63,43±1,53
Общий белок, г/л	26,09±0,80	23,26±0,73	22,04±0,57	28,10±0,79	23,99±0,78	24,39±0,59**
Общие липиды, г/л	3,40±0,13	3,06±0,11	3,13±0,10	3,90±0,16*	1,84±0,04***	1,98±0,11***
Холестерин, ммоль/л	1,42±0,04	1,57±0,05	1,67±0,04	3,80±0,20***	2,23±0,13***	1,87±0,06*

Примечание: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

Концентрация гемоглобина у рыб в опыте и контроле находилась в пределах значений, характерных для осетровых рыб в естественной среде (50,0 – 80,0 г/л). Значения СОЭ в обоих вариантах были достаточно вариабельны и колебались от 2,9 мм/час до 4,3 мм/час, при норме 2,0 - 2,4 мм/час. Патологических изменений в исследуемых показателях не выявлено.

Влияние высокой концентрации Е-селена (4,0 мг/кг) оказало аналогичное действие на динамику обменных процессов. За период выращивания уровень общего белка снизился на 15,0 - 18,0 % у рыб. Значения колебались в пределах нижней границы нормы (24,0 – 29,0 г/л) и оставались в пределах нормы. Вероятно, это определилось комфортными условиями выращивания рыб в УЗВ. Учитывая более высокие массовые характеристики рыб опытной группы, можно сделать вывод о положительном эффекте применения Е-селена.

Добавление Е-селена стимулировало липидный обмен более чем в 2 раза, что привело к снижению уровня общих липидов. В контрольной группе рыб снижение не превысило 8,0 %. В конце исследования уровень общих липидов в крови рыб в опыте был достоверно ниже, чем в контрольном варианте ($p \leq 0,001$).

Изначально высокому уровню общих липидов в крови соответствовал высокий уровень холестерина, который превышал нормативные значения (1,0-2,8 ммоль/л). В сравнении с контролем этот показатель был выше в 2,0 раза. Взаимосвязь холестеринового обмена с биотическими (рацион питания) и абиотическими (условия выращивания) факторами определила его сложную динамику в процессе эксперимента. Применение Е-селена способствовало снижению холестерина в 2,0 раза.

Таким образом, механизм действия Е-селена на организм рыб сложен. Витаминно-минеральная добавка Е-селен способствовала перестройке обменных процессов и положительно повлияла на утилизацию компонентов липидного обмена. Исключительная зависимость холестеринового обмена от условий содержания рыб и рациона питания определила его сложную динамику в процессе эксперимента. Незначительные изменения в динамике белкового обмена подтверждают активный транспорт веществ, что проявляется интенсивным ростом.

3.2.3 Морфофункциональное состояние печени и половых желез осетровых рыб при высоком уровне Е-селена в корме

Физиологические и токсические дозы селена довольно близки, поэтому при использовании высокой концентрации Е-селена (4,0 мг/кг) необходимо оценивать состояние «органов-мишеней». Известно, что наибольшая концентрация селена и витамина Е отмечается в печени и гонадах.

Печень является одним из функционально важных органов, участвующих в метаболических процессах организма (секреция желчи, белковый и липидный обмен, детоксикация продуктов обмена, инактивация гормонов и т.д.), основная

роль которого заключается в защитной (барьерной) функции (А.Н. Арипов и др.1990).

Результат гистологического анализа образцов печени экспериментальных групп гибрида русский осетр×ленский осетр в начале эксперимента не выявил существенных различий в структуре (рис. 14, рис.15).

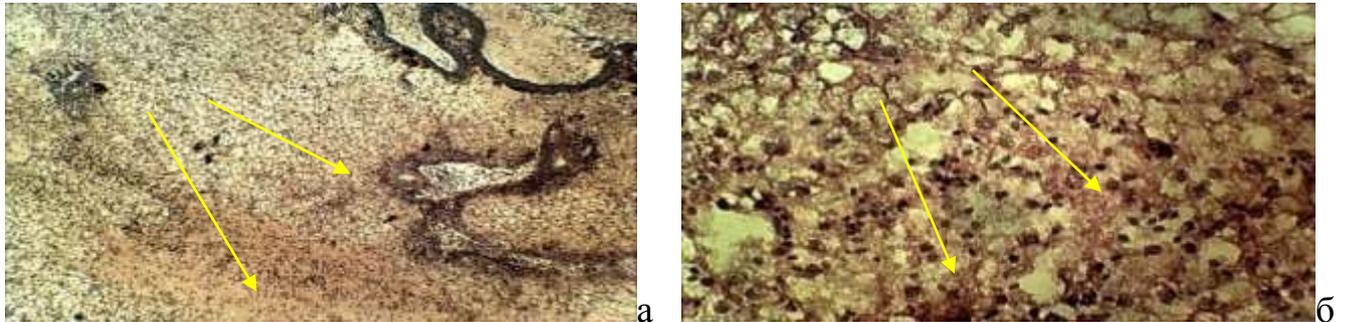


Рисунок 14- Фрагменты печени рыб контрольной группы в начале эксперимента. Окраска гематоксилин - эозином: а) Кровоизлияние. Ув. 10x22; б) Некротические изменения. Ув. 40x22

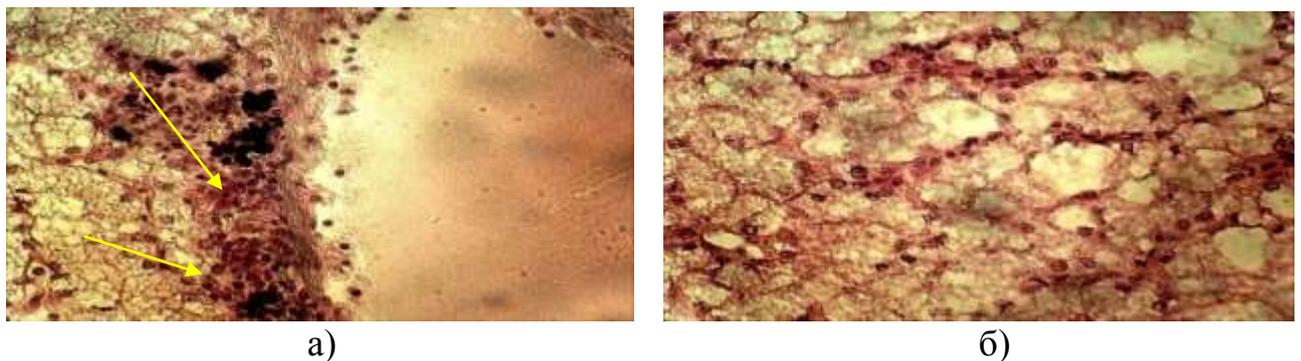


Рисунок 15 - Фрагменты печени рыб опытной группы в начале эксперимента. Окраска гематоксилин-эозином: а) Гранулы пигмента и скопление эозинофилов у стенок сосуда. Ув. 40x22; б) В цитоплазме клеток многочисленные пустоты. Полнокровные капилляры. Ув. 40x22

Гистологическая картина печени свидетельствует о хорошо выраженной балочной структуре. В целом печень считается достаточно активной. Тем не менее, отмечаются кровоизлияния, застойные явления, капилляростаз, небольшие очаги некроза. Клетки печени округлой формы с зернистой цитоплазмой, крупными ядрами с хорошо оформленными ядрышкам.

В конце исследования значительной разницы в состоянии экспериментальных групп рыб не выявлено (рис.16, рис. 17).

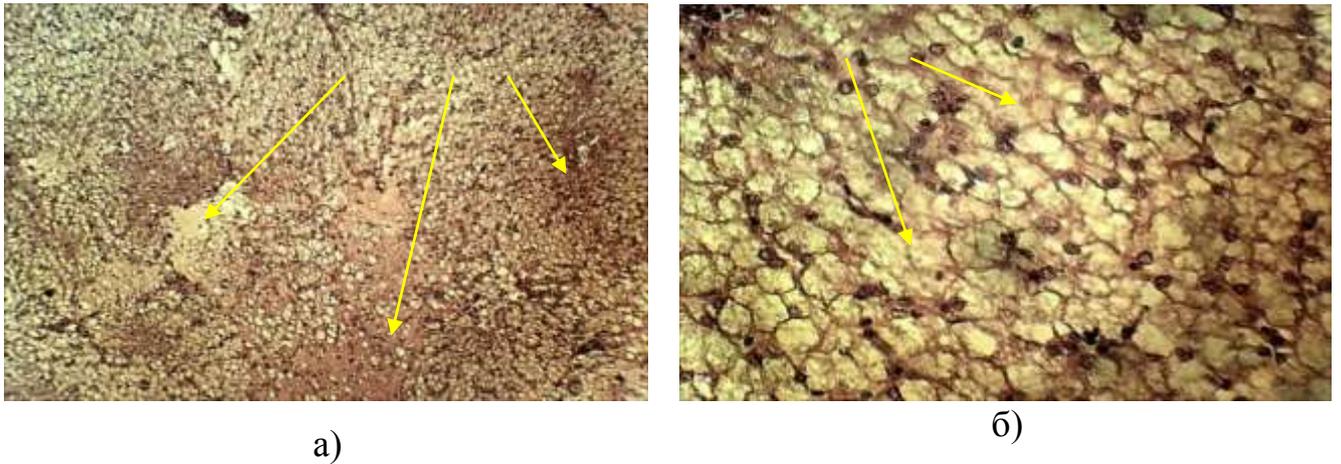


Рисунок 16 - Образцы печени рыб контрольной группы в конце эксперимента. Окраска гематоксилин-эозином: а) Очаги некроза. Ув. 10x22; б) Дистрофические изменения гепатоцитов. Ув. 40x22

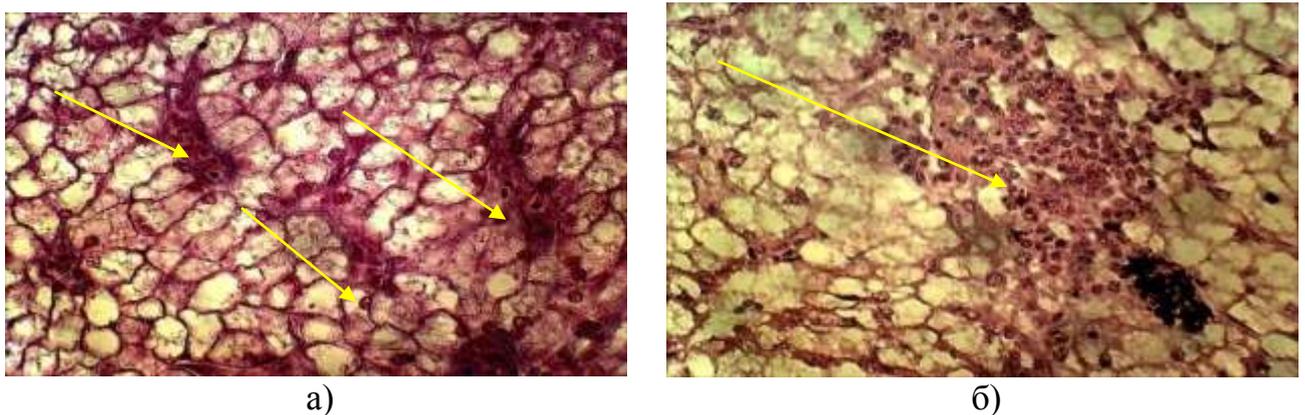


Рисунок 17 - Фрагмент печени рыб опытной группы в конце эксперимента: а) Эозинофилы в составе мелкоклеточных скоплений. Ув. 40x22 (окраска гематоксилин-эозином); б) Полнокровные капилляры и жировые пустоты. Ув. 40x22 (окраска кислым фуксином с докраской по Маллори)

На срезах исследуемого материала наблюдалось полнокровие сосудов и очаги кровоизлияний, изредка встречались пигменты. Среди большого количества безъядерных клеток, встречались клетки с мелкими ядрами различной формы и без оформленных ядрышек. Отмечалось наличие дистрофически измененных

гепатоцитов и участков с умеренным и выраженным накоплением жира, а также незначительные некротические изменения.

Таким образом, гистологические исследования подтвердили отсутствие существенных отклонений в структуре ткани печени. Отмечалась достаточно хорошая функциональная активность печени рыб контрольной и опытной групп, а наблюдаемые морфологические нарушения незначительны. Использование витаминно-минеральной добавки стимулировало липидный обмен и предотвращает жировую дистрофию печени.

В эксперименте так же оценивали состояние гонад рыб контрольной и опытной групп. Исследование гистологических образцов особей контрольной группы в начале эксперимента показало, что морфологическая картина представленных срезов половых желез характерна для самок с оогониями и ооцитами ранних состояний: прелептонема, лептонема, синаптический период развития (рис. 18). Отмечалась четкая анатомическая (наличие щели борозды) и цитологическая (герминативный эпителий железы высокий, столбчатый) дифференцировка гонад, характерная для самок.

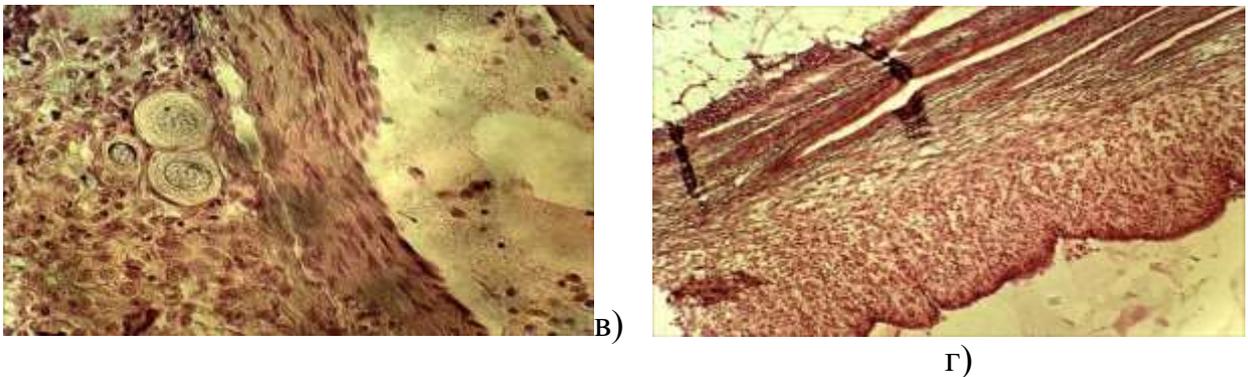


Рисунок 18 - Фрагменты срезов гонад рыб контрольной группы (начало эксперимента).

Окраска гематоксилин - эозином: а) Самка. Хорошо видны ооциты протоплазматического роста. Ув. 40 х22; б) Самец. Ув. 10 х22.

На рисунке 18 (а) представлена наиболее развитая половая железа в процессе формирования яйценосных пластинок яичника, с хорошо заметными

единичными ооцитами начальной стадии протоплазматического роста. По шкале В.З. Трусова (1972) это первая стадия зрелости гонад.

На рисунке 18 (б) представлен срез гонады, морфологическая картина которой характерна для половых желез самца. Крупные клетки (сперматогонии) расположены ближе к эпителию, а в отдельных участках исследуемого материала отмечено начало формирования семенных канальцев. Это подтверждают встречающиеся группы клеток, которые частично обрамлены тонким слоем соединительной ткани.

Гистологический анализ гонад особей опытной группы показал недостаточную сформированность половой железы, что затруднило процесс определения пола (рис. 19 а). Отмечалось значительное количество жировой ткани, которая превышала площадь генеративной части половой железы (гонии). Морфологическая картина некоторых препаратов характерна для процесса формирования яичника с высоким, столбчатым эпителием. Об этом свидетельствовало образование яйценосных пластинок и половых клеток (оогонии, ооциты) ранней профазы мейоза (лептонема, прелептонема) (рис. 19 б).

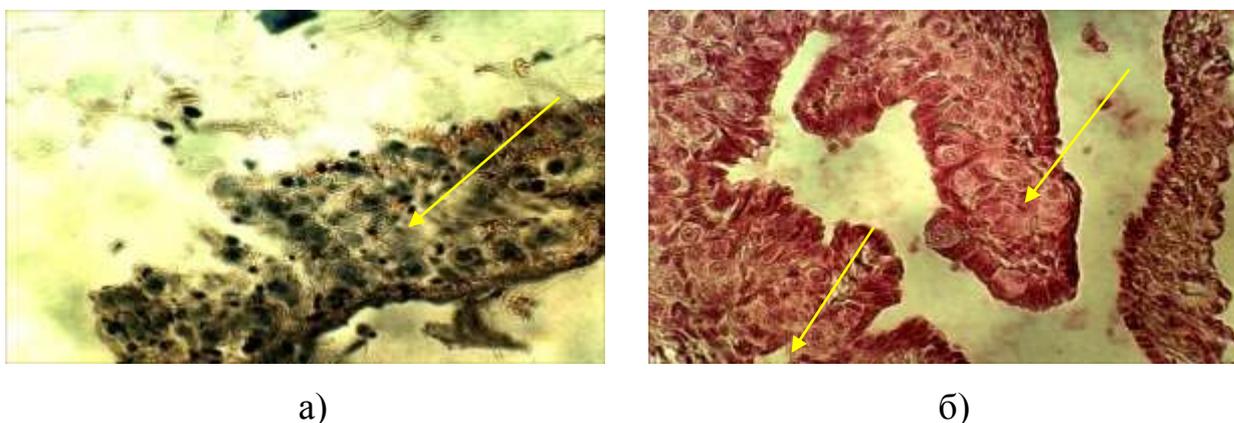


Рисунок 19 - Гистологический анализ гонад рыб опытной группы в начале эксперимента. Окраска железным гематоксилином по Гейденгайну: а) Жировая ткань. Гонии. Ув. 40 x22; б) Самка. Формирование яйценосных пластинок. Ув.40

На рисунке 20 представлена морфологическая картина гонад, характерная для самца в период формирования семенных канальцев - процесс оформления групп сперматогоний соединительной тканью.

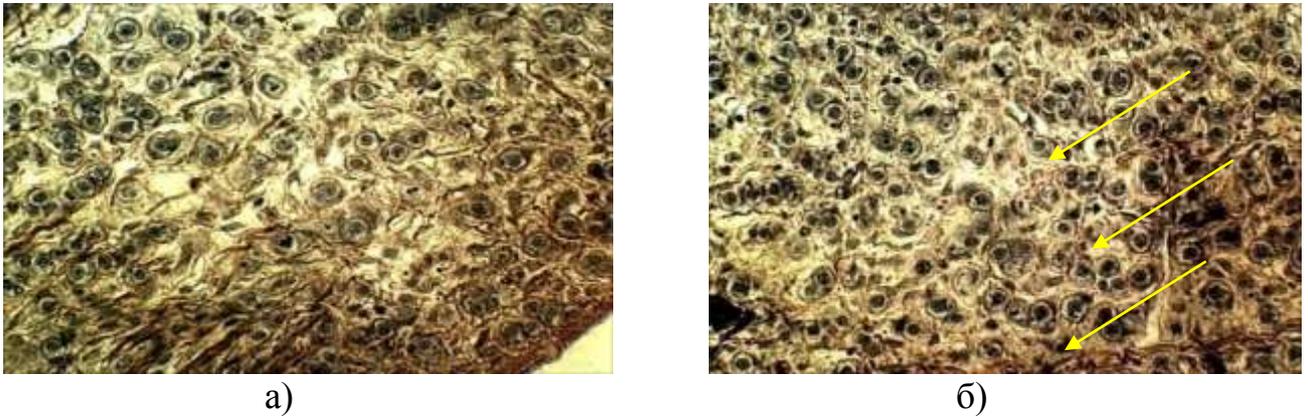


Рисунок 20 - Образцы гонад рыб опытной группы в начале эксперимента. Окраска железным гематоксилином по Гейденгайну: а) Самец. Начало формирования семенных канальцев. Ув40 x22; б) Самец. Сперматогонии. Ув. 40 x22.

Таким образом, анализ морфологической структуры исследованных половых желез особей контрольной и опытной групп показал наличие признаков дифференцировки пола.

За период эксперимента отмечается положительное влияние Е-селена на развитие генеративной ткани (рис. 21).

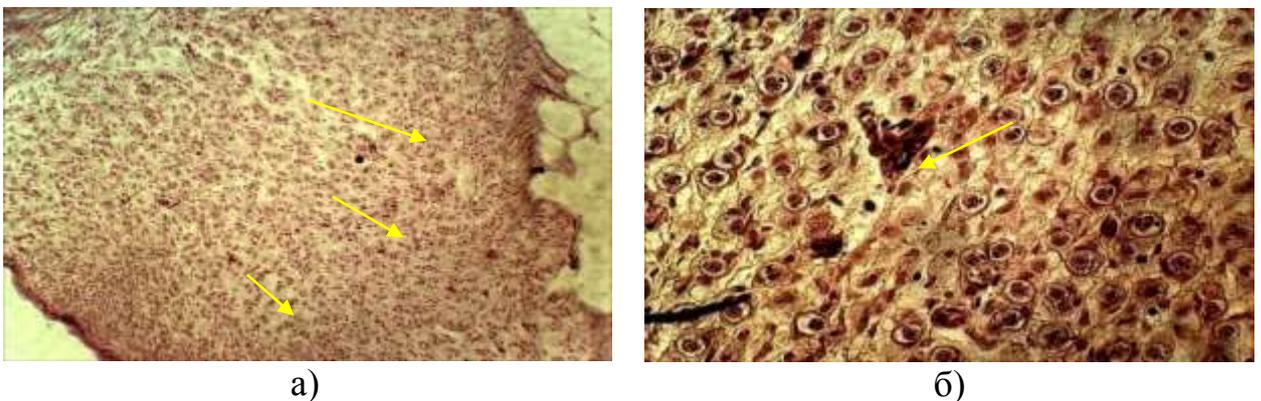
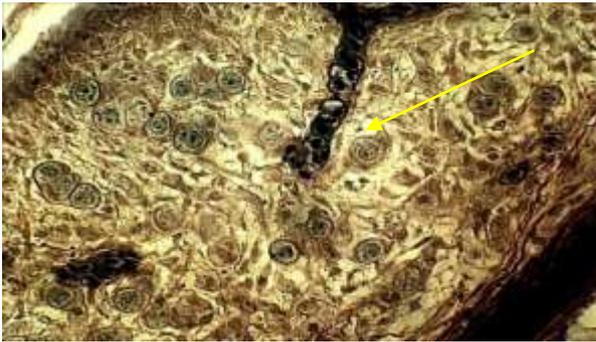


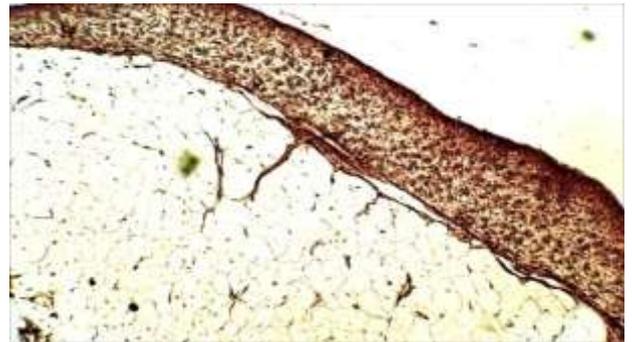
Рисунок 21 - Образцы гонад рыб опытной группы в конце эксперимента. Окраска гематоксилин - эозином: а) Самец. Формирование семенных канальцев. Ув. 10x22; б) Самец. Виден капилляр. Ув. 40x22

На препаратах заметно, что большую часть среза занимает хорошо развитая генеративная ткань, сперматогонии располагаются небольшими группами по 2-3 шт. или единично. Одиночные группы сперматогоний, обрамленные тонкой прослойкой соединительной ткани и формируют семенные канальца. Отмечается полнокровие капилляров, зафиксированное в начале исследования.

При гистологическом исследовании половых желез особей контрольной группы рыб просматриваются формирующиеся семенники (рис.22).



а)



б)

Рисунок 22 - Образцы гонад рыб контрольной группы в конце эксперимента: а) Окраска железным гематоксилином по Гейденгайну. Самец.

Видны капилляры. Ув. 40x22; б) Окраска железным гематоксилином по

Гейденгайну. Самец. Ув. 10x22

Заметно, что половые клетки были представлены большим количеством сперматогоний. Группы сперматогоний, которые обрамлены соединительной тканью, свидетельствовали о процессе формирования семенных канальцев. Так же наблюдались полнокровные капилляры и встречались мелкоклеточные инфильтраты. Более плотное расположение сперматогоний свидетельствовало о сформированности семенных канальцев.

На рисунке 22 б менее выражена генеративная часть. Заметно, что сперматогонии располагаются одиночно, небольшими группами (2 - 3 шт.), а формирование семенных канальцев только намечается.

Таким образом, у особей опытной группы несколько более четко выражена генеративная ткань и отмечается дифференцировка гонад. Тем не менее,

гистологический анализ гонад рыб опытной и контрольной групп не выявил значительного различия по уровню развития половых желез.

3.2.4 Антиоксидантные свойства витаминно-минеральной добавки Е-селен в корме для осетровых рыб

Длительное хранение кормов при высоких температурах часто приводит к окислению жира и образованию токсичных перекисей, что сокращает срок его хранения, негативно влияет на физиологическое состояние культивируемых рыб и снижает их продуктивность. В связи с этим были проведены исследования по оценке антиоксидантных свойств витаминно-минерального препарата Е-селен в корме для осетровых рыб.

В результате окисления корма увеличивается количество свободных жирных кислот и перекисей, которые являются токсичными. При этом перекисное число может подниматься до 0,3 % йода (в норме не более 0,1 % йода). Сочетание селена и витамина Е, обладающих антиоксидантными свойствами, ингибирует процесс ПОЛ в корме и увеличивает срок его хранения (Л.М. Князева, 1979; В.Я. Складов и др., 1984).

Изучая свойства витаминно-минерального препарата Е-селен в кормах с истекшим сроком хранения, установлено, что через 2 месяца после обработки препаратом перекисное число в партии корма, содержащего Е-селен было в 1,9 раза ниже (табл.22).

Таблица 22 –Показатели качества корма с истекшим сроком хранения

Показатель	Контроль	Корм с истекшим сроком хранения		Норма (ГОСТ 2116-2000; ГОСТ 8285-91)
		+ Е-селен	-	
Перекисное число, % йода	0,03	0,12	0,23	0,1
Кислотное число, мг КОН	14,00	31,00	65,00	55,0

Для оценки возможности использования кормов, содержащих витаминно-минеральную добавку Е-селен, после истечения рекомендованного срока хранения был проведен эксперимент по выращиванию сеголетков гибрида русский осетр×ленский осетр. Рыбу контрольной группы выращивали на кормах, соответствующих требованиям ГОСТ (№10385-2014, № 31485-2012, №2116-2000). Корм с истекшим сроком хранения тестировали в двух вариантах: I вариант – добавление Е-селена (0,6 мл/кг); II вариант – без добавления антиоксидантов.

На рисунке 23 представлено изменение массы гибрида русский осетр×ленский осетр в условиях эксперимента.

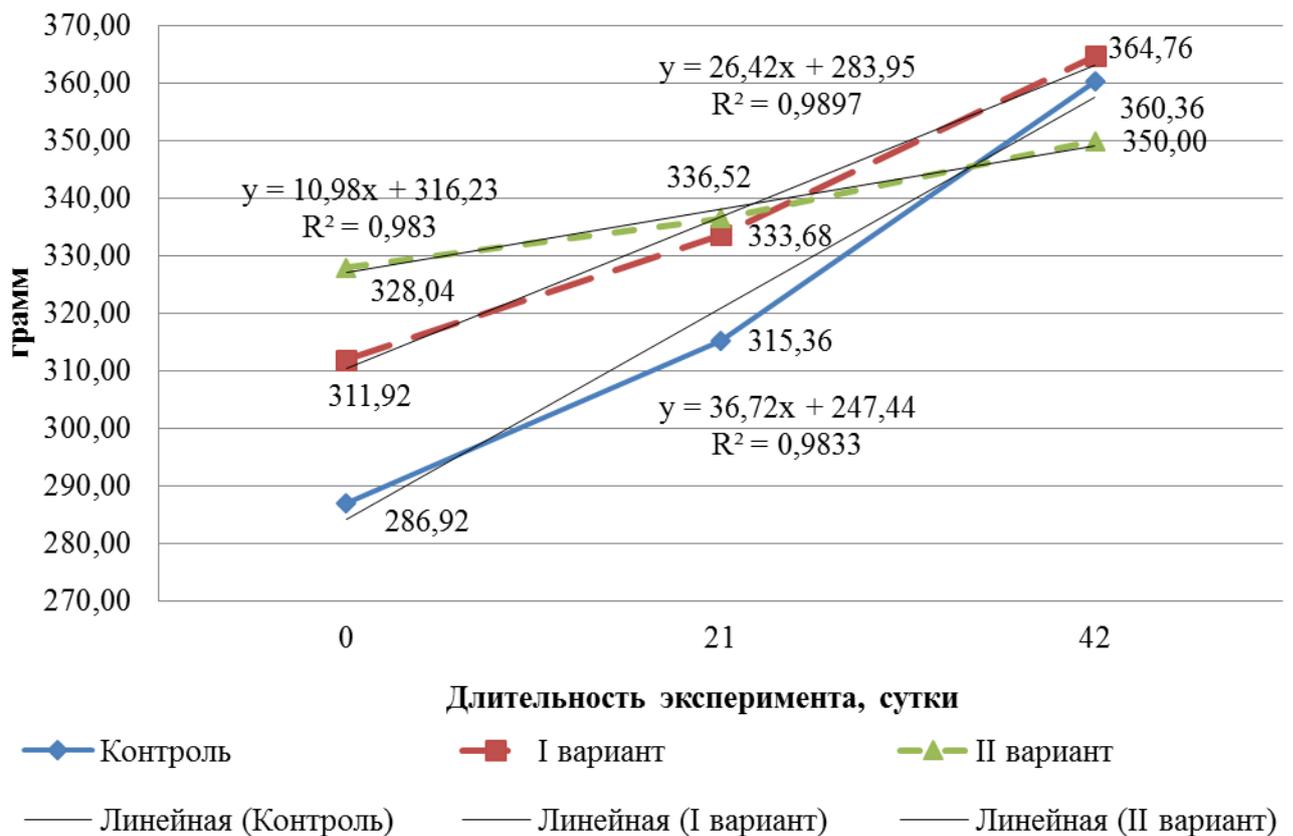


Рисунок 23 - Динамика массы гибрида русский осетр×ленский осетр

Отмечалось, что при использовании кормов, разных по качеству, средняя масса возрастает с постоянной скоростью и описывалась линейным уравнением. Величина достоверности аппроксимации составляла 0,983 - 0,989, что свидетельствует о хорошем совпадении расчетной линии с экспериментальными данными.

За период исследования наибольший прирост массы рыб закономерно наблюдался в контрольном варианте (73,44 г). Дополнительное введение Е-селена в корм снизило процесс окисления липидов и поддержало интенсивный темп роста рыб.

При использовании корма с высоким перекисным числом прирост массы рыб снизился более чем в 3,0 раза (21,96 г). Добавление Е-селена, как антиоксиданта в кормах позволило увеличить скорость роста на 59,5% и повысило среднесуточный прирост на 58,7 % (табл. 23).

Таблица 23 - Результаты выращивания гибрида русский осетр×ленский осетр на кормах с истекшим сроком хранения (n=25)

Показатели	Группа		
	Контроль	I	II
Средняя масса, г			
начальная	286,92±8,91*	311,92±6,40*	328,04±16,61**
конечная	360,36±8,58	364,76±5,28*	350,0±4,26*
Средняя длина, см			
начальная	43,56±0,58	43,20±0,71	44,86±0,67
конечная	46,32±0,75	46,88±0,71	47,54±0,60
Коэффициент упитанности по Фультону, ед.			
начальный	0,34±0,01**	0,38±0,01**	0,36±0,01
конечный	0,36±0,01*	0,36±0,01	0,33±0,01*
Абсолютный прирост, г	73,44	52,84	21,96
Среднесуточный прирост, г	1,75	1,26	0,52
Среднесуточная скорость роста, %	0,54	0,37	0,15
Коэффициент массонакопления, ед.	0,04	0,03	0,01
Продолжительность, сут.	42	42	42

Примечание: * p≤0,05; ** p≤0,01

Адекватным индикатором качества и сбалансированности потребляемого корма являются гематологические и биохимические показатели крови. Анализ показателей красной крови не выявил существенных изменений. Достоверных

различий по уровню гемоглобина и СОЭ у рыб контрольной и двух опытных групп не выявлено (табл.24).

Таблица 24 – Гематологические показатели крови сеголетков гибрида русский осетр×ленский осетр (n=10)

Показатель	Группа					
	Контрольная		I		II	
	Начало опыта	Конец опыта	Начало опыта	Конец опыта	Начало опыта	Конец опыта
СОЭ, мм/ч	2,10±0,45	2,50±0,26	2,00±0,18	2,05±0,17	1,90±0,16	2,45±0,14
Гемоглобин, г/л	75,55±2,22	79,46±2,47	62,31±1,57***	82,80±3,94***	78,07±3,11*	86,78±2,79*

Примечание: * $p \leq 0,05$; *** $p \leq 0,001$

Благодаря информативности, гематологический анализ часто используется для ранней диагностики алиментарных заболеваний. Состояние иммунной системы оценивали по показателям белой крови (табл. 25).

Таблица 25– Лейкоцитарная формула крови гибрида русский осетр×ленский осетра (n=10)

Клетки крови	Контроль	I вариант	II вариант
Лимфоциты	70,1±1,3	68,4±1,62	59,83±1,78***
Моноциты	5,92±0,34	6,0±0,50	9,01±0,51***
Эозинофилы	11,03±1,05	13,1±0,94	17,24±1,4***
Нейтрофилы	12,95±0,84	12,46±0,72	13,92±0,93

Примечание: *** $p \leq 0,001$

В сравнении с контрольной группой рыб, в мазках крови рыб, рацион которой был обогащен Е-селеном, незначительно изменилась лейкоцитарная картина. Увеличилось количество моноцитов и полиморфоядерных клеток крови – эозинофилов и нейтрофилов, что характерно для чувствительных к качеству липидов осетровых и согласуется с литературными данными (И.Н. Остроумова,

2012). Таким образом, в исследованиях было подтверждено стимулирующее влияние Е-селена на систему кроветворения.

Результаты биохимического исследования показали, что витаминно-минеральный препарат Е-селен, как антиоксидант прежде всего оказывает влияние на белковый и липидный обмен. Отмечено, что показатели крови во всех трех вариантах эксперимента находились в пределах нормативных значений, а динамика изменений согласуется с ранее полученными данными (табл.26).

Таблица 26 – Физиолого-биохимические показатели крови сеголетков гибрида русский осетр×ленский осетр (n=10)

Показатель	Группа					
	Контрольная		I		II	
	Начало опыта	Конец опыта	Начало опыта	Конец опыта	Начало опыта	Конец опыта
Общий белок, г/л	25,61±0,78	28,04±1,20	23,83±0,79	20,71±0,91***	21,67±1,07	16,84±1,21***
Общие липиды, г/л	3,68±0,42	3,04±0,35	3,84±0,36	2,01±0,18	3,65±0,41	1,06±0,13***
Холестерин, ммоль/л	2,00±0,08	1,36±0,14	2,08±0,34	1,21±0,12	1,67±0,15	1,03±0,14

Примечание: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$

Использование кормов с высоким перекисным числом повлияло на направленность жирового обмена и привело к перерасходу энергетических ресурсов организма, что выразилось в снижении общих липидов и холестерина на 41,0 – 47,0 % соответственно.

Применение витаминно-минеральной добавки Е-селен в качестве антиоксиданта в кормах ингибировало образование избытка продуктов ПОЛ и предотвратило патологические изменения, возникающие в организме рыб при потреблении кормов с истекшим сроком хранения. Показатели липидного обмена достоверно снизились до нормативных значений, а уровень общего белка поддерживался в пределах 20,71±0,91 г/л.

Показателем антиоксидантного действия тестируемого препарата на организм рыб является интенсивность процесса накопления продуктов ПОЛ -

типичного свободнорадикального процесса, являющегося причиной повреждения клеточных мембран.

Наиболее информативными являются показатели уровня ДК и МДА. Неблагоприятные факторы среды катализируют образование свободных радикалов в кислород потребляющих биологических системах, что способствует интенсификации процессов ПОЛ мембран и нарушению целостности структурно-функционального состояния клеток (В.А. Барабой, 1991; Н.А. Пудовкин и др., 2013).

При изучении антиоксидантной эффективности витаминно-минерального препарата Е-селен, установлено положительное влияние препарата, как акцептора свободных радикалов. Известно, что продукты перекисного окисления в организме рыб концентрируются в основном в печени. Так, уровень ДК и МДА в клетках печени рыб, получавших витаминно-минеральную добавку, находился на одном уровне с показателями контрольной группы рыб. У рыб, рацион которых не обогащали антиоксидантом, уровень ДК и МДА был выше более чем в 2 раза (рис.24).

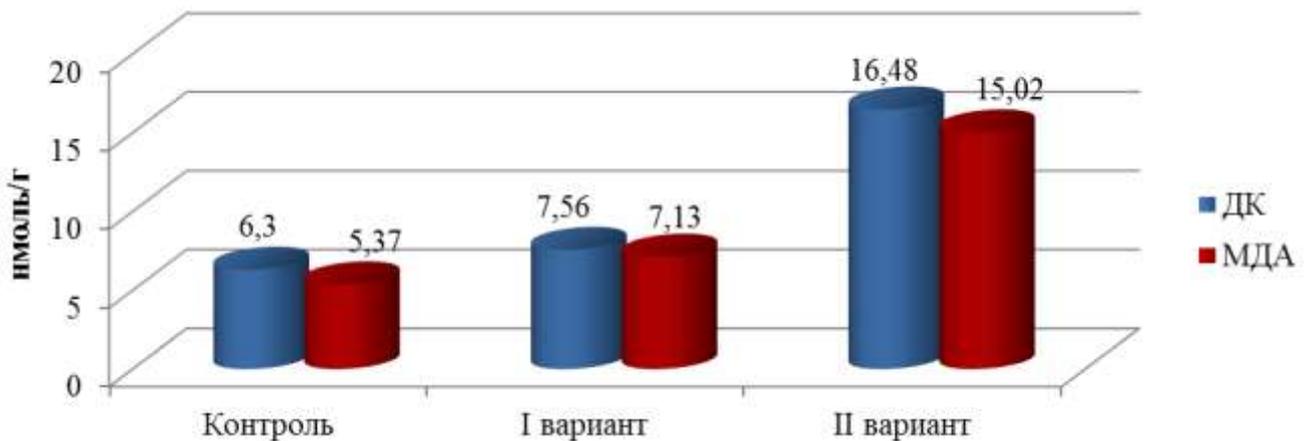


Рисунок 24– Уровень продуктов перекисного окисления липидов в печени гибрида русский осетр×ленский осетр, нмоль/г

Корма с истекшим сроком хранения способствовали изменению биохимического статуса рыб и повышению энергетических затрат для

поддержания гомеостаза организма. Применение Е-селена ингибировало процесс СРО липидов и поддержало физиологическое состояние. Изменения направленности пластического обмена подтвердились динамикой темпа роста.

Таким образом, включение препарата Е-селен в рацион осетровых рыб, сдерживает процессы перекисления корма, увеличивает его срок хранения и поддерживает интенсивность роста и обменных процессов.

3.2.5 Биологическая эффективность комплексного использования Е-селена и пробиотического препарата «Бацелл»

Реализация генетического потенциала гибридов осетровых сильно зависит от обеспеченности организма в обменной энергии, протеине и эссенциальных микронутриентах, в том числе и селене, который воздействует на направленность и интенсивность процессов СРО, функционирование иммунной, антиоксидантной и монооксигеназной систем организма. Некоторые авторы считают, что селен обладает свойствами пребиотика (А.Ф. Блинохватов и др., 2001; R.G. Crittender, 1999).

Кроме того, биологическая роль сбалансированных по основным питательным веществам рационов дополняется функциональным значением дружественной микрофлоры, дефицит которой необходимо восполнять искусственно. Практический опыт интенсивного рыбоводства показывает, что применение пробиотиков способствует укреплению иммунитета и поддержанию здорового баланса кишечной микрофлоры рыб, тем самым, являясь важным условием для нормального роста и развития рыб. Некоторые ученые (В.В. Герасименко, 2005; А.И. Шевченко, 2009) отмечают положительную роль пробиотиков в поддержании свободнорадикальных процессов в организме. Сведений о комплексном воздействии пробиотиков и селена на организм рыб нет.

Эффективность совместного использования пробиотика «Бацелл» (0,2 %) и Е-селена (0,6 мл/кг) оценивали по результатам выращивания сеголетков гибрида стерлядь×белуга. Результаты исследования при выращивании в условиях 20,0 - 21,0 °С представлены в таблице 27.

Таблица 27 - Динамика роста гибрида стерлядь×белуга (n=30)

Показатель	Группа	
	Контроль	Опыт
Масса начальная, г	95,20±4,58	121,53±4,56***
Масса конечная, г	100,36±3,91	140,57±5,01***
Длина начальная, см	28,76±0,47	30,99±0,54**
Длина конечная, см	30,43±0,49	33,13±0,47***
Коэффициент упитанности по Фультону, ед.	0,35±0,01	0,38±0,01
Среднесуточный прирост, г	0,17	0,63
Абсолютный прирост, г	5,16	19,04
Среднесуточная скорость роста, %	0,18	0,48
Коэффициент массонакопления, ед.	0,01	0,02
Кормовой коэффициент, ед.	1,6	1,3
Период выращивания, сут.	30	

Примечание: ** p≤0,01; *** p≤0,001

По завершении выращивания отмечается отставание в 3,0 раза по показателям роста и упитанности рыб контрольной группы. Полученные результаты подтвердили факт положительного влияния совместного использования витаминно-минеральной добавки Е-селен и пробиотика «Бацелл» на интенсивность роста.

Исследование динамики показателей массовых характеристик дополнялось гематологическими и биохимическими исследованиями (табл.28).

Таблица 28 - Показатели крови гибрида стерлядь×белуга (n=15)

Показатель	Группа			
	Контрольная		Опытная	
	Начало опыта	Конец опыта	Начало опыта	Конец опыта
СОЭ, мм/ч	1,10±0,07	1,00±0,08	1,00±0,07	1,60±0,16**
Гемоглобин, г/л	90,43±5,58	67,71±1,8	61,04±2,43***	70,43±2,86
Общий белок, г/л	23,60±0,79	23,98±0,91	24,79±0,83	28,24±0,82**
Общие липиды, г/л	3,46±0,22	7,73±0,44	7,10±0,32***	3,57±0,29***
Холестерин, ммоль/л	2,41±0,36	4,74±0,26	3,10±0,09	3,06±0,18***

Примечание: * p≤0,05; ** p≤0,01; *** p≤0,001

В начале исследования СОЭ ниже нормы во всех вариантах эксперимента. Биологически активные вещества способствовали изменению соотношения в крови альбуминов и глобулинов, что отразилось на динамике СОЭ и способствовало увеличению показателя на 60,0 %.

У рыб опытной группы за период исследования отмечается увеличение уровня гемоглобина на 15,0 %, что свидетельствует об улучшении снабжения организма кислородом и, соответственно, более интенсивном течении окислительно-восстановительных процессов.

Концентрация общего белка в крови у экспериментальных групп рыб в начале эксперимента была ниже нормы ($p \leq 0,01$). Использование комплекса препаратов оказало влияние на белковый обмен в организме рыб и способствовало увеличению уровня общего белка на 14,0 %.

Выявленная динамика изменения общего белка крови объясняется еще и лучшим усвоением белка из корма за счет улучшения состояния микробиоценоза кишечника при использовании пробиотика, который выступает как биокатализатор жизненно важных процессов в пищеварительном тракте и активно продуцирует ферменты, аминокислоты и другие физиологически активные субстраты, дополняющие лечебно - профилактическое действие. Микроорганизмы, которые входят в состав микрофлоры, принимают участие в синтезе аминокислот, а в результате лизиса сами бактерии также являются источником белка (Б.Т. Тараконов и др., 2011).

Под влиянием комплекса изучаемых препаратов было зарегистрировано снижение общих липидов. Уровень холестерина поддерживался в пределах нормативных значений. Известно, что холестерин может быть утилизирован *Lactobacillus acidophilus* для ассимиляции в процессе роста и за счет связывания холестерина с клеточной поверхностью (Х. Аламдари, С.В. Пономарев, 2013). Согласно литературным данным (В.В. Герасименко, 2005; Б.В. Тараканов и др., 2007; В.Н. Никулин, Т.В. Синюкова, 2007), штаммы рода *Lactobacillus*

способствуют процессу деконъюгации желчных кислот, который обеспечивает снижение всасывания липидов в ЖКТ. В результате снижается уровень липидов в сыворотке крови, что и отмечалось в наших исследованиях.

Снижение общих липидов в сыворотке крови, в частности холестерина, на фоне быстрого темпа роста может свидетельствовать о высокой способности организма использовать неорганические и органические соединения для роста.

Исследования количественного состава микрофлоры кишечника при совместном использовании Е-селена и пробиотика свидетельствует о положительном влиянии препаратов на микробный фон кишечника. У рыб, рацион которых обогащен пробиотическим препаратом, общее микробное число составило $3,58 \times 10^8$ КОЕ г/мл. У рыб контрольной группы этот показатель составил $2,31 \times 10^8$ КОЕ г/мл.

При выращивании рыбы в производственных условиях возможно снижение температуры воды ниже оптимальных величин, что снижает эффективность работы пробиотических препаратов. Кроме того, при адаптации к низким температурам отмечается увеличение интенсивности процессов ПОЛ за счет повышения ненасыщенных жирных кислот в организме.

Для более полной оценки эффективности комплекса препаратов на обменные процессы рыб, аналогичные исследования проводили на особях гибрида русский осетр×ленский осетр при температуре 13,5-17,5 °С.

В предложенных условиях наиболее интенсивный рост сохранился у особей в контрольной группы (табл. 29). Совместное использование пробиотика «Бацелл» и Е-селена оказалось менее эффективным. Более низкая скорость роста объясняется двойным воздействием на организм: изменение метаболизма под действием биологически активных веществ и поддержание жизнедеятельности в условиях гипотермии.

Таблица 29 – Темп роста гибрида русский осетр×ленский осетр при использовании препаратов при температуре 13,5-17,5°C (n=25)

Показатель	Группа	
	Контрольная	Опытная
Масса начальная, г	568,1±18,09	531,5±24,51
Масса конечная, г	611,1±11,95	556,7±17,77*
Длина начальная, см	54,6±0,49	53,3±0,70
Длина конечная, см	55,2±0,53	54,6±0,65
Коэффициент упитанности по Фультону, ед.	0,03±0,01	0,03±0,01
Абсолютный прирост, г	43,00	25,20
Среднесуточный прирост, г	1,30	0,76
Среднесуточная скорость роста, %	0,22	0,14
Коэффициент массонакопления, ед.	0,02	0,01
Период выращивания, сут.	33	

Примечание: * $p \leq 0,05$

Гематологические показатели находились в пределах нормы, существенных изменений не выявлено (табл. 30). СОЭ у рыб опытной группы находилось в пределах референтных значений. Концентрация гемоглобина соответствовала норме.

Таблица 30 - Гематологические показатели крови гибрида русский осетр×ленский осетр (n=15)

Показатель	Группа			
	Контрольная		Опытная	
	Начало опыта	Конец опыта	Начало опыта	Конец опыта
СОЭ, мм/ч	2,30±0,12	2,10±0,22	2,40±0,35	2,93±0,23*
Гемоглобин, г/л	69,40±2,08	73,49±4,30	94,80±2,45***	80,44±5,07

Примечание: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

Совместное использование пробиотика и витаминно-минерального препарата оказало влияние на белковый обмен в организме культивируемых рыб (табл.31).

Таблица 31 - Биохимические показатели крови гибрида русский осетр ×ленский осетр (n=15)

Показатель	Группа			
	Контрольная		Опытная	
	Начало опыта	Конец опыта	Начало опыта	Конец опыта
Общий белок, г/л	32,56±1,55	30,10±0,89	34,19±0,91	26,89±1,32
Общие липиды, г/л	2,60±0,07	2,40±0,19	2,55±0,29	3,29±0,18**
Холестерин, г/л	3,24±0,22	1,39±0,19	3,89±0,10**	2,14±0,10**

Примечание: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

За период эксперимента отмечается снижение уровня общего белка на 20,0 % у рыб опытной группы. Аналогичная динамика зафиксирована у рыб контрольной группы. Однако, снижение показателя не превысило 7,0 %.

Такая изменчивость белкового обмена в условиях эксперимента объясняется использованием этого метаболита для энергетического обеспечения адаптационных процессов в условиях низкой температуры. Наибольшее снижение общего белка в сыворотке крови при совместном использовании пробиотика и Е-селена, обусловлено действием последнего и подтверждается в ранее описанных экспериментах.

На протяжении всего исследования уровень общих липидов так же находился в пределах референтных значений. Влияние биологически активных веществ на липидный обмен проявилось в увеличении общих липидов на 30,0 %. У контрольной группы рыб изменение данного показателя не превысило 7,0 %.

Известно, что под воздействием такого стресс фактора, как низкая температура, увеличивается значимость холестерина в крови, как антифриза. Это объясняет снижение данного показателя на 45,0 -57,0 % в крови рыб опытной и контрольной групп.

Таким образом, для разработки новых биотехнологий выращивания осетровых видов рыб, необходимо учитывать возможность возникновения

кумулятивных и антагонистических эффектов при использовании кормов, содержащих в своем составе витамины и микроэлементы.

Результаты проведенных исследований согласуются с полученными, ранее данными о поддержании хорошего физиологического статуса и более интенсивных обменных процессов рыб, при обогащении рациона витаминно-минеральной добавкой Е-селен. Снижение температуры воды осложняет этот процесс и заметно снижает эффективность, а также оказывает негативное влияние на жизнедеятельность рыб, в частности, снижает интенсивность роста.

3.2.6 Экономическая эффективность применения витаминно-минерального препарата Е-селен в комбикорме для осетровых рыб

Изучение экономической целесообразности использования витаминно-минерального препарата Е-селен в составе производственного корма проводили при исследовании в производственных условиях.

Из молоди гибрида стерлядь × белуга сформированы две группы по 500 экземпляров в каждой. Исследования продолжались до достижения молодью товарной массы 650,0 г. В комбикорм опытной группы вводили Е-селен в концентрации 0,6 мл/кг корма. Во время исследований проводился контроль прироста массы рыб, затраты корма, выживаемость и учет финансовых затрат.

Полученные данные свидетельствуют о том, что использование витаминно-минерального препарата Е-селен в производственном комбикорме для осетровых рыб увеличивает стоимость корма на 0,3 %. При этом отмечается улучшение физиологического состояния и увеличение выживаемости на 3,0 %, снижение кормовых затрат на 11,7% и увеличение скорости роста гибрида стерлядь×белуга на 10,0 % (табл. 32).

Таблица 32 – Экономическая эффективность использования Е-селена в продукционном корме для осетровых рыб

Показатель	Группа	
	Контрольная	Опытная
Средняя масса, г		
начальная	37,4	38,9
конечная	650,0	650,0
Посажено на выращивание, экз.	500	500
Выживаемость, %	93	98
Выращено и реализовано, экз.	465	490
Весовой прирост, кг	284,8	299,4
Кормовые затраты, ед.	1,7	1,5
Затраты корма на весь период выращивания, кг	484,1	449,1
Стоимость 1 кг комбикорма, руб.	149,0	149,4
Затраты на комбикорма, руб.	72139,8	67095,54
Реализационная стоимость рыбы, руб/кг	600,0	
Общая сумма выручки от реализации, руб.	181350,0	191100,0
Себестоимость 1 кг рыбы	326,0	244,0
Прибыль, руб	29760,0	71540,0
Коэффициент рентабельности, %	16,4	37,4

Таким образом, применение Е-селена в кормах способствует снижению себестоимости 1 кг товарной осетровой продукции на 33,6%, увеличению прибыли и коэффициента рентабельности на 21,0 %.

Совместное использование Е-селена (0,6 мл/кг комбикорма) и пробиотического препарата «Бацелл» (0,2% от массы) при температурном режиме 20-21 °С увеличивает стоимость корма на 6,0 %. При этом на 30,7% снижаются кормовые затраты, увеличивается скорость роста, снижается продолжительность выращивания рыбы до товарной массы (табл. 33).

Таблица 33 - Экономическая эффективность совместного использования Е-селена и пробиотика «Бацелл» в продукционном корме для осетровых рыб

Показатели	Группа	
	Контрольная	Опытная
Средняя масса, г		
начальная	95,2	121,5
конечная	650,0	650,0
Посажено на выращивание, экз.	450,0	450,0
Выживаемость, %	95,0	98,0
Выращено и реализовано, экз.	427,0	441,0
Весовой прирост, кг	236,9	233,1
Кормовые затраты, ед.	1,7	1,3
Затраты корма на весь период выращивания, кг	402,7	303,0
Стоимость 1 кг комбикорма, руб.	149,0	158,4
Затраты на комбикорма, руб.	60002,3	47995,2
Реализационная стоимость рыбы, руб/кг	600,0	
Общая сумма выручки от реализации рыбы, руб.	166530,0	171990,0
Себестоимость 1 кг рыбы	318,0	257,0
Прибыль, руб	30744,0	58653,0
Коэффициент рентабельности, %	18,4	34,1

Использование при выращивании товарной осетровой продукции витаминно-минерального препарата Е-селен совместно с пробиотическим препаратом «Бацелл» позволяет увеличить прибыль на 1 кг товарной продукции на 61,0 рубль и увеличить рентабельность производства на 15,7 %.

3.3 Научно-производственная оценка проведенных исследований

На основе знаний о возрастных физиологических особенностях и подробном изучении особенностей реакции физиологических систем осетровых рыб при оптимальной солености в условиях замкнутого водообеспечения, можно стимулировать скорость роста, сократить период получения товарной массы, без

дополнительных затрат на дорогостоящие корма. На основании проведенных исследований установлено, что оптимальной соленостью для получения максимального прироста без вреда для гидрохимического состояния замкнутой рыбоводной системы является 5 ‰.

В состав установки замкнутого водообеспечения входят отдельные модули (модуль для молоди – снабжаемый пресной водой и модуль для товарной рыбы – с солоноватоводным режимом), каждый из которых имеет блок механической очистки воды, биологический фильтр, блок водоподготовки (обеззараживание, регуляция температуры, насыщение воды кислородом), отстойник (емкость запаса воды), рыбоводные бассейны. Выращивание осетровых рыб рекомендуется проводить в пластиковых бассейнах с круговым током воды. Расход воды устанавливается в зависимости от массы культивируемой рыбы согласно нормативным рекомендациям (Л.М. Васильева и др., 2006).

При достижении молодью массы 3,0 г ее переводят в модуль для товарного выращивания, при этом пресноводный режим изменяется на солоноватоводный.

Выращивание в солоноватой воде проводят до достижения молодью массы 500,0 г. Выращивание проводят при плотности посадки, рекомендованной нормативными документами для соответствующей массы и соответствующего вида рыб. Каждые 10 дней проводят сортировку рыбы и контрольные измерения размерно-массовых показателей.

Для выращивания осетровых при солоноватоводном режиме с пресной воды на соленую переводят отдельный автономный рыбоводный модуль. Солевые условия создают с применением хлорида натрия (NaCl) при этом осмотическая концентрация полученного солевого раствора соответствует 5 ‰ солености Каспийского моря. Ежесуточная смена воды составляет 4,0 - 5,0 ‰.

При выращивании рыбы в УЗВ особое внимание уделяется хорошей водоподготовке. Поступающая в бассейны вода, должна соответствовать нормативным требованиям ОСТ 15.372 – 87. Приемлемый уровень растворенного в воде кислорода - 6,0-8,0 мг/л, оптимальный - 8,0-10,0 мг/л. Для обеспечения поддержания кислородного режима на оптимальном уровне проводят

дополнительную аэрацию воды за счет использования оксигенатора. При переводе системы замкнутого водообеспечения на работу в солёности ежедневно следят за остальными гидрохимическими показателями (табл. 34).

Таблица 34 – Ориентировочный уровень основных гидрохимических показателей

Показатель	Ед. измерения	Значение
Кислород	мг/л	не ниже 6,0
Водородный показатель (рН)	ед.	6,5-8,0
Азот: аммонийный	мг/л	не более 4,0
нитритный		0,1-0,2
нитратный		не более 60
Железо общее	мг/л	0,5
Фосфаты	мг/л	0,3-0,5

Необходимыми приборами оперативного контроля гидрохимических условий выращивания на производстве являются термооксиметр и рН-метр. Температурный режим поддерживают на уровне 20,0 – 25,0 °С, оптимальном для роста осетровых и поддержания баланса в процессе биологической фильтрации (табл. 35).

Таблица 35 - Количество аммонийного азота (мг/л) в воде в зависимости от рН и температуры воды

рН	Температуры, °С				Соленость, ‰
	15	20	23	25	
6,0	0,031	0,043	0,027	0,038	0-6‰
6,5	0,976	0,341	0,57	0,49	
7,5	0,959	1,52	0,51	0,68	
8,0	2,76	4,01	5,06	5,97	более 6,0
8,5	8,21	12,75	14,21	15,87	

Кормление проводят вручную или автоматически с использованием комбинированных продукционных кормов, сбалансированных по основным питательным компонентам: протеин (47,6%), жир (15,2%), углеводы (18%),

клетчатка (1,2 %). Размер гранул корма и кратность кормления определяют исходя из средней массы выращиваемой рыбы. Расчет рациона проводят, исходя из общей биомассы культивируемых рыб.

Для предотвращения негативного влияния на здоровье рыб стрессовых воздействий при индустриальных условиях выращивания рацион рыб дополнительно обогащают витаминно-минеральным препаратом Е-селен (ООО «Нита-Фарм»), восполняющим недостаточность витамина Е и селена в организме и стимулирующим работу антиоксидантной системы. Препарат вводят в состав корма в процессе его изготовления или разводят в теплой воде и в виде эмульсии орошают корм непосредственно перед кормлением. Оптимальная концентрация введения препарата в корма 0,6 мл/кг корма, которая соответствует 0,3 мг/кг селена и 30,0 мг/кг витамина Е.

В связи с этим технологические приемы содержания и кормления осетровых рыб в УЗВ позволят упростить работу рыбоводам, увеличить выход рыбоводной продукции и повысить эффективность работы предприятия. Дополнительное введение Е-селена в корма и соблюдение рекомендаций кормления позволяет повысить выживаемость и снизить кормовой коэффициент до 1,3-1,5 ед.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема повышения эффективности товарного осетроводства и получение физиологически полноценной молодежи, выращиваемой с использованием современных технологий, остается одной из актуальных проблем.

Индустриальные условия выращивания (ограниченное пространство, малая двигательная активность, отсутствие поиска пищи, однообразная пища и т.д.) не могут быть идентичны условиям естественной среды, что способствует получению менее полноценной в физиологическом отношении молодежи. Кроме того, в искусственных условиях выращивания потенциал роста объектов аквакультуры реализуется не полностью. При сравнении скорости роста и физиологических показателей проходных осетровых, обитающих в Каспийском море, с показателями рыб, выращиваемых в индустриальных условиях, отмечается значительное отставание последних.

При создании оптимальных условий выращивания осетровых рыб в УЗВ необходимо учитывать сезонную динамику естественных условий обитания. В частности, в жизни рыб значительная роль принадлежит физическим свойствам воды. Среди большого многообразия абиотических факторов, влияющих на функциональное состояние многих видов рыб, большое значение имеет солёность среды обитания.

Осетровые – эвригалинные проходные рыбы, для которых естественное состояние водно-солевого обмена это гипертоничность среде обитания. Длительная задержка в условиях рыбоводных предприятий приводит к нарастанию пресноводности и снижению уровня адаптивности осетровых. Исследования, характеризующие механизм осморегуляции осетровых рыб, в совокупности с полученными нами данными свидетельствуют, что в слабосоленой воде (3 - 7‰) осетровым рыбам значительно легче поддерживать

внутренний солевой баланс, поскольку в пресной воде организм рыб затрачивает часть энергии на защиту от излишней гидратации.

В результате проведенных экспериментов установлено, что для создания солоноватоводного режима при выращивании осетровых в УЗВ оптимальной является соленость 5 ‰. При этом отмечается высокая интенсивность роста, значительно превышающая параметры у рыб в пресной воде. Кроме того, соленость водной среды 5‰ не оказывает отрицательного влияния на эффективность утилизации растворенных органических загрязнений и соединений азота в блоке биологической очистки.

Биологические особенности - выработанная в процессе длительной эволюции функциональная адаптивность свидетельствует о том, что проходные осетровые уже на ранних этапах онтогенеза должны находиться в море, где рыба имеет возможность свободно мигрировать в более комфортные экологические условия.

Высокая интенсивность роста осетровых после ската молоди объясняется и особенностями минерального питания. Богатая макро- и микроэлементами морская вода обеспечивает организм жизненно важными минеральными веществами, такими как натрий и хлор, которые оказывают стимулирующее действие на интенсивность всасывания пищевых компонентов в кишечнике рыб.

Выявленная тенденция изменений физиологического состояния при моделировании солоноватоводных условий выращивания свидетельствует о высокой экологической пластичности русского осетра к условиям товарного выращивания в УЗВ.

В настоящее время для получения товарной продукции популярным является использование высокоэффективных гибридов. Имеющиеся в литературе сведения о гистологическом строении пищеварительной системы осетровых рыб и аналогичных особенностях строения кишечного эпителия гибридных форм и их родительских видов, позволяют предположить одинаковое изменение динамики обменных процессов при одинаковом изменении условий выращивания родительских видов и их гибридных форм.

Результаты выращивания гибридов осетровых рыб (стерлядь×белуга, русский осетр×ленский осетр) в солоноватоводных условиях (5 ‰) свидетельствуют об отсутствии адаптации культивируемых гибридов осетровых рыб к новым условиям среды. Отмечена высокая скорость роста, значительно превышающая его параметры при выращивании рыб в пресной воде. Выявлено стимулирующее влияние солёности водной среды на пластический обмен и уменьшение последствий воздействия искусственных условий выращивания в установке замкнутого водообеспечения на физиологическое состояние молоди.

Гематологические и биохимические показатели крови так же находятся в пределах биологической нормы, установленной для соответствующих возрастных групп в естественных условиях.

По динамике концентрации осмотически активных веществ в сыворотке крови оценивали водно-солевой обмен культивируемых групп рыб. Гипертонический тип осморегуляции, характерный для осетровых рыб, значительно легче поддерживается в слабосолёной воде, а в пресной воде происходит излишняя гидратация организма. В условиях эксперимента установлено, что гипертоничность особей по отношению к пресной и солёной воде соответствует показателям разновозрастных осетровых рыб, находящихся в опреснённой зоне Северного Каспия (230,0 - 270,0 ммоль/кг H₂O). Это объясняется эффективной работой органов, регулирующих водно-солевой обмен при выращивании в солоноватоводных условиях УЗВ.

Таким образом, положительное влияние хлорида натрия на рыб определяется тем, что он участвует в поддержании водно-солевого баланса, стимулирует экскрецию из организма ненужных продуктов жизнедеятельности, стимулирует метаболическую активность печени и ускоряет процесс переваривания пищи.

На основе знаний о возрастных физиологических особенностях и полученных результатов исследований о реакции физиологических систем осетровых рыб при солоноватоводном (5 ‰) режиме в условиях замкнутого

водообеспечения, усовершенствована технология получения осетровой товарной продукции.

В естественных условиях богатая макро- и микроэлементами соленая вода не только стимулирует активность пищеварительных ферментов, но и оказывает влияние на работу антиоксидантных ферментов. Увеличение концентрации соли в воде способствует увеличению их активности, что необходимо для поддержания в пределах нормы процесса ПОЛ.

Тем не менее, несмотря на основной принцип индустриального рыбоводства - максимальное приближение искусственных условий к естественным биологическим потребностям культивируемых объектов, выращивание осетровых в пресноводных системах приводит к тому, что рыба испытывает недостаток минеральных веществ.

Одним из таких компонентов соленой воды, жизненно необходимых для организма, является селен, который оказывает значительное влияние на углеводный и липидный обмен, а также участвует в водно-солевом обмене. Рыбы способны получать этот микроэлемент не только с пищей, но и непосредственно из воды. На фоне недостатка в макро- и микроэлементах, стрессовые воздействия (повышенные плотности посадки, сортировка рыбы, транспортировка и т.д.) провоцируют процессы СРО, нарушение обмена веществ и оказывают негативное влияние на уровень жизнеспособности.

Профилактика заболеваний, связанных с техногенным воздействием предполагает глубокое изучение обменных процессов животного в различные периоды жизненного цикла для того, чтобы своевременно корректировать их физиологическое состояние. Известно, что рационы рыб, в том числе и осетровых, так же дефицитны по содержанию селена.

В настоящее время совершенствуются способы коррекции и профилактики патологических состояний и методы повышения эффективности выращивания за счет применения в кормлении средств адаптогенного действия, в том числе и селеносодержащих препаратов. Для снижения активности процесса окисления ненасыщенных жирных кислот и стабилизации клеточных мембран животных

часто применяют витамин Е (α -токоферол) в комплексе с микроэлементом селен (Se). Они обеспечивают нормальную работу печени, регулируют рост и воспроизводительные процессы. Среди большого разнообразия ветеринарных препаратов на основе селена, разрешенных к использованию в практике сельского хозяйства, витаминно-минеральный препарат Е-селен сочетает оба эти взаимодополняемых эссенциальных микронутриента.

Установлено, что при выращивании осетровых рыб оптимальной нормой ввода Е-селена является 0,6 мл/кг корма. Анализ физиологического состояния рыб выявил изменения гематологических показателей (гемоглобин, СОЭ) в пределах референтных значений. Более высокое СОЭ в крови рыб, рацион которых обогащен Е-селеном, возможно, связано с компенсирующим действием препарата на последствия негативных изменений в метаболизме печени и изменение соотношения белковых фракций.

Аналогичная динамика наблюдается при изучении белкового обмена. Тем не менее, применение Е-селена существенно не сказалось на уровне белкового обмена, а незначительные изменения общего белка крови у рыб в опытных вариантах объясняются комфортными условиями выращивания рыб в УЗВ. Между тем массовые характеристики у рыб в опытном бассейне были выше, что свидетельствует об активном транспорте веществ и положительном эффекте применения Е-селена.

Отмечено и положительное влияние Е-селена на гемопоэз. Увеличение количества лимфоцитов усилило иммунную систему и способствовало повышению адаптивных возможностей организма рыб.

Динамика липидного обмена была направлена на снижение холестерина и общих липидов крови. Взаимосвязь холестерина обмена с биотическими (рацион питания) и абиотическими (условия выращивания) факторами определила его сложную динамику. Е-селен оказывает ингибирующее действие на процесс накопления вторичных продуктов окисления липидов и стимулирует утилизацию его компонентов.

Кроме того, витаминно-минеральный препарат Е-селен в кормах для осетровых рыб можно использовать в качестве антиоксиданта, повышающего качественные показатели корма, ингибирующего процесс окисления корма, препятствующего образованию свободных жирных кислот и перекисей, которые являются токсичными. Это способствует поддержанию показателей качества корма (перекисное и кислотное число) в пределах нормативных значений и увеличению его срока хранения.

Накопление продуктов ПОЛ в организме рыб позволяет оценить антиоксидантное действие тестируемого препарата. Использование Е-селена активизировало защитную реакцию организма и препятствовало развитию процессов, ведущих к оксидативному стрессу. При дополнительном введении Е-селена в корма, уровень ДК и МДА в клетках печени рыб находился в пределах нормативных значений. У рыб, рацион которых не обогащали антиоксидантом, уровень ДК и МДА был выше более чем в 2,0 раза.

Кроме того, биологическая роль сбалансированных по основным питательным веществам рационов дополняется функциональным значением дружественной микрофлоры, дефицит которой восполняют искусственно. Помимо витаминно-минеральных комплексов для восстановления нормального физиологического состояния рыб широко используются различные пробиотические препараты, которые вытесняют из состава кишечного микробиоценоза патогенные формы, активируют полезные ферментативные процессы в пищеварительном тракте.

Результаты совместного использования пробиотика «Бацелл» и витаминно-минерального препарата Е-селен подтвердили положительное влияние препаратов на рыбоводно-биологические показатели рыб. Применение комплекса препаратов способствовало более интенсивному нарастанию массы, что объясняется функцией пробиотиков – биокатализатор жизненно важных процессов в пищеварительном тракте. Микроорганизмы, которые входят в состав микрофлоры, принимают участие в синтезе аминокислот, а в результате лизиса

сами бактерии также являются источником белка. Кроме того, улучшение состояния микробиоценоза кишечника повышает конвертируемость корма.

Эффективность совместного применения пробиотика «Бацелл» и Е-селена подтверждается высокой интенсивностью роста рыб. Отмечены изменения в динамике липидного обмена: снижение уровня общих липидов и холестерина в крови до нормативных значений. Изменение гидрохимических условий выращивания (снижение температуры воды) снижает эффективность совместного использования пробиотика и Е-селена и оказывает негативное влияние на жизнедеятельность рыб, в частности, снижает темп роста.

Принимая во внимание успешную практику комплексного использования пробиотиков и селенита натрия при выращивании сельскохозяйственных животных и птиц, в дальнейшем необходимо продолжить более детальное изучение метаболизма селена под воздействием пробиотических препаратов в организме рыб.

ВЫВОДЫ

1. Выращивание молоди русского осетра в установке замкнутого водообеспечения при солености водной среды 5 ‰ эффективно, что подтверждается отсутствием негативного влияния на процесс биологической очистки воды и увеличением выживаемости культивируемых рыб.

2. Солоноватоводный режим (5 ‰) при выращивании гибридов осетровых рыб увеличивает интенсивность роста в 2,0 раза, снижает кормовые затраты на 11,1% и не оказывает негативного влияния на физиологическое состояние рыб.

3. Поступление в организм витаминно-минеральной добавки Е-селен оказывает влияние на белковый и липидный обмен. Включение в состав продукционного корма Е-селена в концентрации 0,6 мл/кг корма обеспечивает снижение уровня общих липидов на 30,0 % и увеличение скорости роста на 9,0 - 10,0%.

4. Использование Е-селена позволяет сохранить качественные показатели корма, ингибировать процесс его окисления и увеличить срок хранения, не снижает интенсивность роста рыб и поддерживает ее на уровне показателей контрольной группы.

5. Совместное использование витаминно-минерального препарата Е-селен и пробиотического препарата «Бацелл» при оптимальной температуре воды (20,0 – 21,0 °С) способствует повышению усвояемости корма и увеличению продуктивности товарного осетроводства на 73,4 %.

6. В условиях производственных испытаний разработанных технологических приемов повышения эффективности товарного осетроводства установлено, что:

- выращивание осетровых рыб в солоноватоводном режиме (5‰) обеспечивает снижение себестоимости товарной продукции на 99,0 рублей за 1 кг и сокращает срок ее получения в 2,0 раза;

- добавление в корм витаминно-минеральной добавки Е-селен увеличивает продуктивность рыб и повышает рентабельность товарного выращивания осетровых рыб на 21,0 %;

- использование витаминно-минерального препарата Е-селена в сочетании с пробиотическим препаратом «Бацелл» снижает кормовые затраты до 1,3 ед.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Для повышения эффективности выращивания осетровых рыб и их гибридов рекомендуем:

- проводить выращивание рыб в условиях замкнутого водоснабжения при солености водной среды 5 ‰;
- для повышения интенсивности роста, увеличения срока хранения продукционного корма вводить в рацион рыб витаминно-минеральный препарат Е-селен в концентрации 0,6 мл/кг корма;
- для повышения эффективности товарного осетроводства комплексно использовать витаминно-минеральный препарат Е-селен (0,6 мл/кг корма) и пробиотический препарат «Бацелл» (0,2 %).

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшая работа предполагает изучение влияния комплексного использования витаминно-минерального препарата Е-селен и пробиотического препарата «Бацелл» при солоноватоводном режиме выращивания осетровых рыб в установке замкнутого водообеспечения на их репродуктивную функцию.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

УЗВ – установка замкнутого водоснабжения

ПОЛ – перекисное окисление липидов

МДА – малоновый диальдегид

ДК – диеновые конъюгаты

КОЕ – колониеобразующие единицы

ЖКТ – желудочно-кишечный тракт

СРО – свободнорадикальное окисление

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамов, М.Г. Гематологический атлас / М.Г.Абрамов. - М.: Медицина, 1985. - 344 с.
2. Абрамова, Ж.И. Человек и противокислительные вещества / Ж.И. Абрамова, Г.И. Оксенгендлер. - Л.: Наука, 1985. - 230 с.
3. Абросимова, Н.А. Кормовое сырье и добавки для объектов аквакультуры / Н.А. Абросимова, С.С. Абросимов, Е.М. Саенко. – Ростов-на-Дону: Эверест, 2005. - 144 с.
4. Аламдари, Х. Использование пробиотических препаратов при кормлении осетровых рыб: результаты испытаний при температуре воды ниже оптимальной / Х. Аламдари, С.В. Пономарёв // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. - №3. - 2013. – С.133-140.
5. Аронович, Т.М. Результаты работ по разведению морских рыб / Т.М. Аронович // Сборник научных трудов ВНИРО: Культивирование морских организмов. – М.: ВНИРО, 1985. – С. 25–33.
6. Арипов, А.Н. Клеточные механизмы нарушения основных функций печени при ее остром токсическом поражении/ А.Н. Арипов, Х.Я. Каримов, Л.М. Фесенко, Л.А. Паевская // Патология и экспериментальная терапия. – М., 1990. – 16 с.
7. Арутюнов, О.Д. Разработка биотехнологических приемов транспортировки молоди осетровых рыб и их гибридов / О.Д. Арутюнов, Э.Т.Прель, Ш.А. Якубов // Депонент ВИНТИ. – 1991. - №10 (240). – С.1-11.
8. Арутюнов, О.Д. Биотехнологические аспекты содержания и транспортировки осетровых рыб / О.Д. Арутюнов, Ш.А. Якубов, Т.Ф. Суворова, Д.Ш. Якубова // Наука – производству. – 2001. - №6. – С.30-32.
9. Барабой, В.А. Механизмы стресса и перекисное окисление липидов / В.А. Барабой // Успехи современной биологии. - 1991. - № 111(6). - С.923 - 931.

10. Бахарева, А.А. Влияние витаминов на репродуктивные функции рыб / А.А. Бахарева, Ю.Н. Грозеску // Естественные науки. – 2013. – №3(44). – С.86 - 92.
11. Бедняков, Д.А. Температурные адаптации ферментов слизистой оболочки некоторых представителей отряда Acipenseriformes / Д.А. Бедняков, А.Н. Неваленный, В.Ю. Новинский // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика, Экология. - 2009. -№1. - С.244-247.
12. Бедняков, Д.А. Модификационное регулирование уровня активности пищеварительных ферментов осетровых видов рыб и их гибридов / Д.А. Бедняков, А.Н. Неваленный // Юг России. Экология, развитие. - 2010. - №4. - С. 56-58.
13. Бедняков, Д.А. Влияние ионов металлов на ферменты мембранного пищеварения белуги, стерляди и их гибридов – бестера и стербела / Д.А. Бедняков, Л.А. Неваленная, В.Ю. Новинский // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. - 2011. №2. - С. 74-77.
14. Бедняков, Д.А. Моделирование воздействия осмолярности среды на уровень активности ферментов рыб на примере альфа-амилазы слизистой оболочки кишечника русского осетра / Д.А. Бедняков, А.С. Мартьянов // Материалы всероссийской научной интернет-конференции с международным участием: Физические процессы в биологических системах. – Казань, 2014. – С.8-10.
15. Беляева, В.Н. Выживаемость осетровых на ранних стадиях развития в условиях различной солености / В.Н. Беляева, И.И. Болдырев // Биологическое обоснование и принципы размещения заводской молоди осетровых в водоемах. – Астрахань, 1968. – С.151-162.
16. Беляева, В.Н. Размещение в естественных водоёмах молоди осетровых, выращенной на рыбоводных заводах дельты Волги / В.Н. Беляева // Тр. ин-та Центр. НИИ осётр. хоз-ва : Осетровые СССР и их воспроизводство. – М., 1967. – Т. 1. – С. 140-147.

17. Блинохватов, А.Ф. Селен в биосфере / А.Ф. Блинохватов, Б.И. Древко, Г.В. Денисова. - Пенза: РИО ПГСХА, 2001. - 324 с.
- 18.Брайнбалле, Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения / Я. Брайнбалле. – Копенгаген: Еврофиш, 2010. - 74 с.
19. Бурлаченко, И.В. Влияние бактериальной обсемененности кормов на рост и физиологическое состояние молоди стерляди / И.В. Бурлаченко, К.Б. Аветисов, Л.Н. Юхименко, Л.И. Бычкова // Труды ВНИРО. - 2002. - Т.141. - С. 194-207.
- 20.Бурцев, И.А. Методические указания по формированию и эксплуатации маточных стад сибирского осетра / И.А. Бурцев, И.И. Смольянов, А.Д. Гершанович, А.И. Николаев. - М.: ВНИРО, 1984. - 23 с.
- 21.Бычкова, Л.И. Микробиологическая безопасность рыбной продукции в условиях промышленного выращивания / Л.И. Бычкова, Л.Н. Юхименко // Вестник рыбохозяйственной науки. - 2014. - Т.1. - № 1. - С. 10 -15.
22. Вальдман, А.Р. Витамины в животноводстве / А.Р. Вальдман. – Рига: Знание, 1977. – 352 с.
23. Васильев, А.А. Использование аспарагинатов при выращивании карпа в садках / А.А. Васильев, Ю.А. Гусева, Г.А. Хандожко // Материалы конференции, посвященной 80 - летию доктора ветеринарных наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ Демкина Григория Прокофьевича: Актуальные проблемы ветеринарной патологии, физиологии, биотехнологии и селекции животных. - Саратов, 2011. - С. 16-28.
24. Васильева, Л.М. Технологии и нормативы по товарному осетроводству в VI рыбной зоне / Л.М. Васильева, А.П. Яковлева, Т.Г. Щербатова, Т.Н. Петрушина, В.В. Тяпугин, А.А. Китанов, В.В. Архангельский., С.С.Астафьева, Е.А. Федосеева. - Москва: Изд-во ВНИРО, 2006. – 100 с.
25. Ващенко, А.С. Повышение эффективности кормления карпа под влиянием ростостимулирующих добавок / А.С. Ващенко, В.В. Дума // Сборник

научных трудов ВНИИПРХ: Биологические основы рационального кормления рыбы. - М.: ВНИИПРХ, 1986. - Вып. 49. - С. 74-81.

26. Верещагин, Г.В. Об ускорении созревания биофильтров в морском аквариуме с системой оборотного водоснабжения / Г.В. Верещагин // Сборник научных трудов ВНИРО: Актуальные проблемы рыбохозяйственной науки в творчестве молодых ученых. – М.: 1990. – С. 87 – 90.

27. Витамины / Под ред. Смирнова М.И. – М.: Медицина, 1974. – 496с.

28. Витвицкая, Л.В. Возможность использования иммуномодуляторов для снижения тератогенеза у осетровых при неблагоприятных воздействиях / Л.В.Витвицкая, Б. Абтахи // Материалы международной конференции: Структурные преобразования органов и тканей на этапах онтогенеза в норме и при воздействии антропогенных факторов. Проблемы экологии в медицине. – Астрахань, 1996. – С. 38.

29. Владовская, С. Корма для форели / С. Владовская // Корма и кормление в аквакультуре. – 2000. – Вып. 1. – С. 35-37.

30. Воробьев, А.А. Бактерии нормальной микрофлоры: биологические свойства и защитные функции / А.А. Воробьев, Е.А. Лыкова // Микробиология. – 1999. – №6. – С.102 -105.

31. Куликова, Н.И. Выращивание личинок кефали в замкнутой системе / Н.И.Куликова, Н.И. Демьянова, В.С. Куприянов // Рыбное хозяйство. – 1984. – №11. – С. 29–31.

32. Галатдинова, И.А. Влияние селенсодержащего препарата ДАФС-25 на некоторые рыбоводно-биологические показатели молоди карпа / И.А. Галатдинова, Я.Б. Древко, В.А. Трушина // Материалы международной научно-практической конференции посвященной 85-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора А.П. Коробова: Современные способы повышения продуктивных качеств сельскохозяйственных животных, птицы и рыбы в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны (Саратов, 14-16 мая 2015 г.). – Саратов: Научная книга, 2015. - С. 21-25.

33. Гамыгин, Е.А. Итоги работ по созданию новых кормов для ценных объектов аквакультуры / Е.А. Гамыгин, М.А. Щербина, А.А. Передня // Вестник Астраханского государственного технического университета. - 2004. - № 2(21). - С. 55-60.
34. Гамыгин, Е.А. Комбикорма для рыб. Производство и методы кормления / Е.А. Гамыгин, В.Я. Лысенко, В.Я. Складов, В.И. Турецкий. - М.: Агропромиздат, 1989. - 168 с.
35. Гамыгин, Е.А. Методические указания по кормлению рыб новыми комбикормами, выпускаемыми предприятиями Минрыбхоза СССР / Е.А. Гамыгин, С.В. Пономарев, А.Н. Канидъев, М.А. Щербина. - М.: ВНИИПРХ, 1990. - 45 с.
36. Герасименко, В.В. Возрастные изменения показателей естественной резистентности гусей при использовании пробиотиков / В.В. Герасименко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2005. - Т. 2. - № 6-1. - С. 37-39.
37. Глубоков, А.И. Витамин В₁₂ как препарат для повышения жизнестойкости рыб в периоды раннего онтогенеза / А.И. Глубоков // Водная токсикология и оптимизация биопродукционных процессов в аквакультуре. – М.: ВНИРО, 1988. – С. 130–138.
38. Голованова, И.Л. Анализ моно-, би- и полифакторного воздействия температуры, рН и кадмия на пищеварительные гидролазы рыб / И.Л. Голованова // Биология внутренних вод. - 1997. - № 2. – С. 58-64.
39. Головин, П.П. Испытание в аквакультуре биологически активных препаратов, повышающих иммунофизиологический статус рыб / П.П. Головин, Н.А. Головина, Н.Н. Романова, О.В. Корабельникова // Рыбное хозяйство. – 2008. - № 4. - С. 63-66.
40. Голубкина, И.А. Накопление селена в водных организмах каспийского моря / И.А. Голубкина, Е.С. Спиридонова, В.Ф. Зайцев, И.В. Волкова, И.Г. Насибов // Юг России: экология, развитие. - №1. – 2012. – С.77-79.
41. ГОСТ 8285-91 Жиры животные топленые. Правила приемки и методы

испытания.

42. ГОСТ 31485-2012 Комбикорма, белково-витаминно-минеральные концентраты. Метод определения перекисного числа (гидроперекисей и пероксидов).

43. ГОСТ 10385-2014 Комбикорма для рыб. Общие технические условия.

44. ГОСТ 2116-2000 Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных. Технические условия.

45. ГОСТР 55578 – 2013 Продукты пищевые специализированные. Метод определения осмоляльности.

46. Громова, О.А. Селен - впечатляющие итоги и перспективы применения / О.А.Громова, И.В.Гоголева // Медицина неотложных состояний. - 2010. - № 6. - С. 124.

47. Грозеску, Ю.Н. Биологическая эффективность применения пробиотика субтилис в составе стартовых комбикормов для осетровых рыб / Ю.Н. Грозеску, А.А. Бахарева, Е.А. Шульга // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2009 - Т. 11 - №1(2). - С.42-45.

48. Груздков, А.А. Адаптационно-компенсаторные процессы на примере мембранного гидролиза и транспорта / А.А. Груздков, В.М. Гусев, В.В. Егорова, Н.Н. Иезуитова, А.А. Никитина, Н.М. Тимофеева, Н.Т. Токгаев, А.М. Уголев. - Л.: Наука. - 1991. - 288 с.

49. Гусева, Ю.А. Применение «Абиопептида» - гидролизата соевого белка в кормлении ленского осетра / Ю.А. Гусева, И.А. Китаев, А.А. Васильев. - Саратов, 2016. – 134 с.

50. Демина, М.В. Рекомендации по проведению гидробиологического контроля на сооружениях биологической очистки воды с аэротенками / М.В. Демина. – Пермь: ОГУ Аналитический центр, 2004. – 52 с.

51. Дюбин, В.П. Эвригалинность молоди севрюги на ранних этапах онтогенеза / В.П. Дюбин // Тезисы отчет.сес. ЦНИОРХ. – Астрахань, 1972. – С.50-51.

52. Дюбин, В.П. Изменение функционального состояния интерренальной и

щитовидной железой молоди осетра при различных способах перевода ее из пресной воды в морскую / В.П. Дюбин, С.Г. Киселева // Тез.отчет.сес. ЦНИОРХ. – Гурьев, 1976. – С.111-112.

53. Дума, В.В. Эффективность ростостимулирующих добавок в кормлении радужной форели / В.В. Дума // Сборник научных трудов ВНИИПРХ: Биологические основы рационального кормления рыбы. – М.: ВНИИПРХ, 1986. – Вып. 49. - С. 158-162.

54. Емелина, Н.Г. Витамины в кормлении сельскохозяйственных животных и птиц / Н.Г. Емелина, В.С. Крылова, Е.А. Петрухова, Н.В. Бромлей. - М.: Колос, 1970. - 310 с.

55. Ермаков, В.В. Биологическое значение селена / В.В. Ермаков, В.В.Ковальский. - М.: Наука, 1974. - 298 с.

56. Есавкин, Ю.И. Морфологические и физиолого-биохимические особенности радужной форели, выращиваемой на кормах с добавками селена и токоферола (препарата «Эсвекс») / Ю.И. Есавкин, Г.Т. Панченков, В.П. Панов, Н.П. Базутко // Материалы и доклады международного симпозиума: Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата (г.Астрахань, 16 - 18 апреля, 2007 г.). – Астрахань: АГТУ, 2007. - С. 458-460.

57. Жигин, А.В. Замкнутые системы в аквакультуре – базисная инновация / А.В. Жигин, Н.В. Изотова // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. - №31. – 2015. – С.52-66.

58. Жигин, А.В. Очистка морской воды водорослями при содержании рыб в циркуляционной установке / А.В. Жигин, Д.В. Дементьев // Природообустройство. – 2016. - №4. – С. 110-117.

59. Жигин, А.В. Искусственная морская рыбоводная экосистема с очисткой воды водорослями / А.В. Жигин, Д.В. Дементьев // Аграрная наука. – 2015. – № 5. – С. 28–30.

60. Жигин, А.В. Установки с замкнутым водоиспользованием в аквакультуре / А.В. Жигин // Рыбное хозяйство. - 2003. - № 1. - С. 1.

61. Жигин, А.В. Замкнутые системы в аквакультуре / А.В. Жигин. - Москва, 2011. – 664 с.
62. Иванова, Н.Т. Атлас клеток крови рыб (Сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб) / Н.Т. Иванова. - Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 184 с.
63. Иванов, А.А. Оценка физиологического состояния ленского осетра при выращивании в условиях индустриальных хозяйств / А.А. Иванов, П.П. Головин, Н.Н. Романова, О.В. Корабельникова // Известия ТСХА. - 2008.- №4. - С 81-85.
64. Канидьев, А.Н. Инструкция по кормлению рыб гранулированными кормами, выпускаемыми предприятиями Минрыбхоза СССР / А.Н. Канидьев, Е.А. Гамыгин – М.: ВНИИПРХ, 1986. – 30 с.
65. Каргаполова, М.М. Выживание молоди осетра разного веса в зависимости от солености / М.М. Каргаполова // Разработка биологических основ и биотехники развития осетрового хозяйства в водоемах СССР. – Астрахань, 1968. – С.116-117.
66. Киселев, А. Ю. Установки с замкнутым циклом водоиспользования и технология выращивания в них объектов аквакультуры / А.Ю. Киселев. - М.: ЦНИИТЭИРХ, 1997. - 80 с.
67. Клейменов, Н.И. Минеральное питание скота на комплексах и фермах / Н.И. Клейменов, М.Ж. Магомедов, А.М. Венедиктов. - М., Россельхозиздат, 1987. - С.85-86.
68. Клуша, В.Е. Пептиды – регуляторы функций мозга / В.Е. Клуша. – Рига: Знание, 1984. – 181 с.
69. Князева, Л.М. Рекомендации по увеличению срока хранения гранулированных кормов для форели, путем опрыскивания ее водным раствором витамина С / Л.М. Князева.- Л.: ГосНИОРХ, 1979. – 12 с.
70. Козинец, Г.И. Атлас клеток крови и костного мозга / Г.И. Козинец. – М.:Триада-Х, 1998. – 160 с.
71. Кокоза, А.А. Искусственное воспроизводство осетровых рыб / А.А. Кокоза. - Астрахань, 2004. – 207 с.

72. Кокоза, А.А. Выживаемость молоди осетровых, выращиваемых на рыбоводных заводах дельты Волги / А.А. Кокоза, А.В. Левин, Н.В. Пыжов // Рыбное хозяйство. - 1984. - № 8. - С. 43.

73. Кольман, Р. Применение установок с замкнутым водообменом (УЗВ) в осетроводстве Польши / Р. Кольман, Б. Здановски // Рециркуляционные технологии в крытых и открытых система. Семинара AQUAREDPOT, Вильнюс (Литва) 13-14 мая 2013 г. - Сарваш : НАКИ, 2013. - С. 32–46.

74. Корабельникова, О.В. Эффективность воздействия некоторых биологически активных препаратов на молоди ленского осетра и перспективы их использования в аквариумистике / О.В. Корабельникова, П.П. Головин, Н.Н. Романова // Межвед. сборник научных и научно-методических трудов: Проблемы аквакультуры. - Московский зоопарк, 2005. - С. 83-84.

75. Краюшкина, Л.С. Реакция молоди осетровых на изменение солености среды / Л.С. Краюшкина, В.П. Дюбин // Вопросы ихтиологии. – 1974. – Т.14. – Вып. 6 (89). – С.1118-1124.

76. Краюшкина, Л.С. Особенности осмотической и ионной регуляции у морских проходных осетров – коротконосого *Acipenser brevirostrum* и осторылового *A. oxyrinchus* (*Acipenseridae*) / Л.С. Краюшкина // Вопросы ихтиологии. - 1998. – Т. 38. – № 5. – С. 684-692.

77. Краюшкина, Л.С. Функциональная морфология хлоридсекретирующих клеток у рыб в связи с их эколого-физиологическим значением / Л.С. Краюшкина // Обмен веществ и биохимия рыб - М.: Наука, 1967. - С.65-73.

78. Кривошеин, В.В. Основные виды осетровых используемых в тепловодной биотехнологии в условиях Верхней Волги / В.В. Кривошеин // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова. - 2006. - Т. 12. - № 7. - С. 18-20.

79. Кузьмина, В.В. Влияние антропогенных факторов на активность пищеварительных ферментов рыб / В.В. Кузьмина, И.Л. Голованова // Биология внутренних водоемов. - 1997. - №3. - С. 71-76.

80. Кузьмина, В.В. Вклад ферментов кормовых объектов в процессы пищеварения рыб. Влияние природных и антропогенных факторов

/ В.В. Кузьмина, И.Л. Голованова, Е.Г. Скворцова // Вопросы ихтиологии. – 1999. - Т.39. - №3. - С. 384-393.

81. Кузьмина, В.В. Динамика активности протеиназ химуса и слизистой оболочки кишечника рыб при их экспозиции *in vitro* в пресной и солоноватой воде / В.В. Кузьмина // Биология внутренних вод. - 2010. - №1 - С. 92-97.

82. Кузьмина, В.В. Физиолого-биохимические основы экзотрофии рыб / В.В. Кузьмина. - М.: Наука. 2005. - 300с.

83. Кузьмичев, С.А. Некоторые особенности осморегуляции молоди осетровых рыб / С.А. Кузьмичев, Г.Г. Новиков, Д.С. Павлов // Вопросы ихтиологии. – 2005. - Т.45. - №6. – С. 844-853.

84. Купинский, С.В. Радужная форель – предварительные параметры стандартной модели массонакопления / С.В. Купинский, С.А. Баранов, В.Ф. Резников // Сборник научных трудов: Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах. - М.: ВНИИПРХ, 1985. - Вып.46. - С.109-115.

85. Курашвили, М.К. Применение селена в кормлении сельскохозяйственной птицы / М.К. Курашвили, Е.Г. Меликия // Известия аграрной науки. - Том 8. - №2. – 2010. – С.93-98.

86. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. - М.: Высшая школа, 1990. - 293 с.

87. Легеза, М.И. Отношение каспийских осетровых к солёности / М.И. Легеза // Разработка биологических основ и биотехника развития осетрового хозяйства в водоёмах СССР. – Астрахань, 1968. – С. 32-33.

88. Лукьяненко, В.И. Возрастно-весовой стандарт заводской молоди каспийских осетровых / В.И. Лукьяненко, Р.Ю. Касимов, А.А. Кокоза. – В.: Легкая и пищевая пром-ть, 1984. - 229 с.

89. Маликова, Е.М. Биохимический состав беспозвоночных и его зависимость от экологических условий обитания / Е.М. Маликова // Сборник работ кафедры ихтиологии и рыбоводства и научно-исследовательской лаборатории рыбного хозяйства. - Вып.1. - М., Пищевая пром-ть, 1971. – С. 30-43.

90. Мартынова, В.В. Конкордатность изменения параметров метаболизма молоди рыб при колебании солености воды / В.В. Мартынова // Кантовский сборник. - 2003. - № 3. - С. 34.

91. Матишов, Г.Г. Инновационные технологии индустриальной аквакультуры в осетроводстве / Г.Г. Матишов, С.В. Пономарев, Е.Н. Пономарева. - Ростов-на-Дону, 2007. - 368 с.

92. Матишов, Г. Г. Практическая аквакультура (разработки ЮНЦ РАН и ММБИ КНЦ РАН) / Г.Г. Матишов, Е.Н. Пономарева, Н.Г. Журавлева, В.А. Григорьев, В.А. Лужняк. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. - 284 с.

93. Матишов, Г.Г. Состояние и перспективы развития аквакультуры на юге России / Г.Г. Матишов, Е.Н. Пономарева. - Рыбоводство и рыбное хозяйство. - 2014. - № 7. - С. 3-14.

94. Мельченков, Е.А. Некоторые направления создания живых коллекций осетровых / Е.А. Мельченков // Рыбоводство. - 2006.- № 3-4. - С. 30-32.

95. Меркулов, Г.А. Курс патологогистологической техники / Г.А. Меркулов. - Л.: Медицина, 1969. - 423 с.

96. Металлов, Г.Ф. Биохимические и морфофизиологические показатели русского осетра в современных экологических условиях Волго-Каспия / Г.Ф. Металлов, В.М. Распопов, В.П. Аксенов, В.Г. Чипинов // Материалы и доклады международного симпозиума: Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата (Астрахань, 16-18 апреля, 2007 г.). – Астрахань: АГТУ, 2007. - С. 484–486.

97. Металлов, Г.Ф. Влияние препарата Е-селен на рост и физиологические показатели гибрида русский осетр × ленский осетр / Г.Ф. Металлов, В.А. Григорьев, А.В. Ковалёва, О.А. Левина, М.Н. Сорокина // Вестник Южного научного центра. – 2013. - Т.9. - №2. – С.57-67.

98. Металлов, Г.Ф. Многолетний мониторинг физиологического состояния основных видов каспийских осетровых рыб / Г.Ф. Металлов, П.П. Гераскин, В.П. Аксёнов, О.А. Левина // Вестник Астраханского

государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. - 2016. - № 1. - С. 88-98.

99. Металлов, Г.Ф. Физиолого-биохимические механизмы эколого-адаптационной пластичности осморегулирующей системы осетровых рыб / Г.Ф. Металлов, С.В. Пономарёв, В.П. Аксёнов, П.П. Гераскин - Астрахань: АГТУ, 2010. - 191 с.

100. Мирзоева, Л.М. Аквакультура и иммуностимуляторы / Л.М. Мирзоева // Аквакультура. Корма и кормление рыб. – 1999. - № 2. – С. 36-38.

101. Мирошникова, Е.П. Влияние наночастиц различной дозировки на продуктивность карпа и обмен химических элементов / Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова // Достижения науки и техники АПК. - 2014. - № 5. - С. 30-32.

102. Мовсесова, Н.В. Замкнутые системы в аквакультуре: необходимы экономические исследования / Н.В. Мовсесова, А.В. Жигин // Научные труды Дальневосточного государственного технического университета. – 2011. - №23. – С. 250-255.

103. Моисеев, П.А. Морская аквакультура / П.А. Моисеев, А.Ф. Карпевич, О.Д. Романцева. - М.: Агропромиздат, 1985. - 253 с.

104. Морузи, И.В. Влияние препарата BS 225 на скорость роста молоди осетра / И.В. Морузи, Г.А. Ноздрин, Е.В. Пищенко, А.Б. Иванова, С.В. Глушко // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. - 2014. - № 4(33). - С. 105-108.

105. Мунгин, В.В. Оптимизация сырого жира в продукционных комбикормах для товарного карпа // В.В. Мунгин, Е.А. Арюкова, Л.Н. Логинова // Аграрный научный журнал. - 2016. - № 7. - С. 25-28.

106. Мусселиус, В.А. Лабораторный практикум по болезням рыб / В.А. Мусселиус. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1983. – 296 с.

107. Наточин, Ю.В. Ионорегулирующая функция почки / Ю.В. Наточин. - Л.: Наука, 1976.- 267 с.

108. Наточин, Ю.В. Катионы сыворотки крови осетровых в морской и речной периоды жизни / Ю.В. Наточин, В.И. Лукьяненко, Е.А. Лаврова, Г.Ф. Металлов // Вопросы ихтиологии. – 1975.– Т.15. – Вып.5 (94).– С. 890-895.

109. Наточин, Ю.В. Двенадцатилетний мониторинг (70-90-е годы) физико-химических параметров сыворотки крови у русского осетра *Acipenser gueldenstaedti* / Ю.В. Наточин, В.И. Лукьяненко, Е.И. Шахматова, Е.А. Лаврова, Г.Ф. Металлов // Вопросы ихтиологии. – 1995. – Т.35. – Вып.2. – С.253-257.

110. Неваленный, А.Н. Функциональная организация и адаптивная регуляция процессов пищеварения у рыб / А.Н. Неваленный, А.В. Туктаров, Д.А. Бедняков. – Астрахань: Астрахан.гос. техн. ун-т, 2003. – 152 с.

111. Никольский, Г.В. Экология рыб / Г.В. Никольский. - М.: Высшая школа, 1974. - 368 с.

112. Нинуа, Н.Ш. Атлантический осётр реки Риони / Н.Ш. Нинуа. - Тбилиси, 1976. - 122 с.

113. Никулин, В.Н. Состояние некоторых показателей углеводно-липидного обмена у кур-несушек при комплексном использовании йодида калия и лактоамиловорина / В.Н. Никулин, Т.В. Синюкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2007. - N 1 (13). - С. 66-68.

114. Никулин, В.Н. Влияние комбикормов с добавкой йода, селена и пробиотика на продуктивность цыплят-бройлеров / В.Г. Никулин, В.В. Герасименко, Т.В. Коткова, Е.А. Назарова, С.Н. Абдуллина // Кормопроизводство. - 2012. - №4. - С. 41-43.

115. ОСТ 15.372 – 87 Охрана природы. Гидросфера. Вода для рыбоводных хозяйств.

116. Остроумова, И.Н. Биологические основы кормления рыб / И.Н.Остроумова. - СПб: ГосНИОРХ, 2012. – 564 с.

117. Остроумова, И.Н. Повышение эффективности выращивания карпа в тепловодном рыбоводстве путем физиологически-обоснованного кормления / И.Н. Остроумова // Сборник науч.трудов ГосНИОРХ. - 1983. - Вып.206.

- С. 84-97.

118. Папазян, Т.Т. Взаимодействие между витамином е и селеном: новый взгляд на старую проблему / Т.Т. Папазян, В.И. Фисинин, П.Ф. Сурай // Птица и птицепродукты. - № 1. - 2009. - С. 21-24.

119. Петрова, Т.Г. Инструкция по биотехнике выращивания молоди и товарных рыб сибирского осетра в условиях тепловодных хозяйств / Т.Г. Петрова, С.А. Кушнирова, Н.А. Козовкова. - М.: ВНИИПРХ, 1991.- 11 с.

120. Петренко, В.П. Эффективность применения витаминного премикса и комплекса микроэлементов в комбикормах для товарного карпа / В.П. Петренко // Сборник научных трудов: Вопросы интенсификации прудового рыбоводства. – М.:ВНИИПРХ, 1985. – С. 16-18.

121. Пономарев, С.В. Биологические основы разведения осетровых и лососевых рыб на интенсивной основе / С.В. Пономарев, Е.Н. Пономарева. -Астрахань, 2003 а. - 255 с.

122. Пономарев, С.В. Новый поливитаминный премикс для осетровых рыб / С.В. Пономарев, А.А. Бахарева, Ю.Н. Грозеску // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. – 2000. – С. 63-66.

123. Пономарев, С.В. Новый лечебный осетровый комбикорм для предотвращения лордоза и сколиоза при индустриальном выращивании / С.В. Пономарев // Вестник Астраханского государственного технического университета. - 2005. - № 3. - С. 62-66.

124. Пономарев, С.В. Технологические основы разведения и кормления лососевых рыб в индустриальных условиях / С.В.Пономарев, Е.Н.Пономарева. - Астрахань: Изд-во АГТУ, 2003 б. – 187 с.

125. Пономарёва, Е.Н. Динамика функционального состояния молоди гибрида русско-ленского осетра при моделировании условий выращивания в установке замкнутого водоснабжения / Е.Н.Пономарёва, Г.Ф. Металлов, В.А. Григорьев, А.В. Ковалёва, С.В. Пономарёв, О.А. Левина // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. - 2012. - №5. – С. 72-76.

126. Пономарева, Е.Н. Использование витаминов для повышения резистентности осетровых рыб в раннем онтогенезе / Е.Н. Пономарева, М.Н. Сорокина // Вестник Астраханского государственного технического университета. - 2004. - № 2. - С. 67-73.

127. Пономарёва, Е.Н. Применение цианокобаламина для повышения жизнестойкости осетровых рыб на разных этапах онтогенеза / Е.Н. Пономарёва, А.В. Ковалёва, М.Н. Сорокина, А.А. Корчунов // Вестник Астраханского государственного технического университета. - 2008. - № 3. - С. 9-13.

128. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб/ И.Ф.Правдин. - М.: Пищевая промышленность, 1966. - 376 с.

129. Пудовкин, Н.А. Состояние окислительно-антиоксидантной системы у пресноводных рыб / Н.А. Пудовкин, П.В. Смутнев, А.Ю. Кутепов. И.Ю. Кутепова // Вестник ветеринарии. – 2013. - №65 (2/2013). – С. 53 – 56.

130. Пудовкин, Н.А. Перекисное окисление липидов в организме рыб // Н.А. Пудовкин, Т.В. Гарипов // Вестник ветеринарии. – 2014. - №71 (4/2014). – С. 50 – 52.

131. Пудовкин, Н.А. Молекулярные биомаркеры антиоксидантной системы семейства карповых рыб бассейна реки Волга Саратовской области / Н.А. Пудовкин, А.Ю. Кутепов. И.Ю. Кутепова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2013. - №6. – С. 39 – 41.

132. Пудовкин, Н.А. Экологическое обоснование и комплексные приемы коррекции эссенциальных микроэлементов в системе почва-растение – животное / Н.А. Пудовкин, А.Ю. Кутепов, Т.Ю. Поперечнева, И.Ю. Кутепова // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2012. - №2 (8). – С.67 – 69.

133. Раденко, В.Н. Влияние добавок поваренной и морской соли на рост и выживаемость личинок карпа / В.Н. Раденко, О.Л. Радищева //Рыбное хозяйство. Серия Аквакультура. Корма и кормление рыб. –М.:ВНИЭРХ, 1993. - Вып. 3. - С.1-15.

134. Ребров, В.Г. Витамины и микроэлементы / В.Г. Ребров, О.А. Громова. – М.: АЛЕВ-В, 2003. – 538 с.

135. Резников, В.Ф. Стандартная модель массонакопления рыбы / В.Ф. Резников, С.А. Баранов, Е.А. Стариков, Г.И. Толчинский // Механизация и автоматизация рыбоводства и рыболовства во внутренних водоемах. - М.: ВНИИПРХ, 1978. - Вып. 22. - С. 182–196.

136. Романенко, В.Д. Физиолого-биохимические принципы подбора и применения солевого обогащения комбикормов для выращивания рыб в тепловых хозяйствах / В.Д. Романенко, О.М. Арсан, В.Д. Соломатина, Н.Ю. Евтушенко, С.П. Весельский // Материалы научной конференции: Освоение теплых вод энергетических объектов для интенсивного рыбоводства. - Киев, 1978. – С.51-56.

137. Ромейс, Б. Микроскопическая техника / Б. Ромейс. - М.: Изд-во Иностранной литературы, 1954. - 718 с.

138. Рубцов, В.В. Современные селеноорганические препараты / В.В. Рубцов, С.А. Алексеева. – Птицеводство. - 2006. - №8. - С. 14-15.

139. Руденко, Р.А. Использование пробиотиков в стартовых комбикормах для карповых рыб / Р.А. Руденко, Т.Г. Руденко, Н.Н. Тищенко // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. - 2009. - № 1. - С. 23-25.

140. Сементина, Е.В. Влияние солёности на гематологические показатели молоди стерляди / Е.В. Сементина, Г.Г. Серпунин, Л.В. Савина, М.С. Величко // Труды VI международной науч. конф., посвященной 50-летию пребывания КГТУ на Калининградской земле: Инновации в науке и образовании - 2008. – Калининград, 2008. - Ч.1. - С. 104-106.

141. Сергеева, Т.Г. Биохимия витаминов и минеральных элементов / Т.Г. Сергеева. – Калининград: КГТУ, 1998. – 122 с.

142. Сергеева, Н.Т. О влиянии добавок витамина Е, селена и кальмарового жира в составе комбикорма РГМ-5В на обмен веществ и темп роста форели (*Salmo gairdneri* Rich.) / Н.Т. Сергеева // Вопросы разработки и качества комбикормов. - М.: ВНИИПРХ, 1989. - Вып. 57. – С.27-31.

143. Скаржинская, Г.М. Уровень Se в крови коров / Г.М. Скаржинская, Е.А. Кузьменкова, В.И. Иванов, Л.Н. Каскина // Ветеринария. – 1997. – № 1. – С. 38 – 43.

144. Скляр, В.Я. Справочник по кормлению рыб / В.Я. Скляр, Е.А. Гамыгин, А.П. Рыжков. - М. Изд-во: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 120 с.

145. Скрипник, Д.С. Влияние витаминов В5 и В12 на рост и цитохимические показатели крови молоди осетровых рыб / Д.С. Скрипник // Сборник научных трудов КГАУ: Повышение продуктивности сельскохозяйственных животных. – Краснодар, 1995. - Вып. 343(371). - С.98-102.

146. Сливка, А.П. Качественная структура, динамика численности, распределение, состояние запасов осетровых в Каспийском море / А.П. Сливка, Г.Ф. Зыкова, Е.В. Красиков, В.А. Фёдоров, В.В. Шведов, В.А. Чуканов // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Результаты НИР за 1999 год. – Астрахань, 2000. – С. 154-160.

147. Смольянов, И.И. Технология формирования и эксплуатации маточного стада сибирского осетра в тепловодных хозяйствах / И.И. Смольянов. - М.: ВНИИПРХ, 1987. - 33 с.

148. Сомкина, Н.В. Некоторые показатели физиологического состояния молоди севрюги в зависимости от возраста и условий выращивания / Н.В. Сомкина, Н.В. Асланян // Труды ВНИРО. –1973. - Т. 94. - С.72-74.

149. Сорокина, М.Н. Эффективность обработки икры осетровых рыб медицинским препаратом цианкобаламина (витамин В12) / М.Н. Сорокина, В.Г. Чипинов, А.В. Храмова // Вестник астраханского государственного технического университета. – 2005. - 3(26). – С. 59-63.

150. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры: возможности и проблемы / Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. – Рим, 2014. - 233 с.

151. Спотт, С. Содержание рыбы в замкнутых системах / С. Спотт. – М.: Легкая и пищевая промышленность. – 1983. – 192 с.

152. Стадольский, И. И. Выращивание ремонтно-маточного стада осетра обской популяции в тепловодном хозяйстве с системой замкнутого

водоснабжения / И.И. Стадольский, М.А. Вдовченко // Генетика, селекция и воспроизводство рыб. - 2002. - С. 87–89.

153. Стальная, И.Д. Метод определения диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот / И.Д. Стальная // Современные методы в биохимии.- М.: Медицина, 1977. - С. 63-64.

154. Стальная, И.Д. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты / И.Д. Стальная, Т.Г. Гаришвили // Современные методы в биохимии.- М.: Медицина, 1977. – С. 66-68.

155. Сорвачев, К.Ф. Основы биохимии питания рыб / К.Ф. Сорвачев. – М.: Легк. и пищ. пром-ть, 1982. – 247 с.

156. Тараканов, Б.В. Микрофлора кишечника, иммунный статус и продуктивность цыплят-бройлеров при включении в рацион пробиотика микроцила / Б.В. Тараканов, Т.А. Николичева, А.И. Манухина // Сельскохозяйственная биология. - 2007. - № 2. - С. 87-93.

157. Тараканов, Б.В. Влияние совместного применения селена и пробиотика на белковый обмен и продуктивность у цыплят-бройлеров / Б.В.Тараканов, В.В. Герасименко, Т.В. Коткова, Е.А. Назарова, С.Н. Абдуллина // Проблемы биологии продуктивных животных. - 2011. - №4. - С. 92-97.

158. Темираев, Р.Б. Влияние селенита натрия, токоферола и пробиотика на антиоксидантный статус сельскохозяйственной птицы / Р.Б. Темираев, Ф.Н. Цогоева, А.А.Баева, М.К. Кожохов, А.М. Арамисов, А.Х. Пилов // Научный журнал КубГАУ. – 2013. - №87(03). – С.2-10.

159. Трусов, В.З. Созревание половых желез волго-каспийского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt в морской период жизни / В.З. Трусов // Труды ЦНИОРХ. - Астрахань: ЦНИОРХ, 1972. - Т. 4. - С. 95–122.

160. Уголев, А.М. Пищеварительные процессы и адаптации у рыб / А.М. Уголев, В.В. Кузьмина.– СПб.: Гидрометеиздат, 1993. - 239 с.

161. Филиппов, А.А. Раздельное и совместное влияние меди и цинка *in vitro* на активность карбогидраз кишечника пресноводных костистых рыб /А.А. Филиппов, И.Л. Голованова // Биология внутренних вод. - 2010. № 1.

- С.104-109.

162. Филиппович, Ю.Б. Практикум по общей биохимии / Ю.Б. Филиппович, Т.А. Егорова, Г.А. Севастьянова. - М.: Просвещение, 1975. - 318 с.

163. Химический состав пищевых продуктов / под общ. редакцией Скрипучина И.М. - М.: Агропромиздат, 1987. – 359 с.

164. Хрипач, В.А. Брассиностероиды / В.А.Хрипач, Ф.А.Лахвич, В.Н.Жабинский. - М.: Наука и техника, 1993. - 287 с.

165. Хованский, И.Е. Эколого-физиологические и биотехнологические факторы эффективности лососеводства / И.Е. Хованский. – Хабаровск: Хабаровское книжное изд-во, 2004. - 418 с.

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

167. Чебанов, М.С. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб / М.С. Чебанов, Е.В. Галич. – Анкара: ФАО, 2011. - 297 с.

168. Чебанов, М.С. Руководство по разведению и выращиванию осетровых рыб / М.С. Чебанов, Е.В. Галич, Ю.Н. Чмырь. - М.: ФГНУ Росинформагротех, 2004. - 136 с.

169. Череменина, Н.А.Состояние организма кроликов при использовании селена в качестве кормовой добавки / Н.А. Череменина // Материалы междунар. науч.-практ. конф.: Актуальные проблемы современной биологии и биотехнологии. - Алматы, 2007. - С. 546–548.

170. Чепурнов, А.В. Выращивание личинок морских рыб в установках с замкнутой циркуляцией воды / А.В. Чепурнов, Ю.Е. Битюкова, Н.К. Ткаченко // Биологические основы аквакультуры в морях Европейской части СССР. – М., 1985. – С. 97–109.

171. Чиков, А.Е. Способ выращивания прудовой рыбы / А.Е. Чиков, Н.А. Юрина, С.И. Кононенко, Д.В. Осепчук. – Краснодар: СКНИИЖ, 2014. - 36с.

172. Шахмурзов, М.М. Экспериментальные исследования по повышению токсикорезистентности молоди рыб с использованием аминокислотно-витаминных смесей (АВС) / М.М. Шахмурзов, З.А. Гутиева, И.С. Шестерин // Вестник КБГУ. Серия: Биологические науки. 2002. - Вып. 5. - С.41-43.

173. Шекк, П.В. Пора переходить к промышленному разведению / П.В. Шекк, Н.И. Куликова, Л.И. Старушенко // Рыбное хозяйство. – 1991. – №1. – С. 51–54.

174. Шевченко, А.И. Морфологические показатели крови гусей при скармливании им пробиотик Ветом 1.1 и в комплексе с селеном / А.И. Шевченко, Г.А. Ноздрин, О.В. Смоловская // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - 2009.- № 4 – С. 50 - 53.

175. Шелухин, Г.К. Физиолого-биохимическая характеристика осетровых северо-каспийской популяции в морской период жизни / Г.К. Шелухин // Актуальные вопросы осетрового хозяйства. - Астрахань, 1971. - С. 214–216.

176. Шелухин, Г.К. Влияние температурно-солевого режима каспийской воды на молодь русского осетра *Acipenser gueldenstedtii* / Г.К. Шелухин, Г.Ф. Металлов, П.П. Гераскин // Вопросы ихтиологии. - 1990. - Т. 30. -Вып. 2. - С. 296–304.

177. Штерман, Л.Я. Допустимые количества поваренной соли в кормовых рационах радужной форели / Л.Я. Штерман // Научно-техн. бюлл. ГосНИОРХ. - 1960. - №11. - С.53-56.

178. Шульга, Е.А. Лечебные свойства пробиотика «Субтилис» при репарации кожных покровов осетровых рыб / Е.А. Шульга, Ю.Н. Грозеску, А.А. Бахарева // Вестник Астраханского гос. тех. ун-та. Серия. Рыбное хозяйство. – 2009.– №1. – С. 86-89.

179. Щербина, М.А. Искусственные корма и технология кормления основных объектов промышленного рыбоводства. Рекомендации / М.А. Щербина, Н.А. Абросимова, Н.Т. Сергеева. - Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, 1985. - 85с.

180. Щербина, М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин. - М.: ВНИРО, 2006. - 360 с.

181. Щербина, М.А. Практика кормления карповых и осетровых рыб в хозяйствах различных типов / М.А. Щербина, И.В. Остроумова, Н.В. Судакова. - М.: ВНИРО, 2008. - 162 с.

182. Юрина, Н.А. Новые подходы к использованию биопрепаратов в рыбоводстве / Н.А. Юрина, Е.А. Максим // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. - 2015. - Т.4. - С. 109-113

183. Amcoff, P. The role of thiamine in Baltic salmon developing the M74-syndrome / P. Amcoff / Acta univ. agr. Sueciae. Vet. – 2000. – № 77. – С. 1-44.

184. Brubacher, G. Uber den vitamin E – gehalt einger Nahrungsmittel / G. Brubacher. - Intern. Z. Vitamin. – forsh, 1966. - P. 409.

185. Castell, J.D. Report of the EIFAC, IUNS and ICES Working Group on the standardization of methodology in fish nutrition research / J.D. Castell, K. Tiews // Hamburg, Federal Republic of Germany, 21–23 March, 1979. EIFAC Tech.Pap. - Hamburg, 1979. - P. 1–24.

186. Cowey, C.B. The vitamin E requirement of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) given diets containing polyunsaturated fatty acids derived from fish oil / C.B. Cowey, J.W. Adron, A. Joungson // Aquaculture. - 1983. – V.30- №1-4. – P. 85-93.

187. Crittenden, R.G. Prebiotics. p.141-156. In G.W. Tannock (ed.), Probiotics: a critical review / R.G. Crittenden // Horizon Scientific Press, Wymondham. Norfolk, United Kingdom. – 1999. - pp.141-156.

188. Delgado, A. Analyses of fatty acids from different lipids in liver and muscle of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Influence of temperature and fasting / A. Delgado, A. Estevez, P. Hortelano, M.J. Alexandre // Biochem. Physiol. – 1994. – №108. – P. 673 – 680.

189. El-Ezabi, M.M. The viability of probiotics as a factor influencing the immune response in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* / M.M. El-Ezabi,

S.S. El-Serafy, M.A. Essa, S. Lall, S.M. Daboor, N.A. Esmael // *Egypt J. Aquat. Biol. & Fish.* - 2011. - Vol.15. - № 1. - P. 105–124.

190. Fishbach, F. A manual of laboratory diagnostic tests. 7thed / F. Fishbach, M. Dunning. - Lppincott Williams & Wilkins, 2004. - 1291 p.

191. Galeotti, M. Some aspects of the application of imunostimulants and critical review of methods for their evaluation / M. Galeotti // *J. Appl. Ichthyol.* – 1998. - 14. - P. 189-199.

192. Geovanny, R. Influence of probiotics on the growth and digestive enzyme activity of white Pacific shrimp (*Litopenaeus vannamei*) / R. Geovanny, D. Gómez, M. A. Shen // *Journal of Ocean University of China.* - 2008. - Vol. 7. - P. 215–218.

193. Guderley, H. Going with the flow in the fast lane: contrasting mitochondrial responses to thermal change / H. Guderley, J. St-Pierre // *Exp. Biol.* – 2002. –№205. – P. 2237–2249.

194. Higgs, D.A. Application of thyroid and steroid hormones are anabolic agents in fish culture / D.A. Higgs, U.H. Fagerlund, J.G. Eales, J.R. Mc. Bride // *Comp. Biochem. Physiol.* - 1982. - №1. - P. 143-176.

195. Hilton, J.W. The interaction of vitamins, minerals and diets composition in the diet of fish / J.W. Hilton // *Aquaculture.* - 1989. - 79. - P. 223-244.

196. Hung, S.O. Effect of oxidized fish oil DL- α -tocopherol acetate and ethoxyquin supplementation on the vitamin E nutrition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fed practical diets / S.O. Hung, C.Y. Cho, S.Y. Slinger // *J. Nutr.* - 1981. - V. 111. - P. 648–657.

197. Hamre, K. Metabolism, interactions, requirements and functions of E in fish / K. Hamre // *Aquaculture. Nutrition.* - 2011. - V.17. - №1. - P.98-115.

198. Khripach, V.A. Recent advances in Brassinosteroids study and application / V.A. Khripach, V.A. Zhabinski, N.N. Malevannaya // *The plant growth regulation society of America – Atlanta, 1997.* – P. 101-106.

199. Knight, J.A. Chemical basis of the sulfo-phosphovanillin reaction estimatig total serum lipids / J.A. Knight, S. Anderson, J.M. Rawle // *Clin. Chem.* - 1972. - 18. - P.199-202.

200. Lam, T.I. Applications of endocrinology to fish culture / T.I. Lam // *Can. J. Fish and Aquat. science.* - 1982. - № 1. - P. 111-137.
201. Lim, C. Patology of the vitamin C deficiency syndrome in channel catfish (*Ict. Punctatus*) / C. Lim, R.T. Lovell // *J. Nutr.* - 1978. - V. 108. - P. 1137-1146.
202. Lovell, R.T. Selenium in fish feeds: nutritional, environment and legal aspects / R.T. Lovell // *Aquacult. Mag.* - 1996. - v.22. - №1. - P.76-81.
203. Maher W. Selenium Occurrence, distribution and speciation in the cockle *Anadara trapezia* and the Mullet *Mugil cephalus* / W. Maher, M. Deaker, D. Jolley // *Applied organometallic chemistry.* – 1997. – Vol.11. - Pp. 313-326/
204. Mazik, P. Effects of dietary vitamin C on growth caudal fin development and tolerance of aquaculture related stressors in channel catfish / P. Mazik, T.M. Brandt, J.R. Tomasso // *Progr. Fishcult.* - 1987. - V. 49. - P. 13-16.
205. Moss, R.L. The challenge of studying the behavioral effects of neuropeptides / R.L. Moss, C.A. Dudley // *Handb. Psychopharmacol.* - 1984. - Vol. 18. - P. 347-354.
206. Rengpipat, S. Effects of a probiotic bacterium on black tiger shrimp *Penaeus monodon* survival and growth / S. Rengpipat, W. Phianphak, S. Piyatiratitivorakul, P. Menasveta // *Aquaculture.* – 1998. -P. 301–313.
207. Roels, O.A. Present knowledge of vitamin E / O.A. Roels. - *Nutr. Rev.*, 1967. - V.25. - P. 33.
208. Sacai, M. Current research status of fish immunostimulants / M. Sacai // *Aquaculture.* – 1999. – 172 (№ 1-2). – C. 63-92.
209. Sargent, J. *The Lipids Fish Nutrition*/ J. Sargent, R.J. Henderson, D.R. Tocher London. Academic Press. – 1989. – P. 154 – 209.
210. Steven, A. Serfling and Heather Hamlin Culture of beluga-hybrid «bester» sturgeon (*H. huso* x *A. ruthenus*) in closed-cycle culture systems in Florida / A. Steven // *Extended Abstracts. Aquaculture. General Biology: 4th International symposium on sturgeon.* Oshkosh, Wisconsin, USA, 2001. - P.51.
211. Steffens, W. *Grundlagen der fischernahrung* / W.Steffens. - VEB. Gustav Fischer Verlag, Jena, 1985. - 226 c.

212. Steffens, W. Der vitaminbedarf der Regenbogenforelle / W.Steffens // Internationale Revue der gesamte. Hydrobiologie. - 1974. - Bd. 59. - H. 2. - P. 255-282.

213. Sugita, H. Production of antibacterial substance by *Bacillus* sp. Strain Nm 12 in intestinal bacterium of Japanese coastal fishes / H. Sugita, Y. Hirose, N. Matsuo // Aquaculture. - 1998. - Vol. 165. - P. 269–280.

214. Surai, P.F. Effect of selenium and vitamin E content of the diet on lipid peroxidation in breast muscle tissue of broiler breeder hens during storage / P.F. Surai, J.E. Dvorska // Proceedings of Australian Poultry Science Symposium. - 2002. - V. 14. - P. 187–192.

215. Trinder, P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor / P.Trinder // Ann Clin Biochem. - 1969. - 6. P.24-25.

216. Van Kampen, E.J. Clin. Chim. Acta / E.J.van Kampen, W.G. Zijlstra. - 1961. - P. 538.

217. Waagbo, R. Role of dietary ascorbic acid in vitellogenesis in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) / R.Waagbo, T.Thorsen, K.Sandnes // Aquaculture. - 1989. - V.80. -P.301-314.

218. Watanabe, T. Effekt of α -tocopherol deficiency on carp. VII. The relationship between dietary levels of linoleat and α -tocopherol requirement / T. Watanabe, C. Takeuchi, M. Matsui, C. Ogino, T. Kawabata // Bull. Jap. Sci. Fish. - 1977. - V.43. - P. 935-946.

219. Watanabe, T. Trace minerals in fish nutrition / T. Watanabe, V. Kirov, S. Satoh // Aquaculture. - 1997. - v.151. - №1-4. - P.185-207.

220. Yeong, Y. S. Protection of *Artemia* from vibriosis by heat shock and heat shock proteins / Y.S. Yeong. - Belgium, 2008.

221. Zolner, N. Uber die quantitave Bestimmung von Lipoiden (micromethode mittels die vieles naturlischen Lipoiden allen Bekannten plasmolipoiden) gemeinsamen sulfophosphovanilin-reaction / N. Zolner, K.Z. Kirch // Zeitschrift fur die gesamte experimentelle Medicin. - 1962. - Vol. 135. - № 6. - P. 545-561.

ПРИЛОЖЕНИЯ

«УТВЕРЖДАЮ»
 Генеральный директор
 ООО ИНТП «ИНТОС»
 Маронов С.М.
 14 апреля 2017 г.

АКТ

производственных испытаний моделирования условий среды в установке замкнутого водообеспечения

Комиссия в составе:

Председателя:	д.б.н., зав. отделом водных биологических ресурсов бассейнов южных морей Южного научного центра РАН	Пономарева Е.Н.
Членов:	к.б.н., с.н.с. отдела «Водные биологические ресурсы бассейнов южных морей» ЮНЦ РАН	Григорьев В.А.
	к.б.н., доцент каф. «Аквакультура и водные биоресурсы»	Грозеску Ю.Н.
	к.б.н., доцент каф. «Аквакультура и водные биоресурсы»	Бахарева А.А.
	Аспирант	Левина О.А.

В производственных условиях ООО ИНТП «ИНТОС» в соответствии с ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» и проведено выращивание сеголеток гибрида стерлядь×белуга.

Испытания проводились в бассейнах размером 2х2м в установке замкнутого водообеспечения с контролируемым условиями среды. Ежедневно не более 5 % в сутки проводились замена воды из бассейна-отстойника (3 м³). Обогащение кислородом и дополнительная аэрация осуществлялась подачей воды в рыбоводные бассейны через специальные флейты. Температура воды в бассейнах, в период проведения опытов, составляла 20,5° – 22,5 °С, содержание кислорода – 7,8 – 8,2 мг/л, рН - 7,3 – 7,5. Плотность посадки нормативная.

На основании результатов выращивания сделан вывод о положительном влиянии добавки солености 5‰ на темп роста, значительно превышающий его параметры у рыб в пресной воде. Комиссия считает, что выращивание осетровых в установке замкнутого водообеспечения в условиях солености 5‰ биологически обоснованно и может быть рекомендовано для промышленного использования.

Председатель комиссии

Члены комиссии:

Пономарева Е.Н.

Григорьев В.А.

Грозеску Ю.Н.

Бахарева А.А.

Левина О.А.

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. директора инновационного центра
«Биоаквапарк – научно-технический центр Аквакультуры»
к.б.н., доц. Грозеску Ю.Н.
«17» марта 2016 г.

АКТ

**опытно-промышленных испытаний витаминно-минеральной добавки Е-селен
в производственных кормах для осетровых рыб**

Комиссия в составе к.б.н., доц. АГТУ Бахарева А.А., с.п.с. ЮНЦ РАН Сорокиной М.Н., инженера инновационного центра «Биоаквапарк - научно-технический центр Аквакультуры» Аблеева Д.Р., аспиранта АГТУ Левиной О.А., рассмотрела результаты опытно-промышленных испытаний витаминно-минеральной добавки Е-селен в производственных кормах для осетровых рыб.

В инновационном центре «Биоаквапарк - научно-технический центр Аквакультуры» в 2015 г. проводили выращивание гибрида осетровых рыб (русский осетр^хленский осетр) на комбикормах с истекшим сроком хранения.

Выращивание рыбы осуществляли в бассейнах размером 2х2х0,7 м в установке замкнутого водообеспечения (УЗВ) с контролируемыми условиями среды. Бассейны изготовлены из армированного стекловолокном полиэстера, применяемого в пищевой промышленности. В центре бассейна находится приемок, в который попадают несъеденный корм и экскременты рыб, поворотное колено.

Температура воды в бассейнах, в период проведения исследования, составляла 20,5° – 21,5°С, содержание кислорода – 7,2 – 8,6 мг/л, рН - 7,1 – 7,7. Плотность посадки устанавливали в соответствии с показателями качества воды при оптимальных их значениях.

Использование витаминно-минеральной добавки Е-селен в производственных кормах для осетровых рыб позволило снизить процесс окисления липидов в корме и поддержать интенсивный темп роста рыб. Комиссия рекомендует препарат Е-селен (0,6 мг/кг корма) в производственных кормах для осетровых рыб для промышленного использования.

Председатель комиссии

Члены комиссии









Бахарева А.А.

Сорокина М.Н.

Аблеев Д.Р.

Левина О.А.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ООО «Аква-Новатор»

 Н.В. Шкодин
 «Акт» сентября 2015 г.


АКТ

**производственных испытаний витаминно-минеральной добавки к
 производственному комбикорму для осетровых рыб**

Комиссия в составе: председатель зав. отделом водных биологических ресурсов бассейнов южных морей южного научного центра РАН Пономарева Е.Н.; члены комиссии: доцент кафедры «Аквакультура и водные биоресурсы» Бахарева А.А., доцент кафедры «Аквакультура и водные биоресурсы» Грозеску Ю.Н., аспирант Левина О.А.

Составили настоящий акт о том, что за период 28 суток проведено выращивание сеголетков гибрида стерлядь×белуга на производственном корме, обогащенном витаминно-минеральной добавкой Е-селен (0,6 мл/кг корма).

Результаты выращивания показали эффективность использования производственного комбикорма, обогащенного витаминно-минеральной добавкой Е-селен, при выращивании старших возрастных групп осетровых рыб (табл.).

Таблица – Рыбоводные показатели выращивания гибрида стерлядь×белуга при добавлении Е-селена

Показатель	Группы	
	Опыт	Контроль
Масса начальная, г	38,98±2,65	37,42±2,99
Масса конечная, г	77,38±3,01	69,41±2,34
Абсолютный прирост, г	38,40	31,98
Среднесуточная скорость роста, %	2,48	2,23
Кормовые затраты, ед.	1,5	1,7
Выживаемость, %	89	86
Продолжительность, сут.	28	28

Комиссия рекомендует применять витаминно-минеральную добавку Е-селен при выращивании осетровых рыб старших возрастных групп в промышленных условиях.

Подписали:

Председатель:

 Е.Н. Пономарева

Члены комиссии:

 А.А. Бахарева
 Ю.Н. Грозеску
 О.А. Левина