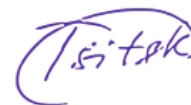


*На правах рукописи*



**Цицкиева Карина Руслановна**

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЫБ  
ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗНЫХ КОМПОЗИЦИЙ  
ПРОБИОТИЧЕСКИХ ОРГАНИЗМОВ**

4.2.6 Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Калининград - 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Тюменский государственный университет» (ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»)

**Научный руководитель:** Бетляева Фания Халитовна, кандидат биологических наук, доцент

**Официальные оппоненты:**

**ПОНОМАРЕВА ЕЛЕНА НИКОЛАЕВНА**, доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук» (ЮНЦ РАН), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, г. Ростов-на-Дону, отдел водных биологических ресурсов бассейнов южных морей, главный научный сотрудник, заведующий отделом

**ПИЩЕНКО ЕЛЕНА ВИТАЛЬЕВНА**, доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ), Министерство науки и высшего образования, г. Новосибирск, кафедра биологии, биологических ресурсов и аквакультуры, профессор

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева), г. Москва

Защита состоится 25 мая 2026 г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 37.2.007.05 на базе ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» по адресу: г. Калининград, ул. Профессора Баранова, д. 43, Зал заседаний диссертационных советов (ауд. 101).

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» и на сайте <https://klgtu.ru/upload/dissertations/tsitskieva/tsitskieva>

Автореферат разослан « » марта 2026 г.

Отзывы на автореферат следует посылать по адресу: 236022, Калининград, Советский пр., д.1, ФГБОУ ВО «КГТУ», диссертационный совет Д 37.2.007.05, ученому секретарю, а также по электронной почте: [tatyana.troyan@klgtu.ru](mailto:tatyana.troyan@klgtu.ru)

Учёный секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук,  
доцент



Т. Н. Троян

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследований.** Определяющим фактором эффективного выращивания рыб является обеспечение оптимальных условий для интенсивного роста и повышение устойчивости к заболеваниям. При выращивании молоди рыб в условиях аквакультуры риски возникновения заболеваний значительны из-за увеличения числа условно-патогенных микроорганизмов и уровня органического загрязнения в водной среде, повышения нагрузки на иммунную систему и как следствие ослабления общего состояния рыб. Использование антимикробных препаратов для профилактики и лечения заболеваний рыб увеличивает риски появления устойчивых к антимикробным средствам штаммов микроорганизмов. В этой связи возрастает необходимость поиска новых эффективных подходов биологической защиты рыб как путем активации их иммунной системы и ингибирования активности условно-патогенных микроорганизмов, так и путем оптимизации кишечного микробиоценоза, усиления ферментативной активности и повышения обмена веществ рыб (Бурлаченко, 2008; Грозеску, 2009; Ноздрин и др., 2015; Пищенко, Моружи, 2023; Khanjani et al., 2024). Одним из перспективных подходов является использование микроорганизмов направленного действия — пробиотиков, синтезирующих противомикробные элементы, активизирующих иммунную систему, усиливающих барьерную функцию кишечника, оптимизирующих кишечный микробиоценоз, продуцирующих пищеварительные ферменты, аминокислоты (включая незаменимые), витамины (Shefat et al., 2018; Sumon et al., 2022). Комплекс этих активностей присущ всем пробиотикам, однако только при определенных сочетаниях штаммов микроорганизмов и кормовых программах возможна их эффективная реализация.

**Степень разработанности темы.** В условиях расширения масштабов работ по восстановлению численности осетровых рыб в ареалах их естественного обитания, необходимости увеличения объемов выращивания посадочного материала, роста спроса на осетровую и лососевую продукцию возникает необходимость повышения эффективности выращивания рыб в условиях аквакультуры.

Изучению влияния пробиотиков на рыб уделяется значительное внимание как отечественными, так и зарубежными исследователями: Бурлаченко И.В., Бубунец Э.В., Моружи И.В., Пищенко Е.В., Шульга Е.А., Пронина Г.И., Руденко Р.А., Грозеску Ю.Н.,

Есавкин Ю.И., Ткачева И.В., Dawood M. A., Xia Y., Gisbert E., Zare R., González-Félix M. L., Yang G., Ringø E., Ramos M. A., Nimalan N., Adeshina I., Abdel-Aziz M.

Большинство работ основано на изучении влияния пробиотиков на рыбоводно-биологические и физиологические показатели, однако в меньшей мере изучены изменения активности пищеварительных ферментов рыб при включении в состав кормов пробиотиков, влияния включения пробиотиков на структуру микробиоценоза пищеварительной системы рыб. Кроме того, остаются открытыми вопросы относительно оптимального состава пробиотиков, их дозировок, способов введения, а также взаимодействия между различными видами микроорганизмов и проявления их активностей. Эти аспекты продолжают оставаться предметом активных исследований.

**Цель работы** - оценить влияние разных композиций пробиотических организмов на формирование продуктивных качеств молоди стерляди при выращивании в условиях УЗВ и радужной форели при выращивании в бассейнах с проточным водоснабжением.

В соответствии с целью были поставлены следующие **задачи**:

1. Изучить влияние пробиотических композиций на гидрохимический режим при выращивании молоди стерляди в условиях установок замкнутого водоснабжения (УЗВ);
2. Исследовать показатели роста, выживаемости и профиль интерьерных признаков: молоди стерляди при включении в рацион композиции споровых *B. subtilis*, *B. licheniformis* и молочнокислых бактерий *E. faecium* (Бацифолин А), композиции споровых бактерий *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus amyloliquefaciens* (Басулифор А); молоди радужной форели при включении в рацион композиции споровых *B. subtilis*, *B. licheniformis* и молочнокислых бактерий *E. faecium* (Бацифолин А);
3. Изучить изменение морфометрических показателей молоди стерляди при выращивании с применением пробиотических композиций;
4. Изучить представленность разных видов микроорганизмов в спиральном отделе пищеварительной системы молоди стерляди при использовании пробиотических композиций;
5. Изучить влияние пробиотических организмов в составе рациона молоди стерляди и радужной форели на активность пищеварительных гидролаз.

**Научная новизна.** Впервые изучено влияние композиции споровых *B. subtilis*, *B. licheniformis* и молочнокислых бактерий *E. faecium* и композиции споровых бактерий *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens* на микробиологический состав спирального

отдела кишечника молоди стерляди; на активность пищеварительных гидролаз молоди стерляди при их выращивании в условиях УЗВ и молоди радужной форели при их выращивании в бассейнах с проточным водоснабжением. При выращивании молоди стерляди в компенсационных целях в условиях высокой жесткости воды с использованием споровых *B. subtilis*, *B. licheniformis* и молочнокислых бактерий *E. faecium* установлено повышение активности нитрифицирующих бактерий, снижение показателя биохимического потребления кислорода. Впервые установлено, что включение в рацион пробиотических композиций снижает вариабельность морфометрических параметров, что будет определять лучшую их выживаемость при выпуске в природные водоемы.

**Теоретическая и практическая значимость.** Теоретическая значимость данной исследовательской работы заключается в расширении знаний о влиянии разных композиций споровых и молочнокислых бактерий на микробиологический состав, ферментативную активность пищеварительной системы, на продуктивность рыб при их выращивании на интенсивной основе.

На основе результатов производственных экспериментов разработаны рекомендации по применению пробиотических композиций в индустриальных рыбоводческих хозяйствах для обеспечения их эффективной деятельности.

**Сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов.** Результаты диссертационного исследования внедрены и используются на производственных предприятиях ООО «Новая аквакультура» (акт внедрения от 26.06.2025) при выращивании молоди стерляди и ООО «Радужный» (акт внедрения от 01.08.2025) при выращивании молоди радужной форели.

**Методология и методы исследования.** Для решения поставленных задач и достижения цели в рамках комплексных исследований использовали рыбоводно-биологические, морфологические, морфометрические, микробиологические, биохимические, гидрохимические, математические методы анализа.

Методология исследования основывалась на многочисленных научных сведениях и статьях отечественных и зарубежных исследователей. Была использована информация по применению пробиотиков в кормлении рыб, механизмам влияния пробиотиков на живой организм.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Включение в рацион молоди стерляди: композиции споровых *B. subtilis*, *B. licheniformis* и молочнокислых бактерий *E. faecium* исключает развитие условно-патогенных бактерий *C. freundii*, *A. calcoaceticus*, *B. mesentericus*, *B. mycoides* и снижает количество *B. cereus*; композиции споровых бактерий *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens* исключает развитие *A. calcoaceticus*, *B. mycoides*, снижает численность *B. mesentericus* и повышает обсемененность спирального отдела кишечника лактострептококками;

2. Пробиотические организмы в составе рациона молоди стерляди и радужной форели за счет их повышенной способности продуцировать пищеварительные ферменты улучшают гидролиз компонентов корма, что способствует повышению ихтиомассы молоди и показателей сохранности;

3. Использование в составе рациона молоди стерляди пробиотических организмов снижает вариабельность морфометрических признаков, обуславливает высокую взаимосвязанность линейных признаков.

**Степень достоверности.** При выполнении диссертационной работы были использованы стандартные и рекомендованные методики, современное и сертифицированное оборудование. Достоверность полученных результатов и сформулированных на их основе выводов подтверждается согласованностью с ранее полученными экспериментальными и теоретическими данными, актами производственной проверки и внедрения в производство, публикацией полученных результатов в рецензируемых научных изданиях.

**Апробация.** Результаты работы были представлены на пяти всероссийских конференциях: Всероссийская научно-практическая конференция «Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы» (13 марта 2022 год, Уфа); Национальная с международным участием научно-практическая конференция студентов, аспирантов, ученых и специалистов «Водные ресурсы — основа глобальных и региональных проектов обустройства России, Сибири и Арктики в XXI веке» (21-22 марта 2024 года, ТИУ, Тюмень) (работа награждена Диплом III степени № 0000692680-3); IV Международная научно-практическая конференция «Развитие и современные проблемы аквакультуры» «Аквакультура 2024» (2-8 сентября 2024 года, Краснодарский край, с. Дивноморское); Международная научно-практическая конференция

«Современное животноводство и инновации в технологии производства продуктов питания, аспекты экологической, производственной и гигиенической безопасности» (22 ноября 2024 год, пос. Персиановский, Донской ГАУ); Национальная с международным участием научно-практическая конференция студентов, аспирантов, ученых и специалистов «Водные ресурсы — основа глобальных и региональных проектов обустройства России, Сибири и Арктики в XXI веке» (20-21 марта 2025 года, ТИУ, Тюмень) (работа награждена Диплом I степени № 0000810031-2); V Юбилейная международная научно-практическая конференция «Развитие и современные проблемы аквакультуры» «Аквакультура 2025» (8-14 сентября 2025 года, Краснодарский край, с. Дивноморское).

**Личный вклад автора.** Автором диссертации совместно с научным руководителем были определены ключевые направления научного исследования, сформулирована цель, поставлены задачи работы. Диссертантом лично выполнена экспериментальная часть работы, а также анализ и интерпретация полученных данных. Написание, редактирование и оформление публикаций проводилось совместно с соавторами.

**Публикации.** По материалам диссертационного исследования опубликовано 8 научных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа изложена на 144 страницах и содержит 26 рисунков и 17 таблиц, состоит из введения, 4 глав (обзорная часть, материал и методы исследования, две главы основной части), заключения, списка литературы и 2 приложений. Список литературы включает 216 источников, 101 из которых на иностранном языке.

**Благодарность.** Автор выражает искреннюю благодарность: научному руководителю к.б.н. Ф.Х. Бетляевой (ФГАОУ ВО Тюменский государственный университет) за постоянное внимание, ценные советы, методическую поддержку в работе над статьями и диссертацией; д.б.н. Ю.В. Маркину (ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева) за консультирование по вопросам диссертации, поддержание проведения исследований по оценке антагонистической активности штаммов; заведующему кафедры зоологии и эволюционной экологии животных (ФГАОУ ВО Тюменский государственный университет) д.б.н. С.Н. Гашеву и своему первому научному наставнику, д.б.н. А.Г. Селюкову (ФГАОУ ВО Тюменский государственный университет) за ценные рекомендации при обсуждении на конференциях отдельных результатов работы; руководству рыбоводного

предприятия ООО «Новая аквакультура» Е.Ю. Шипицыну и ООО «Радужный» В.Ш. Беждугову за возможность проведения производственных экспериментов; сотрудникам научно-исследовательской лаборатории антимикробной резистентности (ФГАОУ ВО Тюменский государственный университет, Институт Х-БИО) за методические рекомендации при проведении лабораторных исследований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. Обзор литературы

Данная глава представляет собой анализ литературных источников и включает 3 раздела. В разделе 1.1 приведены теоретические и практические аспекты применения пробиотических организмов. В разделе 1.2 описаны механизмы действия пробиотических композиций. В разделе 1.3 описано формирование пищеварительной системы и микробиоты молоди рыб.

### Глава 2. Материал и методы исследований

Производственные исследования выполнены на рыбоводческих предприятиях ООО «Новая Аквакультура» (Тюменская область) и ООО «Радужный» (Кабардино-Балкарская республика) в период с 2022 по 2024 гг. (таблица 1).

Таблица 1 – Объекты, периоды исследований, состав рационов и титры пробиотических бактерий в корме (КОЕ/г)

Объект исследования (возраст), год вегетационного сезона	Группа	Состав рациона	Титр пробиотических бактерий в корме, КОЕ/г
Молодь стерляди <i>Acipenser ruthenus</i> (43-65 сут.), 2022 г.	Контрольная	Основной рацион (ОР)	-
	Опытная	ОР + 0,5 г/кг корма пробиотической композиции споровых и молочнокислых бактерий (Бацифолин А)	<i>B. subtilis</i> 0,5 x 10 <sup>6</sup> <i>B. licheniformis</i> 0,5 x 10 <sup>6</sup> <i>E. faecium</i> 0,5 x 10 <sup>6</sup>
Молодь стерляди <i>Acipenser ruthenus</i> (69-102 сут.), 2024 г.	Контрольная	Основной рацион (ОР)	-
	Опытная №1	ОР + 0,5 г/кг корма пробиотической композиции споровых и молочнокислых бактерий (Бацифолин А)	<i>B. subtilis</i> 0,5 x 10 <sup>6</sup> <i>B. licheniformis</i> 0,5 x 10 <sup>6</sup> <i>E. faecium</i> 0,5 x 10 <sup>6</sup>
	Опытная №2	ОР + 0,5 г/кг корма пробиотической композиции споровых бактерий (Басулифор А)	<i>B. subtilis</i> 0,5 x 10 <sup>6</sup> <i>B. licheniformis</i> 0,5 x 10 <sup>6</sup> <i>B. amyloliquefaciens</i> 0,5 x 10 <sup>6</sup>
Молодь радужной форели <i>Oncorhynchus mykiss</i> (годовики), 2024 г.	Контрольная	Основной рацион (ОР)	-
	Опытная	ОР + 1,0 г/кг корма пробиотической композиции споровых и молочнокислых бактерий (Бацифолин А)	<i>B. subtilis</i> 1,0 x 10 <sup>6</sup> <i>B. licheniformis</i> 1,0 x 10 <sup>6</sup> <i>E. faecium</i> 1,0 x 10 <sup>6</sup>

Молодь стерляди (*Acipenser ruthenus* L. 1758) возраста 43-65 суток выращивали в условиях УЗВ, бассейнах площадью 4 м<sup>2</sup>, с глубиной воды 30 см при показателе водообмена 1,2 м<sup>3</sup>/час. Молодь получала корма компании Correns (Германия) (протеин - 56%, жир - 15%, зола - 11%, фосфор - 1,85%, клетчатка - 0,3%) в качестве базового контрольного корма. Кормление проводили вручную, каждые два часа. В корм опытной группы вносили композицию споровых (*B. subtilis*, *B. licheniformis*) и молочнокислых (*E. faecium*) бактерий (Бацифолин А) из расчета 0,5 г/кг корма. В системе УЗВ рыбоводного предприятия ООО «Новая Аквакультура» содержится 220 м<sup>3</sup> воды. Поступление воды осуществлялось из скважины, глубина которой составляет 15 метров, а в ее основе лежит песочный фильтр. Температура воды и кислородный режим поддерживались на уровне 17,0 – 17,3 °С и 7,6 – 8,2 мг/л соответственно. В возрасте 65 суток молодь стерляди была выпущена в Обь-Иртышский бассейн.

Молодь стерляди (*Acipenser ruthenus* L. 1758) возраста 69-102 суток выращивали в лотках УЗВ площадью 3 м<sup>2</sup>, с глубиной воды 30 см. Показатель водообмена составлял 1,2 м<sup>3</sup>/час. В корм опытных групп добавляли пробиотические композиции в дозировке 0,5 г/кг корма: в опытную группу № 1 – композицию споровых (*B. subtilis*, *B. licheniformis*) и молочнокислых (*E. faecium*) бактерий (Бацифолин А), в опытную группу № 2 – композицию споровых (*B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens*) бактерий (Басулифор А). Кормление проводили вручную, каждые два часа. Количество рыб в каждой группе составляло 600 экз./лоток. Температура воды и содержание кислорода в воде поддерживались на уровне 15,9 – 19,1 °С и 7 – 10,5 мг/л.

Молодь радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) (Нельсон, 2009) выращивали в бассейнах с проточным водоснабжением в условиях рыбхоза ООО «Радужный» (Кабардино-Балкарская республика, р-н Майский). Площадь бассейнов составляла 120 м<sup>2</sup>, с глубиной воды 20 см и показателем водообмена - 30 л/сек (108 м<sup>3</sup>/ч). В качестве базового рациона использовались отечественные корма компании Noreg (ООО «Норег», Санкт-Петербург) (протеин 45-47%, жир 21-23%, углеводы 10%, зола 7%, клетчатка 3%, лизин 2,4%, метионин+цистин 1%, фосфор 0,9%). Кормление проводили вручную, два раза в сутки. В корм опытной группы вносили композицию споровых (*B. subtilis*, *B. licheniformis*) и молочнокислых (*E. faecium*) бактерий (Бацифолин А) из расчета 1,0 г/кг корма. Количество молоди в контрольной и опытной группах составляло 6500 и

6519 экз. соответственно. Температура воды во время проведения исследований изменялась от 16 до 18°C.

Для приготовления опытных кормов были использованы пробиотики разного микробиологического состава «Бацифолин А» и «Басулифор А». Первый содержит споровые *Bacillus subtilis* ВКМБ-1601Д/ВКМ В-2250 Д, *Bacillus licheniformis* В-1602/ВКМ В-2252 Д и молочнокислые бактерии *Enterococcus faecium* ВКМ В-4054 (соотношение 1:1:1), второй - *Bacillus subtilis* ВКМБ-1601Д/ВКМ В-2250 Д, *Bacillus licheniformis* В-1602/ВКМ В-2252 Д, *Bacillus amyloliquefaciens* 3/28 ВКПМ В-3679 (соотношение 1:1:1). Общее количество жизнеспособных бактерий в каждом из пробиотиков составляет не менее  $3,0 \times 10^9$  КОЕ/г. Пробиотики вносились в опытные корма путем напыления на суточную норму кормосмеси. Для сохранения пробиотических свойств и обеспечения качества корма, его приготавливали каждые сутки.

Для оценки динамики развития молоди исследуемых групп был применен метод средних навесок (Плотников и др., 2017). Учет отхода молоди проводили ежедневно. Выживаемость рыб выражали в процентах от общего числа наблюдаемых рыб (Щербина, Гамыгин, 2006).

Определение морфометрических параметров молоди стерляди проводили согласно рекомендациям И.Ф. Правдина (1966) по 29 признакам, 8 из которых приведены в автореферате: L – зоологическая (общая) длина тела; AA – антеанальное расстояние; Н – наибольшая высота тела; НМ – наименьшая высота тела; CL – длина хвостового стебля; С – длина головы; НС – наибольшая высота головы; ДН – высота спинного плавника. Всего из контрольных и опытных групп проанализировано 183 экземпляра молоди стерляди.

Определение профиля интерьерных признаков проводили по общепринятым методам (Шварц, 1968; Смирнов, 1972; Рыжков, 2014).

Изучение микробиологического состава спирального отдела кишечника молоди стерляди проводили на базе лаборатории микробиома, регенеративной медицины и клеточных технологий Тюменского государственного медицинского университета. В конце эксперимента (исследуемый возраст молоди 69-102 суток) по 3 экз. из каждой группы вскрывали с соблюдением правил асептики (Мусселиус, 1983), изымали спиральный отдел кишечника. Из соответствующего разведения гомогената производили посеvy на селективные питательные среды. Родовую и видовую

принадлежность полученных образцов микроорганизмов определяли с помощью 96-луночных планшетов для идентификации Грамположительных и Грам-отрицательных микроорганизмов (GPID, GPALL1F, GNID, GN4F).

Измерения ферментативной активности выполнили в научно-исследовательской лаборатории антимикробной резистентности Института X-БИО ТюмГУ. Рыбу вскрывали (по 5 экз. из каждой группы), изымали желудочно-кишечный тракт: у радужной форели - область пилорических придатков, передний и средний отделы кишечника, у стерляди – спиральный отдел кишечника (задний отдел среднего кишечника). Общую протеолитическую активность, активность  $\alpha$ -амилазы (КФ 3.2.1.1), липазы (КФ 3.1.1.3) определяли согласно методам А.И. Нетрусова (2005). Результаты приведены с учетом разведения на 1 мг сырой массы пробы желудочно-кишечного тракта.

Оценку ферментативной активности пробиотических штаммов проводили по следующим методикам: липазы – модифицированный метод Ота, Ямада (субстрат – оливковое масло); протеазы – метод Вильштеттера и Вальдшмидт-Лейтца (субстрат – желатин). При определении активности амилазы в качестве субстрата использовали 1% раствор крахмала.

Определение антагонистической активности пробиотических штаммов проведено методом агаровых блоков и штрих пятен. В качестве антагонистических тест культур использованы следующие штаммы: *Salmonella enteritidis* 237, *Escherichia coli* O157MPA II-3, *Listeria monocytogenes* 766, *Staphylococcus aureus* MR218, *Clostridium perfringens* ATCC 33124.

Бактериологические исследования охлажденной товарной форели проведены по нормативным методикам соответствующих ТР ТС: ГОСТ 31746-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*; ГОСТ 10444.15-94 - Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов; ГОСТ 31659-2012. Исследования проводились на базе ФГБУ «Центр оценки качества зерна» (Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик), а также на базе ГАУ ТО «Тюменская областная ветеринарная лаборатория» (г. Тюмень).

Гидрохимический анализ проб воды проведен на базе ФГБНУ «ВНИРО» Тюменского филиала. Определение общего микробного числа (ОМЧ) в воде проводили на базе Тюменского государственного университета в научно-исследовательской

лаборатории антимикробной резистентности Института Х-БИО методом М.В. Сычевой с соавторами (2018). Посевы производили на питательную среду Lauria-Bertani (LB). Качественную оценку на наличие нитрифицирующих бактерий в биофильтре проводили по методике А.И. Нетрусова (2005).

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Statistica. Полученные экспериментальные данные представлены в виде средних $\pm$ SE. Статистическая значимость определялась с использованием непараметрического U-теста Манна-Уитни. Значение  $p < 0.05$  было принято, как статистически значимое. При построении дендрограмм был применен метод кластерного анализа (двухсвязный парно-групповой метод в метрике «1 – Пирсон г») (Гашев, Бетляева, Иванова, Цицкиева, 2023; 2024).

### Глава 3. Результаты исследования и их обсуждение

#### 3.1 Гидрохимические показатели при выращивании молоди рыб

Повышение перевода нитритов ( $\text{NO}_2^-$ ) в нитраты ( $\text{NO}_3^-$ ) и активности бактерий рода *Nitribacter*, *Nitrospira*, *Nitrococcus* отмечено при выращивании молоди стерляди с 69 по 102 сутки с использованием композиции споровых и молочнокислых бактерий. Использование этой композиции пробиотических организмов снижает показатель БПК<sub>5</sub> до 4,0 мг/дм<sup>3</sup> при выращивании молоди стерляди с 43 по 65 сутки (таблица 2).

Таблица 2 – Гидрохимические условия при выращивании молоди стерляди в условиях УЗВ

Показатель	Возраст молоди стерляди, сутки				
	43 - 65		69 - 102		
	Контрольная группа	Опытная группа	Контрольная группа	Опытная группа №1	Опытная группа №2
рН, ед	7,63 $\pm$ 0,10	7,73 $\pm$ 0,10	7,63 $\pm$ 0,10	7,64 $\pm$ 0,10	7,65 $\pm$ 0,10
БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	5,2 $\pm$ 0,7	4,0 $\pm$ 0,6	2,8 $\pm$ 0,5	2,0 $\pm$ 0,5	2,4 $\pm$ 0,6
Жесткость общая, °Ж	20,3 $\pm$ 1,9	22,0 $\pm$ 2,0	18,6 $\pm$ 1,7	18,4 $\pm$ 1,7	19,6 $\pm$ 1,8
Катионы, мг/дм <sup>3</sup>					
K <sup>+</sup>	9,8 $\pm$ 1,4	8,6 $\pm$ 1,3	9,9 $\pm$ 1,4	11,3 $\pm$ 1,2	11,2 $\pm$ 1,2
Na <sup>+</sup>	91,2 $\pm$ 9,2	86,0 $\pm$ 8,6	91,3 $\pm$ 9,2	99,0 $\pm$ 9,9	96,8 $\pm$ 9,7
Ca <sup>2+</sup>	308 $\pm$ 31	278 $\pm$ 28	234 $\pm$ 24	251 $\pm$ 26	247 $\pm$ 25
Mg <sup>2+</sup>	72,8 $\pm$ 7,3	65,9 $\pm$ 6,6	57,5 $\pm$ 5,8	61,3 $\pm$ 6,2	60,7 $\pm$ 6,1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,22 $\pm$ 0,37	1,18 $\pm$ 0,36	0,35 $\pm$ 0,11	0,32 $\pm$ 0,1	0,33 $\pm$ 0,1
Железо общее	0,26 $\pm$ 0,06	0,30 $\pm$ 0,07	0,163 $\pm$ 0,040	0,149 $\pm$ 0,036	0,18 $\pm$ 0,04
Анионы, мг/дм <sup>3</sup>					
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	280 $\pm$ 18	299 $\pm$ 19	256 $\pm$ 17	259 $\pm$ 17	259 $\pm$ 17
Cl <sup>-</sup>	568 $\pm$ 57	521 $\pm$ 53	462 $\pm$ 47	492 $\pm$ 50	480 $\pm$ 48

Продолжение таблицы 2

NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,39 ± 0,05	0,38 ± 0,05	0,180 ± 0,026	0,168 ± 0,024	0,178 ± 0,025
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	292 ± 30	271 ± 28	184 ± 19	194 ± 20	189 ± 19
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	15,8 ± 1,6	15,5 ± 1,6	14,6 ± 1,5	15,0 ± 1,5	15,3 ± 1,6
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	134 ± 14	125 ± 13	59,8 ± 6,0	64,2 ± 6,5	61,9 ± 6,2

Примечание: Бацифолин А из расчета 0,5 г/кг корма при выращивании молоди с 43 по 65 сутки (опытная группа) и с 69 по 102 сутки (опытная группа №1); Басулифор А из расчета 0,5 г/кг корма (опытная группа №2); приведены гидрохимические показатели в конце экспериментов

При выращивании молоди с 69 по 102 сутки отмечено снижение БПК<sub>5</sub> до 2,0 мг/дм<sup>3</sup> при использовании композиции споровых и молочнокислых бактерий (Бацифолин А), до 2,4 мг/дм<sup>3</sup> при использовании композиции споровых бактерий (Басулифор А). При выращивании молоди с 43 по 65 сутки показатели жесткости воды имели значение на уровне 20,3 °Ж в контрольной группе и 22,0 °Ж в опытной группе. В опытной группе отмечена повышенная концентрация гидрокарбонатов (НСО<sub>3</sub><sup>-</sup>). Показатели жесткости воды при выращивании с 69 по 102 сутки имели значения на уровне 18,4-19,6 °Ж. Выращивание молоди с 69 по 102 сутки происходило при более низких значениях концентрации гидрокарбонатов и общего железа.

При выращивании молоди стерляди с 69 по 102 сутки в условиях УЗВ с использованием композиций споровых и молочнокислых бактерий (Бацифолин А) и споровых бактерий (Басулифор А) отмечено снижение показателя общего микробного числа (ОМЧ) воды (7,8 x 10<sup>3</sup> КОЕ/мл и 8,6 x 10<sup>3</sup> КОЕ/мл) по сравнению с контролем (9,2 x 10<sup>3</sup> КОЕ/мл).

### 3.2 Показатели роста и выживаемости молоди рыб

Включение композиции споровых и молочнокислых бактерий (Бацифолин А) способствовало увеличению средней навески молоди стерляди возраста 43-65 суток с 0,558 г до 3,511 г.

В контрольной группе средняя навеска изменилась с 0,618 г до 3,332 г. При проведении исследований на молоди стерляди возраста 69-102 суток средняя навеска в возрасте 69 суток была равна 7,5 г. За 34 дня исследований молодь контрольной группы при выращивании увеличила массу тела до 28,65 г; опытной группы № 1 – до 37,35 г; опытной группы № 2 - до 36,8 г (рисунок 1).

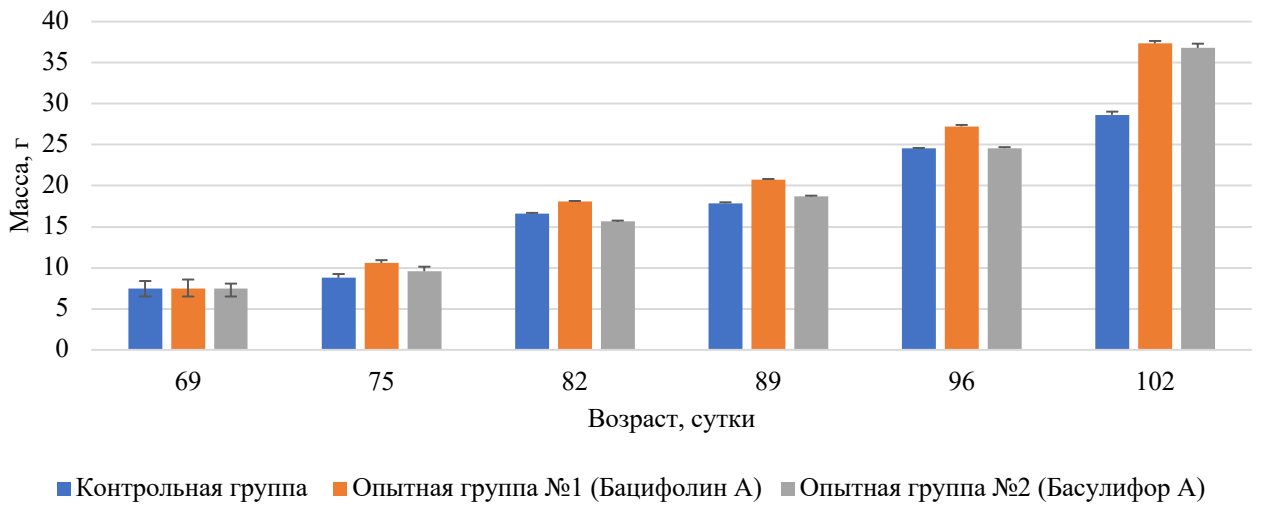


Рисунок 1 - Динамика накопления массы молоди стерляди возраста 69 – 102 суток

В первые две недели исследований (69-82 сутки) наблюдался отход молоди: в контроле — 8 экз. (1,33%), в опытной группе № 1 — 3 экз. (0,5%), в опытной группе № 2 — 13 экз. (2,16%). Начиная с третьей недели гибель молоди не фиксировалась.

При выращивании молоди радужной форели спустя неделю исследований отмечалось превышение массы молоди опытной группы над контрольной на 7,3%. Через две и через три недели исследований опытная группа превышала контрольную по массе на 10,3%. В конце эксперимента превышение составляло 7,73% (рисунок 2).

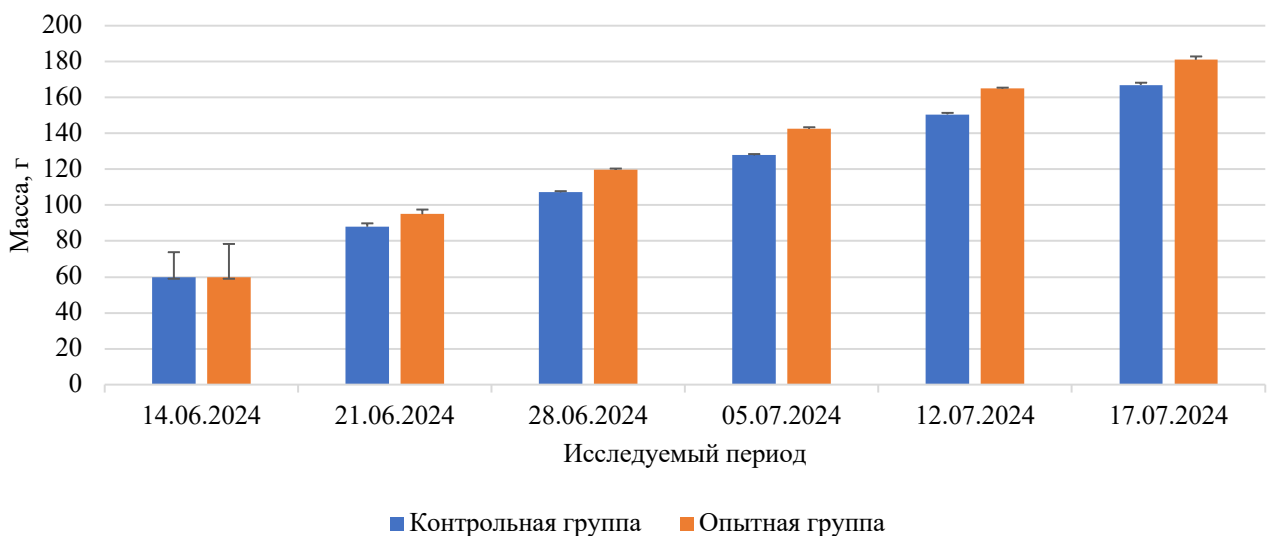


Рисунок 2 - Динамика накопления массы молоди радужной форели

Уровень выживаемости на протяжении всего периода исследования в опытной группе был выше, чем в контрольной на 0,03-0,21%. Наибольшее превышение выживаемости опытной группы (на 0,21%) отмечено на третьей неделе исследования ( $P \leq 0,05$ ).

### 3.3 Морфометрические показатели молоди стерляди

При выращивании молоди стерляди с использованием в рационе композиции споровых и молочнокислых бактерий (Бацифолин А) в возрасте 57 суток отмечено превышение показателей опытной молоди над контрольной по линейным параметрам (L, AA, CL) и по параметрам, характеризующим высоту (H, HC, DH); в 65-суточном возрасте превышение отмечено по параметрам (L, AA, CL, H, HC, DH), а также по параметру длины головы (С) (таблица 3).

Таблица 3 - Морфометрические параметры молоди стерляди 43-65 суточного возраста,  $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$

Параметры, мм	Возраст молоди стерляди, сутки				
	43	57		65	
	Контрольная группа	Контрольная группа	Опытная группа	Контрольная группа	Опытная группа
L	46,9 ± 1,58	44,5 ± 2,71	45,9 ± 1,96	80,4 ± 4,52	84,0 ± 3,62
AA	28,8 ± 1,00	27,6 ± 1,71	28,9 ± 1,45	50,7 ± 2,69	53,9 ± 2,42
H	5,5 ± 0,19	5,5 ± 0,38	5,6 ± 0,24	10,0 ± 0,75	10,1 ± 0,68
HM	1,8 ± 0,19	1,4 ± 0,09	1,4 ± 0,08	2,4 ± 0,16	2,3 ± 0,11
CL	6,1 ± 0,19	4,3 ± 0,37	5,5 ± 0,43	8,9 ± 0,49	9,5 ± 0,51
C	11,7 ± 0,37	12,2 ± 0,89	11,4 ± 0,62	19,5 ± 0,86	22,3 ± 1,30
HC	5,4 ± 0,17	5,6 ± 0,34	5,8 ± 0,27	8,7 ± 0,77	8,8 ± 0,30
DH	2,6 ± 0,23	2,2 ± 0,19	2,5 ± 0,17	4,1 ± 0,29	4,2 ± 0,17

Примечание: Бацифолин А из расчета 0,5 г/кг корма при выращивании молоди опытной группы  
Наибольшее значение изменчивости в возрасте 43 суток отмечено по параметрам,

характеризующим высоту (HM, DH), с возрастом значения изменчивости уменьшаются.

При использовании композиции споровых и молочнокислых бактерий (Бацифолин А) показатель вариабельности был ниже на 8,07% по параметру наименьшей высоты тела (HM) и на 12,0% по параметру высоты спинного плавника (DH) (таблица 4).

Таблица 4 - Коэффициенты вариации морфометрических показателей молоди стерляди 43-65 суточного возраста,  $CV \pm S_{CV}$ , %

Параметры, мм	Возраст молоди стерляди, сутки				
	43	57		65	
	Контрольная группа	Контрольная группа	Опытная группа	Контрольная группа	Опытная группа
L	14,08±2,46	23,61±4,67	16,54±3,21	21,78±4,28	16,69±3,24
AA	14,77±2,58	23,99±4,78	19,46±3,81	20,54±4,04	17,41±3,38

Продолжение таблицы 4

Н	14,65±2,56	26,31±5,30	16,95±3,46	29,07±5,93*	26,12±5,25
НМ	44,36±8,97	25,85±5,19	21,98±4,34	26,21±5,28	18,14±3,54
СL	13,49±2,35	32,59±6,78	30,34±6,23	21,37±4,21	20,69±4,07
С	13,50±2,35	27,93±5,67	21,18±3,08	36,83±7,84	22,67±4,49
НС	15,67±2,75	23,51±4,68	18,42±3,59	34,04±7,13*	13,34±2,56*
ДН	38,85±7,61	34,12±7,16	26,17±5,26	27,28±5,52	15,28±2,95

Примечание: Бацифолин А из расчета 0,5 г/кг корма при выращивании молоди опытной группы;  
\* P ≤ 0,05

Как в 57, так и в 65-суточном возрасте отмечено снижение варибельности всех представленных ключевых параметров в опытной группе.

При использовании в рационе молоди с 69 по 97 сутки композиций споровых и молочнокислых бактерий (Бацифолин А) отмечено в возрасте 82 суток превышение по морфометрическим параметрам Н, НМ, СL; при использовании споровых бактерий (Басулифор А) — по параметрам L, АА, С, ДН; в 97-суточном возрасте – отмечено превышение по параметрам L, АА, Н, НМ, СL, С для молоди опытной группы № 1, по параметру ДН для молоди опытной группы № 2 (таблица 5).

Таблица 5 - Морфометрические параметры молоди стерляди 69 – 97-суточного возраста,  $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$

Параметры, мм	Возраст молоди стерляди, сутки						
	69	82			97		
	Контроль-ная группа	Контроль-ная группа	Опытная группа №1	Опытная группа №2	Контроль-ная группа	Опытная группа №1	Опытная группа №2
L	110,64 ± 8,3	108,57 ± 10,2	113,17 ± 10,1	116,44 ± 9,6	139,72 ± 6,7	159,35 ± 6,4	151,96 ± 5,5
АА	65,51 ± 5,2	71,53 ± 6,2	74,97 ± 6,8	76,98 ± 6,1	94,32 ± 4,1	104,12 ± 4,1	101,09 ± 3,5
Н	11,45 ± 0,9	12,50 ± 1,2	12,89 ± 1,3	12,68 ± 0,9	15,43 ± 0,6	16,9 ± 0,4	16,64 ± 0,5
НМ	2,55 ± 0,2	2,65 ± 0,3	2,94 ± 0,3	2,85 ± 0,3	3,80 ± 0,2	4,0 ± 0,2	3,89 ± 0,2
СL	10,60 ± 0,8	11,64 ± 1,1	12,73 ± 1,1	12,14 ± 1,1	15,06 ± 0,7	16,96 ± 0,4	16,85 ± 0,5
С	26,31 ± 1,9	28,9 ± 2,1	29,46 ± 2,4	30,23 ± 2,1	37,12 ± 1,3	39,45 ± 1,3	38,91 ± 1,1
НС	10,37 ± 0,8	11,11 ± 0,8	11,0 ± 0,8	11,04 ± 0,8	15,2 ± 1,1	14,70 ± 0,5	14,71 ± 0,7
ДН	4,91 ± 0,5	5,49 ± 0,4	5,69 ± 0,4	5,86 ± 0,5	7,67 ± 0,5	7,98 ± 0,3	8,07 ± 0,3

Примечание: Бацифолин А из расчета 0,5 г/кг корма (опытная группа №1); Басулифор А из расчета 0,5 г/кг корма (опытная группа №2)

При использовании в рационе пробиотических композиций споровых и молочнокислых (Бацифолин А) и споровых бактерий (Басулифор А) установлено снижение коэффициентов вариации морфометрических параметров CL, HC, DH (опытная группа №1) и L, AA, H, HM, C (опытная группа №2) у молоди возраста 82 суток (таблица 6).

Таблица 6 - Коэффициенты вариации морфометрических показателей молоди стерляди 69 – 97-суточного возраста,  $CV \pm S_{cv}$ , %

Параметры, мм	Возраст молоди стерляди, сутки						
	69	82			97		
	Контрольная группа	Контрольная группа	Опытная группа №1	Опытная группа №2	Контрольная группа	Опытная группа №1	Опытная группа №2
L	31,97±6,63	35,85±7,59	35,09±7,04	31,96±6,62	18,73±3,65	15,67±3,03	14,18±2,73
AA	31,16±6,43	36,79±7,84	32,33±6,72	30,49±6,27	17,20±3,34	15,25±2,94	13,60±2,61
H	32,08±6,66	40,34±8,78	36,18±7,68	30,39±6,26	15,0±2,9 <sup>□Δ</sup>	10,13±1,93	11,77±2,26
H M	39,12±8,45	41,48±9,09	37,40±8,0	35,55±7,51	21,46±4,24	16,69±3,24	16,84±3,27
CL	31,98±6,64	36,75±7,83	33,91±7,11	35,99±7,63	18,04±3,52 <sup>Δ</sup>	10,32±1,97	12,48±2,4
C	28,36±5,78	32,31±6,71	28,62±5,84	27,28±5,53	14,15±2,73 <sup>Δ</sup>	12,87±2,47	11,51±2,2
HC	31,25±6,46	29,24±5,98	28,2±5,74	30,63±6,31	28,34±5,77	12,19±2,34*	19,22±3,77
DH	42,62±9,4	31,14±6,43	30,64±6,31	32,42±6,74	23,85±4,75	14,13±2,72	13,4±2,58

Примечание: Бацифолин А из расчета 0,5 г/кг корма (опытная группа №1); Басулифор А из расчета 0,5 г/кг корма (опытная группа №2); \*  $P \leq 0,05$ ; □  $P \leq 0,05$  при сравнении контрольных групп возраста 69, 97 суток; Δ  $P \leq 0,05$  при сравнении контрольных групп возраста 82, 97 суток

В возрасте 97 суток установлено снижение вариабельности морфометрических параметров тела (L, AA, H, HM, CL), головы (C, HC), плавников (DH) при включении в рацион пробиотических композиций споровых и молочнокислых бактерий (Бацифолин А) и споровых бактерий (Басулифор А).

### 3.4 Интерьерные показатели молоди рыб

Включение композиций споровых и молочнокислых бактерий (Бацифолин А) и споровых бактерий (Басулифор А) в рацион молоди стерляди способствовало увеличению индекса сердца, уменьшению индекса жабр по сравнению с контролем. Установлено увеличение индекса гонад при меньшем индексе печени у молоди при включении в рацион композиции споровых и молочнокислых бактерий; уменьшение индекса гонад при большем индексе печени при включении в рацион композиции споровых бактерий. Желудочно-кишечный тракт молоди был хорошо развит, в связи с этим у всех исследованных групп различия по индексу кишечника незначительны (рисунок 3).

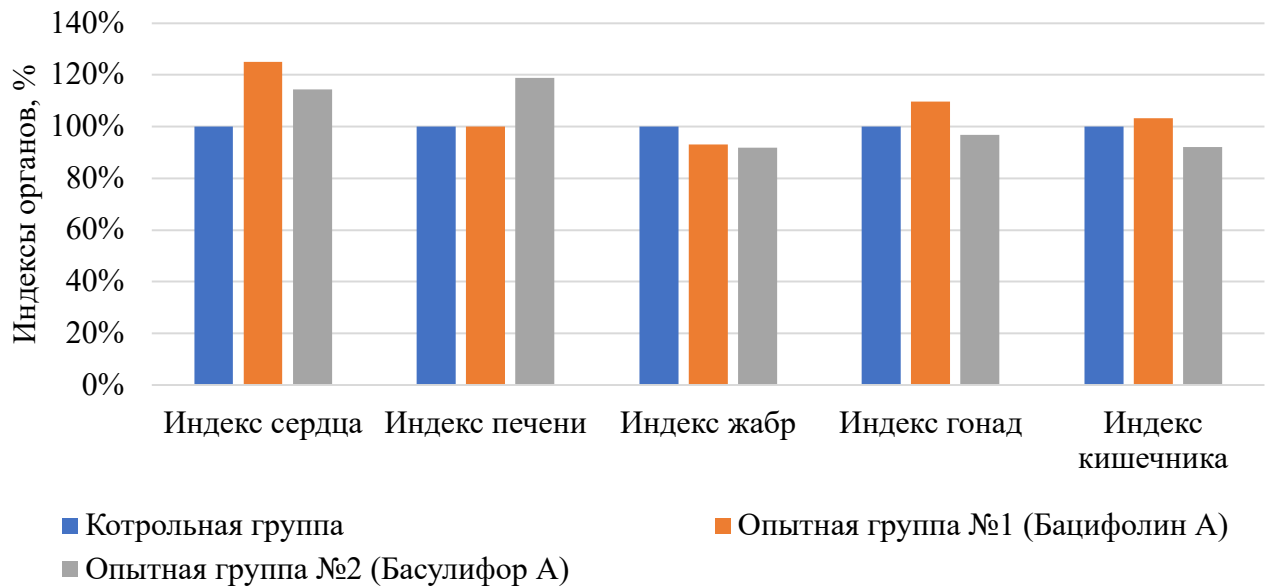


Рисунок 3 - Профили интерьерных признаков молоди стерляди в 96-суточном возрасте

Включение композиции споровых и молочнокислых бактерий (Бацифолин А) в рацион молоди радужной форели способствовало увеличению индексов внутренних органов практически при одинаковом коэффициенте упитанности с контрольной (рисунок 4).

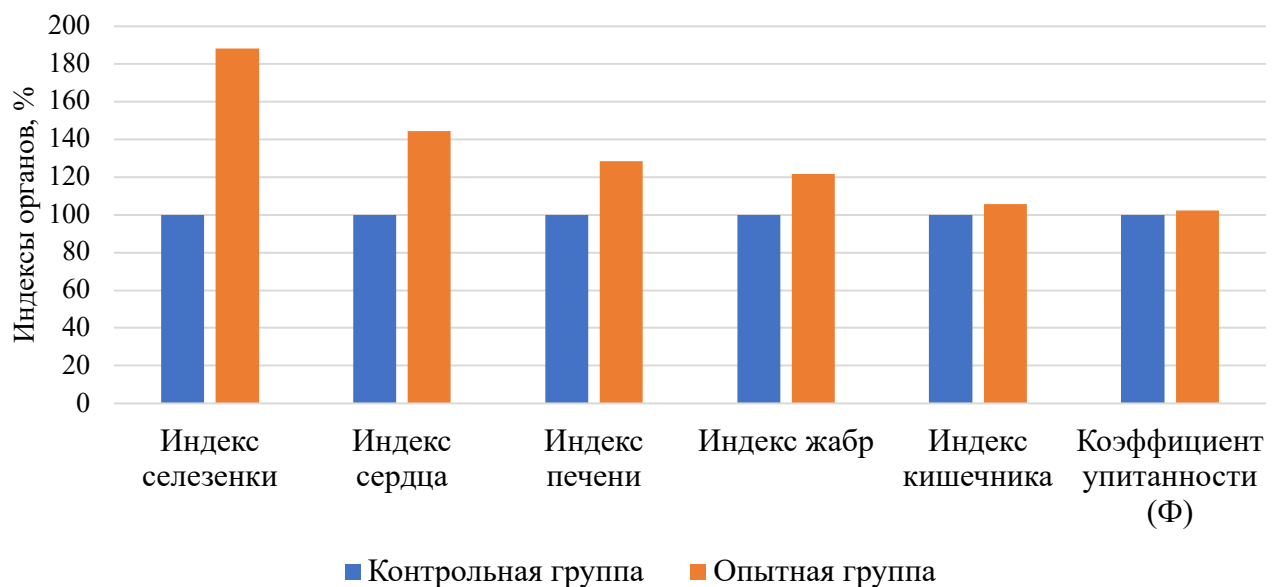


Рисунок 4 - Профили интерьерных признаков молоди радужной форели в конце эксперимента

При включении в рацион молоди радужной форели композиции споровых и молочнокислых бактерий (Бацифолин А) отмечено повышение индексов печени и жабр, тогда как у молоди стерляди подобные изменения зафиксированы не были.

### 3.5 Ферментативная и антагонистическая активности пробиотических организмов

При изучении антагонистической активности пробиотических штаммов в отношении штаммов тест-культур отмечены высокие показатели у *B. Subtilis*. Несколько ниже отмечены показатели активности у *B. amyloliquefaciens*. Выявлено, что *B. licheniformis* из всех тест-культур способен подавлять рост лишь *C. perfringens* ATCC 33124. Антагонистическая активность *E. faecium* наиболее выражена в отношении *L. monocytogenes* 766.

Амилазная активность *B. subtilis* на 26,4% выше в сравнении с *B. licheniformis*. Показатель превышения *B. subtilis* по амилазной активности для *B. amyloliquefaciens* и *E. faecium* составляет 11,1% и 41,5% соответственно.

Высокая протеазная активность отмечена у *E. faecium*. Так, показатель превышения составил 10,5% в сравнении с *B. subtilis*, 43,8% *B. licheniformis* и 76,2% *B. amyloliquefaciens*.

Наибольшая липазная активность была отмечена у *B. amyloliquefaciens*, что на 47,4% выше по сравнению с *B. subtilis*, на 61,4% *B. licheniformis* и на 50,9% *E. faecium*.

### 3.6 Микробиологический состав спирального отдела кишечника молоди стерляди при включении в рацион пробиотиков

Качественный и количественный состав микробиоты желудочно-кишечного тракта рыб зависит от различных биотических и абиотических факторов, включая использование пробиотических композиций (таблица 7).

Таблица 7 - Микробиологический состав спирального отдела кишечника молоди стерляди контрольной и опытных групп в возрасте 103 суток, КОЕ/мл

Микроорганизмы			Результаты		
Филум	Семейство	Вид	Контроль-ная группа	Опытная группа № 1	Опытная группа № 2
Proteobacteria	Enterobacteriaceae	<i>E. coli</i> типичные	-	-	$< 10^3$
		<i>E. coli</i> лактозонегативные	$10^2-10^5$	$10^3-10^7$	$10^3-10^6$
		<i>Citrobacter freundii</i>	$< 10^4$	-	$< 10^4$
	Moraxellaceae	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	$< 10^2$	-	-
Firmicutes	Staphylococcaceae	Стафилококки, за исключением золотистого	$10^1-10^3$	$< 10^2$	$< 10^3$
	Lactobacillaceae	Лактобактерии	$< 10^4$	$< 10^2$	-
	Streptococcaceae	Лактострептококки	$< 10^2$	$< 10^2$	$10^2-10^4$
	Enterococcaceae	<i>Enterococcus faecium</i>	$10^3-10^5$	$10^4-10^5$	$10^3-10^6$
	Staphylococcaceae	Стафилококки, за исключением золотистого	$10^1-10^3$	$< 10^2$	$< 10^3$

Продолжение таблицы 7

Lactobacillaceae	Лактобактерии	$< 10^4$	$< 10^2$	-
Streptococcaceae	Лактострептококки	$< 10^2$	$< 10^2$	$10^2-10^4$
Enterococcaceae	<i>Enterococcus faecium</i>	$10^3-10^5$	$10^4-10^5$	$10^3-10^6$
Bacillaceae	<i>Bacillus subtilis</i>	$< 10^1$	$< 10^3$	$< 10^1$
	<i>Bacillus licheniformis</i>	-	$< 10^4$	$< 10^3$
	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	-	-	$10^3-10^4$
	<i>Bacillus cereus</i>	$10^3-10^4$	$< 10^1$	$< 10^4$
	<i>Bacillus mesentericus</i>	$10^2-10^4$	-	$< 10^1$
	<i>Bacillus mycoides</i>	$< 10^3$	-	-

Примечание: Бацифолин А из расчета 0,5 г/кг корма (опытная группа №1); Басулифор А из расчета 0,5 г/кг корма (опытная группа №2)

При включении пробиотической композиции споровых бактерий (Басулифор А) (опытная группа №2) в состав рациона молоди стерляди отмечается увеличение молочнокислых бактерий на 1 порядок по сравнению с контрольной и опытной группой № 1 (Бацифолин А). Количество пробиотических бацилл также увеличилось:  $1,1 \times 10^4$  и  $2,2 \times 10^4$  КОЕ/мл в опытных группах №1 и №2 против  $10^1$  КОЕ/мл в контроле. Использование в составе рациона молоди стерляди композиции споровых и молочнокислых бактерий исключает развитие условно-патогенных бактерий *C. freundii*, *A. calcoaceticus*, *B. mesentericus*, *B. mycoides*, снижает количество *B. cereus* на 2-3 порядка; композиции споровых бактерий исключает развитие условно-патогенных микроорганизмов *A. calcoaceticus*, *B. mycoides* и снижает численность *B. mesentericus* на 1-3 порядка.

### 3.7 Ферментативная активность в желудочно-кишечном тракте молоди стерляди и радужной форели при включении в рацион пробиотиков

Применение пробиотических композиций способствовало повышению активности пищеварительных ферментов в опытных группах №1 и №2:  $\alpha$ -амилазы на 16,27% и 5,97%, протеазы – на 3,17% и 8,84%, липазы – на 7,9% и 1,29% в возрасте 83 сутки; в конце эксперимента в опытных группах №1 и №2 (возраст 97 суток) отмечалось увеличение  $\alpha$ -амилазы на 2,03% и 34,53% ( $P \leq 0,05$ ), протеазы – на 7,42% и 13,95%, липазы – на 9,05% и 2,87%.

Применение композиции споровых и молочнокислых бактерий (Бацифолин А) в составе рациона молоди форели способствовало повышению активности  $\alpha$ -амилазы на 6,21% в пилорических придатках, 3,03% в переднем и 59,45% в среднем отделе кишечника; общая протеолитическая активность увеличилась на 9,92%, 7,72% и 13,64%, активность липазы увеличилась на 9,82%, 9,21% и 7,19% в пилорических придатках, переднем и среднем отделе кишечника соответственно.

### 3.8 Бактериологическое исследование охлажденной продукции радужной форели

Проведенные нами исследования позволили уточнить уровень безопасности охлажденной продукции. Результаты бактериологического исследования показали отсутствие патогенных микроорганизмов в произведенной продукции (таблица 8).

Таблица 8 - Результаты микробиологического исследования охлажденной продукции

Показатель	Опыт	Контроль	Норматив
В первые сутки			
КМАФАнМ, КОЕ/г	< п.д.о.	< п.д.о.	Не более $1 \times 10^5$
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. бактерии рода <i>Salmonella</i> , в 25 г	Не обнаружено	Не обнаружено	Не допускается
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 0,01 г	Не обнаружено	Не обнаружено	Не допускается
На 7 сутки хранения			
КМАФАнМ, КОЕ/г	$1,9 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	Не более $1 \times 10^5$
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. бактерии рода <i>Salmonella</i> , в 25 г	Не обнаружено	Не обнаружено	Не допускается
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 0,01 г	Не обнаружено	Не обнаружено	Не допускается

Примечание: < п. д. о. – ниже предела достоверного определения

По результатам исследования можно заключить, что пробиотики оказали положительное действие на качество охлажденной рыбы при хранении в течение 7 дней, что обеспечивает безопасность продукции при продаже и хранении.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных экспериментов, направленных на изучение влияния разных композиций споровых и молочнокислых бактерий на биологические и продуктивные качества рыб с использованием биохимических и микробиологических методов оценки ферментативной активности пищеварительной системы и её микробиологического состава, оценки формирования продуктивных свойств молоди стерляди при выращивании в условиях УЗВ и радужной форели в бассейнах с проточным водоснабжением, анализа результатов экспериментов, были получены следующие

#### ВЫВОДЫ:

1. Сочетание споровых *B. subtilis*, *B. licheniformis* и молочнокислых бактерий *E. faecium* усиливает антагонистический эффект микробиоты спирального отдела кишечника молоди стерляди, исключает развитие условно-патогенных бактерий *C. freundii*, *A. calcoaceticus*, *B. mesentericus*, *B. mycoides*, снижает количество *B. cereus* на 2-3 порядка.

2. Сочетание спорных *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens* исключает развитие условно-патогенных микроорганизмов *A. calcoaceticus*, *B. mycoides*, снижает численность *B. mesentericus* на 1-3 порядка и повышает обсемененность спирального отдела кишечника молоди стерляди лактострептококками на 2 порядка.

3. Повышенная энзиматическая активность спорных *B. subtilis*, *B. licheniformis* и молочнокислых бактерий *E. faecium* улучшает использование питательных веществ корма, увеличивает показатели прироста при выращивании молоди стерляди и радужной форели ( $P \leq 0,01$ ) и определяет высокий уровень их сохранности.

4. Использование в составе корма композиции спорных бактерий *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens* и композиции спорных *B. subtilis*, *B. licheniformis* и молочнокислых бактерий *E. faecium* снижает вариабельность морфометрических параметров молоди стерляди ( $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,01$ ), повышает однородность молоди при выращивании, обуславливает высокую взаимосвязанность линейных параметров ( $r > 0,85$ ).

5. При выращивании молоди стерляди с 69 по 102 сутки с использованием композиции спорных *B. subtilis*, *B. licheniformis* и молочнокислых бактерий *E. faecium* отмечено увеличение индекса сердца, гонад, кишечника; композиции спорных бактерий *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens* отмечено увеличение индекса печени и сердца; при выращивании молоди форели отмечено увеличение индекса сердца, печени, жабр и кишечника.

6. При выращивании молоди стерляди в условиях высокой жесткости воды с использованием спорных *B. subtilis*, *B. licheniformis* и молочнокислых бактерий *E. faecium* установлено повышение активности бактерий рода *Nitribacter*, *Nitrospira*, *Nitrococcus* и перевод нитритов ( $\text{NO}_2^-$ ) в нитраты ( $\text{NO}_3^-$ ), снижение показателя биохимического потребления кислорода.

### Рекомендации

С целью профилактики бактериальных заболеваний, а также повышения ферментативной активности пищеварительной системы и оптимизации её микробиологического состава целесообразно использовать пробиотическую композицию на основе штаммов *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *E. faecium* в дозе 0,5 г/кг корма при выращивании молоди стерляди в установках замкнутого водоснабжения для

воспроизводства и в компенсационных целях; в дозе 1,0 г/кг корма для товарного выращивания молоди радужной форели в бассейнах с проточным водоснабжением.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

В условиях растущей глобальной угрозы устойчивости возбудителей болезней к антибиотикам и лекарственным средствам актуальна проблема биологической защиты объектов аквакультуры при их разведении на интенсивной основе, поиск новых эффективных подходов биологической защиты как путем активации иммунной системы и ингибирования активности условно-патогенной микрофлоры, так и путем оптимизации кишечного микробиоценоза, усиления активности ферментативной системы и повышения обмена веществ рыб. Исследование влияния микроорганизмов направленного действия на активацию систем защиты и формирование продуктивных качеств рыб рассматривается как один из этапов дальнейшей исследовательской работы по повышению экономической эффективности аквакультуры.

### **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

*Публикации в рецензируемых научных журналах из перечня, рекомендованного ВАК РФ:*

1. **Цицкиева, К.Р.** Использование пробиотика «Бацифолин А» при выращивании радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) в условиях интенсивного рыбоводства / К.Р. Цицкиева, Ф.Х. Бетляева, Ю.В. Маркин // Рыбное хозяйство. - 2024. - № 6. - С. 83-89. - DOI 10.36038/0131-6184-2024-6-83-89.

2. **Цицкиева, К.Р.** Влияние пробиотиков различного микробиологического состава на рост, интерьерные показатели и микрофлору пищеварительного тракта молоди стерляди (*Acipenser ruthenus* L. 1758) / К.Р. Цицкиева, Ф.Х. Бетляева, Ю.В. Маркин // Рыбное хозяйство. - 2025. - № 2. - С. 91-99. - DOI 10.36038/0131-6184-2025-2-91-99.

3. **Цицкиева, К.Р.** Морфометрические параметры молоди стерляди при применении пробиотических композиций / К.Р. Цицкиева, Ф.Х. Бетляева, Ю.В. Маркин // Рыбоводство и рыбное хозяйство. - 2025. - №8. - С. 600-612. - DOI 10.33920/sel-09-2508-06.

*Публикации в других изданиях*

4. Маркин, Ю.В. Влияние композиции споровых и молочнокислых бактерий на реализацию потенциала роста молоди стерляди (*Asipenser ruthenus* L. 1758) в условиях интенсивного рыбоводства / Ю.В. Маркин, Е.Ю. Шипицын, **К.Р. Цицкиева**, Ф.Х. Бетляева // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. - 2023. - №2. - С.15-22.

5. **Цицкиева, К.Р.** Применение композиции споровых и молочнокислых бактерий при выращивании молоди стерляди (*Acipenser ruthenus* L. 1758) / **К.Р. Цицкиева, Ф.Х. Бетляева** // Водные ресурсы – основа глобальных и региональных проектов обустройства России, Сибири и Арктики в XXI веке: сборник статей Национальной научно-практической конференции с международным участием (Тюмень, 21-22 марта 2024 года) - Тюмень: ТИУ, 2024. - С. 293-297.

6. **Цицкиева, К.Р.** Положительный эффект композиции споровых и молочнокислых бактерий на рост радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) и качество товарной продукции / **К.Р. Цицкиева, Ф.Х. Бетляева** // Современное животноводство и инновации в технологии производства продуктов питания, аспекты экологической, производственной и гигиенической безопасности: материалы международной научно-практической конференции (Персиановский, 22 ноября 2024 г.). - Пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2024. - С. 341-345.

7. **Цицкиева, К.Р.** Гидрохимические условия и рост молоди стерляди при использовании пробиотиков разного микробиологического состава / **К.Р. Цицкиева, Ф.Х. Бетляева** // «Водные ресурсы — основа глобальных и региональных проектов обустройства России, Сибири и Арктики в XXI веке»: сборник статей Национальной научно-практической конференции с международным участием (Тюмень, 20-21 марта 2025 г.) - Тюмень: ТИУ, 2025. - С. 234-239.

8. Бетляева, Ф.Х. Пробиотики на основе спор *Bacillus* и механизмы их действия / Ф.Х. Бетляева, **К.Р. Цицкиева** // Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы: тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции. - Уфа, 2022. - С. 5-6.