

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

На правах рукописи



ЛАГУТКИНА ЛИНА ЮРЬЕВНА  
**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ В УСЛОВИЯХ  
ЮЖНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ**

06.04.01 рыбное хозяйство и аквакультура

Диссертация на соискание ученой степени  
доктора сельскохозяйственных наук

Научный консультант

Пономарев Сергей Владимирович,  
доктор биологических наук, профессор,  
заслуженный работник рыбного хозяйства РФ

Астрахань, 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	13
1.1 Органическая аквакультура как перспективное направление рыбоводства в России и в мире .....	13
1.2 Использование альтернативных источников протеина как перспективное направление развития производства кормов для аквакультуры .....	29
1.3. Урбанизированное сельское хозяйство (сити-фермерство), как основа повышения уровня продовольственной безопасности городов и перспективное направление применения технологий аквакультуры .....	56
ГЛАВА 2 МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	76
2.1 Условия проведения экспериментов.....	76
2.2 Постановка экспериментов .....	77
2.3 Методы изучения рыбоводно-биологических показателей объектов .....	89
2.4 Методы оценки физиологического статуса выращиваемых объектов органической аквакультуры.....	92
2.5 Методы сбора и использования альтернативных источников протеина в кормах для аквакультуры.....	95
2.6 Методы изучения кормов с альтернативными источниками протеина .....	99
ГЛАВА 3 ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ОРГАНИЧЕСКОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ В ПРУДОВЫХ ХОЗЯЙСТВАХ.....	106
3.1 Остаточная биомасса прудов как основа органических комбикормов для аквакультуры.....	106
3.2 Технологические аспекты получения каридных креветок .....	122
3.3 Биотехнология выращивания австралийских раков.....	133
3.4 Биотехнология выращивания ракообразных с высоким соответствием требованиям органической аквакультуры .....	155
3.5 Основы биотехнологии линейводства .....	173
3.6 Оценка экономической эффективности предложенных технологий выращивания объектов аквакультуры в прудовых фермерских хозяйствах .....	190
ГЛАВА 4 ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА .....	199
4.1 Основы биотехнологии совмещенного производства в условиях ведения урбанизированного сельского хозяйства (сити-фермерства).....	199

4.2 Оценка экономической эффективности биотехнологии совмещенного производства в условиях ведения урбанизированного сельского хозяйства .....	231
ОБСУЖДЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	233
ВЫВОДЫ.....	239
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	242
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	243
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	244
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	245
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	288

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Аквакультура представляет собой совокупность технологий и практик разведения, выращивания имеющих хозяйственную ценность водных организмов в искусственных условиях. В качестве перспективного производственного направления получения рыбной продукции выделяется органическая аквакультура, которая соответствует трем глобальным трендам: быстрому развитию отрасли, расширению органического производства в сельском хозяйстве и получению экологически чистой биопродукции (Левина и др. (2014), Коваленко (2017), Мансвелт (2017), Каломейцев (2018), Мироненко (2021)). Объемы производства продукции в каждом из указанных направлений в последнее десятилетие выросли более чем вдвое и в стоимостной оценке измеряются десятками миллиардов долларов США в год. Причиной столь динамичного развития является то, что органическая аквакультура соответствует как глобальным и государственным целям, так и потребностям отдельного человека.

На сегодняшний день органическое направление стало важной частью развития отрасли сельского хозяйства в более чем 160 странах мира. Оно нацелено на удовлетворение растущих запросов людей на безопасную, экологичную сельскохозяйственную продукцию, включая аквапродукцию. По данным IFOAM общий объем аквакультурной продукции, сертифицированной по органическим стандартам, составляет порядка 400 тыс. т в год, наибольшие объемы производства органической аквакультуры отмечены в странах: Ирландия 27 264 т, Италия 9 608 т, Нидерланды 8 536 т, Испания 7 062 млн т, Болгария 5 004 млн т, Венгрия 2 970 млн т, Румыния 1 493 млн т, Греция 1 267 млн т (Н. Willer *et.al.*, 2021). В России ни одно аквакультурное производство в настоящее время не сертифицировано.

В «Прогнозе научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» была обозначена важность развития производства органической продукции как одного из ключевых факторов, обеспечивающих доступ российских производителей на международные рынки. Более того, в рамках Национальной технологической инициативы, а также

проекта Дорожной карты «Фуднет» органическое производство в России рассматривается как ключевой сегмент перспективного рынка продуктов питания (<http://www.nti2035.ru/markets/foodnet>).

По данным социологических исследований в России увеличивается число потребителей, не удовлетворенных качеством своего питания с точки зрения его полезности и безопасности, растет спрос на экологичную, органическую продукцию (Рыжкова, 2017; 2018). В ответ на растущий спрос в России появляются производители продукции с высоким уровнем экологичности, подтвержденной независимой оценкой. За последние годы площадь сертифицированных сельскохозяйственных угодий в России увеличилась до 674 тыс. га, а число сертифицированных сельскохозяйственных предприятий, выпускающих органическую сельскохозяйственную продукцию, превышает 150.

Внедрение принципов органического производства в аквакультуру в наиболее развитом виде предполагает цикличное выращивание объектов аквакультуры и растениеводства в пределах единого комплекса сельскохозяйственного назначения (Пономарев, 2019). Такое производство, при его правильной организации, представляется наиболее экологизированным, поскольку может реализовать естественное сохранение и повышение плодородия вовлеченных в хозяйственный оборот почв, а также отказаться от использования химических удобрений.

Кроме того, аквакультура продемонстрировала потенциал высокой гибкости с точки зрения возможности ее реализации не только в условиях, приближенных к естественным (прудовая, пастбищная, прибрежная), но и в «закрытых», не зависящих от природы условиях (рециркулятивные аквакультурные системы), способность к расширению и дополнению (например, в форме интегрированных, «совмещенных» технологий). В совокупности это обусловило возможность повышения экологических характеристик аквакультурной продукции и её безопасности (в т.ч. через реализацию «органических» форм хозяйствования), а также применимость аквакультуры не только в традиционном сельском хозяйстве, но и в

урбанизированном агропроизводстве с получением товарной продукции в городах, в непосредственной близости к массовым рынкам сбыта.

В связи с этим необходима ревизия и актуализация существующих подходов аквакультуры, модернизация и повышение эффективности используемых биотехнологий, а также развитие новых форм ресурсосберегающего сельскохозяйственного производства и экологичных технологий.

**Степень разработанности.** Вопросами перехода к ресурсосберегающему сельскохозяйственному производству, «экологизации» существующих и внедрения новых технологий производства органической сельскохозяйственной продукции на протяжении последних лет занимались многие исследователи: Н.В. Пахомова (2017), А.В. Коломейцева (2018), Ж.Е. Соколова (2018 *а,б*), Н.Ю. Нестеренко (2017; 2018; 2019).

Среди основных направлений необходимо выделить цикличное использование прудовых площадей на основе «аквасевооборота», обладающего способностью «естественного» самовосстановления биопродуктивности. Этими вопросами в разное время занимались А.М. Наумова (1997-1998; 2001; 2017-2018), Е.Г. Коваленко (2017), Л.А. Розумная (2017), Г.Е. Серветник (2018), Н.А. Мистратова (2018), С.М. Рыжкова (2017-2018 *а,б*), В.В. Таран (2018).

Работы по установлению биотехнологических норм эффективных совмещенных систем рециркуляционной аквакультуры и интенсивного растениеводства (аквапоники) проводили Г.Г. Матишов (2014, 2020), И.М. Воинов (2018), А.А. Коровушкин (2020), в том числе с применением аквакультурных кормов – Ю.А. Гусева (2020-2021), соответствующих требованиям органического производства (Иванова, 2016; Евграфова, 2019; Серветник, 2020).

Однако все исследования касались отдельных звеньев технологического процесса, а комплексная технология получения рыбной продукции в соответствии со стандартами органического производства в настоящее время отсутствует.

В связи с этим, для расширения применения технологий производства биопродукции с возможностью подтверждения соответствия требованиям экологичности и безопасности, предъявляемым органическими стандартами,

необходима разработка комплексной биотехнологии, охватывающей аква- и агропроизводство.

#### **Цель и задачи исследования.**

Целью работы явилась разработка научно обоснованных методов повышения эффективности предприятий рыбохозяйственного комплекса за счет внедрения элементов органической технологии производства объектов аквакультуры и растениеводства. Поставленная цель определила следующие задачи:

- изучить качественный и количественный состав биомассы выростных рыбоводных прудов;
- оценить эффективность использования биопротеина в составе комбикормов при выращивании рыб и ракообразных;
- разработать технологические приёмы выращивания ракообразных в рыбоводных прудах для получения экологически чистой биопродукции методом аквасевооборота;
- оценить возможность введения в аквакультуру линя и разработать технологические приемы его воспроизводства и выращивания с целью получения дополнительной органической продукции;
- оценить эффективность разработанных биотехнологических приёмов выращивания органической продукции аквакультуры;
- исследовать комплексное влияние абиотических и биотических факторов в аквапонической системе модульного типа на физиологические показатели и продуктивность гидробионтов, а также урожайность объектов растениеводства;
- оценить экономическую эффективность биотехнологии совмещенного производства в условиях урбанизированного сельского хозяйства.

**Научная новизна.** Впервые на основании комплексных исследований потенциала роста и здоровья гидробионтов обоснованы методы получения биопродукции на рыбоводных предприятиях юга России в соответствии со стандартами органического производства.

Доказана эффективность технологии получения продукции аквакультуры и растениеводства без применения синтетических удобрений – на основе использования круговорота питательных веществ в агроэкосистеме прудов.

В результате изучения качественного и количественного состава планктона и бентоса рыбоводных прудов, их питательной ценности определена возможность использования остаточной биомассы в качестве альтернативного источника протеина в составе кормов для гидробионтов. Разработаны рецепты комбикормов на основе биопротеина с учетом потребностей рыб и ракообразных в основных питательных веществах.

Разработаны биотехнические приемы попеременного выращивания бахчевых культур и ракообразных в рыбоводных прудах для получения экологически чистой биопродукции.

Предложены биологически обоснованные, новые перспективные объекты рыбоводства для расширения видового разнообразия продукции органической аквакультуры и повышения продуктивности прудов южных регионов России.

Изучено влияние абиотических и биотических факторов внешней среды в быстроразвертываемой малогабаритной аквапониической системе на рост, физиологическое состояние выращиваемых гидробионтов, а также на урожайность листовых растений и овощных культур. Разработаны биотехнические нормы производства экологически чистой продукции рыбоводства и растениеводства с поправкой на требования, предъявляемые органическими стандартами.

Обоснована экономическая эффективность разработанного способа производства продукции органической аквакультуры (технология органической аквакультуры) в условиях рыбохозяйственных предприятий и урбанизированного сельского хозяйства.

### **Теоретическая и практическая значимость.**

Исследовательские работы выполнялись в рамках научных исследований Астраханского государственного технического университета в соответствии с Программой развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации (2013-2021 гг.).

Теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены возможности применения в составе кормов для рыб остаточной биомассы выращенных прудов в качестве альтернативного источника протеина. Представлено научное обоснование эффективности органической аквакультуры за счет введения новых ценных объектов – австралийского красноклешневого рака (*Cherax quadricarinatus*), гигантской пресноводной креветки (*Macrobrachium rosenbergii*). Полученные результаты расширяют сведения о процессе адаптации вселенцев к новым условиям существования и связанных с ней изменениях экстерьерных показателей, биологических особенностей видов (роста, выживаемости, значений физиологических показателей, сроков наступления половой зрелости).

Результаты проведенных изысканий положены в основу разработки современных способов попеременного выращивания гидробионтов и сельскохозяйственных культур в прудовых хозяйствах.

Разработанные рецепты кормов используются при товарном выращивании красноклешневого рака и гигантской креветки, их применение позволяет повысить рентабельность производства продукции аквакультуры за счет снижения затрат на кормление, улучшения показателей роста и выживаемости ракообразных.

Проведенные исследования способствовали разработке и внедрению технологических аспектов органической аквакультуры, позволяющих увеличить объемы получения экологически чистой продукции на 20%.

Установлены оптимальные параметры водной среды для малогабаритной аквапониической системы, оказывающие положительное влияние на биологические показатели и продуктивность объектов аквакультуры, а также урожайность сельскохозяйственных культур. На основании проведенных исследований разработаны биотехнологические приёмы производства экологически чистой продукции.

В результате проведенных исследований разработаны и опубликованы рекомендации и справочные материалы. Научные разработки по теме диссертационного исследования легли в основу 5 учебных изданий.

Результаты научных работ легли в основу предложений для включения в «Комплексную целевую программу научных исследований в интересах рыбного хозяйства Российской Федерации на 2018-2020 гг.», «Стратегию социально-экономического развития Астраханской области на период 2019-2024 гг.».

**Методология и методы исследования.** На основе изучения отечественных и зарубежных научных литературных данных по теме исследования, анализа источников статистической, нормативно-правовой информации о развитии хозяйственных отраслей определена актуальность исследования, сформулированы цель и задачи исследования, разработана схема постановки экспериментов. Проведены эксперименты в модельных условиях, приближенных к требованиям стандартов органического аквакультурного производства: в условиях прудового рыбоводного предприятия без использования синтетических веществ с применением аквасевооборота культивировались ценные объекты аквакультуры (австралийский красноклешневый рак, гигантская пресноводная креветка) и сельскохозяйственные культуры (арбузы, дыни). В лабораторных условиях проведены эксперименты по оценке эффективности применения кормов для выращивания осетровых, линя и ракообразных, проведена оценка физиологического состояния выращенных объектов. Для быстроразвертываемых малогабаритных модульных установок определена эффективность выращивания объектов аквакультуры (австралийские раки, лини) и растениеводства (лиственная зелень, овощи) на основе изучения влияния абиотических и биотических факторов. Для обработки данных использовались различные методы статистического анализа.

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

1. Использование альтернативного источника белка на основе планктона и бентоса прудов (биопротеина биомассы прудовых экосистем - БПЭ) при выращивании осетровых, карповых рыб и ракообразных позволяет эффективно заменить в корме рыбную муку, снизив себестоимость кормов.

2. Кормление ракообразных разработанными кормами TechSa Cryfish способствует повышению рыбоводно-биологических, физиологических показателей и репродуктивных качеств производителей.
3. Новые биотехнологические приёмы производства продукции органической аквакультуры на основе аквасевооборота повышают ракопродуктивность и урожайность бахчевых на прудах юга России.
4. Использование комбикорма TechSa Tinsa повышает выживаемость диких особей линей в период адаптации к искусственным условиям содержания, ускоряет формирование ремонтно-маточного стада.
5. Новая биотехнология урбанизированного агропроизводства для круглогодичного климатонезависимого производства экологичной продукции повышает эффективность совместного выращивания объектов аквакультуры и растениеводства в быстроразвертываемой малогабаритной системе.
6. Разработанная технология органической аквакультуры позволяет увеличить рентабельность производства в южных регионах России объектов аквакультуры и растениеводства в среднем на 6 %, обеспечивая рост прибыли до 40 %.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность полученных результатов подтверждена научными исследованиями, проведенными на рыбоводных предприятиях Астраханской, Ростовской областей на значительном количестве особей ракообразных и рыб с использованием стандартных методов, принятых в рыбохозяйственной науке.

Результаты исследований, проведенных в рамках диссертационной работы, обсуждались на I конгрессе ихтиологов России (Астрахань, 1997), международном симпозиуме «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата» (Астрахань, 2007), на международных конференциях: профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» (Астрахань, 1999-2021), «Современные тенденции в сельском хозяйстве» (Казань, 2014), «Аквакультура 2016. Производство, логистика. Переработка и реализация товарного рыбоводства» (Москва, 2016), «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration

(Beijing, PRC, 2019), «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса» (Ростов-на-Дону, 2020), «Производство и переработка пищевой и сельскохозяйственной продукции» (Воронеж, 2020), «Обеспечение устойчивого развития в контексте сельского хозяйства, зеленой энергетики, экологии и науке о земле (ESDCA 2021)» (Смоленск, 2021). На I Всероссийской научно-практической конференции «Научное обеспечение развития товарной аквакультуры до 2030 г. в Российской Федерации» (Москва, 2017). На международных форумах «Обеспечение безопасности экосистем Каспийского моря» (Астрахань, 2014, 2016, 2017).

Результаты диссертационной работы прошли обсуждение и получили оценку в финалах и полуфиналах научно-технологических и инновационных конкурсов и мероприятий: «АгроБиотехнологии – 2015» в номинации «Лучшие проекты в области растениеводства, животноводства, переработки сельскохозяйственного сырья и цифровых технологий в сельском хозяйстве» (И.Ц. Сколково, 2015 г.), регионального этапа конкурса «Open Innovations Startup Tour 2017» (Астрахань, 2017) в номинации «Биологические и медицинские технологии», «Startup Village 2017», трек «Биотех/Биомед» (И.Ц. Сколково, 2017).

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 296 страницах компьютерного текста, состоит из введения, обзора литературы, методологии и методов исследований, основной части, обсуждения полученных результатов, заключения с выводами, практических рекомендаций и приложений, содержит 49 рисунков, 72 таблицы, 1 схему и 18 формул. Библиографический список включает работы 226 отечественных и 162 зарубежных авторов.

## ГЛАВА 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

### 1.1 Органическая аквакультура как перспективное направление рыбоводства в России и в мире

Аквакультура представляет собой совокупность технологий и практик разведения, выращивания, производства водных объектов в искусственных или естественных, но контролируемых, «управляемых» человеком условиях (Федеральный закон «Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 02.07.2013 N 148-ФЗ, ст. 12). В случае реализации интегрированных («совмещенных») технологий, дополнительно к водным объектам, в рамках единого производственного цикла, возможно выращивание неводных объектов, например, объектов растениеводства и бахчеводства.

На основе изучения отечественных и зарубежных научных источников статистической информации, документов стратегического (в т.ч. научно-технического) планирования развития хозяйственных отраслей, а также рыночной аналитики был сформулирован общий трендовый прогноз развития технологий аквакультуры до 2035 года.

Развитие аквакультуры в следующие 20 лет будет происходить, преимущественно, в русле перехода к «Индустрии 4.0» (а позднее, возможно, уже в рамках перехода к «Индустрии 5.0»). Прогнозируемые сущностные различия (Jason, 2016; Uesaka, 2016, Cnen, 2016; Shawn, 2020; <https://vertical-farming.net/blog/2020/10/05/optimizing-controlled-environment-agriculture/>; <https://asia.nikkei.com/magazine/S.O.S/Tech-Science/Automated-offshore-farming-opens-up-new-frontiers-in-aquaculture?page=1>; [www.aqua-spark.nl](http://www.aqua-spark.nl); [www.agricultra.com/ampl-sea-grow-platform](http://www.agricultra.com/ampl-sea-grow-platform)), связанные с переходом, отражены в таблице 1.

По аналогии с традиционным сельскохозяйственным производством, в технологическом плане этот переход будет выглядеть как переход от аквакультурных «ферм» (с преимущественно ручным или механизированным трудом) к аквакультурным «пищевым фабрикам» («поточному» производству):

Таблица 1 – Технологические направления (тренды) развития аквакультурного производства

Направление (тренд)	Временной горизонт прогноза и развитие технологии			
	Сейчас	5 лет	10 лет	20 лет
1. Автоматизация и роботизация большей части производственных процессов, в т.ч.: (а) автоматизированные, роботизированные аквакультурные производства, в т.ч. «пищевые фабрики» (б) автоматизированные «интеллектуальные» системы кормления по «потребности» выращиваемых объектов	пилотные реализации (а) «открытые»: Automated offshore farm (Yumigahama Suisan Kaisha), Ocean Farm (SalMar); «закрытые»: Floating Pond (Surbana Jurong) (б) eFishery (eFishery), SF200/SF500/AQ300 (AQ1), iQuatic (Cargill)	масштабирование	массовая имплементация	
2. Введение в производство новых видов: - «одомашнивание», селекция, гибридизация	пилотные реализации  новые объекты марикультуры: горбыль ( <i>Argyrosomus regius</i> ), сериола ( <i>Seriola dumerili</i> ), каменный окунь ( <i>Polyprion americanus</i> ) селекционная тилапия, устойчивая к солености (Китай) и др.	масштабирование	массовая имплементация	
- генно-модифицированные виды	пилотные реализации: AquAdvantage (атлантический лосось с измененным ДНК, разрешен к употреблению в США, выращивается в Канаде и Панаме), Guanli – китайский трансгенный карп – нефертильный, всеядный, в 2016 г. был готов к внедрению в производство		масштабирование	
3. Корма на основе альтернативных источников протеина: - соя (в т.ч. шрот) и др. дешевые растительные культуры; - отходы переработки рыбной промышленности и/или «неценная» рыба, попутно произведенная и используемая для производства кормов	масштабирование		массовая имплементация	
- насекомые; - водоросли; - криль и планктон;	пилотные реализации  - насекомые: MagSoil/ MagMeal/MagOi (Agri Protein PTY LTD), Enterra Feed Corp., Entofood, Ynsect - водоросли Evonic Industries, Biomin - криль Novacq (Ridley Aqua-Feed)		масштабирование	массовая имплементация

Продолжение таблицы 1

Направление (тренд)	сейчас	5 лет	10 лет	20 лет
- бактерии и простейшие (микробный белок)	пилотные реализации: ProFloc (Nutrinsic), Calysta	масштабирование	массовая имплементация	
4. Технологии обеспечения прозрачности производства и сервисы на их основе	пилотные реализации: IBM Forges Blockchain Collaboration (food safety), Arc-net, Ripe.io, Brio Agtech	масштабирование	массовая имплементация	
5. Органическая аквакультура	масштабирование в мире около 1 тыс. сертифицированных органических производств		массовая имплементация	
6. Аквапоника (совмещенная рециркулятивная аквакультура и интенсивное растениеводство)	масштабирование: в мире действует порядка 20 тыс. производств		массовая имплементация	
7. Аквакультура в городах (сити-фермерство): - рециркулятивные аквакультурные системы - аквапонические системы	пилотные реализации	масштабирование	массовая имплементация	

- с почти полной автоматизацией и роботизацией большей части производственных процессов,

- с повышением роли искусственного интеллекта в принятии решений и соответствующим сокращением участия человека в производственных процессах,

- с повышением общей ресурсоэффективности, экологичности («устойчивости», «sustainable») производства и безопасности производимой продукции.

В процессе перехода будут преодолены ключевые зависимости аквакультуры – «технологические барьеры» (включая «подрывные») (табл. 2).

Таблица 2 – Технологические барьеры развития аквакультурного производства

Барьер для развития	Технологии для преодоления барьера
1. Низкая производительность труда, задействование человека во всех производственных процессах	Автоматизация и роботизация большей части производственных процессов
2. Болезни рыб и необходимость использования антибиотиков, особенно в интенсивных производствах с высокой	(а) Производство высокорезистентных объектов аквакультуры, в том числе за счет введения в производство новых (за счет их «доместикации» («одомашнивания») видов, а также

## Продолжение таблицы 2

«плотностью посадки»	<p>видов, полученных посредством селекции, гибридизации и/или генной модификации</p> <p>(б) Повышение эффективности технологий и оборудования (биофильтров, систем очистки воды), в том числе реализация технологий автоматизированного раннего выявления заражения особей (машинное зрение, искусственный интеллект)</p>
<p>3. Недостаточная прозрачность производственного процесса и, как следствие, априорная небезопасность производимой продукции</p>	<p>(а) развертывание систем «прослеживаемости» прозрачности цепочек производства и поставки продукции «от фермы до стола» для подтверждения качества продукции и ее безопасности (а также сырья для производства этой продукции), в первую очередь, на основе технологии распределенного реестра («block chain»);</p> <p>(б) переход к «органическим» технологиям производства, последовательное сокращение использования стероидов, антибиотиков (с заменой их биологическими методами защиты), использования рыбной муки в кормах</p>
<p>4. Недостаточная экономическая эффективность производства (высокие капитальные затраты, высокие операционные расходы, высокая себестоимость продукции)</p>	<p>(а) Снижение себестоимости единицы продукции за счет интенсификации производства («выработки») на основе более эффективных инженерных (крупные производства – «пищевые фабрики») и биотехнологических решений</p> <p>(б) Снижение операционных затрат на оплату труда за счет автоматизации и роботизации большей части производственных процессов</p> <p>(в) Производство высокомаржинальных видов, в том числе за счет введения в производство новых видов (за счет их «доместикации») («одомашнивания»), а также видов, полученных посредством селекции, гибридизации и/или генной модификации</p> <p>(г) Размещение производств в непосредственной близости к массовым рынкам сбыта (в городах – «сити-фермерство») с сокращением как логистических издержек (до 40% розничной стоимости продукции), так и образования отходов (до 20% продукции превращается в отходы в цепи дистрибуции)</p>

В процессе перехода не будут преодолены ключевые зависимости («технологические барьеры»), но будет снижена их значимость (табл. 3).

Таблица 3 – Ключевые зависимости, ограничивающие развитие аквакультурного производства и технологии для их преодоления

Зависимость	Технологии (включая «подрывные»)
1. Корма (потребность в кормах, недостаток сырья для производства высокоэнергетичных кормов)	(а) Корма на основе альтернативных источников протеина с эффективной заменой рыбной муки (производимой из "дикой" рыбы, добытой рыболовством): соя, водоросли, насекомые, микробный белок и др. (б) Автоматизированные «интеллектуальные» системы кормления по «потребности» выращиваемых объектов (мониторинг поведения), а не по «нормативам»
2. Электрическая энергия (потребность в электрификации производства и в бесперебойном снабжении электрической энергией в больших объемах)	(а) Возобновляемые источники энергии, энергоэффективные здания и сооружения (со снижением стоимости генерируемой энергии)

### **Технология органической аквакультуры.**

На сегодняшний день органическое направление стало важной частью развития отрасли сельского хозяйства в более чем 160 странах мира.

Органическое производство – достаточно новый, но уже устойчивый тренд развития мировой сельскохозяйственной практики. По мнению отраслевых организаций (Dorias, 2015) тенденция развития основывается на информированности многих людей о значимом влиянии потребляемой пищи на общее здоровье, также с ростом популярности направления функционального и персонализированного питания увеличивается и доля потребителей, мотивированных к выбору сравнительно более экологичной и безопасной продукции питания.

По статистическим данным (FiBL, 2017) в мире только с 1999 года площадь сельскохозяйственных сертифицированных органических по стандартам угодий была увеличена с 11,0 млн га до 51,0 млн га, а число сертифицированных производителей органических продуктов питания – с 200,0 тыс. до более 2,0 млн. Более того, необходимо отметить, что порядка 87 стран ввели также регулирование органического потребления пищи и её органического производства (FiBL, 2017).

В соответствии с новым Планом действий ([https://ec.europa.eu/fisheries/press/new-action-plan-will-boost-organic-agriculture-and-aquaculture-europe\\_en](https://ec.europa.eu/fisheries/press/new-action-plan-will-boost-organic-agriculture-and-aquaculture-europe_en)) по ускорению развития органического сектора Европейская комиссия опубликовала данные (2021) по увеличению производства и потребления органических продуктов, что повлечёт рост до 25% (по отношению к настоящему времени) использования угодий под органическое сельское хозяйство к 2030 году. Более того, не смотря на то что Европейская органическая аквакультура составляет 4% от общего объема производства аквакультуры, по данным издания EUMOFA EU Fish Market 2020 Edition потребление органической продукции аквакультуры в Европе за последние 5 лет выросло до 20%.

Также из-за частых инцидентов во многих странах мира, связанных с безопасностью пищи, повышается и готовность людей платить больше за экологическую чистоту продуктов несмотря на то, что их стоимость, как правило, включает премиальную наценку за «экологичность» и на 20-100% выше стоимости стандартного наиболее распространенного продовольствия.

Многие эксперты прогнозируют быстрый рост глобального рынка органической пищи – с 81,6 млрд. долл. в 2015 году до 238,4 млрд долл. в 2022 году. Лидерами по общим суммам продаж органической продукции в абсолютном выражении по наиболее развитым рынкам являются Соединенные штаты Америки - 35,8 млрд евро, Германия - 8,6 млрд евро, Франция - 5,5 млрд евро, Китай - 4,7 млрд евро, Канада - 2,8 млрд евро, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии - 2,6 млрд евро (Ottinger at all, 2015).

Доля органических продуктов в общем объеме реализуемых продуктов в относительном выражении рынка «органики» наиболее высока в таких европейских странах как Дания – 8,4 %, Швейцария – 7,7 %, Люксембург – 7,5 %, Швеция – 7,3 %, Австрия – 6,5 %.

Кроме того, все европейские производители органической продукции получают значимую государственную поддержку (Акимова, 2017). Органическая сертификация технологий производства и производимой продукции становится

серьезным инструментом защиты европейскими странами своего внутреннего рынка пищевой продукции.

В «Прогнозе научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» была указана важность развития производства органических продуктов как одного из ключевых факторов, обеспечивающих доступ российских производителей на международные рынки. Более того, в рамках Национальной технологической инициативы, а также Дорожной карты «Фуднет» органическое производство в России рассматривается как ключевой сегмент перспективного рынка продуктов питания (<http://www.nti2035.ru/markets/foodnet>).

По данным социологических исследований, в России растет число потребителей, не удовлетворенных качеством своего питания с точки зрения его полезности и безопасности, растет спрос на экологичную, органическую продукцию (Рыжкова, 2017; 2018). Граждане России также согласны платить больше за экологически чистые продукты и готовы к повышенным тратам при покупке свежих, незамороженных, необработанных продуктов и продуктов, не содержащих генномодифицированных организмов (ГМО) ([http://romir.ru/studies/754\\_1455](http://romir.ru/studies/754_1455)). В ответ на растущий спрос в России появляются производители органической продукции. За последние годы площадь сертифицированных сельскохозяйственных угодий в России увеличилась до 78,449 га, а число сертифицированных сельскохозяйственных предприятий, выпускающих органическую сельскохозяйственную продукцию, превышает 50. Первые сертифицированные российские производители органической продукции (большинство из них сертифицированы по европейским системам органической сертификации) в отсутствие законодательного регулирования использования «органической» маркировки параллельно работают с недобросовестными конкурентами. В этой сфере больше половины продуктов питания имеют маркировку «органик», «эко», «био», но, по сути, не имеют никакого отношения к органическому производству. Все это крайне негативно сказывается на развитии органического производства в России.

Добросовестные участники рынка (не только производители, но и ассоциации, операторы сертификации) в таких условиях вынуждены бороться за положительный имидж органических продуктов – для информирования потребителей о проверенной органической продукции разработаны такие мобильные приложения как «Экополка» и «Навигатор фермерских продуктов».

Органическое производство основывается на базовых принципах, сформулированных Международной федерацией движений экологического сельского хозяйства (Таран 2018; <https://www.ifoam.bio/about-us/our-network/sector-platforms/ifoam-aquaculture>). С точки зрения технологии и ее нормативного регулирования органическое производство должно соответствовать:

- принципу здоровья (поддержание и улучшение здоровья экосистем и организмов – почв, животных, человека, планеты);

- принципу экологии (сосуществование с естественными экологическими системами и циклами, поддержание природных циклов и балансов);

- принципу справедливости (защита окружающей среды, гуманность к людям и животным – обеспечение условий и возможностей для жизни, которые согласуются с физиологией, естественным поведением и здоровьем живых организмов);

- принципу заботы (предупредительный и ответственный характер управления органическим сельским хозяйством для защиты здоровья нынешних и будущих поколений и окружающей среды – использование новых методов и технологий, которые могут повысить эффективность производства, не должны подвергать риску здоровье и благополучие людей).

В практическом смысле органическое производство означает засвидетельствованное уполномоченными организациями (операторами сертификации) выполнение основных базовых требований органических стандартов (de Limaab, 2021).

Например, в растениеводстве такими требованиями являются:

- конверсионный (переходный) период;

- применение натуральных удобрений; запрет на использование химических средств защиты растений (кроме разрешенного перечня препаратов);
- запрет обработки семян химическими препаратами;
- запрет на использование генно-модифицированных организмов (ГМО).

Для животноводства требования сосредоточены на применении натуральных кормов (допускается следующий состав: 70 % органик, 30 % органик в конверсии), условиях содержания животных (плотность содержания и размещения животных не более установленной, беспривязное содержание животных и др.), использовании ветеринарных и других препаратов (имеется список разрешенных препаратов, вводится запрет на использование антибиотиков и т.д.).

Для продуктов переработки требования сосредоточены на сырье для их производства: органик-сырье должно составлять не менее 95 %, остальные 5 % – из разрешенного списка; имеется запрет на применение добавок, полученных искусственным путем.

Касаемо дополнительных требований, необходимо отметить, что различные сертификационные системы органического производства и продукции могут предъявлять и адаптированные требования. Так, российская система добровольной экологической сертификации международного уровня «Листок жизни. Органик» Экологического союза Санкт-Петербурга (член IFOAM) для растениеводства предъявляет следующие базовые требования: запрет на обработку семян химическими препаратами; запрет на использование ГМО (Мансвельт и др., 2017); экологические методы выращивания – это севооборот, использование разрешенных удобрений и средств защиты растений; требования к почве – это лабораторные испытания на нефтепродукты, бенз(а)пирен, тяжелые металлы, стойкие органические загрязнители (СОЗ)); лабораторные испытания получаемой продукции по таким показателям, как пестициды, полиароматические углеводороды (ПАУ), СОЗ, тяжелые металлы; соблюдение требований законодательства по выбросам, сбросам, обращению с отходами.

В отношении органической аквакультуры к производителям рыбной продукции предъявляются специальные требования (<https://www.ifoam.bio/about->

us/our-network/sector-platforms/ifoam-aquaculture) и правила ([https://ifoam.bio/sites/default/files/2020-06/ifoam\\_aquaculture\\_rules\\_of\\_procedure\\_2016.pdf](https://ifoam.bio/sites/default/files/2020-06/ifoam_aquaculture_rules_of_procedure_2016.pdf)), в том числе и адаптированные (Ratheesh *et al.*, 2013; Jena *et al.*, 2017), а именно отказ от применения пестицидов, удобрений и ГМО, последовательный отказ от использования рыбной муки, жесткое ограничение применения антибиотиков и отказ от гормонов (Gokhberg, 2017). На каждом этапе получения молоди и товарной рыбы в отношении используемых кормов, прудовых площадей, рыбоводного оборудования, применяемого на производстве рыбы, и последующих этапов до обработки и доставки до потребителя проводится планомерная проверка для сертификации по органическим стандартам.

Перспективное производственное направление получения рыбной продукции – органическая аквакультура (<https://rosorganic.ru/about/press/nayoutube-kanale-naczionalnogo-org.htm>), которое соответствует двум глобальным трендам развития сельского хозяйства: аквакультуры и органического агропромышленного производства (Левина и др., 2014; Шейхгасанов, 2014). Объемы производства продукции каждого из этих направлений за последнее десятилетие выросли более чем вдвое и сейчас измеряются десятками миллиардов долларов. Причиной столь динамичного развития является то, что и аквакультура, и органическое производство эффективно удовлетворяют как глобальным и государственным запросам, так и потребностям отдельного человека.

Органическая аквакультура нацелена на удовлетворение растущих запросов людей на безопасную, экологичную аквапродукцию в условиях стагнации мирового рыболовства (Jena *et al.*, 2017). Впервые сертификация аквакультурной товарной продукции карповодства была реализована в 1995 году в Германии на соответствие немецкому национальному стандарту (сертификационным органом Naturland). И лишь спустя десятилетие – в 2005 году – IFOAM утвердила окончательный вариант международного стандарта органической аквакультуры.

По данным IFOAM в 2018 общий объем аквакультурной продукции, сертифицированной по органическим стандартам, составляет порядка 400 тыс. т в год (хотя, вероятно, он выше, поскольку некоторые государства с передовой

аквакультурой, как, например, Бразилия, Индонезия, Таиланд не систематизируют статистику по органической аквакультуре). На данный момент около 77 % объема органической аквакультурной продукции производится в Азии, в большей степени в Китае, на долю европейского производителя приходится 22 %. Из числа стран Европы наибольший объем производства демонстрируют Ирландия (41,0 тыс. т, предпочтение по объектам - мидии, устрицы, лосось), Норвегия (преимущественно лосось – 17,2 тыс. т), Румыния (10,8 тыс. т).

По данным IFOAM и отчета «Мир органического сельского хозяйства - статистика и новые тенденции 2021 года» (Willer et.al., 2021) в 2019 году наибольшие объемы производства органической аквакультуры отмечены в странах: Ирландия 27 264 т, Италия 9 608 т, Нидерланды 8 536 т, Испания 7 062 млн т, Болгария 5 004 млн т, Венгрия 2 970 млн т, Румыния 1 493 млн т, Греция 1 267 млн т (Willer et.al., 2021).

Внедрение принципов органического производства в аквакультуру в наиболее развитом виде предполагает совмещение выращивания аквакультурных объектов (рыба, ракообразные, моллюски, водоросли) и растениеводства в пределах единого комплекса сельскохозяйственного назначения («циклической экосистемы») (Шейхгасанов, 2014). Такое производство, при его правильной организации, представляется наиболее экологизированным, поскольку может реализовать естественное сохранение и повышение плодородия вовлеченной в хозяйственный оборот земли, а также отказаться от использования химических удобрений.

Работы над проектами развития производства рыбной продукции методом органической аквакультуры становятся все более популярными, а также привлекательными для инвесторов.

Например, специализированный венчурный фонд в сфере аквакультуры, «Aqua-Spark», который был создан в 2014 году в Нидерландах, одним из первых инвестировал в органические проекты, использующие инновационные технологии и имеющие свои особенности, 7 млн долл., в т.ч. в:

- проект «ChicoaFishFarm» (Мозамбик, 2014 год; объем инвестиций 2,0 млн долл.), представляющий собой экологически чистую, вертикально интегрированную, быстро разворачиваемую линию аквакультурного производства от посадочного материала, кормов до товарной тилляпии. По прогнозам компании, такая технология получения рыбной продукции будет эффективно работать во всех странах Африки южнее Сахары;

- проект «Matorka» (Исландия, 2015, объем инвестиций 2,5 млн долл.), направленный на создание экологически чистого производства арктического гольца (*Salvelinus alpinus*) с получением кормов и конечного продукта на возобновляемых источниках энергии;

- проект «SognAqua» (Норвегия, 2015, объем инвестиций 2,5 млн долл.), предлагающий технологию выращивания палтуса (*Hippoglossus*) с запатентованной системой водоснабжения с интенсивной аэрацией чистой глубинной водой фьордов, что позволяет отказаться от использования химикатов и антибиотиков; с низкими эксплуатационными расходами; с очень низким влиянием на окружающую среду (95 % используемых материалов пригодны для вторичной переработки).

Это связано с тем, что продукция органической аквакультуры весьма востребована уже на данный момент, при том, что само направление органического аквакультурного производства только начинает свое развитие (Branch et al., 2011; Mullon et al., 2015).

В 2017 году исследовательским институтом органического сельского хозяйства (Research Institute of Organic Agriculture, FiBL) и IFOAM впервые была представлена статистика мировой органической аквакультуры. В ежегодном докладе «Мировое органическое продовольственное хозяйство» (FiBL, 2017) мировой объем производства продукции органической аквакультуры был оценен в 400 тыс. т (0,54 % от общего мирового объема производимой аквакультурной продукции по состоянию на 2015 год). Для сравнения это вдвое больше, чем объем всей аквакультурной продукции, производимой в России (Белова, 2014; Нестеренко, 2018).

Рассмотрим мировых лидеров производства органической продукции, так большая часть производится в Китае – 304 тыс. т, что составляет около 80 % от мирового объема производства.

В Европе производится – 76 тыс. т, что составляет более 20%, в том числе: в Ирландии – 31 тыс. т (здесь выращивают семгу *Salmo salar*), в Норвегии производится 17 тыс. т и преимущество отдано также семге, в Румынии производят карпа и семгу - 6,4 тыс. т, в Италии популярные виды: моллюски, лаврак *Dicentrarchus labrax*, черноморский лосось или кумжа *Salmo trutta*, радужная форель *Oncorhynchus mykiss* в количестве 5,5 тыс. т, в Дании производят моллюсков около 4,1 тыс. т, такие объекты как моллюски, лаврак, кумжа, радужная форель производят также в Венгрии – 3,5 тыс. т и Испании – 2,7 тыс. т.

Нерыбные объекты, преимущественно креветок, выращивают другие страны, которые входят в группу крупных производителей: Вьетнам – 3,3 тыс. т, Коста-Рика – 3,2 тыс. т, Индонезия – 1,9 тыс. т, Эквадор – 1,8 тыс. т, Таиланд – 1,5 тыс. т. В меньших объемах производят органическую продукцию в Хорватии – 1,4 тыс. т (моллюски, лаврак), в Греции – 1,1 тыс. т (лаврак), в Германии – 1,0 тыс. т (радужная форель), а также в Гондурасе – 0,6 тыс. т (креветки).

В настоящий момент нет возможности дать оценку производителям Бразилии, хотя эта страна в лидерах по производству моллюсков и креветок, однако сведения по получению органической рыбной продукции в этой стране не собираются или не публикуются. Но возможно, что после опубликования и других данных при уточнении мировой объем производства органической аквакультуры окажется значительно больше.

Известные данные выявляют региональное (страновое) различие уровня развития органической аквакультуры, а также производственную специализацию по объектам органической аквакультуры. Например, органическая продукция составляет 25-30 % от всего объема производимой аквакультурной продукции в Швейцарии. В Европе по органической технологии работают десятки рыбоводных хозяйств, которые производят 12,5 тыс. т лосося, выше приведено 17 тыс. т по Норвегии и 31 по Ирландии, не считая остальных стран, т. е. 8 % общего объема

лосося, добываемого в Европе (Zubiaurre, 2013), именно органическим способом производятся также форель, сибас, лещ, карп, моллюски.

Количество сертифицированных производителей объектов органической аквакультуры постоянно растет (Лыршиков, 2019). Например, только в Китае в 2016 году действовало 200 сертифицированных производителей (Aquaculture market in China 2016-2020, 2016), в Европе – 465 (больше всего в Германии – 160).

Что касается европейских производителей, то они сертифицированы по европейским стандартам, а китайские – преимущественно по национальному органическому стандарту, который отличается от международных стандартов. В настоящее время в мире насчитывается около 1 тыс. производителей объектов органической аквакультуры, и их число имеет выраженную тенденцию к росту.

Китай считается флагманом мирового производства аквакультурной продукции и именно рост масштабов органического производства аквапродукции является одной из ключевых тенденций развития аквакультуры на ближайшую перспективу в этой стране. В Китае производится 60 % общего объема объектов мировой аквакультуры, в том числе рыбной продукции – 26 млн т, моллюсков – 13,4 млн т, ракообразных – 4 млн т и водорослей – 13,3 млн т. Этот объем вобрал в себя 5,12 млн предприятий, что составляет 27 % общего мирового числа предприятий и собственно фермеров, занимающихся аквакультурой (<http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>).

Китайские производители также лидируют по количеству выращиваемых видов, а именно – 540 видов рыб, моллюсков, ракообразных и других беспозвоночных, некоторые виды земноводных и водных рептилий, около 30 видов пресноводных макрофитов, а также десятки видов микроводорослей. Также Китай является мировым лидером в производстве икры ценных и редких видов рыб - осетровых.

Прогнозы экспертов, в результате роста объем рынка аквакультуры Китая в 2020 году составили около 103 млрд долл. – преимущественно за счет роста производства органической аквакультуры и спроса на морепродукты «премиум» категории. Используемые угодья для производства аквакультуры - 400 тыс. га

сельскохозяйственных земель, в следующих провинциях Китая: Чжэцзян, Хайнань, Монгол, Цзянсу, Синьцзян, Ляонин, Хунань, Аньхой, Фуцзянь, Шаньдун. На органических аквакультурных фермах основная технология – выращивание в поликультуре.

Россия имеет огромный потенциал для развития аквакультуры в целом (Мамонтов, 1995; 2010) и особенно перспективно сочетание такого развития с внедрением принципов органического производства, что отражено в том числе в действующей отраслевой программе «Развитие товарной аквакультуры (товарного рыбоводства) в Российской Федерации на 2015–2020 годы», утв. приказом Министерства сельского хозяйства РФ. По мнению некоторых авторов, (Козлов и др., 2017) для того, чтобы раскрыть этот потенциал, необходимо решить отраслевые проблемы, в том числе и общеэкономические: нехватка кормов и сырья для их производства, неэффективные техники кормления, слабая степень автоматизации, низкая производительность труда. Этими причинами, в частности, обусловлена относительно низкая продуктивность российской аквакультуры – в 1,0 т/га/год, что в 2–3 раза ниже среднемировой.

Кроме того, для развития производства органической продукции в России необходимо завершить создание нормативно-правовой базы, в том числе, дождаться вступления в силу базового Федерального закона «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 03.08.2018 № 280-ФЗ и его дополнения подзаконными актами в части определения механизма органической сертификации производителей продукции, а также аккредитации операторов органической сертификации. Примеры соседних стран – Казахстана, Беларуси, - убеждают в том, что при наличии политической воли вопросы нормативно-правового регулирования в органической сфере могут быть решены достаточно быстро.

На основе анализа различных источников информации допущения о соответствии доли органических производств текущей доле органической аквакультурной продукции (0,54 % – IFOAM, 2017), учитывая тенденции последних лет (<https://rosorganic.ru/projects/>), можно с достаточной уверенностью

прогнозировать мировой рост числа органических аквакультурных производств к 2022 году до 100 тыс. предприятий. В этом случае в России число таких производств может достичь 1 тыс. (IFOAM, 2017).

Сертификация органического аквакультурного производства и продукции в России может осуществляться в рамках российской и/или международных систем сертификации. Российская сертификация органического производства будет регулироваться соответствующим законом и нормативными документами, включая ГОСТ Р 57022–2016 «Продукция органического производства. Порядок проведения добровольной сертификации органического производства», ГОСТ Р 56508–2015 «Продукция органического производства. Правила производства, хранения, транспортирования». Стоимость сертификации органического аквакультурного производства будет варьироваться в зависимости от основных фондов и объемов производства, собственно, самого вида сертификации и количества сертифицируемой продукции. Сертификация по российскому стандарту будет стоить от 70 тыс. руб. в год и выше (ГОСТ предусматривает лишь около 70 % требований европейских органических стандартов). Следует отметить, что формальное соответствие продукции российскому стандарту не будет означать ее полного соответствия международным органическим стандартам, но это будет значимой подготовкой к соответствующим процедурам сертификации. Сертификация по международному (европейскому) органическому стандарту через европейского оператора будет стоить от 10 тыс. долл. и более. При всей сложности и затратности многие производители понимают преимущества органической сертификации как способа повышения рыночной конкурентоспособности продукции. Так, Астраханская область, на примере действующих рыбоводных хозяйств, демонстрирует готовность принятия органических форм производства (Пономарев, 2016; Шейхгасанов, 2014).

Информационная и организационная поддержка российских предприятий в решении проблемных вопросов со стороны научных, образовательных и подведомственных учреждений, связанных с сертификацией по международным органическим стандартам, облегчит российским производителям выход на

внешний рынок и позволит увереннее чувствовать себя на нем в условиях жесткой конкуренции.

Таким образом, эффективное развитие органической аквакультуры в России требует решения нескольких типов задач:

- научных (разработка инновационных методик органического производства);
- образовательных (подготовка квалифицированных специалистов);
- экономических (финансовое стимулирование органического производства, поддержка развития малого бизнеса и предпринимательства в сфере органического производства);
- законотворческих (нормативное регулирование).

## **1.2 Использование альтернативных источников протеина как перспективное направление развития производства кормов для аквакультуры**

Исследуя перспективы развития мирового производства кормов для аквакультуры, необходимо основываться на результатах анализа ключевых инновационных технологических и рыночных трендов. Необходимо учитывать, что дефицит, дороговизна, низкая экологичность традиционного сырья – рыбной муки – являются основными лимитирующими факторами при развитии производства кормов для аквакультуры. Отсутствие достаточного количества таких кормов, в свою очередь, ограничивает устойчивое развитие аквакультуры как в России, так и в мире в целом.

Изучив обзор текущего состояния мировой отрасли производства кормов для аквакультуры (и региональной специфики) и, впервые, обзор инновационных технологий производства кормов на основе альтернативных источников белка (на примере проектов передовых аквабиотехнологических компаний), можно условно прогнозировать облик отрасли в среднесрочной перспективе.

Увеличение численности населения Земли, в соответствии с данными ООН (2020) приводит к глобальным демографическим изменениям (<https://www.un.org/ru/un75/shifting-demographics>) и к 2050 году население увеличится на два млрд. чел., ([http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert\\_paper/How\\_to\\_Feed\\_the\\_](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_)

World\_in\_2050.pdf ), что диктует необходимость быстрого развития сельского хозяйства и производства все больших объемов продовольствия.

Интенсивные формы сельского хозяйства (животноводство, птицеводство, аквакультура) основаны преимущественно на использовании кормов. Дефицит кормов может негативно сказаться на темпах роста мирового сельскохозяйственного производства и на эффективности решения существующих и перспективных глобальных проблем устойчивого роста и развития, а также продовольственной безопасности (Connolly, 2016; Пахомова 2017; Нестеренко 2017; 2018; 2019).

В отличие от рыболовства, масштаб которого минимизируется биологическими и экологическими ограничениями ([https://oceanpanel.org/sites/default/files/2019-11/19\\_HLP\\_BP1%20Paper.pdf](https://oceanpanel.org/sites/default/files/2019-11/19_HLP_BP1%20Paper.pdf)), сектор мировой аквакультуры (морской и пресноводной) продолжает уверенный рост. Так, по данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), в период с 2011 по 2016 год ежегодный рост общего производства продукции аквакультуры (без учета водных растений) составил 5,8 процента, достигнув, по оценкам, общего объема производства в 80 млн. тонн (<http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>).

Аквакультура – это будущее сельского хозяйства. Объемы производства продукции аквакультуры в мире за последние 10 лет выросли вдвое и почти сравнялись с объемами традиционного рыболовства. Но если мировое рыболовство не растет уже 20 лет из-за потери биопродуктивности Мирового океана и роста не предвидится, то у аквакультуры потенциал для развития огромен (Никифоров–Никишин, 2019).

Большим стимулом ускорения развития аквакультуры является вероятные увеличение к 2050 г. численности жителей Земли до <9 миллиардов (<http://tass.ru/obschestvo/4357817>), необходимый рост производства продовольствия составит 60% пищи в сравнении с объемами, производимыми в настоящее время.

Главный лимитирующий фактор развития аквакультуры и в России, и в мире – нехватка недорогих, эффективных, экологичных кормов. Главный лимитирующий

фактор развития производства кормов для аквакультуры – дефицит, дороговизна, низкая экологичность традиционного сырья – рыбной муки (Пушкарев, 2019).

### **Мировое производство кормов для аквакультуры**

Общий объем кормов, производимых в мире для сельского хозяйства (животноводства, птицеводства, аквакультуры), по итогам 2016 г. превысил 1 млрд т (<http://go.alltech.com/aquafeedsurveydata>), ежегодный прирост более 1% (<https://www.feedstrategy.com/feed-mill-management/world-feed-panorama-once-again-industry-increases-its-volume/>). Из этого объема на долю кормов для аквакультуры приходится около 4 %, т. е. 40 млн т.

Абсолютным лидером по производству кормов для аквакультуры является Юго-Восточная Азия (Mamaog, 2016) (в первую очередь, благодаря большим объемам производства в Китае) – здесь вырабатывается более половины их мирового объема. Для сравнения: в Латинской Америке производится около 2,88 млн т кормов в год (в том числе рыбных – 2,31, для креветки – 0,57) (<http://ifif.org/uploadImage/2013/10/1/c838a3d3dbb286acb4685f331c1b70241380656385.pdf>), в Европе – более 2,0 млн т, в Северной Америке – около 2,0 млн т, в Африке – около 1 млн т (<http://go.alltech.com/alltech-feed-survey>) (преимущественно в Египте – 0,75 млн т и Нигерии) ([www.wattagnet.com/articles/21889-egypt-leads-african-surge-in-fish-feeds?v=preview](http://www.wattagnet.com/articles/21889-egypt-leads-african-surge-in-fish-feeds?v=preview)).

Мировым лидером по производству кормов для аквакультуры и одновременно крупнейшим их потребителем является Китай. Ежегодно в Китае производится около 17,30 млн т кормов, что составляет около 40 % мирового производства. В то же время китайская аквакультура потребляет 3/4 общего объема кормов, производимых в мире ([www.fish20.org/images/Fish2.0MarketReport\\_FishFeed.pdf](http://www.fish20.org/images/Fish2.0MarketReport_FishFeed.pdf)).

По объемам отраслевого производства кормов вслед за Китаем, с большим отрывом, располагаются такие страны, как Вьетнам (2,80 млн т/год), Норвегия (1,79 млн т/год), Чили (1,24 млн т/год), Индонезия (1,23 млн т/год), Индия (1,16 млн т/год), США (1,00 млн т/год).

Отрасль характеризуется отчетливой региональной специализацией. В Китае производится больше всего кормов для карпа (62 % от объема кормов для

аквакультуры), в Индии, Таиланде, Индонезии – для креветки (66, 42 и 33 % соответственно). Корма для сома в большей степени производятся в США, Вьетнаме, Бангладеш (40, 36 и 35 % соответственно); для форели – в Перу (74 %); для лосося – в Норвегии, Канаде и Чили (94, 86 и 85% соответственно).

В целом ряде направлений производства кормов для аквакультуры Китай лидером не является. Например, 75–80 % мирового производства кормов для лососёвых и форели сосредоточено в Норвегии и Чили ([www.wattagnet.com/articles/26319-aquafeed-production-continues-to-expand](http://www.wattagnet.com/articles/26319-aquafeed-production-continues-to-expand)).

В России, по оценке специалистов Федерального агентства по рыболовству, для аквакультуры производится не более 100 тыс. т кормов, в то время как текущие потребности отрасли превышают 250 тыс. т. Текущий дефицит российских кормов покрывается за счет импорта. По стартовым кормам доля импортной продукции достигает почти 100 %, после резкого снижения стоимости российской национальной валюты затраты на корма, производимые для аквакультуры, достигают иногда 70 % себестоимости продукции.

Следует отметить, что перспективная потребность российской аквакультуры в кормах, при условии достижения целевых показателей государственной программы развития аквакультуры, увеличилась в 2020 г. вдвое – до 450 тыс. т (Пономарев, 2019).

На текущий момент в России производство комбикормов для рыб составляет 23,4 тыс. тонн, в 2020 году произвели в 1,35 раза больше по сравнению с 2019 годом ([http://soyanews.info/news/v\\_2020\\_godu\\_v\\_rossii\\_proizveli\\_23-4\\_tys-tonn\\_kombi\\_kormov\\_dlya\\_ryb.html](http://soyanews.info/news/v_2020_godu_v_rossii_proizveli_23-4_tys-tonn_kombi_kormov_dlya_ryb.html)), а потребность через несколько лет возрастет до 80 тыс. тонн и более (Пономарев, 2019).

Еще 4 крупнейших мировых производителя (бренда) кормов для аквакультуры (исключая Китай) контролируют 35 % объемов мирового производства. Это компании Cargill (штаб-квартира в США), поглотившая в 2015 г. крупного производителя Ewos (Норвегия); BioMar (Дания); Nutreco (Нидерланды); Biomin (Австрия). При этом ни один из крупнейших производителей не контролирует более 12 % глобального производства, рынок высококонкурентный. Другими крупными

мировыми производителями кормов для аквакультуры являются такие компании как Alltech Inc., Aller Aqua, Avanti Feeds Ltd., Beneo, Cermaq ASA, Charoen Pokphand Foods Company Ltd., Dibaq Aquaculture, Guangdong Evergreen Feed Industry Co., Ltd., NK Ingredients Pte Ltd., Norel Animal Nutrition, Nutriad, Nutreco N. V., Tongwei, Ridley Aqua-Feed.

Крупнейшим производителем рыбной муки – традиционного сырья при производстве кормов для аквакультуры – является Перу (контролирует 40 % мирового производства).

**Объем рынка кормов для аквакультуры.** Мировой рынок кормов для аквакультуры оценивается в 57,7 млрд долл. (2012 г.) и, с прогнозируемым ежегодным ростом на 11,4 %, его объем к 2019 г увеличится до 122,6 млрд долл. ([www.transparencymarketresearch.com/aqua-feed-market.html](http://www.transparencymarketresearch.com/aqua-feed-market.html)).

Однако по аналитическим данным базы данных Grand View Research (<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/aquafeed-and-aquaculture-additive-market>) в 2019 году объем мирового рынка кормов для аквакультуры оценивается в 63,8 млрд долл. и, как ожидается, будет расти со среднегодовым темпом роста (CAGR) 4,3% в период с 2020 по 2027 год (Market analysis report, 2020). Согласно такому прогнозу возрастающий спрос на аквакультурную продукцию стимулирует рост отрасли в прогнозируемый период. Ожидается, что рынок будет определяться растущим спросом на побочные продукты животного происхождения, такие как рыбная мука, мука из креветок и мука из кальмаров в кормовых приложениях, особенно в развивающихся странах Азиатско-Тихоокеанского региона, включая Индию, Китай и Вьетнам. Более того, рост в развитых странах можно объяснить постепенным технологическим прогрессом в рецептуре кормов. Такие факторы увеличили спрос на акваорма в больших масштабах (<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/aquafeed-and-aquaculture-additive-market>).

В продуктовом отношении рынок сегментирован по объектам аквакультуры, для производства которых корм предназначен. Крупнейший сегмент (40 % рынка) – это корма для карповых, второй по объему сегмент – корма для тилапии (20 %), далее

следуют корма для ракообразных и лососёвых (в сумме около 20 %), а также для моллюсков, сомов и др. ([www.fi-digital.com/201604/#/4](http://www.fi-digital.com/201604/#/4)).

Эксперты исследовательской организации Transparency Market Research прогнозируют (Kader *et al.*, 2010), что объемы производства кормов для карповых и ракообразных будут демонстрировать наиболее высокие темпы роста. Производство кормов для моллюсков и лососёвых также будет расти достаточно быстро (<https://www.vetandlife.ru/vizh/sobytiya/gotovyy-li-rossijskie-proizvoditeli-k-vypusku-novyh-vidov-kormov-dlya-akvakultury/>).

В географическом плане Азиатско-Тихоокеанский регион является крупнейшим региональным рынком, который составляет 65 % от общего объема и будет продолжать доминировать в связи с быстрым развитием аквакультуры. Второй по величине рынок кормов для аквакультуры – Европа (Kader *et al.*, 2010).

#### **Технологические тренды в производстве кормов для аквакультуры.**

Индустрия производства кормов для аквакультуры готова к радикальным изменениям, считают эксперты (Griffin, 2015; Тимакова, 2020).

Причин для назревших преобразований достаточно много, в общем виде проблему можно сформулировать следующим образом.

Текущее состояние и доминирующая технология производства кормов для аквакультуры, которая основана на «кормлении рыбы рыбой» (т. е. кормами на основе рыбной муки и рыбьего жира), не отвечают целям долгосрочного устойчивого развития мирового сельского хозяйства и серьезно ограничивают развитие аквакультуры (Тасон, 2013).

Во-первых, рыбную муку производят в основном из рыбы, добываемой традиционным рыболовством, т. е. из сырья, которое становится все менее доступным. Лимит биопродуктивности Мирового океана достигнут – человек эксплуатирует 85 % биоресурсов ([www.aqua-spark.nl/why-aquaculture/market/](http://www.aqua-spark.nl/why-aquaculture/market/)) и изымать их сверх этого экологически небезопасно. Это подтверждается, в частности, тем, что объемы рыболовства в мире не растут уже два десятка лет и, вероятно, расти не будут.

Китай, крупнейший в мире производитель продукции аквакультуры, например, «сворачивает» традиционное рыболовство: уже объявлено о планах сокращения до 2021 г. добычи более чем на 1/3 (примерно на 7 млн т в год) с соответствующим сокращением рыболовного флота (на 20 тыс. ед.) и переквалификацией рыбаков, теряющих работу (<http://fishnews.ru/news/30479>).

В России вопрос о перспективах традиционного рыболовства также на повестке дня. По прогнозу научно-технического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года в долгосрочной перспективе рынок продукции морского промысла будет сокращаться (<http://fishnews.ru/news/30386>) и нужно заранее создавать альтернативные формы занятости в прибрежных рыбопромышленных монопрофильных городах и поселках, в том числе путем развития аквакультуры (Котенёв, 2007).

Ограничение предложения на фоне растущего спроса вызывает повышение стоимости. Цена рыбной муки за последние 15 лет выросла в 3 раза ([www.indexmundi.com/Commodities/?commodity=fish-meal&months=180](http://www.indexmundi.com/Commodities/?commodity=fish-meal&months=180)) несмотря на то, что ее содержание в рыбных кормах неуклонно снижалось ([http://www.wri.org/sites/default/files/wrr\\_installment\\_5\\_improving\\_productivity\\_environmental\\_performance\\_aquaculture.pdf](http://www.wri.org/sites/default/files/wrr_installment_5_improving_productivity_environmental_performance_aquaculture.pdf)).

Во-вторых, использование рыбной муки для кормления рыб неэкологично (Тимакова, 2020). Продукция аквакультуры, полученная на основе рыбной муки, в соответствии с правилом биологического усиления (согласно этому правилу, с переходом на каждый трофический уровень происходит по крайней мере 10-кратное увеличение концентрации токсических веществ), может содержать до 10 раз больше вредных веществ, чем продукция, полученная без ее применения (возможна замена рыбной муки животным белком более низкого уровня в трофической цепи, например, планктоном).

В-третьих, собственно использование рыбной муки как пищи для рыб может быть просто расточительным, т. к. на муку перерабатывается рыба, которая участвует в пищевой цепи человека (может употребляться человеком в пищу). Примерно одна треть (30 млн т) ежегодного глобального морского улова перерабатывается всего в 6

млн т рыбной муки и 1 млн т рыбьего жира (Changing the Face of the Waters: The Promise and Challenge of Sustainable Aquaculture, 2007).

В целом затраты кормов для производства товарной продукции аквакультуры могут находиться в ряду наиболее низких в сельском хозяйстве. Так, тилапия может быть выращена с кормовыми затратами в 5 раз меньшими ([www.aqua-spark.nl](http://www.aqua-spark.nl)), чем кормовые затраты при производстве говядины, таким образом конверсия корма для получения 1 кг мяса: говядина – 8,7, свинина 5,9, курятина 1,9, тилапия – 1,6 (рис. 1).

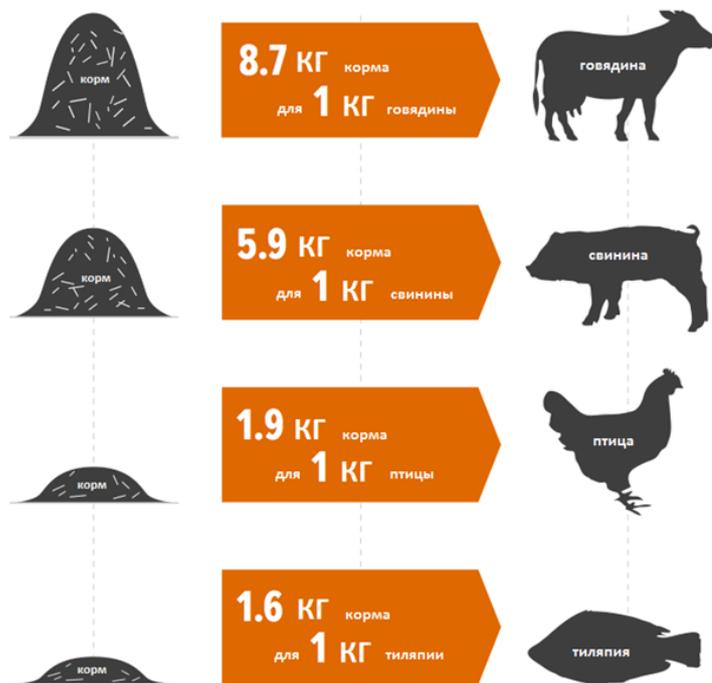


Рисунок 1 – Кормовые затраты при производстве ([www.aqua-spark.nl](http://www.aqua-spark.nl))

Но иногда для производства 1 кг рыбы (например, лосося) приходится тратить от 1 до 3 кг рыбной муки (Griffin, 201), что идет вразрез с принципами устойчивого развития.

Таким образом, в сфере аквакультуры качественные и количественные ограничения традиционной технологии кормопроизводства, основанной на использовании рыбной муки и рыбьего жира, не позволяют обеспечить ни в настоящее время, ни в будущем необходимые темпы развития отрасли, нуждающейся во всём большем объеме кормов, хотя именно на аквакультуру мировое сообщество возлагает задачу адекватного ответа на такие вызовы как рост населения, голод и экологические проблемы (Галюжин, 2008).

В последнее время происходит интеграция критериев экологической безопасности и качества получения товарной продукции в процесс по принятию решения о стратегии в кормлении (Luna, 2019).

Несомненно, что экономическая эффективность производства всегда учитывалась как наиболее значимый фактор при выборе аквакультурных комбикормов. Однако в настоящее время управленческие решения становятся все более сложными с учетом таких вопросов, как экологизация получения товарной продукции и экологическая устойчивость. В связи с этим растет понимание того, что необходима альтернативная и адекватная их замена и отдельных компонентов в частности (Luna, 2019).

### **Производство и доступность кормовых ингредиентов. Инновационные решения в производстве кормов для аквакультуры.**

Среди наиболее перспективных технологических направлений при производстве комбикормов для аквакультуры эксперты называют применение альтернативных источников протеина (Jason Drew, 2012; Castillo-Lopez, 2016; Ferrer Llagostera, 2019; Куркембаева, 2019; Тимакова, 2020;):

- нетрадиционные морские источники (например, морские водоросли и растения, криль, белки одноклеточных организмов – микробов и бактерий);
- не морские нетрадиционные источники (например, насекомые);
- выращивание рыбы для ее последующего использования в кормах;
- инновационные технологии сбора и использования отходов рыбопереработки и др.

Даже крупнейшие мировые производители кормов включились в поиск более эффективных альтернативных источников сырья для производства комбикормов. Например, Nutreco инвестировала 20 млн долл. в принадлежащую ей компанию Skretting для исследования альтернативных источников белка – водорослей, зерновых, насекомых (FishFeed: Market Tensions Create Opportunities for Innovations: FISH 2.0 Market Report), BioMar и Biomin также ведут поиск альтернативных источников сырья для кормов.

Технологические тренды кормопроизводства в сфере аквакультуры в последние десятилетия свидетельствуют о сокращении использования рыбной муки при увеличении содержания растительных и новых (альтернативных) белковых компонентов. Аквакультура обеспечивает продовольственную безопасность во многих регионах мира (Aqua Feed Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2013 – 2019). Рост аквакультуры как экологичной системы сельского хозяйства и растущий спрос на выращиваемую рыбу привели к росту цен на рыбную муку и рыбий жир, используемые в кормлении рыб в последние годы (Ferrer Llagostera, 2019).

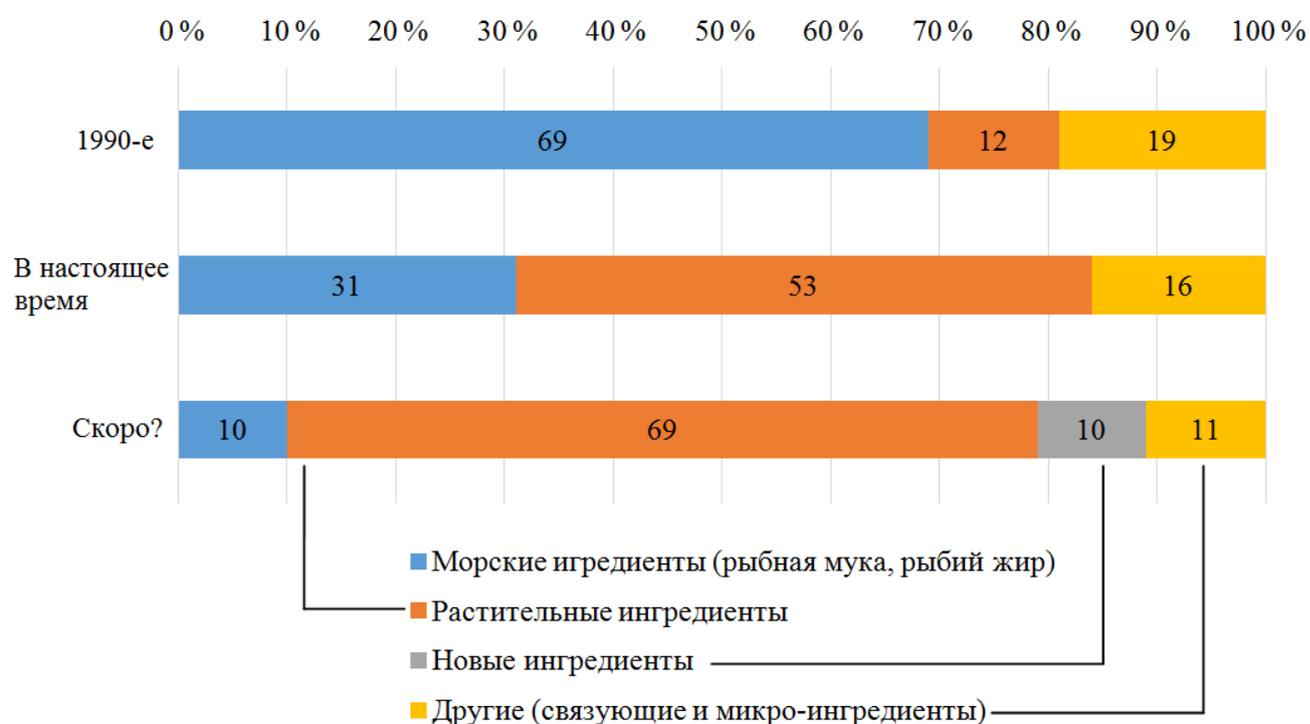


Рисунок 2 – Изменение состава основных компонентов в кормах для аквакультуры ([www.fish20.org/images/Fish2.0MarketReport\\_FishFeed.pdf](http://www.fish20.org/images/Fish2.0MarketReport_FishFeed.pdf))

В дальнейшем можно ожидать сокращения использования в кормах рыбной муки до 10 % при увеличении содержания растительного протеина до 69 %, а новых компонентов – до 10 % (рис. 2).

Динамика и прогноз изменения содержания рыбной муки в кормах для различных объектов аквакультуры представлены на рис. 3.

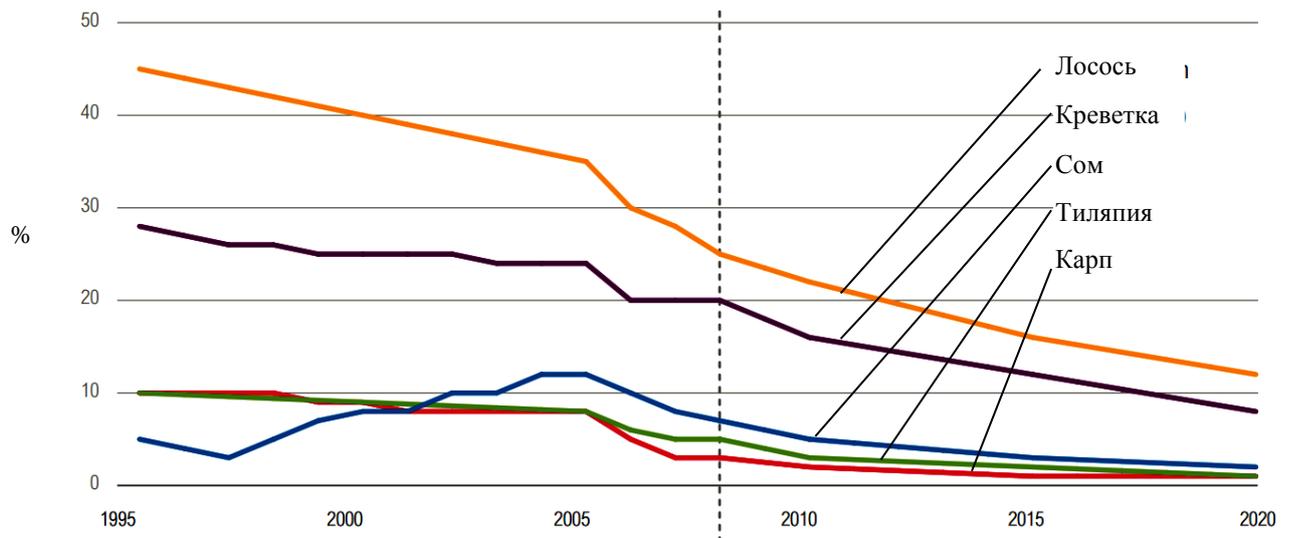


Рисунок 3 – Динамика содержания рыбной муки в кормах для различных объектов аквакультуры, % (Aqua Feed Market: Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2013–2019: Transparency Market Research)

Передовые технологические компании (стартапы), часто небольшие, прорывными решениями «теснят» даже производственных гигантов.

В последние годы цикл разработки инновационных технологий от «идеи» до «продукта» сократился настолько, что стала вполне обычной ситуация, когда на одной рыночной площадке соревнуются в эффективности решения производственный гигант и проектная команда, о которой еще вчера не было ничего известно, и последняя выигрывает (McClure, 2015).

Почему происходит так, что небольшие исследовательские коллективы могут решать задачи быстрее и эффективнее, чем проектные институты или крупные корпорации? Не вдаваясь в детали, обозначим главные черты 4-й технологической эпохи, в которую вступило человечество:

- экспоненциальное развитие знаний, идей и инструментария: доступ к инструментам создания инноваций делает их разработку быстрой;
- совершенствование и развитие инструментов для практического воплощения инновационных решений снижают стоимость изобретения;
- устранение рыночных и производственных барьеров: с появлением сервисов, предоставляющих услуги по всей цепочке поставок (от производителя до потребителя), мировые рынки стали высокодоступными. Благодаря гибким

технологиям зарождаются маленькие и нишевые рынки – масштаб больше не является препятствием для производства и распространения продукции, особенно с развитием «интернета вещей», который формирует миллиарды рыночных каналов продаж для распространения продуктов;

– ускорение морального устаревания технологий: в настоящее время есть возможность выходить на рынок с проектами, которые одновременно лучше, дешевле и в большей степени ориентированы на потребителя, чем у конкурентов (Dan McClure, 2017). Кормопроизводство в сфере аквакультуры на основе прорывных инновационных технологий предлагается реализовывать на альтернативных сырьевых источниках и технологиях их производства, соответствующих критериям устойчивого развития (*sustainable*) (Shawn, 2020).

Далее приведем краткий обзор инновационных решений, которые не просто стали заметными благодаря участию в глобальных технологических конкурсах. Одни из них – уже действующие производства. Другие – пока на начальной стадии реализации, что, однако, не мешает им быть интересными для инвесторов и привлекать многомиллионные инвестиции для развития.

Конкурс «F3: Fish Free Feed Challenge» (<https://herox.com/F3>), поддержанный Всемирным банком, собрал в финале следующие проекты:

– «Agri Protein PTY (LTD)», ЮАР ([www.agriprotein.com](http://www.agriprotein.com)) – действующее производство по переработке органических отходов (*мощность 100 т в день*) при помощи насекомых с производством альтернативного протеина из личинок мухи «черная львинка» (Black Soldier Fly Larvae, *Hermetia illucens*) (Ferrer Llagostera, 2019). Личинок отделяют от переработанных ими органических отходов, стерилизуют и очищают, моют и быстро высушивают. На выходе получают органические удобрения («MagSoil»), протеиновое сырье («MagMeal») и жир («MagOil»). На основе протеина из насекомых разработан корм для радужной форели. В декабре 2016 г. компания выиграла конкурс «Blue Economy Challenge 2016» и получила от правительства Австралии около 170 тыс. долл. ([www.feednavigator.com/Suppliers/Australasia-to-get-20-new-insect-feed-factories](http://www.feednavigator.com/Suppliers/Australasia-to-get-20-new-insect-feed-factories)), а в конце 2016 г. привлекла инвестиций на сумму 17,5 млн долл. ([www.agriprotein.com](http://www.agriprotein.com))

для продвижения технологии на рынках Европы, Африки и Азии. Кроме того, компания «Agri Protein» озвучила планы создания в Австралии 20 производств по переработке 2 млн т органических отходов ежегодно с получением 100 тыс. т протеина из насекомых для использования в производстве кормов;

– «Guangdong Evergreen Feed Industry Co., Ltd.», Китай ([www.evergreenfeedindustry.com](http://www.evergreenfeedindustry.com)) – крупный действующий китайский производитель кормов для аквакультуры. На основе альтернативного сырья разрабатывает корм для тилапии, карпа и ельца;

– «Biomim», Австрия ([www.biomim.net/en/species/aquaculture/feed-efficiency-performance](http://www.biomim.net/en/species/aquaculture/feed-efficiency-performance)) – разрабатывает корма для тилапии и карпа без использования рыбной муки, на основе растительных кормовых добавок – фитодженериков «Digestarom», которые улучшают вкусовые качества кормов, стимулируют аппетит и увеличивают конверсию корма;

– «JAPFA Feeds», Сингапур ([www.japfacomfeed.co.id](http://www.japfacomfeed.co.id)) – действующее крупное производство, разрабатывает корма на основе альтернативного сырья для тилапии;

– «Oryza Organics», Пакистан ([www.oryzaorganics.com](http://www.oryzaorganics.com)) – производит корма для карпа и тилапии без использования рыбной муки, а также корм для форели с частичной заменой рыбной муки соевой;

– «Ridley Aqua-Feed», Австралия ([www.ridley.com.au](http://www.ridley.com.au)) – действующее крупное предприятие по производству традиционных кормов для лосося и альтернативных кормов для креветки «Novacq» с заменой рыбной муки интенсификаторами роста на основе морских микроорганизмов;

– «TomAlgae», Бельгия ([www.tomalgae.com](http://www.tomalgae.com)) – малое предприятие, производящее микроводоросли (в том числе замороженные), а также корма на их основе (как естественного источника жирных кислот Омега-3 и других ценных компонентов) с целью обогащения живых кормов для молоди креветок и рыб;

– «TwoXSea», США – проект по производству кормов для форели, лосося, сельди на основе альтернативного сырья (Leiber, 2015). Рыбная мука и рыбий жир заменяются морскими водорослями, продуктами обработки льна, фисташек и другими ингредиентами. Команда организовала консорциум с компаниями, которые

работают в этом же направлении: «TerraVia», США ([www.algaprime.com](http://www.algaprime.com)) – разработчик инновационной технологии получения жиров Омега-3 из водорослей с применением продуктов сахарного производства; «Alltech», США ([www.alltech.com](http://www.alltech.com)) – разработчик технологии по использованию отходов сельского хозяйства для производства кормов;

– «Enterra Feed Corp.», Канада ([www.enterrafeed.com](http://www.enterrafeed.com)) – действующее предприятие по культивированию насекомых с возможностью переработки в год 36 тыс. т пищевых отходов, с производством 3 тыс. т животного протеина и жира и 3 тыс. т органических удобрений. Технология основана на использовании личинок мухи «черная львинка» (*Black Soldier Fly Larvae, Hermetia illucens*) для получения животного протеина. Мух выращивают на органических отходах, самки откладывают яйца, из которых вылупляются личинки, перерабатывающие отходы в удобрения. После 2-недельного кормления личинок собирают и перерабатывают в устойчивые белковые ингредиенты кормов для животных. В 2014 г. компания привлекла для развития инвестиции в сумме 10 млн долл. ([www.crunchbase.com/organization/enterrafeed#/entity](http://www.crunchbase.com/organization/enterrafeed#/entity)), а всего за 2011–2015 гг. – около 20 млн долл. ([www.enterrafeed.com/2015/06/12/impact-alpha-now-we-know-why-sheswallowed-a-fly-these-insects-feed-fish-that-feed-people](http://www.enterrafeed.com/2015/06/12/impact-alpha-now-we-know-why-sheswallowed-a-fly-these-insects-feed-fish-that-feed-people)).

Финалистами другого известного технологического конкурса в сфере аквакультуры «*Fish 2.0 Competition*» (<http://fish20.org/images/2015%20Finalists.pdf>) стали такие компании, как:

– «Entofood», Малайзия ([www.entofood.com](http://www.entofood.com)) реализует биотехнологию производства белка из насекомых, участвующих в процессе биопереработки органических отходов. Технология основана на использовании личинок мухи «черная львинка» (*Black Soldier Fly Larvae, Hermetia illucens*) для получения протеина животного происхождения (Griffin, 2015);

– «Acadia Harvest Inc.», США ([www.acadiaharvest.com](http://www.acadiaharvest.com)) развивает технологию марикультуры с нулевым влиянием на окружающую среду. Использует в качестве сырья для кормов рыбные отходы и остатки переработки некоторых специфичных объектов (в том числе устриц). Разрабатывает корма без использования рыбной

муки. В 2016 г. компания привлекла инвестиции в объеме 0,3 млн долл. ([www.crunchbase.com/organization/acadiaharvest#/entity](http://www.crunchbase.com/organization/acadiaharvest#/entity));

– «SabpTech Inc.», Канада ([www.sabrtech.ca](http://www.sabrtech.ca)) позиционирует себя в качестве производителя первой в мире модульной, масштабируемой, быстро разворачиваемой платформы для производства биомассы из водорослей для аквакультуры (для очистки воды и производства кормов), получения топлива, нутрицевтиков, химии и косметики на базе грузовых (морских) контейнеров;

– «Swiss Alpine Fish AG», Швейцария ([www.swisslachs.ch/en/about-swiss-alpine-fish](http://www.swisslachs.ch/en/about-swiss-alpine-fish)) – органическое производство лосося с использованием собственных органически сертифицированных кормов; отходы утилизируются с получением биогаза и генерацией электроэнергии для собственных нужд.

Помимо технологических конкурсов известны инновационные компании, которые создают новый облик кормопроизводства в сфере аквакультуры, рассмотрим достижения таких компаний:

– «Ynsect», Франция ([www.ynsect.com](http://www.ynsect.com)) – новая технологическая компания, которая привлекла в 2014–2016 гг. в общей сложности 37 млн долл. ([www.demeter-partners.com/en/ynsect-the-global-leader-in-the-mass-scale-breeding-of-insects-for-the-animal-feed-markets-announces-that-it-has-closed-a-15-2m](http://www.demeter-partners.com/en/ynsect-the-global-leader-in-the-mass-scale-breeding-of-insects-for-the-animal-feed-markets-announces-that-it-has-closed-a-15-2m)) на создание крупнейшего в мире производства животного протеина из насекомых. Технология предусматривает использование и переработку отходов органического происхождения (пищевых отходов, отходов агропромышленного сектора) большим мучным хрущакom (*Tenebrio molitor*). Разработана технология обработки биомассы насекомых с отдельным сбором протеина, жиров и хитина. В 2014 г. во французском биокластере «Генополис» начато строительство пилотного, полностью роботизированного производства;

– «Calysta», США ([www.calysta.com](http://www.calysta.com)) – биотехнологическая компания, которая привлекла более 30 млн долл. инвестиций 2,0 млн долл. в 2015 г. от венчурной компании «AquaSpark», Нидерланды (Gunther, 2015) и крупного производителя кормов «Cargill Inc.» (<http://impactalpha.com/aquaspark-investing-in-aquaculture-for-a-protein-hungry-planet>). Компания разрабатывает технологию

производства корма «Feed Kind» на основе белковой массы, которую продуцируют микроорганизмы, потребляющие метан (Shawns, 2020). Эта масса позиционируется как эффективная замена рыбной муки. В январе 2016 г. анонсировано строительство объекта аквакультуры для тестирования кормов на севере Англии;

– «Nutrinsic», США ([www.nutrinsic.com](http://www.nutrinsic.com)) – биотехнологическая компания, которая создала производство протеина (микробный белок) на основе переработки отходов пивоваренного производства и использует полученный протеин для замены рыбной муки в производстве кормов для аквакультуры и животных кормов под маркой «ProFloc» ([www.wattagnet.com/articles/22580-nutrinsic-developing-feed-from-beer-making-waste](http://www.wattagnet.com/articles/22580-nutrinsic-developing-feed-from-beer-making-waste)). В 2013–2015 гг. компания привлекла в проект более 32,5 млн долл. инвестиций ([www.crunchbase.com/organization/nutrinsic#/entity](http://www.crunchbase.com/organization/nutrinsic#/entity)). Корма тестируются и пока не выведены на рынок;

– «KnipBio», США ([www.knipbio.com](http://www.knipbio.com)) – биотехнологическая компания, разрабатывающая технологию производства альтернативного протеинового сырья из одноклеточных микроорганизмов (Einstein-Curti, 2017) для аквакультурных кормов с каратиноидами (Tlusty, 2017; Hardy, 2018; Shawn WJones, 2020). В рамках научных исследований полученные объемы произведенного сырья измеряются килограммами, однако компания ставит целью создать производство, способное вырабатывать в год до 150 тыс. т альтернативного протеина, так как именно эта добавка KnipBio может заменить 55% рыбной муки в рационе питания лососевых без риска (Tlusty, 2017; Shawn WJones, 2020) и 10% соевого шрота в рационе форели (Hardy, 2018; Shawn WJones, 2020).

Новые проекты производства кормов для аквакультуры в Европе, соответствующие критериям устойчивого развития, активно поддерживаются государственными программами в рамках научных исследований, например, «Horizon 2020» (<http://www.aquafeed.com/news/headline-news-article/6928/EU-investing-in-sustainable-aquaculture-feeds-and-technology/>):

– «Wisefeed» – проект по разработке кормов на основе растительного и животного белка с заменой традиционной рыбной муки. Основан на глубоком

изучении метаболизма выращиваемых рыб. Координатор проекта – Ivar Ronnestad, Университет Бергена (University of Bergen), Норвегия;

– «Nemaqua» – проект по разработке живых кормов для аквакультуры, нацеленный на поиск эффективной замены дефицитного и дорогого сырья – артемии салина (*Artemia salina*). Уже разработана рецептура корма с использованием нематод, которая демонстрирует результаты при кормлении креветки. Координатор проекта – Matthias Nolting, Германия;

– «In Direct» – европейский исследовательский проект, представленный консорциумом в составе европейской исследовательской организации VITO, Университета Пармы (University of Parma), промышленных компаний («Nutrition Sciences», «Millibeter», «Improve», «Chemstream», «Proti-Farm») и др.; получил финансирование в размере 2,2 млн долл. на разработку технологии вторичного использования и утилизации отходов (в том числе сельского хозяйства) насекомыми (Leen, 2016). Насекомые, в свою очередь, будут перерабатываться с отдельным получением протеина, жиров и хитина. В рамках проекта будет дана научная оценка аспектов безопасности и потенциала для применения продуктов, полученных из насекомых, в различных секторах, включая производство кормов, продуктов питания и химии.

Очевидно, что индустрия производства кормов для аквакультуры готова к радикальным изменениям, которые будут связаны с последовательным отказом от использования рыбной муки в кормах и ее заменой альтернативными источниками белка.

В исследовательский поиск эффективной альтернативы уже включились и крупные мировые производители аквакультурных кормов и небольшие инновационные компании. Научные исследования и инновационные разработки в этой сфере находят поддержку правительств многих государств, международных организаций, частных инвесторов (<http://www.ipiff.org/our-members>).

В среднесрочной перспективе рынок кормов для аквакультуры ожидают большие изменения, связанные с практической реализацией инновационных технологий кормопроизводства на основе альтернативных источников протеина из

насекомых, водорослей, бактерий и др. (Mancuso, 2016; Ferrer Llagosteraab, 2019). И этот факт с необходимостью должен учитываться в стратегии развития отечественного кормопроизводства для того, чтобы иметь даже самую возможность конкурировать на глобальном рынке через несколько лет.

Из приведенного обзора инновационных решений среди наиболее перспективных направлений технологий при производстве комбикормов для аквакультуры следует отметить применение альтернативных источников протеина (Дворянинова, 2019; Пономарев, 2021).

Технологические форсайты кормопроизводства в сфере аквакультуры в последние десятилетия свидетельствуют о сокращении использования рыбной муки при увеличении содержания растительных и новых (альтернативных) белковых компонентов (Desai *et al.*, 2012, Тимакова, 2020).

Производство кормов - одно из направлений аквакультуры, готовых к быстрому разворачиванию инновационных решений.

Сама аквакультура, хотя и является самой быстрорастущей отраслью сельского хозяйства, но именно нехватка недорогих, эффективных, экологичных кормов была и останется главным лимитирующим фактором ее развития как в России, так и в мире в целом. Текущий дефицит кормов в российской аквакультуре (более 100 тыс. тонн в год) покрывается за счет импорта, но перспективный дефицит кормов в несколько раз выше – 400-500 тыс. тонн в год через несколько лет (<http://go.alltech.com/alltech-feed-survey>).

В 2020 году в России произвели 3,6 тыс. тонн кормов из рыбы, в этом же году по сравнению с 2019 годом объем производства кормов из рыбы сократился на 10,0% ([http://soyanews.info/news/v\\_2020\\_godu\\_v\\_rossii\\_proizveli\\_3-6\\_tys-tonn\\_kormov\\_iz\\_ryby.html](http://soyanews.info/news/v_2020_godu_v_rossii_proizveli_3-6_tys-tonn_kormov_iz_ryby.html)).

В 2020 году произвели комбикормов для рыб 23,4 тыс. т, в первые пять месяцев 2021 года объем производства увеличился в 1,4 раза по отношению к аналогичному периоду 2020 года ([http://soyanews.info/news/v\\_rossii\\_%20prodolzhaet\\_rasti\\_proizvodstvo\\_kombikormov\\_dlya\\_ryb.html](http://soyanews.info/news/v_rossii_%20prodolzhaet_rasti_proizvodstvo_kombikormov_dlya_ryb.html)).

Нарастающий дефицит и экологическая «расточительность» и пользования рыбы в качестве сырья для производства кормов – вот главные причины для больших изменений кормопроизводства для аквакультуры (Luna, 2019).

Эти изменения основаны на использовании альтернативных источников сырья (АИС) - протеина и жира - в кормах для аквакультуры (Shawn WJones, 2020), что прямо соответствует «карте» перспективного развития рынка «ФудНет» Национальной технологической инициативы (НТИ) (<http://www.nti2035.ru/nti/>). Наряду с Фондом содействия инновациям НТИ является одним из наиболее прогрессивных инструментов технологического развития России и, в частности, является одним из инструментов реализации задач прогноза научно-технического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации до 2030 года. Перспективные направления агротехнологий сосредоточены в направлении («дорожной карте») «ФудНет» НТИ (<http://docplayer.ru/40648851-Nationalnayatehnologicheskaya-iniciativa-koncepciya-dorozhnoy-karty-razvitiya-rynka-fudnet.html>), в их числе: современная селекция, альтернативные источники сырья, точное земледелие, органическое земледелие (<http://www.nti2035.ru/markets/foodnet>). «Логика» НТИ – это логика «disruptive» технологий – «подрывных» технологий, инноваций, «ломающих» традиционные рынки в любой сфере, и созданных на их основе новых продуктов, которые уже начали (или начнут в ближайшие годы) массовую «экспансию» на рынках (Кузнецов, 2017). В силу своих более высоких потребительских качеств (стоимость, экологичность, польза) они начнут быстро вытеснять привычные, доминирующие на рынках технологии и продукты.

Аквакультура как наиболее инновационноёмкая отрасль сельскохозяйственного производства (Никифоров-Никишин, 2018; 2019) является благоприятным пространством для реализации таких «подрывных» технологий. Новые технологии производства альтернативных источников протеина (АИП), в которые в прошедшее десятилетие были инвестированы сотни миллионов долларов, уже «материализуются» в виде действующих производств протеина и жира из насекомых, водорослей, бактерий. Корма для аквакультуры на основе АИП

уже начали экспансию на рынке (Shawn W Jones, 2020). В качестве примера новой «производственной» реальности можно привести производства протеина из насекомых. Если 10 лет назад работали единицы таких производств, то в 2016 году их было не менее 40, а через 5 лет объёмы производства будут исчисляться сотнями тысяч тонн альтернативного протеина в год (<http://www.thefishsite.com/fishnews/28991/alternative-protein-project-grows-wings/>). Новые предприятия уже проектируются роботизированными и почти автономными, что позволит сильно снизить себестоимость и обеспечить конкурентную цену продукции.

Необходимо отметить, что интенсивные методы выращивания объектов аквакультуры предполагают высокие плотности посадки, а значит возрастает потребность в таком корме, чтобы рыба при минимальных затратах энергии получала полноценный корм, набирая массу и прирост при минимальном содержании жира (Daniel, 2019).

В связи с этим необходимы комбикорма, обеспечивающие потребности рыб в основных элементах, нутриентах, витаминах и микроэлементах для сбалансированной и здоровой диеты; оптимально сбалансированные по соотношению белков/жиров для здорового роста особей, но с высокой перевариваемостью корма для снижения уровня загрязнения воды в рыбоводных емкостях (Пономрев и др., 2021).

Кормовые ингредиенты, используемые для производства аквакорма, делятся на три большие категории в зависимости от источника их происхождения: животного, растительного и микробиологического. Рассматривая нынешние тенденции и трудности использования кормовых ингредиентов, таких как рыбная мука и рыбий жир, а среди субсекторов животноводства аквакультура является самым крупным потребителем именно рыбной муки и рыбьего жира (уровень колеблется от 10% до 65%), кормовой сектор аквакультуры проводит многочисленные исследования, посвященные проблеме снижения зависимости потребителей от рыбной муки (<http://www.fao.org/3/i2727r/i2727r03.pdf>). Эти исследования позволяют получить более глубокие знания о потребностях в питании культивируемых объектов и о технологии переработки сырьевых

материалов в более приемлемые кормовые добавки (Пономарев, 2019, Мишуров, 2020).

В исследованиях проблемная ситуация формулируется следующим образом: существует необходимость создания корма на основе биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем. При прудовом выращивании во время спуска молоди осетровых из выростных прудов в Волгу сбрасывается большое количество ценных кормовых организмов – биомасса растительного и животного планктона. Существует возможность сбора и переработки этого ценного кормового сырья для приготовления комбикорма с высоким продуктивным действием. Разработанные на ее основе комбикорма позволяют заменить рыбную муку и дефицитные кормовые дрожжи, могут быть использованы при выращивании осетровых, карповых и ракообразных.

Традиционные рецептуры для карповодства, например, применяемые для кормления сеголетков карпа массой от 1 до 50 г отечественные комбикорма АК-1КЭ или его современные аналоги, состоят из следующих компонентов: мука рыбная, мясокостная, дрожжи, соевый шрот, масло растительное, премикс, дикальций фосфат (Гамыгин, 2004; Пономарев, 2015).

Для кормления более крупного карпа, от 50 г до товарной массы, используют экструдированный производственный комбикорм АК-2КЭ или его современные аналоги (Фаритов, 2016), что обеспечивает оптимальную эффективность (Захаров, 2010). При этом размер гранул (крупки) должен соответствовать массе выращиваемой рыбы (Гамыгин, 1989; Пономарев, 2015).

Производственные комбикорма включают широкий спектр сухих кормовых компонентов различного происхождения, так, в составе комбикормов для выращивания карпа на теплых водах, используются в кормах: мука рыбная, мясокостная и травяная, дрожжи, различные шроты из сои и подсолнечника, пшеница, ячмень, овес, кукуруза, сухой обрат и пшеничные отруби, фосфат органический, мел, соль поваренная, меласса, витаминные добавки и пробиотики.

Российские комбикормовые заводы для выращивания товарного карпа в прудах производят аналоги комбикормов в виде гранул на основе известных

рецептов 110-1 (для сеголеток) и 111-1 (для двухлеток и трехлеток). Комбикорма рецептур 110-2, 111-3, 112-1 предназначены для выращивания товарного карпа в индустриальных хозяйствах и получения крупных (до 100,0 г и более) сеголетков в прудовых хозяйствах с высоким уровнем интенсификации, состав энергетически сбалансирован по содержанию жира, за счет повышенного количества энергии снижается расход комбикорма на единицу прироста при сохранении высокого темпа роста объекта (Щербина, 2006; 2008). Многие комбикорма, рекомендуемые для зимнего содержания, гарантируют устойчивое физиологическое состояние рыбы при высокой резистентности во время зимовки (Розумная, 2019).

Рассмотрим в качестве примера рецепт одного из таких комбикормов, состоящего из следующих компонентов: соевый шрот, рыбная мука, порошковый гемоглобин, пшеница, полножирная соя, рыбий жир и растительное масло, витамин В<sub>4</sub>, монокальцийфосфат, премикс; питательная ценность такого комбикорма составляет в %: протеин – 30,0, жир – 12,0, зола – 10, клетчатка – 5,0, калорийность – 16,8 МДж/кг. Для справки по описанию корма: основу корма составляет рыбная мука. Корм имеет низкую долю гидрата угля и содержит около 5 % крахмала.

По нашему мнению, присутствие животного гемоглобина будет способствовать накоплению содержания сахара в крови, но этот процесс медленный, что исключает диабетическое состояние рыбы. Витамины и минеральные вещества соответствуют оптимальным кормопсихологическим потребностям карпа. Высокое содержание протеина и среднее содержание жира - показатели качества откормленной рыбы. Однако все же из характеристик представленного корма следует, что его прямое назначение - сельскохозяйственные животные.

Многие производители комбикормов для лососевых, карповых и осетровых вводят в состав рецептур животный гемоглобин, более того, отмечают синергетическое взаимодействие порошкового гемоглобина с перьевой мукой.

Тем не менее, не принимая во внимание теорию комплементации, смешение кормовых компонентов может также привести и к антагонистическому

взаимодействию между составляющими, что в результате ухудшает их усвояемость.

По мнению ряда ученых (Щербина, Гамыгин, 2006) кровяная мука, содержащая порошок гемоглобин, является источником гистидина, предшественника гистамина, образующегося в результате биосинтеза. Гистамин же, будучи медиатором аллергических реакций немедленного типа, образуясь в организме в избыточных количествах, может приводить к неблагоприятным эффектам иммунного характера.

Особенные опасения вызывает возможный в результате длительного кормления кумулятивный эффект упомянутого соединения. После того, как вещество накопилось в организме, происходят процессы, усугубляющие физиологическое состояние объектов выращивания. Более того, накопление приводит к воспалительным и аллергическим реакциям. Такой процесс недопустим при товарном выращивании, где на выходе должна быть качественная продукция, отвечающая потребительским требованиям (Щербина, Гамыгин, 2006).

Также нужно отметить, что замена рыбной муки в количествах от 5% до 15% на эритроцитарную (Przybył, 2006) не улучшает качество выращивания молоди карповых рыб.

Итак, вышеперечисленные вредные вещества снижают эффективность усвоения питательных веществ и отрицательно сказываются на физиологическом состоянии рыб. По нашему мнению, в связи с этим использование комбикормов, содержащих вышеперечисленные компоненты, неприемлемо.

Тем не менее, наиболее широко в технологии культивируемых в Европе видов рыб кормят именно комбикормами с использованием кровяной муки (распыленный высушенный гемоглобин) (<https://aquafeed.ru/node/55>) в качестве основного материала, дополнительно включая смеси различных побочных продуктов животного происхождения (вторичные источники белка). Распыленный высушенный гемоглобин – это используемое сырье в виде цельной крови из забитых на бойне животных, мясо которых годно для употребления человеком. Кровь охлаждают, а затем посредством центрифуги разделяют на плазму и

красные кровяные тельца. Фракцию красных кровяных телец (гемоглобин) затем высушивают посредством распылительной сушки, чтобы получить сухой (<5% влаги) гемоглобиновый порошок. Перед отгрузкой продукт окончательно охлаждают и пакуют в мешки.

При выращивании в прудах для кормления сеголетков, двухлеток, трехлеток, производителей рыб используются комбикорма, питательная ценность которых определяется с учетом естественной кормовой базы, рецептура составлена таким образом, чтобы добрать недостающие естественные кормовые организмы вследствие уменьшения их количества в прудах или дефицита возобновляемой популяции кормовых организмов из-за отсутствия интродукции таковых.

Так, для двухлетков, трехлетков карпа применяют аналоги комбикорма ПК-Вр в виде гранул диаметром 4,5 мм, включающий в состав (%): рыбную муку – 2, мясокостную муку – 1, травяную муку – 4, пшеничную муку – 12, дрожжи кормовые (гидролизные) – 4, пшеницу дробленую – 9,5, ячмень дробленый – 24, соевый шрот – 18, подсолнечный шрот – 25, витаминный премикс – ПМ-2 – 0,5. Комбикорм содержит протеин – 23 %, жир – 3 %, клетчатку – 6 %. Затем производителям задается комбикорм с большим размером гранул, такой, как ВПК-4, с диаметром гранул 6-9 мм, который содержит (%): соевый шрот – 13, подсолнечниковый шрот – 5, льняной шрот – 8, пшеницу – 45, растительное масло – 1, рыбную муку – 10, мясокостную муку – 1, дрожжи гидролизные – 5 (Пономарев и др., 2016).

Для карпа установлены частота и норма кормления, которые в промышленных условиях отличаются от таковых в прудовых условиях при полуинтенсивном режиме (Marković, 2012).

Кормление в промышленных условиях молоди до массы 10 г осуществляют через каждый час, свыше 10 г – не менее 10 раз в сутки. Количество кормлений сокращается при понижении температуры воды – при температуре 20-24 °С – до 6 раз, при 14-20 °С – до 4 раз, при 8-14 °С - до 2-3 раз в день. Суточная норма кормления устанавливается в зависимости от массы тела и температуры воды. Так, суточная норма кормления особей массой 250-500 г продукционным кормом 16-80

составляет 2, 3, 4, 4,5 % от массы тела при температуре воды 21, 24, 27, 30 °С соответственно (Пономарев 2015).

Режим кормления в прудовых условиях рыб массой от минимальной 50 г до 1000 г устанавливается в зависимости от массы и температуры воды, которая в прудах в весенне-летний период составляет 15-28 °С, в осенне-зимний период – до 11-12 °С.

Необходимо отметить, что в начале кормления при температуре 8-10 °С норма комбикорма ВПК-4 составляет 0,5% к массе рыб, затем при повышении температуры на 2 °С норму корма увеличивают на 0,25 %. При повышении температуры воды до 20 °С, рацион увеличивают на 4 %, при понижении – до 11-12 °С, норму кормления уменьшают до 0,5-1 %.

Традиционный набор компонентов и новые решения расширяют линейку, применяемых в аквакультурном бизнесе комов. Производители комбикормов предлагают препараты, которые благотворно влияют на организм и обладают пролонгирующим действием, повышая сопротивляемость болезням, увеличивая иммунитет, повышают выживаемость и производительность, в общем контексте обеспечивая факторы, которые делают аквакультуру устойчивее (Щербина, 2016).

Так, в аквакультуру из других направлений сельского хозяйства пришло понятие «пробиотик». Использование пре- и пробиотиков является перспективным в ветеринарии, зоотехнии и тд. (Волков, Тухбатов, 2006; Антипов, и др., 2011; Vine, 2004).

Более ста лет назад Elie Metchnikoff (Underhill *et al.*, 2016) утверждал, что микробное сообщество желудочно-кишечного тракта увеличивает резистентность организма, Лиллей и Стилвелл (<http://aquavitro.org/2012/06/01/probiotiki-v-akvakultivirovanii/>) более 55 лет назад предложили понятие пробиотика, выделяемого микроорганизмами, и описали его функциональные возможности, в том числе как стимулятора устойчивости организма в определенных дозах (FAO/WHO, 2006) .

В то же время биологически активные добавки (БАД) к продуктам питания обогащают рацион человека, обеспечивая организм пластическим и

энергетическим материалом (Рожкова, 2020; 2021). Функциональные возможности направленного действия оптимизируют различные реакции, снижают риски возникновения заболеваний, поэтому активные добавки также включают в понятие пробиотик (Rask *et al.*, 2012).

Однако, пробиотики в отличие от пребиотиков, которые направлены на одну группу кишечных микроорганизмов (Vasilev, 2013; Какимов и др. 2016), многофункциональны и играют важную роль в усвоении питательных веществ, предотвращают инфекционные заболевания (Nawaz *et al.*, 2018; Balca'zar *et al.*, 2004) и повышают иммунитет (Balca'zar *et al.*, 2004).

Ключевая стратегия развития применения пробиотиков в аквакультуре заключается в формировании бионормативов по использованию дозировок (Nawaz *et al.*, 2018) пробиотиков при выращивании объектов, а именно согласно Директивы Совета 70/524/ЕЕС разрешенных в аквакультуре: *Bacillus cereus var. Toyoi*; *Bacillus licheniformis*; *Bacillus subtilis*; *Enterococcus faecium*; *Lactobacillus casei*; *Lactobacillus farciminis*; *Lactobacillus plantarum*; *Lactobacillus rhamnosu*; *Pediococcus acidilactic*; *Saccharomyces cerevisiae*; *Streptococcus infantarius*, большую долю которых составляют молочнокислые бактерии (Ushakova *et al.*, 2015).

Необходимо консолидировать данные по применению пробиотиков, представленных на рынке, более того, вести реестр о появляющихся новых данных для включения в рекомендации для предприятий аквакультурного бизнеса для производства безопасной товарной продукции лучшего качества с высокой эффективностью (Ткачева, 2017).

Более того, необходимо в реестре предусмотреть концентрации введения пробиотиков как непосредственно в среду содержания, так и в рецептуры комбикормов для борьбы с инфекционными заболеваниями для ценных и перспективных объектов аквакультуры на различных этапах онтогенеза (Котова и др., 2012). В контексте развития органической аквакультуры применение пробиотических веществ становится актуальной альтернативой лечению антибиотиками (Irianto, 2002; Романова и др., 2018). В условиях экологизации

отрасли и ограничительных мер применения антибиотиков при организации органической аквакультуры успешные методы лечения объектов аквакультуры необходимо популяризировать, так как применение лечебных кормов на основе антибиотиков становится затруднено, так как во время болезни рыба не проявляет обычной активности по отношению к комбикорму (Романова, 2017).

Для поддержания стабильных процессов по адаптации объектов аквакультуры: для молоди осетровых применяют лактобациллин по схеме 0,2-0,4 %, что влияет на снижение кормового коэффициента, тем самым повышает эффективность выращивания (Абросимова, 2006), например, для повышения жизнестойкости личинок карповых в возрасте 10 дней применяют аквапурин по схеме 300 мкл/0,5 кг корма каждый день 1 раз/сут на протяжении 12 суток (Старцева, 2016), введение пробиотика BS 225 увеличивает темп роста сеголеток осетровых в количестве 10 мкл/кг массы (Морузи и др., 2014), для производителей осетровых введение пробиотического препарата ферм-КМ в дозе 6,5 г/кг корма улучшает характеристики производителей (Жандалгарова, 2017), добавление споротермина 4 г/кг в комбикорм для клария повышает устойчивость у самок к стресс-факторам условий содержания (Романова, 2020), при этом является стимулятором роста и продуктивности производителей, повышает антиоксидантную защиту, тем самым повышая резистентность организма клария (Спирин, 2020), применение в составе продукционных комбикормов пробиотика на основе препарата *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* увеличивает устойчивость к стресс-факторам (Romanova *et al.*, 2020), при кормлении производителей тилляпий с введением 20 г/кг комбикорма *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* во время нереста улучшается качество потомства, повышается жизнестойкость (Аблеев, 2018), пробиотическая активность по борьбе с сапролегниозом (*Saprolegnia parasitica*) отмечена у пробиотических веществ *Aeromonas media* (A199) (Lategan, 2003) и *Bacillus subtilis* (Пронина, 2018), у радужной форели и лососевых повышается устойчивость к фурункулезу, вызываемому возбудителем *Aeromonas salmonicida*, при кормлении комбикормом с добавкой пробиотика из *Lactobacillus* - 109 кл./г-1 и *Enterococcus* - 1012 кл./г-1, также у речного угря, зараженного

*Edwardsiella tarda* снижается смертность если в комбикорме присутствует *Enterococcus faecium* (штамм SF68) (Nikoskelainen *et al.*, 2001; Chang and Liu, 2002).

Накоплен определенный опыт применения пробиотиков и для ракообразных, в частности для тигровых креветок *Penae* (Phianphak, 1999; Alavandi, 2004; Gullian, 2002, 2004). Так, при внесении в комбикорма пробиотического препарата *Bacillus* S11 у тигровых креветок увеличивается жизнестойкость потомства (Rengpipat *et al.*, 1998; 2000), при скармливании комбикорма с пробиотическим концентратом из *Lactobacillus* у молоди повышается резистентность и выживаемость, по данным Vaseeharan (2003) у поэтапно зараженных патогеном *Vibrio Harveyi* тигровых креветок после лечебных ванн с пробиотиком *Bacillus subtilis* BT23 в дозе 107кл/мл–1 выживаемость увеличилась до 90%, лечебные ванны с пробиотическими препаратами *Vibrio P62*, *Vibrio P63*, *Bacillus P64* в течение часа без водообмена повышают сопротивляемость к *Vibrio Harveyi*, применение *Saccharomyces cerevisiae* в дозе 2,5 г/кг обеспечивает устойчивость к микробной флоре, оптимизирует процесс акклиматизации (Devi, 2019), устойчивость к патогенной ржаво-пятнистой болезни повышает *Bacillus subtilis*, добавленный в рацион при кормлении ракообразных (Пронина, 2018).

Таким образом, эффективные пробиотики в качестве добавок к основным компонентам корма обладают большим потенциалом для улучшения физиологического статуса и резистентности к воздействию инфекционных агентов выращиваемых объектов и, соответственно, общей эффективности культивирования (Hansen, 1999).

### **1.3. Урбанизированное сельское хозяйство (сити-фермерство), как основа повышения уровня продовольственной безопасности городов и перспективное направление применения технологий аквакультуры**

Исследуя перспективы развития агропроизводства в рамках мирового урбанизированного направления сити-фермерства на основе анализа ключевых инновационных технологических и рыночных трендов, отметим, что тенденции к

сокращению объема плодородных земель, исчерпанию ресурсов экосистем, в том числе ресурсов Мирового океана, негативные последствия изменений климата являются основными лимитирующими факторами при развитии традиционного сельскохозяйственного производства и перспективного обеспечения продовольствием растущего населения планеты.

Отдаленность территорий с массовым производством пищевых продуктов от массовых рынков приводит к образованию значительных объемов отходов (потерь пищевых продуктов) в цепочке поставок при снижении качества продуктов и повышении их стоимости.

Рост численности населения мира, все большая концентрация населения в городах на фоне изменения потребительских предпочтений в сторону приоритета «здоровой», «натуральной», «органической» пищи, с особой остротой поднимают такие вопросы, как развитие дополнительной и/или альтернативной системы бесперебойного снабжения или самообеспечения городов продуктами питания и обеспечение перспективной продовольственной безопасности (<http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Russian.pdf>).

Развитие технологий урбанизированного агропроизводства (сити-фермерства) как совокупности инновационных, высокоэффективных агропрактик производства пищи в условиях города может повысить уровень продовольственной безопасности городов за счет расширения доступности пищи как в количественном, так и в качественном отношении.

Развитие сити-фермерства должно рассматриваться в общей перспективе развития мирового сельского хозяйства, а именно с точки зрения происходящего перехода к высокотехнологичной стадии развития («AgTech») на основе инновационных технологий, обеспечивающих этот переход.

Численность мирового населения продолжает расти и к 2050 г. для обеспечения 9,8 млрд жителей планеты (<http://tass.ru/obschestvo/4357817>) нужно будет производить пищи на 60% больше (Руткин и др., 2017), чем её производится в настоящее время ([https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/docs/AT\\_2050\\_revision\\_summary.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/docs/AT_2050_revision_summary.pdf)).

Однако уже сегодня проблема голода является насущной для 815 млн жителей Земли (<http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=57526#.Wfcrj2i0OUk>), кроме того, Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО, Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO) прогнозирует замедление темпов роста традиционного сельскохозяйственного производства с текущих 1,5% до 2% в год в следующем десятилетии (<https://www.fao.org/news/story/ru/item/177447/icode>).

Это означает, что при реализации инерционного сценария развития мирового сельского хозяйства риски для устойчивого развития и обеспечения продовольственной безопасности будут лишь возрастать, а существующие проблемы населения планеты – усугубляться.

Как отмечают эксперты, ни 2 – 3-кратный рост урожайности основных сельскохозяйственных культур XX в. (так называемая «зеленая революция»), ни внедрение генетически модифицированных растений не преодолевают (Рациональное природопользование, 2015) ключевых зависимостей традиционного сельского хозяйства:

– от наличия плодородных почв (25 % плодородных земель уже деградировало, что непосредственно затронуло 15 % населения планеты; ожидается также (Bren d'Amour, Reitsma, Baiocchi, Barthel, Güneralp, Erb, Haberl, Creutzig, Seto Karen, 2017) что к 2030 г. еще 2,4% высокопродуктивных земель «поглотят» растущие мегаполисы);

– от возможностей экосистем (рыбные запасы не успевают восстанавливаться вследствие чрезмерного потребления (Haully, 2017), многие промысловые объекты характеризуются состоянием перелова (Trevor, Jensen, Ricard, Ye Yimin, Hilborn, 2011), достигнут предел естественной биопродуктивности многих районов Мирового океана (Добров, 2017));

– от природных условий и последствий изменения климата (негативное влияние изменения климата (Wang, 2017) уже приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур в отдельных странах, а после 2030 г. ситуация начнет усугубляться повсеместно ([www.fao.org/3/a-i6030r.pdf](http://www.fao.org/3/a-i6030r.pdf))).

В силу названных причин для мирового сельского хозяйства жизненно необходимы ревизия и актуализация подходов к решению аккумулировавшихся проблем, модернизация и повышение эффективности решений и практик. Только этим путем можно добиться снижения рисков развития и повысить уровень продовольственной безопасности.

Темпы роста населения различны по регионам мира и странам, но во всех регионах и странах существуют локальные территории, в которых численность населения увеличивается постоянно, – это города.

В XXI в. урбанизация станет определяющим фактором территориального развития и одной из главных движущих сил глобального экономического роста.

В настоящее время более половины городского населения мира сосредоточено в 380 крупнейших городах и агломерациях (Города вместо нефти. Ведомости, 2017). На долю 600 крупнейших городов приходится больше половины мирового валового внутреннего продукта (30 трлн долл. США).

Уже к 2030 г. 81 % всех товаров и услуг будет потребляться именно в городах, которые обеспечат 91% общего прироста объема товаров и услуг в этот период – 23 трлн долл. США (Будущее в городах. Ведомости, 2017). По смелым прогнозам некоторых экспертов Нордстрем (2017) к 2050 г. государства «структурно» будут представлять собой городские «макроагломерации»: 200 государств «превратятся» в 600 урбанистических центров с пригородами, агрегирующих 95 % всей мировой экономической активности (Руткин, 2017; <https://www.businessgazeta.ru/article/358099>).

В соответствии с прогнозом ООН, в обозримой перспективе доля городских жителей в мире будет неуклонно повышаться – с 55 % в 2016 г. до 60 % к 2030 г. и 70 % к 2050 г. (The World's Cities in 2016) (для сравнения: на начало 2017 г. в России 75% ее жителей были горожанами).

Следовательно, с учетом названных проблем, тормозящих развитие традиционного сельскохозяйственного производства, можно сделать вывод о том, что именно в растущих городах проблема продовольствия станет особенно острой: доступность пищи для все увеличивающегося населения городов в количественном

и, особенно, качественном отношении будет сокращаться, а риски для продовольственной безопасности городов – значимо возрастать.

Города уже в настоящее время критически зависят от внешних поставок продовольствия, и «прокормить» их становится проблемой в связи с тем, что:

– для своего выживания город с населением 10 млн жителей должен завозить 6,6 тыс. т продовольствия в день (Lepeska, 2017), т. е. 380 крупнейших городов, аккумулирующих более половины мирового населения (около 4 млрд жителей), должны завозить 2,7 млн т продовольствия в день;

– города отделены от территорий производства пищи (сельскохозяйственных районов) и являются, по сути, «пищевыми пустынями». Необходимость перевозки пищевых продуктов с места массового производства к месту массового потребления приводит к тому, что 10–40% продуктов (FAO, 2011) превращаются в отходы в логистической цепочке (<http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/ru/c/317265/>; <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf>);

– то есть, с учетом перспективного роста городов, один лишь этот фактор может полностью нивелировать прогнозируемое увеличение объемов сельскохозяйственного производства;

– высокий уровень образования отходов (потерь) пищевых продуктов в логистической цепочке, наценки перевозчиков, операторов хранения, ритейлеров приводят к тому, что цена продукции для конечного потребителя – горожанина – может удваиваться (Рудаков, 2017) по сравнению с ценой «на выходе» с производства («farm-gate price»).

Резюмируя вышесказанное, можно сделать следующий вывод: традиционная система обеспечения городов продовольствием не сможет удовлетворить их перспективные потребности и нуждается в дополнении.

Это «дополнение» будет иметь форму производства продуктов питания в самих городах, что позволит свести к минимуму логистические издержки, образование отходов.

В силу непрогнозируемых факторов мирового масштаба, прежде всего нарушения производственных и логистических цепочек, вызванных пандемией в 2020 году, увеличение торговли рыбной продукцией в 2021 году незначительное (FAO, 2021).

По мнению экспертов, в ближайшие годы следует ожидать «взрывного» развития (Минсельхоз России, 2017) урбанизированного агропроизводства – производства продуктов питания в городах, а технологии самообеспечения городов продовольствием станут новой «большой вещью», по потенциалу своего развития сопоставимой с потенциалом развития Интернета 20 лет назад.

### **Предпосылки развития новой агротехнологии для развития сити-фермерства в контексте урбанизированного агропроизводства.**

Согласно Прогнозу научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года (Минсельхоз России, 2017) в следующем десятилетии ожидается «взрывной» рост спроса на технологии «урбанизированного сельского хозяйства» – на технологические решения (и соответствующие им области задельных исследований) получения продовольственного сырья в замкнутой, контролируемой среде в условиях городов (Прохоров, 2020).

По нашему мнению, определяющие предпосылки для такого развития сложились именно в последние годы и наиболее значимыми среди них мы считаем:

1. *Потребность.* Проявляется все более отчетливый запрос жителей городов на дополнительную и/или альтернативную систему снабжения/самообеспечения продуктами питания.

Несмотря на то, что города растут по всему миру, в «бедных» и в «богатых» странах основа появления и развития такого запроса, а равно и технологии удовлетворения такого спроса имеют принципиальные отличия. Если для первых (Бангладеш, Вьетнам, Никарагуа, Непал, Малави и др.) это, преимущественно, вопрос элементарного самообеспечения пищей для выживания, т.е. количественный запрос, то для вторых (США, Канада, Германия, Великобритания, Франция и др.) это вопрос расширения доступа к качественным, экологичным,

«органическим», натуральным, свежим продуктам питания круглый год. И оценка ФАО численности так называемых «сити-фермеров» в 800 млн человек (Городское сельское хозяйство. ФАО, 2017) касается в первую очередь распространенности низкотехнологичных практик хозяйствования в городах бедных стран (Urban agriculture and food security: some facts and figures. ФАО, 2015).

2. *Возможность.* В последние годы технологии производства пищи стали доступнее. Четвертая промышленная революция, более известная как «Индустрия 4.0», «демократизирует» производство пищи, которое перестает быть «сакральным» знанием, зависящим от десятилетий наблюдений и практического опыта. Это знание становится всё более доступным с развитием информационных коммуникаций, а средства производства – всё менее дорогими, все более эффективными и управляемыми, чему способствует, в частности, развитие автоматизации и роботизации.

Все это делает возвращение производства продуктов питания в города делом времени. Именно возвращение – как преодоление производством того разрыва между городом и сельским хозяйством, который в высшей мере проявился в эпоху индустриализации (Мансего, 2016).

Рассмотрим различия понятий «урбанизированное агропроизводство» и «городское сельское хозяйство». При общем понимании сути этих понятий и результата, которым является производство продуктов питания в городской среде (речь идет, в первую очередь, о «свежих» продуктах – растениях, рыбе, животных, насекомых для пищевых целей, а не о продуктах их переработки), общепринятого определения этой практики нет:

– эксперты ФАО называют ее «urban farming» т.е. «городским сельским хозяйством» и определяют как «получение продукции растениеводства и животноводства на ограниченных площадях в пределах города (например, на свободных участках земли, во внутренних дворах и на балконах домов)»;

– в России это «урбанизированное сельское хозяйство», «технологии производства продовольственного сырья в замкнутой, контролируемой среде (в

том числе за счет создания теплиц) с контролируемыми в полностью автоматическом режиме агроклиматическими параметрами;

– в экспертном и аналитическом сообществе исследователей рынка устоялось определение «вертикальное фермерство» («vertical farming») или «технологии производства высококачественной свежей и питательной пищи с высоким урожаем в течение всего года, без отходов, без потребности в больших количествах воды и почвы, рабочей силы, в благоприятных погодных условиях» (Vertical Farming Market, 2017-2023; 2017-2024);

– ряд технологических экспертов пользуются определением «внутреннее сельское хозяйство» («indoor agriculture») (Indoor Crop Production, 2015) «практика выращивания сельскохозяйственных культур, рыбы, насекомых на основе различных методов выращивания в помещениях, теплицах, складах, контейнерах (гидропоника, аквапоника, аэропоника) с более полным контролем среды для круглогодичного производства».

Для нас представляются достаточно очевидными несколько моментов:

– урбанизированное агропроизводство и традиционное сельское хозяйство отличаются. Различие заключается в реализуемых технологиях. Именно высокая технологичность и ресурсоэффективность позволяют урбанизированному агропроизводству быть эффективнее традиционного сельского хозяйства в 15–90 раз по использованию ресурсов – почв, воды, количеству урожаев, объему удобрений и т.д. (Руткин, 2017);

– технологии урбанизированного агропроизводства (интенсивные технологии – гидропоника, аэропоника, аквапоника и др.) могут быть реализованы в сельской местности с той же эффективностью, что и в городе (исключением являются такие неустранимые ограничения, как удаленность от массового рынка, необходимость транспортировки, приводящей к ухудшению потребительских качеств продукции, и образование отходов при транспортировке;

– реализация традиционного сельского хозяйства в городе возможна (примеры такого «городского сельского хозяйства» приводит ФАО, сообщая о 800 млн «сити-фермеров» в мире (Прогноз научно-технологического развития

агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года; Гохберг, 2017), но оно оказывается еще менее эффективным, чем в сельской местности, поскольку в городе нет достаточного объема ресурсов: земли, воды (естественных водоемов), часто не хватает даже естественного солнечного света, высок уровень экологической загрязненности и т.д..

– урбанизированное агропроизводство – это новые практики, основу которых формируют передовые технологии и оборудование, позволяющие обеспечить эффективное производство агропродукции круглый год вне зависимости от внешних условий среды (Схема 1).



Схема 1 – Запрос на дополнительные источники производства пищи в городах и существенные различия определений «урбанизированное сельское хозяйство» и «урбанизированное агропроизводство»

По нашему мнению не является рациональным смешение в одном определении терминов «город» и «сельское хозяйство» как изначально несущее в себе противоречие.

Для описания практик эффективного, высокотехнологичного производства продуктов питания в городской среде предлагаем использовать термин «урбанизированное агропроизводство» или «сити-фермерство».

### **Понятие «урбанизированного агропроизводства» (сити-фермерства).**

Под «урбанизированным агропроизводством» (сити-фермерством) мы понимаем эффективное, высокотехнологичное, с низким влиянием климатических условий, круглогодичное производство продуктов питания в городских условиях и/или условиях пригородов, внутри помещений, преимущественно без использования земли и химических средств (пестицидов, гербицидов, химикатов), с полным или частичным применением искусственного освещения, с высоким уровнем контроля среды производства и автоматизации производственных процессов.

Именно такие практики набирают всё большую популярность и распространяются в развитых странах.

Основа для развития сити-фермерства - запрос на «здоровую» пищу. В представлениях людей по всему миру понятие «пища», ее качество, экологичность и безопасность и понятие «здоровье» становятся единым целым.

Это глобальное изменение социально-культурных паттернов потребления пищи со смещением покупательских приоритетов к «пользе» продуктов (безопасности, натуральности, экологичности, органичности, свежести) в связи с ключевым влиянием пищи на здоровье и благополучие («wellbeing and wellness») названо «хэлсификацией» (health – здоровье).

«Больше растительной пищи» (как предпочтение естественных, простых и гибких диет), «меньше пищевых отходов», «здоровое питание и напитки – для всех» – подобные утверждения в последние годы стали традиционными при перечислении глобальных трендов в потреблении продуктов питания (2017 Food Trends, 2017).

Это новый, но уже устойчивый глобальный тренд, который подкрепляется:

- ростом информированности людей о значимом влиянии питания на здоровье, физическую форму, самочувствие;

- ростом популярности здорового образа жизни, стремлением к индивидуализации рациона (функциональное и «персонализированное» питание) на фоне распространения заболеваний, связанных с неправильным питанием (Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года; Гохберг, 2017).

- увеличением численности населения, продолжительности жизни, периода активного долголетия на фоне повышения стоимости медицинских услуг («забота о здоровье – дешевле, чем лечение»);

- частыми инцидентами во многих странах мира, связанными с безопасностью пищевых продуктов (WHO's first ever global estimates of foodborne diseases find children under 5 account for almost one third of deaths, 2015);

- ростом благосостояния населения развитых стран и повышением готовности людей платить больше за «полезность» продуктов.

Уже сейчас мировой рынок органических продуктов измеряется десятками миллиардов долларов (81,6 млрд долл. в 2015 г. (Worldwide sales of organic food from 1999 to 2015 (in billion U.S. dollars, 2017)) и, по прогнозам, вырастет до 320 млрд долл. к 2025 г. (в том числе рынок свежих овощей и фруктов – 110 млрд долл.) (Organic Food & Beverage Market Size Worth \$320.5 Billion By 2025, 2017), а натуральные, органические, свежие продукты и овощи формируют «мэйнстрим»-направление (основное направление) развития всего продуктового ритейла (Industry Insights: Food Retail Industry Insights – 2016, 2016).

Устойчивое развитие органического рынка определяют запросы молодого поколения – это самая мотивированная на потребление «здоровых» продуктов возрастная группа (Healthy Eating Trends Around The World: Nielsen Global Health and Wellness Report, 2015).

Так, по данным Caitlin Dewey (2017) в 2016 г. продажи органических продуктов в США превысили 43,3 млрд долл., а самой многочисленной группой

покупателей стали «миллениалы» – потребители в возрасте от 18 до 34 лет. Популярность органической продукции неуклонно растет. В среднем 45 % американцев пытаются активно включать в свой рацион органические продукты (Riffkin, 2014) несмотря на то, что их стоимость, как правило, на 20–100 % дороже стоимости обычных.

Но и в России более половины граждан (56 %) согласны переплачивать за экологически чистые продукты и готовы к повышенным тратам при покупке свежих, незамороженных, необработанных продуктов (51 %) и продуктов без содержания генномодифицированных объектов (46 %) (Россияне дорожат свежими продуктами. Ромир, 2017).

Однако снижение покупательской способности россиян препятствует широкой реализации этой готовности на практике и даже свежие овощи и фрукты становятся всё менее доступными потребителям, несмотря на существующий высокий спрос (Varoke, 2016).

Рынок свежих, натуральных, экологических, «органических» продуктов быстро развивается во многих, преимущественно развитых, странах мира.

Потребители все более целенаправленно ищут и покупают продукты:

- без стабилизаторов и усилителей вкуса;
- незамороженных; спелых, а не собранных «для дозревания» во время транспортировки;
- произведенных без химикатов, пестицидов, гербицидов, антибиотиков, стероидов;
- с высокой прозрачностью производства и цепочки поставок.

Такие продукты может предложить только местное, «локальное» производство ([https://www.canr.msu.edu/news/7\\_benefits\\_of\\_eating\\_local\\_foods](https://www.canr.msu.edu/news/7_benefits_of_eating_local_foods)). И производство продуктов в городах – сити-фермерство (при определенном уровне технологичности), расположенное в непосредственной близости к массовому рынку сбыта, оказывается как нельзя лучше отвечающим этим запросам.

**Основные технологии сити-фермерства и форматы реализации технологий урбанизированного агропроизводства.**

Сельское хозяйство стоит на пороге радикального преобразования. Глобальные вызовы (демографические, социальные, экономические, экологические) и реализация «подрывных» («disruptive») технологий (биотехнологии, автоматизация, роботизация, искусственный интеллект и др.) ведут к тому, что «традиционное» сельское хозяйство (agriculture) превращается в высокотехнологичную отрасль («AgTech») (Deloitte, 2016).

Основу этой глобальной технологической перестройки, по мнению аналитика Krishnan (2017) (<https://www.cbinsights.com/research/agtech-startup-investor-funding-trends/>), предваряет инвестиционный «бум» в новые сельскохозяйственные технологии, не привлекающий к себе большого внимания, но по своим объемам сопоставимый, например, с инвестициями в сферу инновационных финансовых технологий («FinTech»).

Крупные инвестиции предваряют переход от «семейного, наследственного фермерства» к умным «пищевым фабрикам» с высокоавтоматизированным, практически полностью контролируемым, ресурсоэффективным и преимущественно независимым от условий внешней среды (климата, погоды) производством.

Эти особенности новых технологий открывают широкие возможности для быстрого развития урбанизированного агропроизводства – сити-фермерства, а повышающийся спрос на здоровую пищу (произведенную без химикатов, без транспортировки на большие расстояния, с непрерывным круглогодичным циклом производства и поставок продукции) на фоне быстрого увеличения численности городского населения определяет экономическую возможность для их практической реализации.

В целом переход к такой высокотехнологичной отрасли как AgTech реализуется в первую очередь на основе «подрывных» технологий и продуктов (Зиновьева, 2017) и эффекта синергии между ними. Эти технологии группируются вокруг следующих направлений (Deloitte, 2016):

– повышение эффективности цепочки добавленной стоимости, прямые коммуникации «ферма – потребитель», сокращение отходов;

– повышение урожайности при уменьшении затрат (воды, удобрений и т.д.), использование спутниковой информации, беспилотных аппаратов, искусственного интеллекта, «интернет вещей»;

– биохимия и биоэнергетика: биоагрохимикаты, биоинженерия, биопродукты и семена, биоэнергетика;

– новая пища («Foodtech»): мясозаменители, в том числе и новое использование традиционных источников продовольствия, а также другие устойчивые технологии получения протеина и продуктов питания;

– сберегающее фермерство: новейший тренд – тепличные и «внутренние» («indoor agriculture») сельскохозяйственные технологии, вертикальные фермы, светодиодное освещение, аквапоника, гидропоника;

– общая экологизация, отказ от химизации, органическое производство, производство сопутствующей непищевой продукции для повышения общей эффективности экономической модели.

Основными технологиями сити-фермерства являются (рис. 4):



Интенсивное растениеводство (гидропоника, аэропоника, вертикальные фермы)



Интенсивная аквакультура (рециркулятивные аквакультурные системы, РАС)



Интегрированная интенсивная аквакультура и интенсивное растениеводство (аквапоника)



Выращивание водорослей и микроводорослей



Выращивание насекомых (для употребления в пищу человеком или для производства кормов для животных и водных организмов)

Рисунок 4 – Основные технологии сити-фермерства (<https://urban-gro.com/>)

Отметим, что технологии сити-фермерства реализуются в рамках как минимум четырех из названных направлений.

Представленные технологии:

– сокращают логистические затраты, образование отходов, обеспечивают прямые коммуникации с потребителями; являются ресурсоэффективными и потребляют в

15–90 раз меньше ресурсов, чем традиционное агропроизводство (например, такие системы интенсивного растениеводства, как аэропоника расходуют в 90 раз меньше воды, чем традиционные открытые технологии); экологичны, не используют химических средств защиты и т.д.

– технологии интенсивного растениеводства: гидропоника, аэропоника и их разновидность – «вертикальные фермы» («vertical farms») для производства растений или грибов без земли (на растворах удобрений с использованием субстратов или без такового);

– технологии интенсивного рыбоводства (аквакультуры): на основе систем (установок) замкнутого водоснабжения – рециркулятивной аквакультуры («recirculation aquaculture») для производства рыбы и нерыбных объектов (например, раков, креветок);

– технология совмещенного рециркулятивного рыбоводства и интенсивного растениеводства – аквапоника (в единой замкнутой системе).

Другим специфичным направлением является культивирование водорослей (микроводорослей) для последующего производства продуктов питания или сельскохозяйственных кормов.

Наиболее простыми считаются системы гидропоники, наиболее сложными – системы аквапоники (искусственные трехсоставные замкнутые экосистемы: гидробионты – колонии нитрифицирующих бактерий – растения).

Технологии сити-фермерства реализуются с использованием такого специализированного оборудования, как:

– источники искусственного света (преимущественно энергоэффективного – диодного или светодиодного (LED));

– сенсоры, датчики;

– системы, элементы климатического контроля и поддержания заданных условий среды (Global Vertical Farming Market Size, Share, Development, Growth and Demand Forecast to 2023, 2017) (охлаждение, обогрев, вентиляция, углекислый газ и т.д.);

– элементы систем гидропоники (гидропонные модули, стеллажи и т.д.), аэропоники (модули, инжекторы) и аквапоники (резервуары, бассейны) (Vertical Farming Market Size By Product... . Competitive Market Share & Forecast, 2017–2024, 2017);

– оборудование для водоподготовки и водоочистки: аэраторы, насосы, озонаторы, ультрафиолетовые лампы, механические фильтры и др.

В целом в настоящее время лидирующее положение на рынке сити-фермерства, который оценивается в 2 млрд долл. США, занимает гидропоника (Vertical Farming Market Size By Product... . Competitive Market Share & Forecast, 2017–2024, 2017).

Однако в следующие 5 лет эксперты прогнозируют более быстрый рост технологий аэропоники и аквапоники, поскольку они более экономны и/или эффективны, чем системы гидропоники. Внедрение небольших систем аквапоники в фермерских хозяйствах, благодаря экономическим выгодам, будет играть жизненно важную роль в развитии этой технологии (Маркелова, 2015; Лобкова, 2017).



Склады, производственные помещения, подвалы, гаражи, переоборудованные под сельскохозяйственное производство



Вертикальные фермы, «фабрики растений»



Теплицы, в том числе на крышах домов



Контейнерные фермы на базе типовых морских транспортных контейнеров



«Домашние» системы для выращивания растений или водных организмов («грубоксы», аквапонические системы)

Рисунок 5 – Основные «форм-факторы» сити-фермерства (<https://urban-gro.com/>)

Все технологии сити-фермерства реализуются внутри помещений, но в различных «форматах» и масштабах (рис. 5):

- в теплицах, в частности на крышах;
- на складах и выведенных из оборота и/или переоборудованных производственных помещениях;
- в мобильных контейнерах, в частности, переоборудованных типовых морских контейнерах;
- на растительных «фабриках» – вертикальных фермах;
- в домашних условиях, на мелкомасштабных установках и в «гроубоксах» (growbox– ящик для выращивания).

Эксперты уже довольно уверенно говорят ([https:// agfundernews.com/beyond-the-megafarm.html](https://agfundernews.com/beyond-the-megafarm.html)) о том, что сити-фермерство ни в настоящее время, ни в будущем не будет сводиться к единому формату.

Обосновывается это тем, что всегда будут разные приложения технологий, разные цели производства (разные потребности потребителей продукции) и разный баланс между возможностями производителя обеспечивать необходимые объемы капитальных затрат и/или операционных расходов.

### **Основные виды производимой продукции сити-фермерства.**

Основные виды продукции, производимой сити-фермерством, – овощи, травы, фрукты, а также водные организмы и водные растения.

В условиях гидропоники (Roberto, 2003; Бентли, 2013) преобладает выращивание листового салата и другой листовой зелени и трав, отличающихся высокой маржинальностью (Руткин и др., 2017).

Набирает популярность интегрированное выращивание рыбы и растений в системах аквапоники. Наиболее распространённые объекты аквакультуры, выращиваемые в аквапонных установках в разных странах, – это тилапия (*Tilapia*), баррамунди (*Lates calcarifer*), клариевый сом (*Clarias gariepinus*), обыкновенный пресноводный угрехвост (*Tandanus tandanus*), нефритовый окунь (*Scortum barcoo*), синезаберный солнечник (*Lepomis macrochirus*), а также карпы и форель (Никифоров и др., 2017). Другие гидробионты, которые хорошо растут в условиях

аквапонных систем, – это мидии, пресноводные креветки и раки (Хорошко 2008; 2010; Иванов и др., 2015, Евграфова, 2019). Быстрое распространение технологии связывается с таким рынком сбыта, как индустрия гостеприимства (туризм) и связанной с ней сферой общественного питания.

В настоящее время в России возникает интерес со стороны частных компаний, предпринимателей и сити-фермеров, в частности, в отношении использования быстроразвертываемых малогабаритных модульных аквапонических систем для интегрированного производства экологически чистых свежих продуктов (рыбы, овощей и фруктов) в любых условиях (городах, пригородах). По нашему мнению, в системах аквапоники перспективно выращивание теплолюбивых карповых (линия *Tinca tinca*) и ракообразных (австралийских раков *Cherax quadricarinatus*).

Но цели сити-фермерства не ограничиваются продовольствием – их достижение возможно при решении различных задач – от экологических (пищевая безопасность) до образовательных (от консалтинга, повышения квалификации и профессиональной переподготовки до НИОКР).

Чаще всего цели производства (сфера приложения) и определяют технологию сити-фермерства и форм-фактор (ассемблирование оборудования) ее реализации. Так, контейнерная сити-ферма с относительно небольшими объемами производства не сможет обеспечить запросы крупных потребителей (например, запросы торговой сети) настолько эффективно, как это сделает растительная фабрика.

Однако растительная фабрика, ориентированная, как правило, на выращивание одного вида растений, не сможет эффективно удовлетворить потребности ресторана, которому требуются свежие овощи в ассортименте, но в небольших количествах. В этом случае лучшим вариантом для организации производства и поставок могут стать контейнерные фермы или мелкомасштабные «домашние» установки (в том числе развернутые непосредственно в самом ресторане) (рис. 6).

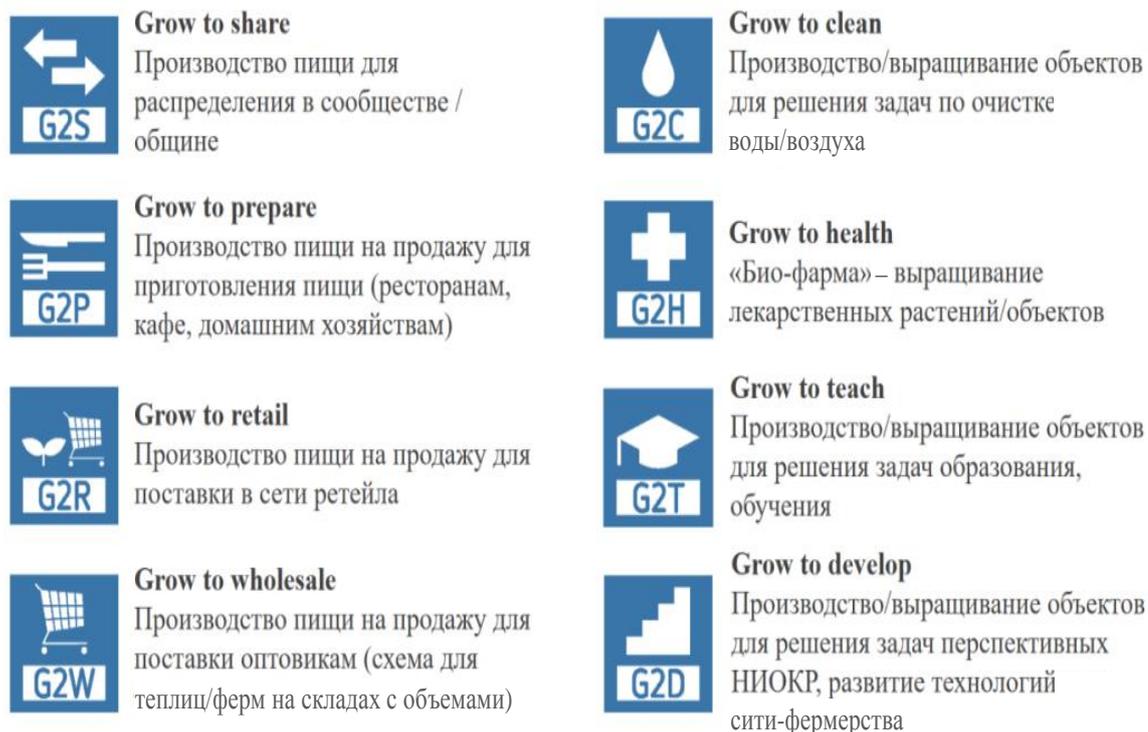


Рисунок 6 – Сфера приложения технологий сити-фермерства (Руткин, 2017;  
[www.alliedmarketresearch.com/vertical-farming-market](http://www.alliedmarketresearch.com/vertical-farming-market))

Развитие традиционного сельского хозяйства по инерционному сценарию не сможет удовлетворить спрос населения на продовольствие в силу сокращения объема плодородных земель (Чижов, 1969; 1976; Кононов, 1993; 1995; Чуйков 1994), истощения ресурсов Мирового океана, негативных последствий изменения климата и т.д. Кроме того, весь возможный прирост объемов производства может быть нивелирован опережающим ростом числа потребителей, большими объемами образования отходов в цепочке поставок продовольствия.

Развитие урбанизированного агропроизводства – сити-фермерства, - как эффективного, высокотехнологичного, с низким влиянием климатических условий, круглогодичного производства пищи в городских условиях и/или условиях пригородов, преимущественно без использования земли и химических средств (пестицидов, гербицидов, химикатов), с высоким уровнем контроля среды производства и автоматизации производственных процессов позволяет повысить

уровень самообеспечения городов качественными продуктами питания и снизить риски для продовольственной безопасности.

Эффективные технологии сити-фермерства (гидропоника, аэропоника, аквапоника) получают всё большее признание и распространение в развитых и развивающихся странах.

## ГЛАВА 2 МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Условия проведения экспериментов

Исходя из сформулированной цели и задач, была разработана схема (рис. 7) исследования по повышению биопродуктивности технологии аквакультуры VI рыбоводной зоны России.

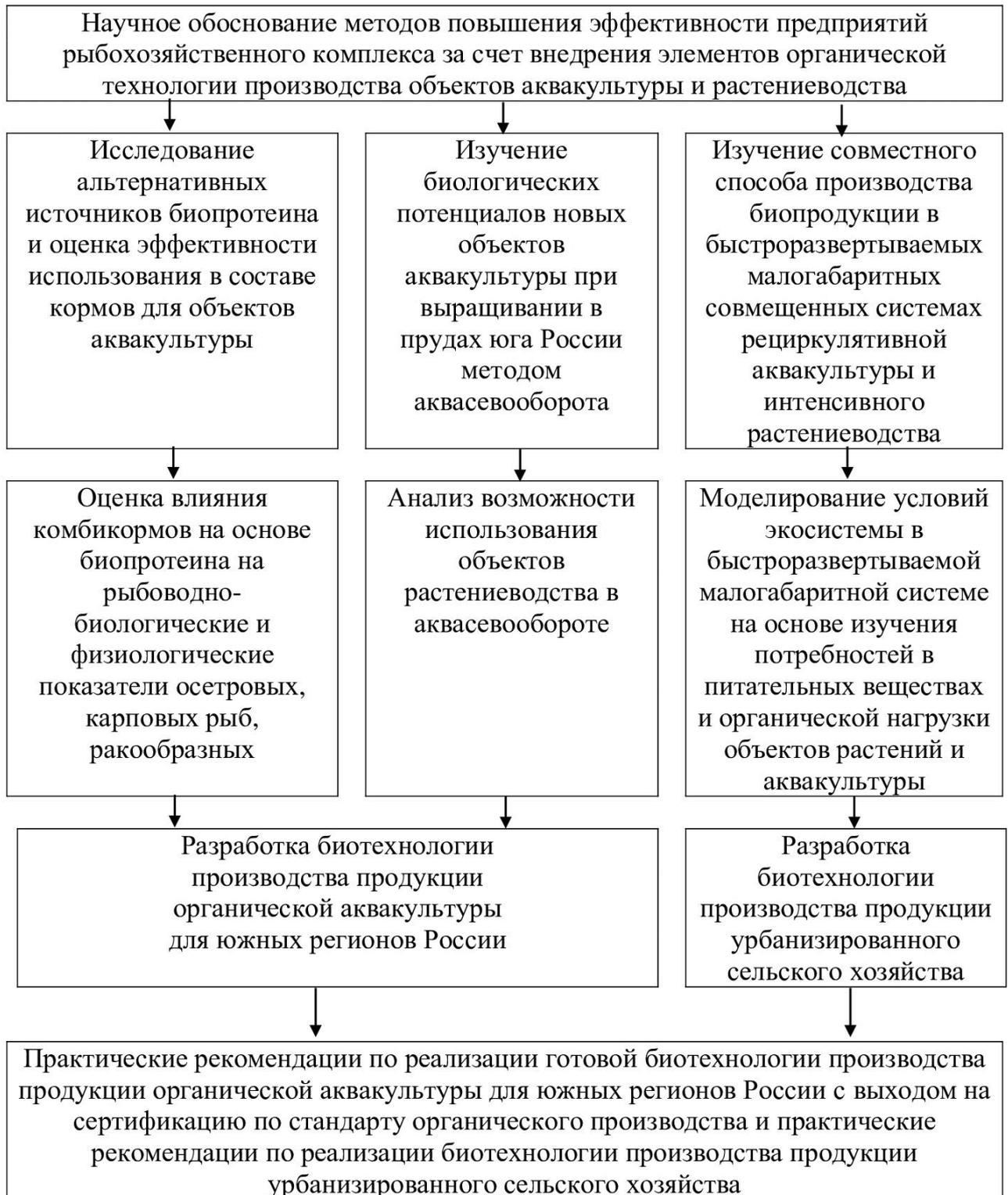


Рисунок 7 - Схема исследования

В результате экспериментальной работы были смоделированы условия, приближенные к соответствию требованиям российского и международных стандартов органического аквакультурного производства в естественных и искусственных условиях.

1. В естественных условиях способом аквасевооборота, без применения синтетических химических веществ, культивировались объекты пресноводной аквакультуры: австралийские раки и пресноводные креветки, а также, при летовании, растительная продукция (арбузы, дыни). В целом, аквасевооборот позволил обеспечить продовольственную безопасность и увеличить рыбопродуктивность используемых прудовых экосистем.

2. В искусственных условиях (лабораторных и производственных – рециркулятивных – системах) проведены эксперименты по выращиванию карповых, осетровых и ракообразных.

3. В экспериментах использовали комбикорма, разработанные на основе сведений о питании разновозрастных особей карповых, осетровых и ракообразных в естественных условиях и составе питательных веществ в отдельных компонентах. Нормы введения альтернативного источника белка определялись на основе разработанной в рамках исследования технологии.

4. В рамках экспериментов был организован сбор и лабораторный анализ гидробиологических, гидрологических проб. Для определения физиологического состояния выращиваемых объектов был организован сбор биопроб и их гематологический и биохимический анализ.

5. Для обработки данных использовались стандартные методы описательной статистики, а также дисперсионный анализ – наиболее общий параметрический статистический метод сравнения средних. Для обработки данных использовалось программное обеспечение Microsoft Excel 2016 и STATISTICA 13.2. Доверительные интервалы для средних величин, а также значимость различий между средними в выборках рассчитывались для уровня значимости  $p < 0,05$ .

## **2.2 Постановка экспериментов**

Проведены опытные испытания по органической аквакультуре с получением дополнительной продукции бахчевых культур арбуза и дынь на прудовых площадях во время летования, по выращиванию карповых, осетровых и ракообразных в условиях инновационного центра «Биоаквапарк – НТЦ

аквакультуры» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» и действующего производства в период 2005-2021 гг.

Экспериментальная база для выведения прудовых площадей под выращивание бахчевых (арбузов и дынь) и выращивания в прудах объектов аквакультуры в течение нескольких лет - инновационное малое предприятие СРК «Шараповский» Астраханской области. Выращивание производили с сохранением правил органического агропроизводства, что позволило обеспечить продовольственную безопасность товарной продукции.

Производство товарной продукции сельскохозяйственного назначения соответствовало требованиям природоохранного законодательства, так, отвод отработанной воды в экосистему дельты практически отсутствует (табл. 4).

Таблица 4 – Основные фонды современного рыбоводного предприятия

1.	Расположение	Астраханская область, Камызякский район, в 40 км от города
2.	Ввод в эксплуатацию	5.05.2010 г.
3.	Экологическая категория природных водоемов, отведенных под строительство прудов	нерестовые, мальковые, выростные, общей площадью более 100 га.
4.	Карта-схема прудового хозяйства, ситуационные планы прудов	Прилагаются к паспорту каждого пруда
5.	Основание для водопользования	Согласование
6.	Рыбоводно-производственный статус	Малое инновационное предприятие
7.	Структура производственных мощностей	Нагульные 60 га. Выростные 10 га. Мальковые 2x15 га.

Более того, экологическая безопасность функционирования проводимых работ на экспериментальной базе современного рыбоводного хозяйства СРК «Шараповский» подтверждена «Заключением экспертной комиссии Комитета природных ресурсов Астраханской области», диагностическим аудитом системы менеджмента безопасности пищевых продуктов (Lagutkina, 2019) на соответствие требованиям национального стандарта ГОСТ Р ИСО 22000-2007 и диагностическим аудитом органического производства на соответствие требованиям национального стандарта «ЭКО-ПРОДУКТ», проводимых для дальнейшей сертификации продукции на соответствие стандартам в области

органического производства сертификационным немецким органом DQS – международным холдингом по аудиту и сертификации (<https://dqs-russia.ru/cat/o-kompanii/>).

Для применяемого способа получения товарной продукции органической аквакультуры была обеспечена следующая эколого-гидротехническая характеристика водоемов на хозяйстве «СРК «Шараповский» (табл. 5).

Таблица 5 – Основная производственная деятельность

Водоисточник	река Обуховская, приток р. Волга
Степень соответствия качества воды источника и прудов требованиям ОСТ 15-247-81 и ОСТ 15-282-83	Удовлетворительная
Заморные явления	Не наблюдались
Режим, сроки заполнения	Нагульные – насосной станцией, май
Глубина основной акватории в прудах, м	колебания 2,0 – 3,5. Распределение глубин соответствует техническим требованиям для выростных прудов
Сезонные изменения водообеспеченности по: глубине/площади/объему	30 – 70 см/20 %/30 %
Зарастаемость ложа высшей водной растительностью	15 %
Подстилающие грунты	Супесчаные
Донные отложения	Илистые
Естественная кормовая база прудов, видовой состав и биомасса планктона и бентоса	Соответствуют экстенсивному режиму эксплуатируемым прудам VI зоны рыбоводства – мезо – и эвтрофные водоемы
Товарная продукция	Бахчевые, нерыбные объекты аквакультуры (ракообразные), карповые и растительные рабы
Основная производственная деятельность	Рыбоводство, растениеводство, бахчеводство, внедрение новых объектов аквакультуры
Ракопродуктивность, урожайность:	5–10 ц/га / ≤ 10 ц/га
Рыбоводные водоемы	Пруды всех категорий
Гидротехническое оборудование прудов	Насыпные разделительные дамбы; шлюзы (1–3 на каждый пруд) с затвором и металлической рыбозащитной плоской сеткой ячейей 4×4 мм; водопропускные трубы диаметром 530 и 630 мм; рыбосборная коллекторная сеть; водоподводящий и сбросной каналы.

В экспериментальной работе по ведению органической аквакультуры были задействованы опытные сбросные мальковые пруды для выращивания австралийских раков и пресноводных креветок площадью до 1 га (рис 8-9).



Рисунок 8 - Пруды для выращивания пресноводной креветки



Рисунок 9 – Пруды для выращивания австралийских раков

Все пруды рыбного хозяйства наполняются через водоток реки Обуховская, приток р. Волга, качество воды соответствует требованиям рыбохозяйственного ОСТ 15-282–83, уровень воды в межень достаточен для бесперебойной круглогодичной подачи в пруды. Спроектированы все пруды таким образом, что во время спуска воды полностью облавливаются и осушаются.

Выращивание объектов аквакультуры проводили согласно имеющимся рекомендациям (1971; 1978; 1986; 1991). Зарастаемость культурных прудов на

хозяйстве высшей водной растительностью около 15 % по ложу прудов от общей акватории. Подстилающие грунты – супесчаные, донные отложения – илистые (Николаев, 1962; Абакумов, 1983). Глубина основной акватории колеблется от 2,0 до 3,5 м. Распределение глубин соответствует техническим требованиям для выростных прудов.

Процесс органического выращивания и его технологические этапы производства представлены в виде общей характеристики в таблице 6.

Таблица 6 – Режим установившейся технологической эксплуатации

Общая характеристика процесса выращивания	Органическая технология
Технологические этапы	- выращивание сеголеток, двухлеток, - вылов товарной рыбы, раков, креветок, - летование прудов, выращивание дынь, арбузов
Материальное обеспечение процесса: - кормление - минеральные удобрения - органические удобрения	- влажный корм - средство дезинфекции Да
Прудовый фонд	Пруды категорий: мальковые, зимовальные, нагульные, выростные
Технологические особенности: - продолжительность органического выращивания рыбы и ракообразных бахчевых - полнота осушения прудов - полнота вылова товарной рыбы	2-3 сезона 1 сезон при летовании 90 % 85 %

Органическое производство товарной сельскохозяйственной продукции проводили на основе попеременного бахчеводства на летующих прудах и аквакультуры после посевов.

Таким образом, подготовка прудовой площади была скорректирована в условиях различных сезонов и использования биотехнологии аквасевооборота по приведенной схеме (табл. 7).

Таблица 7 – Органическое производство товарной продукции

аквакультурный сезон/пруды	бахчевой сезон/летующие пруды	аквакультурный сезон/пруды
объекты		
основная аквакультурная продукция (австралийские раки)	дополнительная сельскохозяйственная продукция (арбузы)	основная аквакультурная продукция (ракообразные)
основная аквакультурная продукция (австралийские раки)	дополнительная сельскохозяйственная продукция (дыни)	основная аквакультурная продукция (ракообразные)
основная аквакультурная продукция (креветки)	дополнительная сельскохозяйственная продукция (бахчевые)	основная аквакультурная продукция (ракообразные)

Подготовка прудовых площадей к эксплуатации в летний период проходила планоно, проводились комплексные мероприятия, за это время убирали излишки ила, проводили мелиоративные работы, известкование в соответствии с принятыми нормативами (Мартышев, 1954; 1958; 1964). Ложе прудов подвергали дискованию, после чего производили боронование грунта на глубине 8–12 см, не нарушая уклоны и каналы рыбосбросного сооружения, сохраняя при этом дерновой слой и луговую растительность.

Скошенная растительность была размещена на дамбах прудов. Во избежание попадания сорной рыбы через рыбосороуловитель производили залитие прудов, воду набирали быстро, избегая развития нитчатых водорослей.

В аквакультурный сезон в свежезалитых прудах температура воды постепенно увеличивалась от 10 до 21<sup>0</sup> С, в этих условиях происходило формирование кормовой базы (Заика, 1983). Необходимо отметить, что первоначальное развитие частично пополняется и за счет попадания с водой и путем выведения из покоящихся стадий гидробионтов, находящихся в почве рыбоводного водоема. В значительной степени эффективность выращивания определяет достаточность кормовой базы - наличие достаточного количества

кормовых организмов, соответствующих пищевым потребностям выращиваемых организмов на разных этапах развития.

В бахчевой сезон летующие пруды выводили под посев арбузов и дынь, поэтому потребовался более тщательный анализ качественной характеристики почвы в соответствии с руководством по анализу органического вещества донных отложений (Заславский, 1980), а также содержания гумуса, что в дальнейшем и определило количество вносимых удобрений, так как именно гумус, навоз и скошенная растительность входят в перечень удобрений, разрешенных органическим производством.

В органическом при подходе эксплуатации прудовых площадей минимально необходимые дозы органических удобрений рассчитываются по формуле (1):

$$O = [10 - 3 \times (C - 0,5)] \times \frac{20}{C_1} \quad (1)$$

$O$  - количество органического удобрения, тонн;

10 – доза внесения навоза при содержании гумуса в почве 0,5 %, тонн;

$C$  – количество гумуса в почве пруда, в %;

0,5 – минимальное содержание гумуса в почве в %, при котором требуется внесение 10 т навоза;

20 – содержание органического вещества в навозе КРС (эталон);

$C_1$  - содержание органического вещества в применяемом органическом удобрении.

Содержание органических веществ в почве прудовых площадей и биомассу зоопланктона и зообентоса определяли по общепринятым методикам согласно руководству по методам гидробиологического анализа (Сметанина, 1985), руководству по химическому анализу поверхностных вод (Боева, 2009).

Пробы зоопланктона отбирали методом фильтрации 100 л воды через планктонную сеть Апштейна (Абакумов, 1983; Тевяшова, 2009) (рис. 10). После процеживания концентрированную пробу сливали в сосуд с крышкой, маркировали и фиксировали 4%-ным раствором формалина. Последующую обработку проб проводили в лабораторных условиях счетно-весовым методом. Каждую пробу просматривали под бинокулярным микроскопом. Каждый вид беспозвоночных

идентифицировали при большом увеличении микроскопа, подсчитывали количество особей в пробе, измеряли линейный размер каждой особи и определяли ее таксономическую принадлежность (Абакумов, 1983).



*а*



*б*

Рисунок 10 – Отбор проб зоопланктона (*а*), сбор проб зообентоса (*б*)

Для вычисления биомассы зоопланктона использовали таблицы стандартных весов организмов, составленные Мордухай-Болтовским (1954). Численность и биомассу организмов каждой таксономической группы рассчитывали на 1 м<sup>3</sup> воды.

Отбор проб зообентоса производили дночерпателем Петерсена или зообентосной рамкой с площадью захвата 0,025 м<sup>2</sup>. Пробы отмывали через сито или сетный мешок (газ № 49), маркировали и фиксировали 4%-ным раствором формалина или 70%-ным этиловым спиртом. Разбор бентосных проб до систематических групп проводили в лабораторных условиях по стандартным методикам (Абакумов, 1983). Обработку проб производили счетно-весовым методом. Организмы из бентосных проб распределяли по таксономическим группам, просчитывали и взвешивали с использованием лабораторных электронных весов. Численность и биомассу организмов каждой таксономической группы рассчитывали на 1 м<sup>2</sup> дна водоема.

Сравнительный анализ изменений количественных характеристик зоопланктона проводили с использованием критерия Краскела-Уоллиса, подсчитывали величину соотношения численности Cladocera и Copepoda ( $NC_{Clad}/NC_{Cop}$ ) и соотношения биомасс Rotifera и Crustacea ( $BRot/BCrust$ ).

Видовой состав и биомасса планктона и бентоса на хозяйстве соответствуют нагульным прудам VI зоны рыбоводства, эксплуатируемым в экстенсивном режиме. Необходимо отметить, что первоначальное формирование кормовой базы происходит частично за счет организмов, попадающих с водой при заливке прудов, а также пополняется путем выведения из покоящихся стадий гидробионтов, находящихся в грунте водоема.

Важно наличие достаточного количества кормовых организмов, соответствующих пищевым потребностям выращиваемого организма на разных этапах развития, что в значительной степени определяет эффективность самого выращивания.

Нарушение соответствия – недоступность кормовых организмов для выращиваемых объектов – приводит к снижению интенсивности питания, к отставанию роста; в некоторых случаях рыбы оказываются необеспеченными кормом даже при обилии его в водоёме из-за несоответствия размера выращиваемому объекту.

Для повышения качества и количества кормовой базы пруды после осеннего облова и спуска выводили на летование, начиная сельскохозяйственный сезон с выращивания бахчевых.

Основная обработка почвы под арбузы и дыни зависела от предшественника, так, органических удобрений в чистом виде вносили 10-15 т на 1 га, что меньше в два раза, чем при внесении на плодородных черноземных почвах и в шесть, чем на супесчаных.

В аквасевообороте использовали бахчевые арбузы сорта «Фрондер» и дыни сорта «Эфиопка» с учетом комплекса их положительных и отрицательных сторон с тем, чтобы обеспечивалась наивысшая урожайность сельскохозяйственных культур и повышение плодородия почвы (рис. 11-12).



Всходы посева (01.06.2019 г.)



Рост арбуза (08.07.2019 г.)



Рост арбузов (25.07.2019 г.)



Сбор урожая арбуза (10.08.2019 г.)

Рисунок 11 - Летующий пруд № 1 под выращивание дополнительной продукции

Бахчевые в виде дополнительной сельскохозяйственной продукции засеивались в нагульных прудах во время летования.

Посадку семян после вымачивания производили сразу после бороновки, пока сохраняется влага, при температуре свыше 15–16<sup>0</sup>С. При появлении первых всходов между рядами глубиной 5 см производили разрыхление и при необходимости полив с добавлением органических удобрений в виде навоза. Полив посевной площади осуществляли таким образом: через 5–6 рядов посадки прорезали канавки при

помощи КЗУ-300 и только по этим канавкам и производили полив. Поливная вода просачивается по песчаному грунту на 5–6 рядов. Обработку от вредителей как до цветения так и после цветения проводили без пестицидов (энтомофаги и тп).



Всходы посева (01.06.2019 г.)



Рост дыни (08.07.2019 г.)



Рост дыни (25.07.2019 г.)



Сбор урожая дынь (10.08.2019 г.)

Рисунок 12 – Летующий пруд №2 под выращивание дополнительной продукции

Сбор урожая производили в августе, после чего отходы от посевов после зимнего сезона трансформировались в гумус.

После цикла выращивания бахчевых пруд использовался для выращивания: ракообразных. австралийских раков (*Cherax quadricarinatus*) и пресноводных креветок (*Macrobrachium rosenbergii*) завезены с крестьянско-фермерского

хозяйства Астраханской области, часть используемой молоди получали собственными силами.

**Использование быстроразвертываемой малогабаритной совмещенной системы рециркулятивной аквакультуры и интенсивного растениеводства (аквапоники).**

В условиях инновационного центра «Биоаквапарк – НТЦ Аквакультуры» использовали теплолюбивый вид – особей линя (*Tinca tinca*). Экспедиционные работы по поиску диких особей линя проведены на р. Канал Тишков Володарского района в дельте Каспийского моря.

Диких особей линя отбирали на тоневах участках Володарского района Астраханской области.

Объектами послужили самцы и самки линя, извлеченные из закидного невода в 2017–2018 гг., необходимо отметить, что в 2019 г. лини в улове не встречались. Транспортировка особей с мест заготовки осуществлялась в пластиковых пищевых баках объемом 250 л, снабженных аэратором, при оптимальной температуре воды 10–12 °С (для перевозки карповых). Завезенных особей линей подвергали внешнему осмотру и морфометрическому анализу.

Так как во время экспедиций рыба, привезенная для экспериментов, находилась в разной кондиции, то с целью предупреждения вспышки заразных заболеваний, а также профилактики стресса проводились профилактические мероприятия. До начала эксперимента проводили процедуру карантинирования рыб, процесс выдерживания рыбы проходил в течение 30 суток, температура воды составила 24–26 °С, в этот период осуществлялась дезинвазия аквариума и дезинфекция, а также дезинфекция инвентаря с помощью физических и химических методов (Червоненко, 2017).

В период адаптации использовали физические методы, которые включали очистку аквариума, термическую обработку фильтра и инвентаря для борьбы с инфекциями плесневого или бактериального происхождения, использовали также химический метод посредством дезинфектантов. Средство в виде жидкости темно-синего цвета, содержащей формалин, метиленовую синь (метиленовый синий),

малахитовую зелень; концентрация метиленового синего при этом превышала концентрацию малахитового зеленого. Данное средство вводили в аквариум из расчета 5 мл на 25 л аквариумной воды.

В период одомашнивания проводился систематический контроль состояния особей линя, при котором использовались морфологический осмотр рыб, наблюдение за их поведением, а также реакцией на корм и раздражители, а также контроль гидрохимического режима в рыбоводных ёмкостях (Червоненко, 2017).

Осмотр рыб с использованием клинического метода (Мусселиус, 1983) проводился ежедекадно, при этом обращали внимание на внешние признаки рыб (пигментация, состояние кожных покровов и плавников, чешуйчатого покрова, жаберного аппарата и ротовой полости), а также на поведение и реакцию рыб на раздражители. С целью эффективной адаптации и повышения резистентности рыб к инфекционным заболеваниям, а также обеспечения интенсивного питания и роста рыб, разрабатывался комбикорм направленного действия.

Ежедневный контроль за гидрохимическим режимом аквариумной воды позволял своевременно регистрировать колебания основных показателей (температура, концентрация кислорода, активная реакция среды (pH)) и поддерживать их в оптимальных пределах.

При выращивании объектов ракообразных использовали комбикорма собственной рецептуры, разработанной для бассейнового содержания в соответствии с ГОСТ 8285-91, ГОСТ 31485-2012, ГОСТ 2116-2000, ГОСТ 55578-2013 (Абросимова, 2005; Гамыгин, 2004; Лагуткина, 2016).

### **2.3 Методы изучения рыбоводно-биологических показателей объектов**

В экспериментальной работе использовали следующие объекты аквакультуры – молодь и разновозрастные группы: ракообразные – австралийские раки *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868), пресноводные креветки *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879); карповые – лини *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758); осетровые – русский осетр *Acipenser gueldenstaedtii* (Brandt, 1833), белуга –

*Huso huso* (Linnaeus, 1758), бестер – *Huso huso* & *Acipenser ruthenus*; тест-объекты гуппи – *Poecilia reticulata* (Peters, 1859).

Контроль за темпом роста выращиваемых объектов аквакультуры проводился систематически, на основе рекомендаций И.Ф. Правдина (1966), измерения методом случайной выборки охватывали не менее 25 особей. Контрольные взвешивания производили с помощью электронных весов фирмы Ohaus Pioneer PA 2102.

С помощью рыбоводно-биологического анализа определяли эффективность проведенной работы по выращиванию объектов аквакультуры.

Учет индексов органов рыб, пищевого комка определяли в %, коэффициент упитанности по Фультону ( $Q_{\text{ф}}$ ) вычисляли как отношение массы рыбы к длине (формула 2):

$$Q_{\text{ф}} = W \times 100 / l^3 \quad (2)$$

где:  $Q_{\text{ф}}$  - упитанность по Фультону;

$W$  – масса выращенной рыбы, г;

$l$  – абсолютная длина рыбы, см.

Абсолютный прирост определяли по разности массы рыбы в конце и начале эксперимента (формула 3):

$$P = M_{\text{к}} - M_{\text{н}} \quad (3)$$

где:  $P$  – абсолютный прирост, г;

$M_{\text{к}}$  – масса выращенной рыбы в конце, г;

$M_{\text{н}}$  – масса выращенной рыбы в начале, г.

Среднесуточный прирост вычисляли как отношение разности конечной и начальной масс к периоду выращивания (формула 4):

$$C = \frac{m_{\text{к}} - m_{\text{н}}}{n} \quad (4)$$

где:  $C$  – среднесуточный прирост, г/сут;

$m_{\text{к}}$  – масса выращенной рыбы в конце, г;

$m_{\text{н}}$  – масса выращенной рыбы в начале, г.

$n$  – продолжительность опыта в сутках.

Морфометрические и линейно-весовые показатели оценивали по основному показателю среднесуточной скорости роста (J.D.Castel, K. Tiewes, 1979) (формула 5):

$$A = [(M_k / M_n)^{1/t} - 1] \times 100 \quad (5)$$

где: A – среднесуточная скорость роста %;

$M_k$  – масса выращенной рыбы в конце, г;

$M_n$  – масса выращенной рыбы в начале, г.

t - продолжительность опыта в сутках.

Коэффициент массонакопления (В.Ф. Резников и др., 1978; С.В. Купинский и др., 2010) рассчитывали, используя формулу (6):

$$K_M = \frac{(M_k^{1/3} - M_n^{1/3}) * 3}{T} \quad (6)$$

где:  $K_M$  – коэффициент массонакопления;

$M_k$  – масса выращенной рыбы в конце, г;

$M_n$  – масса выращенной рыбы в начале, г.

T – продолжительность выращивания, сут.

Расчисление роста рыб осуществлялось по формуле прямой пропорциональности, предложенной норвежским исследователем Э. Леа (Брюзгин, 1969). Математически соотношение прямой пропорциональности выражается следующей формулой (7):

$$\frac{L}{C} = \frac{l_x}{c_x} \quad (7)$$

где: L – общая длина рыбы;

C – длина чешуи (от центра до края), где определяются годовые кольца;

$l_x$  – длина рыбы за первый, второй, третий годы;

$c_x$  – длина чешуи за годы (от центра чешуи включая годовые кольца).

Согласно данной формуле, общая длина тела рыбы так относится к длине всей чешуи, как длина тела рыбы за искомый год относится к длине чешуи за тот же год. Исходя из этой формулы, длина тела рыбы за искомый год определяется следующим образом (8):

$$l_x = \frac{L \times c_x}{C} \quad (8)$$

где  $l_x$  – длина рыбы за первый, второй, третий годы;

L – общая длина рыбы;

$s_x$  – длина чешуи за годы (от центра чешуи включая годовые кольца);

$S$  – длина чешуи (от центра до края), где определяются годовые кольца.

## 2.4 Методы оценки физиологического статуса выращиваемых объектов органической аквакультуры

Гематологические показатели выращиваемых объектов аквакультуры определяют функциональный и физиологический статус, что в свою очередь позволяет определить степень эффективности применяемых технологий кормления и условий выращивания (Сладовская, 2001).



Рисунок 13 – Отбор гемолимфы у пресноводной креветки

Для исследования гематологических проб проводили отбор материала: у рыб – кровь из хвостовой вены (Методические указания по проведению гематологического обследования рыб, 1999) и у ракообразных – гемолимфу из вентрального синуса (Пронина, 2017) прижизненным способом (рис. 13). Кровь и гемолимфу объектов отбирали в пробирки Эппендорфа с использованием антикоагулянтов.

Физиологическое состояние ракообразных определяли с помощью биоиндикатора содержания белка в лимфе (Сладовская, 2001).

Концентрацию сывороточного белка в лабораторных условиях определяли биуретовым методом с помощью наборов реагентов фирмы «Агат-мед» (Филиппович и др., 1975). Метод основан на реакции пептидных связей белков в щелочной среде биуретового реагента с ионами меди и образовании комплекса интенсивного окраса, яркость которого пропорциональна концентрации общего белка. Для биохимического анализа отобранные образцы сыворотки крови центрифугировали при оборотах скорости 3 тыс/мин. В стеклянные пробирки к 5,0 мл рабочего раствора биуретового реагента приливали пипеткой сыворотку крови в количестве 0,1 мл, затем осторожно перемешивали без образования пены, и инкубировали при комнатной температуре 18-25 °С в течение 30 минут. Измерение оптической плотности контрольной и калибровочной пробы проводили при длине волны 640 нм в кювете с толщиной слоя, поглощающего свет, равной 10,0 мм. Концентрацию общего белка рассчитывали по формуле (9):

$$C = (E_o / E_k) \times 60 \text{ г/л (9)}$$

где:  $C$  – концентрация общего белка, значение пробы – опыт;

$E_o$  – оптическая плотность, ед., значение пробы - опыт;

$E_k$  – оптическая плотность, ед., значение пробы - калибровка;

60 – концентрация общего сывороточного белка в калибровочном растворе, г/л (Weichselbaum, 1946).

Показатель концентрации общего белка в крови рыб ниже уровня 30 мг/л свидетельствует о нарушении белкового обмена вследствие непоноценного питания (Аблеев и др., 2018).

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) определяли методом Панченкова. Интенсивность окислительных обменных процессов определяли по уровню гемоглобина в лабораторных условиях, используя гемиглобинцианидный метод E.J. Van Kampen, W.G.Zijlstra (1965). Принцип метода заключается на реакции окисления гемоглобина до метгемоглобина при взаимодействии с железосинерозистым калием (соль Гмелина). В процессе взаимодействия с

ацетонциангидрином образуется гемиглобинцианид - цианметгемоглобин, яркость раствора пропорциональна концентрации гемоглобина в крови.

Исследуемые пробы крови в количестве 20,0 мкл приливали к трансформирующему реагенту объемом 0,5 мл (натрий углекислый - 1,0 г, калий железосинерозистый - 200,0 мг, ацетонциангидрин - 0,5 мл, разведенные дистиллированной водой до объема 1,0 л) при помощи мерной пипетки в стеклянные пробирки, содержимое тщательно перемешивали и инкубировали при комнатной температуре (+18-25°C) в течение 20 минут. Измерение оптической плотности холостой и опытных (трансформирующий раствор) проб производили на фотоэлектроколориметре КФК-2 в кювете толщиной поглощающего свет слоя 10 мм, длина волны составила 640 нм.

Рассчитывали концентрацию гемоглобина согласно формуле 10:

$$C = (E_o / E_k) \times 120 \text{ г/л (10)}$$

где  $C$  – концентрация гемоглобина, значение пробы - опыт, г/л;

$E_o$  – оптическая плотность опытной пробы, единицы оптической плотности;

$E_k$  – оптическая плотность калибровочной пробы, единицы оптической плотности;

120 – концентрация гемоглобина в калибровочном растворе, г/л.

Повышенные значения СОЭ (более 5,0 мм/ч) свидетельствуют о наличии воспалительного процесса в организме объекта.

Концентрацию холестерина сыворотки крови определяли энзиматическим методом с помощью набора реактивов фирмы «Ольвексдиагностикум» (P.Trinder, 1969; F. Fishbachetal., 2004). Сыворотку крови в количестве 0,01 мл приливали к 2,0 мл трансформирующего раствора, полученную пробу перемешивали и инкубировали при комнатной температуре 18-25 °С в течение 25 минут. Измерения оптической плотности калибровочной и опытных проб проводили с помощью фотоэлектроколориметра КФК-2 при длине волны 640 нм. Концентрацию холестерина сыворотки крови определяли с помощью формулы 11:

$$C = (E_o / E_k) \times 5,17 \text{ ммоль/л (11)}$$

где:  $C$  – концентрация холестерина, ед. значение пробы - опыт;  
 $E_o$  – оптическая плотность, ед., значение пробы - опыт;  
 $E_k$  – оптическая плотность, ед., значение пробы - калибровка;  
 5,17 – концентрация холестерина ммоль/л, значение пробы – калибровка  
 (Trinder, 1969).

Концентрацию общих липидов в сыворотке крови определяли при помощи метода (N.Zollneretal, 1962; J.A.Knichtetal, 1972), основанного на взаимодействии фракции липидов (ненасыщенные липиды, жирные кислоты, фосфолипиды, холестерин) после гидролиза серной кислоты с фосфованилинолевым реактивом с образованием красного окрашивания. Содержание общих липидов в сыворотке крови рыб определяли колориметрическим методом на фотоэлектроколориметре КФК-2 при длине волны 640 нм и температуре в пределах 15-25 °С. Концентрацию общих липидов в сыворотке крови рассчитывали по формуле 12:

$$C = (E_o / E_k) \times 8 \text{ г/л (12)}$$

где:  $C$  – концентрация общих липидов в сыворотке крови, ед. значение пробы - опыт;  
 $E_o$  – оптическая плотность, ед., значение пробы - опыт;  
 $E_k$  – оптическая плотность, ед., значение пробы - калибровка;  
 8 – концентрация общих липидов в калибровочном растворе, г/л (Барышников, 1966).

## **2.5 Методы сбора и использования альтернативных источников протеина в кормах для аквакультуры**

Как отмечалось ранее, альтернативные источники протеина при замене такого дефицитного компонента как рыбная мука могут не только частично заменить её в рецептуре, но и выступать в качестве моно корма для представителей нерыбных объектов аквакультуры (Лагуткина, Пономарев 2010; 2011, 2012).

Для экспериментальных работ по тестированию экспериментальных комбикормов были созданы условия, оказывающие влияние на рост и развитие и на интенсивность ферментативных процессов, которые напрямую влияют на

активность потребления пищи, характера обмена веществ. Так, например у ракообразных: в период равномерного температурного режима количество линек увеличивается, а кормовые затраты уменьшаются (Лагуткина, 2010).

Качественный и количественный состав биомассы определяли по общепринятым методикам (Жадин, 1974; Кожова 2009).

Микробиологический анализ проводили в соответствии с Правилами бактериологического исследования кормов (утв. Главным управлением ветеринарии Минсельхоза СССР 10 июня 1975 г.).

Для определения общей численности микроорганизмов производили высев на плотную питательную среду – питательный агар. Произвели посев кормовой суспензии в разведенных пропорциях 1:10, 1:100, 1:1000 и 1:10000. Учет численности на плотных средах проводился на третьи сутки.

Органолептическая и физическая оценка корма. Оценку органолептических показателей качества проводили по стандартным действующим методикам. Комбикорм имеет вид плотных цилиндрических гранул с матовой поверхностью, диаметром 5,5 мм. Цвет темно-коричневый. Слежавшихся плотных комков обнаружено не было.

Выявлено, что комбикорма имели запах сушеной рыбы за счет входящей в состав рыбной муки. Посторонних запахов и наличия признаков заплесневения не было обнаружено, следовательно комбикорма является свежим.

Было определено содержание сухого вещества в продукционном корме. Для этого среднюю пробу комбикорма предварительно растирали пестиком в фарфоровой ступке. Стеклянные бюксы высушивали при температуре  $(105\pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 1 ч, охлаждали в эксикаторе и взвешивали. Во взвешенный бюкс помещали испытуемую пробу комбикорма массой 10 г.

Бюкс с испытуемой пробой помещали в сушильный шкаф. Высушивание проводили при температуре  $(105\pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 6 ч. После сушки бюкс с пробой охлаждали в эксикаторе до комнатной температуры и затем взвешивали.

Массовую долю сухого вещества в испытуемой пробе вычисляли по формулам (13), (14):

$$y = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100\% \quad (13)$$

где:  $m_1$  – масса бюкса, г;

$m_2$  – масса бюкса с пробой до высушивания, г;

$m_3$  – масса бюкса с пробой после высушивания, г.

100 - коэффициент пересчета в проценты.

$$y = \frac{87,74 - 78,38}{88,36 - 78,38} \times 100\% = 93,7 \quad (14)$$

В соответствии со стандартами массовая доля сухого вещества в кормах для гидробионтов должна составлять не менее 86,5 %. В испытуемых пробах она составила 93,7 %. В результате выявлено, что исследуемый производственный корм соответствует нормам по органолептическим и физическим параметрам.

Токсикологическая оценка корма. Была проведена токсикологическая оценка производственного корма для раков методом биотестирования на дафниях. Для приготовления водной вытяжки навеску корма помещали в колбу вместимостью 1000 см<sup>3</sup> и приливали 4-кратное количество культивационной воды. Колбу помещали на аппарат для встряхивания жидкости и встряхивали в течение 2 часов. Отстаивали в течение 30 минут и затем применяли центрифугирование для освобождения водной вытяжки от взвешенных частиц. Вытяжка имела величину рН 7,0.

Эксперимент проводили на водной вытяжке из корма и серии ее разбавлений. Определение токсичности каждой пробы проводили в трех параллельных повторях. В качестве контроля использовали две повторности на культивационной воде.

Для проведения процедуры биотестирования в чистые химические стаканы вместимостью 150 см<sup>3</sup> наливали 100 см<sup>3</sup> водной вытяжки из корма и ее разбавлений – в трех параллельных повторях. В них помещали по десять дафний в возрасте 6-24 ч.

Высокое эффективное действие разработанных кормов с добавлением компонентов местной сырьевой базы для объектов аквакультуры было

подтверждено результатами апостериорного сравнения анализируемых групп, которые уточняют визуальное представление морфометрических, линейно-весовых различий. Для обработки данных использовался дисперсионный анализ – наиболее общий параметрический статистический метод сравнения средних. Для производителей объектов аквакультуры использовали двухфакторный вариант дисперсионного анализа (с предикторами «Пол» и «Тип корма»), а для молоди – однофакторный. Доверительные интервалы для средних величин, а также значимость различий между средними в выборках рассчитывались для уровня значимости  $p < 0,05$ .

Тестирование и разработку кормов для австралийских раков проводили в инновационном центре Астраханского государственного технического университета «Биоаквапарк – научно-технический центр аквакультуры».

Объектом исследований служили австралийские раки различной массы, необходимо отметить, что личинки и молодь была получена собственными силами.

Биоматериал (самки с отложенной на плеоподах икрой, личинки после схода с плеоподов и молодь) содержались в емкостях объемом 400 л. с искусственной аэрацией и фильтрацией, а также подогревом воды и отдельных в них садках, оснащенных укрытиями домиками. Переведенных из прудовых условий особей содержали в бассейнах ИЦА-2, оснащенных биофильтрами. Для укрытия раков были сооружены домики из керамики и пластика. Температура воды в бассейнах и аквариумах в период проведения экспериментов составляла 27–28 °С, содержание кислорода – 5,5–7,2 мг/л, рН – 6,6–7,2. При определении нормы ввода сырья в комбикорма ориентировались на ранее полученные результаты при выращивании осетровых, креветок и раков.

Для оценки качества применяемых кормов и эффективности выращивания на разработанных рационах использовали рыбоводно-биологические характеристики темпов роста, коэффициентов массонакопления, % выживаемости, а также физиолого-гематологические показатели выращиваемых объектов.

Впервые вместо воды при изготовлении комбикормов использовался минеральный раствор с высоким содержанием кальция, впервые в состав

рецептуры стартового комбикорма включён витграсс, который был получен собственными силами из органических семян пшеницы, не подвергавшихся обработке пестицидами.

Также в состав комбикормов для снижения процентного содержания рыбной муки была включена добавка на основе биомассы прудовых экосистем, собранной при спуске выростных прудов, предварительно высушенной и обработанной.

## **2.6 Методы изучения кормов с альтернативными источниками протеина**

Ранее эффективность частичной замены рыбной муки на биомассу прудовых экосистем, собранную при спуске прудов, была обоснована и доказана для технологического процесса производства стартовых комбикормов для подращивания молоди осетровых рыб (Лагуткина, 2011; 2017), которым принадлежит особый статус среди водных биологических ресурсов (Hung Silas, 2017).

Собранное сырьё сушили с помощью центробежного отжима, собранные кормовые организмы после отлова из выростных прудов помещались в съемную корзину (сито с ячейей различного диаметра), установленную в рабочее колесо воздушно-центробежной сушилки. После включения двигателя во время вращения рабочего колеса сырьё из прудов за счет центробежной силы прижимается к стенкам сетчатой поверхности корзины, таким образом, влага вместе с воздухом удаляется через нагнетательную часть вентилятора. Одновременно воздух, засасываемый рабочим колесом вентилятора, проходя через сетчатую корзину, также способствует сушке кормовых организмов.

Конструкцию воздушно-центробежной сушилки изготавливали из следующих деталей: центробежный вентилятор с электрическим двигателем (мощность 127 Вт, напряжение переменного тока 27 В, частота вращения 970 об/мин); центробежный вентилятор (1) с электродвигателем (2); подставка (3) с кронштейном (4); рабочее колесо (5), внутри которого установили сито (6); сетка из нержавеющей стали с ячейей 1 мм (6).

Работа воздушно-центробежной сушилки происходит следующим образом: из рабочего колеса (5) извлекается сито и в него закладывается биомасса прудовых экосистем, освобожденная от влаги, затем высушивается при помощи воздухозаборного сопла с электрической спиралью (4), которая обеспечивает стабильный температурный режим воздуха до  $50,5^{\circ}\text{C}$  (рис. 14).

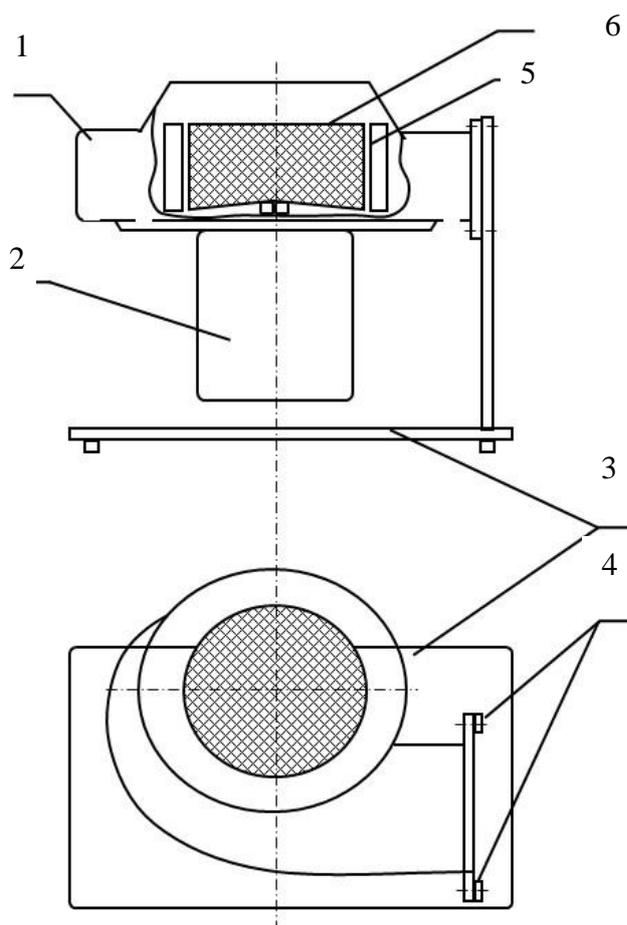


Рисунок 14 – Схема сушильного оборудования (Лагуткина, 2000), 1 – сушильная чаша, 2 – электродвигатель, 3 – швеллер-подставка, 4 – кронштейн, 5 – рабочее колесо, 6 – сито из нержавеющей стали (ячейка 1 мм), 7 – вентилятор центробежный.

Таким образом, представленная конструкция позволила освободить прудовую биомассу от влаги и высушить для использования в качестве кормового ингредиента в комбикормах для объектов аквакультуры.

Более того, при разработке новых комбикормов для объектов аквакультуры были подробно проанализированы характеристики аналогов в отношении компонентов схожей питательной ценности, проектирование новой рецептуры, ее

тестирование, в том числе на тест – объекте гуппи (*Poecilia reticulata*) (Гамыгин, 1989) и корректировка, исходя из особенностей физиологии культивируемых объектов, в итоге получены рецептуры стартового, продукционного и адаптационного кормов.

По разработанным рецептурам комбикорм изготавливался в соответствии с общепринятыми методиками (Пономарев, 2015). Компоненты, входящие в состав корма, дополнительно перемалывали и измельчали, после чего просеивали.

Кормовые компоненты растительного происхождения измельчали до порошка, тем самым повышая питательную ценность комбикорма. В комбикорм в соответствии с заданной рецептурой добавляли премиксы, витамины и другие ингредиенты, при формировании влажной смеси, в отличие от стандартной методики, которая предполагает добавление водопроводной воды, в кормосмесь на 1 кг был добавлен минеральный раствор Нарзана в количестве 25%. После тщательного перемешивания влажную кормосмесь пропускали через пресс.

Кормосмесь имела вид цилиндрических нитей диаметром от 3 до 7 мм. Перемешивая и разрывая вручную нити, формировали гранулы цилиндрической формы с соотношением длины к диаметру не более 1,5. Затем влажные гранулы охлаждали до комнатной температуры и размещали в термостате. Гранулы высушивали теплым воздухом, используя для этого нагревательный прибор с продувкой воздуха – термостат. Нагретый воздух подавался снизу и удалялся через отверстия и вытяжную трубу термостата. Сушка полученных гранул осуществлялась при температуре воздуха 55-65<sup>0</sup> С. Технология приготовления сухого корма включала процессы подготовки, измельчения, производства гранул и крупки (Пономарев, 2013). При приготовлении сухих гранул и крупки использовали пресс, термостат, набор разноячейных сит. Полностью высушенные гранулы после нанесения на них жира, согласно рецептуре, представляли собой готовый продукт, который и скармливали ракам после приготовления или хранения в специальной таре.

Таким образом, корм для экспериментальных работ изготавливали согласно установленному технологическому режиму приготовления кормов, готовый корм

представлял собой готовый продукт – твердую крупку с матовой поверхностью без трещин, светло-коричневого цвета, соответствующий требованиям ГОСТ 10385-2014.

Выращивание контрольных групп производили на фирменных кормах «Tetra» с содержанием белка – 43 %, жира – 8 %, клетчатки – 2-4 %, обогащенных витаминами и минеральными веществами, «Sera Crabs Natural» с содержанием белка – 25 %, жира – 5 %, клетчатки – 5 %, и «JBL» - универсальный корм, пригодный в том числе и для выращивания эвригалинных ракообразных с высоким содержанием водорослей и древесного волокна.

Качественный состав разработанных кормов (компоненты животного и растительного происхождения) и возможность их использования описаны ранее в работах (Лагуткина, 2018, 2019). Кроме того, данные литературных источников (Soderhall, 1988; Wang, 2020) послужили основой для создания экспериментальных рецептур стартового, производственного и адаптационного кормов линейки TechSa для ракообразных, карповых и осетровых.

Содержание основных питательных веществ (белки, жир, углеводы) корма рассчитывалось по следующей формуле (15):

$$X = C \times k/100 \quad (15)$$

где X – содержание, ед;

C – количество компонента в 100 г комбикорма;

k – уровень энергосодержащих веществ в компоненте корма.

Процентная доля внесения корма выведен исходя из температурного режима содержания ракообразных, соответственно, показатель составил 4% от массы объекта.

В процессе адаптации линей осуществлялось кормление рыб экспериментальными кормами: производственный «TechSa» Direct Pro, органический «TechSa» Organic, стартовый «TechSa» Direct Start. Корма, прошедшие проверку, использовались для кормления в течение 60 суток по суточной норме, установленной по кормовым таблицам (для карпа) (Пономарев, Лагуткина, 2015).

В процессе выращивания ракообразных использовались разработанные

корма: производственный «TechSa» Cryfish Growth, стартовый «TechSa» Cryfish Start и адаптационный «TechSa» Cryfish Pro направленного действия с различным содержанием протеина – от 40 до 50%, жира – 8-9% и углеводов – 4-8%.

В рамках эксперимента была изучена эффективность выращивания объектов с помощью разработанных рецептов комбикормов с добавлением компонентов местного доступного сырья и включением в рацион спорообразующих пробиотических культур с целью эффективного выращивания карповых при высокой плотности посадки в модульной установке (табл 8).

Таблица 8 – Схема добавления пробиотиков

Экспериментальные комбикорма первого этапа	a	b	c	d
Пробиотик Olin <i>Bacillus subtilis</i> (ВКПМ 10172), <i>Bacillus licheniformis</i> (ВКПМ 10135)	-	-	0,2	0,3
Пробиотик препарата <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	-	0,3	-	-
Экспериментальные комбикорма второго этапа				
Пробиотик Olin <i>Bacillus subtilis</i> (ВКПМ 10172), <i>Bacillus licheniformis</i> (ВКПМ 10135)	-	0,2	0,3	0,5
Экспериментальные комбикорма третьего этапа		a	b	c
Пробиотик Olin <i>Bacillus subtilis</i> (ВКПМ 10172), <i>Bacillus licheniformis</i> (ВКПМ 10135)		-	0,5	0,25
Пробиотик препарата <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>		-	-	0,25

Оптимальная доза введения определенной дозы спорообразующих пробиотических культур в состав комбикорма для ракообразных была определена исходя из эффективности выращивания.

Технология приготовления используемого корма включала общие подходы в процессе подготовки, измельчения, производства гранул и крупки необходимого размера.

При смешивании компонентов вместо водопроводной воды использовали минеральную, полностью высушенные гранулы после нанесения на них жира согласно рецептуре представляли собственно готовый продукт, который и применялся при кормлении после приготовления или хранения в специальной

пищевой таре. Корм задавали вручную, при этом нормы кормления рассчитывались от массы тела в процентном соотношении от 2 до 4 % при температуре воды 24 °С.

Для статистического анализа достоверности различий между экспериментальными выборками использовался однофакторный дисперсионный анализ. При этом рассчитывалась общая сумма квадратов отклонений от среднего значения по всем сравниваемым выборкам (SST), а затем анализировалась доля дисперсии SST, обусловленная внутригрупповой изменчивостью (SSW) и межгрупповой изменчивостью (SSB) экспериментальных данных.

$$SST = SSB + SSW$$

Нулевая гипотеза ( $H_0$ ) при этом состояла в предположении, что различия между средними в выборках отсутствуют, тогда как альтернативная гипотеза ( $H_1$ ) – в наличии статистически значимого отличия ( $p < 0,05$ ) между хотя бы одной парой исследуемых выборок из всей совокупности (Лакин, 1990).

Выбор между нулевой и альтернативной гипотезами осуществлялся исходя из вычисляемого значения критерия Фишера (F) и вероятности (P), ему соответствующей (при  $p > 0,05$  принималось суждение об отсутствии оснований для отклонения нулевой гипотезы) (Мастицкий, Шитиков, 2015).

Для изучения характера F-распределения и предварительных оценок анализа использовался электронный ресурс [https://gallery.shinyapps.io/dist\\_calc/](https://gallery.shinyapps.io/dist_calc/).

Таблица 9 – Дисперсионный анализ

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
N	m-1	SSB	SSB/Df	$\frac{MeanSq(N)}{MeanSq(Residuals)}$	
Residuals (остатки)	N-m	SSW	SSW/Df		

Результат дисперсионного анализа в 3 главе представляется в следующей форме (табл. 9):

где: Df – число степеней свободы показателя (остатков);

SSB – величина межгрупповой дисперсии;

SSW – величина внутригрупповой дисперсии;

Sum Sq – сумма квадратов отклонений;

Mean Sq – усредненная сумма квадратов отклонений;

F value (F) – значение F – критерия;

Pr – уровень значимости, соответствующий рассчитанной величине F-критерия;

m – число анализируемых групп наблюдений;

N – общее число наблюдений в объединенной выборке.

Выполняя анализ по стандартной методике, при анализе более 2 выборок (как и получается при выбранной нами схеме эксперимента) в случае, если вычисленное значение F-критерия меньше 0,05, мы можем утверждать, что имеется по меньшей мере 1 статистически значимое различие между средними значениями в исследуемых выборках. Однако для ответа на вопрос, какие именно из выборок значимо различаются, необходимо выполнить попарные сравнения, сделав соответствующую поправку.

Для  $k$  выборок, участвующих в исследовании число попарных сравнений  $q$  определяется формулой (16):

$$q = \frac{k \times (k-1)}{2} \quad (16)$$

Анализ при этом выполнялся с поправкой на множественные сравнения по критерию Тьюки. Принцип расчета заключается в том, что попарно производится определение разности вычисленных средних значений сравниваемых выборок и для этой разности определяется величина доверительного интервала ( $p < 0,05$ ). В случае, если рассчитанный доверительный интервал не включает нулевое значение, различия между сравниваемыми выборками считаются значимыми. Дисперсионный анализ проводился при помощи статистической среды R v. 3.3.4.

В процессе исследований было отобрано и проанализировано более 150 гидробиологических и гидрологических проб, проведено свыше 25 тыс. измерений, в т.ч. взвешиваний, расчетов рыбоводно-биологических показателей, а также расчетов питательности кормов, выполнен анализ 500 гематологических проб, проведено около 300 биохимических, органолептических и токсикологических анализов.

## **ГЛАВА 3 ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ОРГАНИЧЕСКОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ В ПРУДОВЫХ ХОЗЯЙСТВАХ**

### **3.1 Остаточная биомасса прудов как основа органических комбикормов для аквакультуры**

Сопоставив экспертные оценки альтернативных источников протеина (АИП) по стоимости, экологичности (в т.ч. перспективе органической сертификации), биодоступности, применимости в качестве основы кормов для разных объектов аквакультуры (растительные, хищные), можно сделать вывод о том, что наиболее перспективными АИП являются насекомые, планктон, бактерии и водоросли. Помимо прочего, названные АИП могут не уступать рыбной муке по содержанию протеина (Дьяков, 2020; Сергазиева, 2011). Вопрос лишь в сложности технологии их производства – от этого зависит конечная цена, экологичность и универсальность применения.

Среди альтернативных технологий производства кормов для аквакультуры наиболее популярная заключается в использовании источников протеина животного происхождения в кормах для аквакультуры, взамен рыбной муки. В качестве примера новой производственной реальности можно привести производство комбикормов на основе прудовой биомассы для снижения доли рыбной муки в комбикормах для объектов аквакультуры, что определяет эту технологию как соответствующую базовым принципам органического производства. Согласно принципам органического производства доля рыбной муки в кормах должна неуклонно снижаться, вплоть до полного отказа от ее использования и замены альтернативными источниками протеина.

Кормовой ингредиент на основе биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем позволяет заменить рыбную муку и дефицитные кормовые дрожжи, в том числе при выращивании ценных видов рыб например, осетровых.

Биомассу прудовых экосистем – бросовое сырье (в т.ч. пресноводный зоопланктон в качестве источника протеина) – собирали при спуске выростных прудов в соответствии с моделями «циклического» устойчивого развития. Это не

изъятие из природы, а фактически использование бросового материала, также это и естественная кормовая база, что означает ее высокую готовность для использования как основы производства органических кормов для аквакультуры (Лагуткина, 2017).

Альтернативный источник белка для кормопроизводства на основе биомассы растительного и животного планктона собирали при помощи самостоятельно разработанной собственной конструкции.

Базовая конструкция для эффективного сбора бросового сырья устанавливается на осетровых предприятиях по искусственному воспроизводству ценных видов рыб и выпуску их в реку по достижении стандартной массы.

Именно на осетровых заводах при прудовом выращивании в вегетативный период в Волго-Каспийский канал при спуске рыбоводных выростных прудов сбрасывается вместе с водой остаточная кормовая база, в том числе большое количество ценных кормовых организмов.

Собранная биомасса высушивается в центробежном устройстве, предназначенном для использования в промышленном пищевом производстве. При использовании метода центробежного отжима получается кормовое сырьё, которое используется для приготовления корма с высоким продуктивным действием способом влажного прессования (Скляр, 1984).

Оборудование, позволяющее реализовать базовую технологию получения биомассы для эффективного сбора, устанавливается на рыбоводных предприятиях по искусственному воспроизводству ценных видов рыб и выпуску их в реку по достижении стандартной навески (Лагуткина, 2000; 2010; 2011; 2012; 2016).

Интегрированное размещение разработанного устройства происходит на участке сбросного канала рыбоводных предприятий перед рекой и расположенного диагонального мостика (а-а) (см. рис. 15).

Рамки из полиуретана (6) устанавливаются на диагональный мостик (а-а), оснащены сеткой рабицей полимерной (2), с ячейей 3,5X3,5 мм. Рамки вставляются в собачки (4), которые закреплены на мостике в периферийной и центральной части. Этот мостик служит для того, чтобы сконцентрировать молодь рыб в

специальном накопителе, откуда молодь сбрасывается непосредственно в реку (рис. 15).

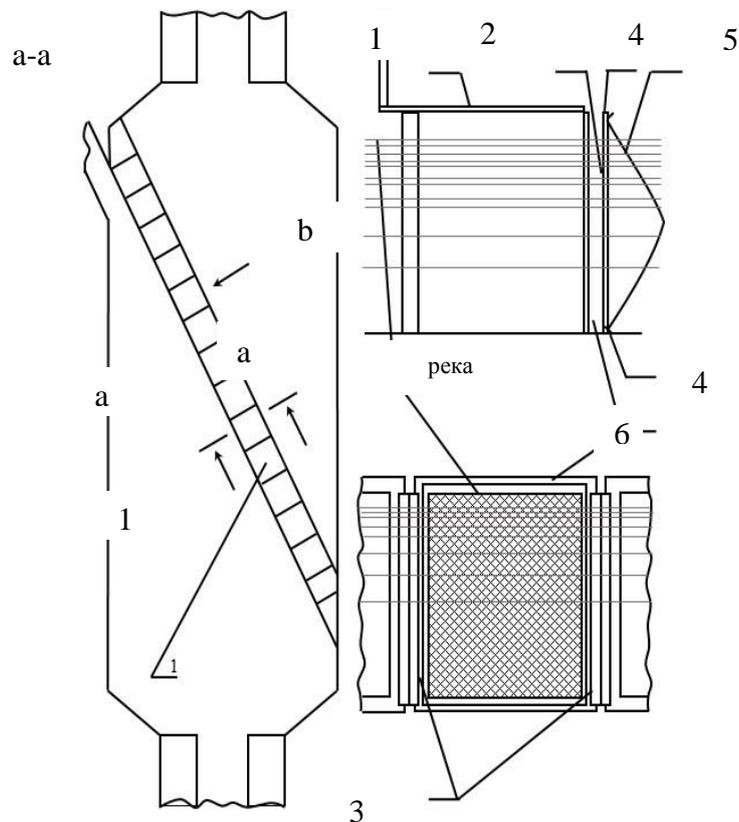


Рисунок 15 – Базовая конструкция технологии сбора: 1 – мостик обслуживания, а-а – диагональный мостик для обслуживания, b – конструкция рамки уловителя с газовым ситом и сеткой для сбора, 2 – сетка рабица полимерная, 3 – паз, 4 – крючки, 6 – рамки из полиуретана, 5 – сито

Процесс сбора прудовой биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем заключается в следующем: по сбросному каналу вместе с водой при спуске скатывается молодь, под обслуживающим мостиком (1) устанавливаются рамки с конусообразным мешком (кутец изготовлен из нейлонового мельничного сита (газа), который по мере наполнения поднимается и сменяется на новый после вылова ценной биомассы).

Для того, чтобы исключить попадание рыбы в уловитель, устанавливали ограничительную раму с ячейей 3,5x3,5 мм.

Выловленные кормовые организмы просматривали и взвешивали, общую массу фиксировали за единицу времени.

Изготовление кормового ингредиента из собранной биомассы прудовых экосистем производили в несколько этапов, сначала биомассу освобождали от влаги, затем её высушивали.

Собранное и приготовленное сырье по содержанию питательных веществ представляет собой весьма ценный кормовой ингредиент для изготовления различных комбикормов, более того, установлена эффективность выращивания объектов тепловодной аквакультуры при кормлении монодиетой на основе биомассы и в качестве дополнительного прикорма к основному комбикорму.

Качественный состав собранной с прудов биомассы изучали под биноклем в пробе массой 1 г, во время сбора биомассы с белужьих прудов лидирующее положение занимали дафнии – 18-64% и лептостерии – 20-45%, из группы низших водорослей встречались нитчатые водоросли от 8,0 до 81,5%, прочие объекты кормовой базы — это циклопы и личинки жуков – до 5%.

Что касается качественного состава биомассы, собранной с осетровых прудов, в ней содержание дафний варьировало в пределах от 4 до 92%, количество лептостерий в пробах снизилось и составляло не более 17%, отмечено попадание в уловитель стрептоцефалюсов – 7-15%, излюбленного кормового организма осетровых, прочие объекты – гаммариды, пиявки, клопы, личинки стрекоз и жуков – 7-20%, из группы низших водорослей встречались нитчатые водоросли – от 5-95%.

Качественный состав собранной биомассы с севрюжьих прудов по видовому составу: нитчатка – 10-98%, дафнии – 2-84%, лептостерии – до 1%, гаммариды – до 5%, водяные клопы и личинки стрекоз – 10-15%. Если по объектам кормовой базы распределение выглядит схожим, то для биомассы из нитчатых водорослей в пробах всех прудов наблюдались пики снижения доли в ночное время и увеличение в утреннее.

Анализ состава кормовых организмов биомассы прудовых экосистем с точки зрения питательных свойств позволяет рассмотреть эту биомассу как возможный альтернативный источник протеина животного происхождения.

Поскольку на осетровых заводах выпуск молоди из выростных прудов после достижения стандартной навески в реку осуществляется в определенной последовательности: белуги (I), осетра (II), севрюги (III), соответствующие образцы биомассы прудов будут иметь различную питательную ценность (табл. 10).

Таблица 10 - Содержание питательных веществ в биомассе прудовых экосистем

в сыром веществе, %	содержание в пробе прудов, %		
	I	II	III
протеин	64,0±0,1	56,0±0,2*	60,0±0,5*
жиры	5,2±0,6	4,4±0,3*	3,9±0,07*
зола	11,7±0,1	11,9±0,3	11,9±0,2
сухое вещество, %	28,6±0,3	28,7±0,5	28,8±0,1

Примечание: \* - различия достоверны при:  $p < 0,05$

В зависимости от периода сбора биомассы и спуска прудов при выращивании осетровых содержание протеина, жиров и золы варьирует в пробах, что подтвердило предположения о неоднородности ее состава.

Необходимо отметить, что увеличенная доля содержания золы в биомассе обусловлена наличием азотосодержащих полисахаридов, в силу чего для кормового ингредиента становятся возможными также для включения в состав комбикорма всеядных рыб. Хитиноподобные вещества (Аллам, 2016; Ушакова и др., 2018) выступают как биологически активный компонент с антимикробной активностью (Аллам, 2016) и имеют профилактическое действие на организм в условиях теплового стресса (Бахарева и др., 2018).

Экстрактивные безазотистые вещества (БЭВ) одна из групп углеводов, которая представлена ценными простыми сахарами, имеющими наибольшее значение в питании и развитии организма, образовании гликолипидов и гликопротеидов – структурных специальных элементов клеток тела рыбы. Легкоперевариваемые углеводы БЭВ в комбикормах играют роль источника энергии и регулируют обменные процессы.

Прудовая биомасса растительного и животного планктона прудовых экосистем содержит основные жирные кислоты, отличаясь по составу трех проб (табл. 11).

Таблица 11 - Жирные кислоты, % от общей суммы

Жирные кислоты	Наименование	Пробы		
		I	II	III
12: 0	лауриновая	0,1±0,04	0,3±0,05	0,4±0,1
12: 1	лауроолеиновая	0,1±0,1	0,1±0,1	0,5±0,1
15: 0	пентадекановая	0,5±0,3	0,5±0,2	1,0±0,3
16: 0	пальмитиновая	15,1±0,05	12,6±0,05	13,3±0,1
16: 1	пальмитолеиновая	12,8±0,1	11,4±0,1	10,5±0,2
16:2	гексадекадиеновая	0,4±0,05	0,2±0,06	1,0±0,07
17: 0	маргариновая	0,1±0,3	0,3±0,3	0,4±0,3
18: 1 ω-9	олеиновая	18,3±0,05	15,4±0,05	20,1±0,1
18: 0	стеариновая	2,1±0,05	1,2±0,2	3,1±0,5
18: 2 ω-6	линолевая	4,0±0,2	1,8±0,3	12,3±0,2
18: 3 ω-6	гамма-линоленовая	0,2±0,3	0,1±0,3	10,1±0,3
18: 3 ω-3	альфа-линоленовая	5,4±0,3	2,6±0,2	1,8±0,1
20: 0	арахиновая	0,2±0,1	1,3±0,1	3,0±0,1
20: 1	эйкозеновая	0,4±0,06	0,5±0,07	0,2±0,1
20: 2 ω-6	эйкозадиеновая	1,8±0,3	1,2±0,3	3,3±0,3
20: 4 ω-6	арахидиновая	3,4±0,2	4,5±0,2	2,8±0,2
20: 5 ω-3	эйкозапентаеновая	6,8±0,08	5,4±1,0	2,4±1,2
22: 5 ω-3	докозапентаеновая	7,6±0,07	6,8±1,0	3,0±1,0
22: 6 ω-3	докозагексаеновая	6,6±0,08	7,6±1,2	1,0±1,2
Σ ω-9	мононенасыщенные	18,3	15,4	20,1
Σ ω-6	полиненасыщенные	9,7	7,6	28,5
Σ ω-3	полиненасыщенные	19,6	19,8	8,2

Жирнокислотный состав липидов образца биомассы I следующий: доля насыщенных кислот (12:0, 15:0, 16:0, 17:0, 18:0, 20:0) от общего количества ЖК - 18,1%, лидирующее положение занимают пальмитиновая – 15,1% и стеариновая - 2,1% жирные кислоты. Насыщенные жирные кислоты по содержанию уступают мононенасыщенным кислотам в 1,7 раз. Полиненасыщенные жирные кислоты - эссенциальные жирные кислоты (незаменимые) составляют – 44,7%, в этой группе наибольшее значение имеют: докозапентаеновая – 7,6 %, эйкозапентаеновая - 6,8 %, докозагексаеновая – 6,6 %, линоленовая - 5,4 % и олеиновая – 18,3 % кислоты. Соотношение эссенциальных жирных кислот омега 6 и омега 3 соответственно составляет 22,8% и 11,29% от суммы общих липидов (Лагуткина, 2012) особенно важно высокое содержание жирных кислот омега 3 – до 19,6% (Розумная, 2017).

Сумма содержания эссенциальных жирных кислот омега 6/3 варьирует в пределах от 8,2 до 28,5%.

Жирнокислотный состав липидов образца биомассы II, следующий: доля насыщенных кислот от общего количества ЖК – 21,95%, лидирующее положение занимают пальмитиновая – 12,6% и стеариновая – 1,2% жирные кислоты. Насыщенные жирные кислоты уступают мононенасыщенным кислотам в 1,7 раз. Полиненасыщенные жирные кислоты – эссенциальные жирные кислоты (незаменимые) составляют – 37,4%, в этой группе наибольшее значение имеют: докозапентаеновая - 6,8 %, эйкозапентоеновая - 5,4 %, докозагексаеновая - 7,6 %, линоленовая - 2,6 % и олеиновая – 15,4 % кислоты.

Соотношение эссенциальных жирных кислот омега 6 и омега 3 соответственно составляет 26,8% и 10,3% от суммы общих липидов, что особенно важно высокое содержание жирных кислот омега 3 – до 19,8% (Пронина, 2017).

Жирнокислотный состав липидов образца биомассы III следующий: доля насыщенных кислот от общего количества ЖК – 23,5%, лидирующее положение занимают пальмитиновая – 13,3% и стеариновая – 3,1% жирные кислоты. Насыщенные жирные кислоты уступают мононенасыщенным кислотам в 1,5 раза. Полиненасыщенные жирные кислоты – эссенциальные жирные кислоты (незаменимые) составляют – 30,4%, в этой группе наибольшее значение имеют: докозапентаеновая 3,0 %, эйкозадиеновая – 3,3%, линоленовая – 1,8 % и олеиновая – 20,1 % кислоты.

Соотношение эссенциальных жирных кислот  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 соответственно составляет 31,6% и 9,1% от суммы общих липидов, особенно важно высокое содержание жирных кислот  $\omega$ -3 – до 8,2%.

В пробах I-III прудовой биомассы в значительных количествах присутствуют мононенасыщенная олеиновая кислота – одна из семейства витаминоподобных жирорастворимых веществ «витамин F» (Любаева, 2015), содержание которой доходит до 20,1%, причина высокой концентрации заключается в значительном присутствии в пробах зоопланктона.

Анализ процентного содержания  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 кислот показывает, что уровень  $\omega$ -3 выше в 3,2 – 2,7 раза, а содержание кислот  $\omega$ -6 ниже в 3 – 3,7 раза.

Высокое содержание насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот прудовой биомассы определило соответственно высокое содержание ценных триацилглицеринов от 32,6 до 41,2%, а также фосфолипидов от 31,0 до 34,6% (табл. 12).

Таблица 12 - Общие липиды, фракционный состав, %

Показатель	Пробы		
	I	II	III
Триацилглицерины	41,2±0,4	40,0±0,3*	32,6±0,4*
Фосфолипиды	31,0±0,3*	28,4±0,3*	34,6±0,3
Холестерин	13,6±0,3	11,6±0,2*	8,6±0,2*
Эфиры холестерина	4,2±0,3	3,2±0,2*	3,8±0,2*
Диацилглицерины	3,0±0,05*	2,4±0,3*	4,0±0,05
Неэстерифицированные ЖК	4,0±0,005	4,0±0,05	9,0±0,05*

Примечание: \* - различия достоверны при:  $p < 0,01$

Липидная фракция биомассы представлена прежде всего триацилглицеринами, в составе которых незаменимые жирные кислоты линоленового ряда определяют питательную ценность биомассы так как предохраняют органы в живых организмах от повреждений, выполняют структурную, теплоизолирующую и механическую функции (Cyoubert, 1986; Cowey, 1997), повышая резистентность организма в раннем онтогенезе.

Поэтому мы предполагаем, что молодь рыб в раннем онтогенезе, выращенная на комбикорме, содержащем биомассу растительного и животного планктона прудовых экосистем, будет лидировать по рыбоводным показателям, в том числе и выживаемости.

Продуктивное действие комбикорма на основе биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем будет определять основной состав белка по незаменимым аминокислотам и нуклеиновым кислотам, в частности, содержание лизина

составляет – 9,0 %, аргинина – 5,3 %, триптофана – 0,9 %, метионина – 2,0 % (табл. 13).

Таблица 13 - Незаменимые аминокислоты, содержание в мг%

Аминокислоты	Содержание	Аминокислоты	Содержание
Лизин	9,0±0,2	Пролин	4,0±0,1
Гистидин	7,1±0,7	Глицин	4,2±0,6
Аргинин	5,3±0,3	Аланин	7,9±4
Аспарагиновая к-та	5,9±0,5	Метионин	2,0±0,3
Треонин	5,1±0,5	Изолейцин	2,3±0,2
Глутаминовая к-та	3,7±0,5	Тирозин	1,7±0,1
Триптофан	0,9±0,5	Фенилаланин	3,8±0,2
Валин	2,0±0,5	Лейцин	3,0±0,2

Наряду с белками питательность определяют нуклеиновые кислоты, представленные крупной (дафнии, лептостерии, стрептоцефалюсы) и мелкой (коловратки, молодь кладоцер и копепод) фракциями зоопланктона биомассы (табл. 14).

Таблица 14 - Нуклеиновые кислоты, содержание по сухому веществу на 100 г

Компоненты нуклеиновых кислот	Содержание в зоопланктоне, г	
	крупная фракция	мелкая фракция
Общий азот	7,4±0,5	7,8±0,6
КФ (кислотнорастворимые фракции)	0,51±0,05	0,61±0,04
РНК (рибонуклеиновые кислоты)	1,8±0,2	1,9±0,3
ДНК (дезоксирибонуклеиновые кислоты)	0,24±0,02	0,44±0,06
КФ и НК	2,55±0,3	3,95±0,4

Весьма показательно, что организмы зоопланктона в целом богаты нуклеиновыми кислотами, что крайне важно для развития организма в раннем онтогенезе, однако в мелкой фракции зоопланктона его больше. Наличие беспозвоночных микроорганизмов в биомассе на основе растительного и животного планктона прудовых экосистем в значительной степени обуславливает ценность ингредиента в рецептах стартовых комбикормов для молоди объектов аквакультуры.



Эффективность использования кормовой биомассы при выращивании и результаты тестирования при выдерживании срока хранения 1 год представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Тестирование кормовой биомассы

Показатель	<i>Poecilia reticulata</i>		
	I	II	контроль
Масса, мг: начальная	16,2±0,03	16,2±0,03	16,2±0,03
Конечная	*31,2±0,4	29,6±0,3	28,7±0,3
Прирост абсолютный, мг	15,0	13,4	12,5
Выживаемость, %	80,0	75,0	85,0
Кормовой коэффициент, ед.	6,2	6,5	6,5
Период выращивания, сут.	30	30	30
Показатель	<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>		
	I	II	контроль
Масса, мг: начальная	50,3±0,3	50,3±0,3	50,3±0,3
конечная	*135,6±7,4	348,9±11,1	381,0±,5
Прирост абсолютный, мг	85,3	298,6	330,7
Выживаемость, %	50,2	85,0	79,7
Кормовой коэффициент, ед.	4,7	1,8	2,1
Период выращивания, сут.	30	30	30

Примечание: \* P < 0,001. Комбикорм 1,2,3 – состав комбикорма см. в табл.15.

Данные таблицы 16 подтверждают возможность применения прудовой биомассы со сроком хранения 1 год, так в качестве моноорма положительный эффект достигнут на тест-объектах гуппи. В этом эксперименте гуппи дружно потребляли корм без остатка, но в силу видовой особенности отличались медленным ростом в отличие от ценного объекта аквакультуры, поэтому при данных условиях опыта значениями по затратам корма на единицу прироста можно пренебречь, высокая выживаемость доказывает отсутствие токсического действия этого корма.

Показатели выращивания ранней молоди русского осетра на комбикорме с добавлением кормовой биомассы близки к контрольным, что демонстрирует высокие продуктивные свойства, даже после хранения прудовой биомассы в течение 1 года, однако в качестве монодиеты эффективность низкая, комбикорм



состояли преимущественно из дафний – до 64% и лептостерий – 45%. Образцы из прудов осетровых содержали дафний – до 92%. Образцы прудов севрюжских содержали дафний – до 84%.

В результате сбора рамкой-уловителем остаточной кормовой базы прудов при выпуске молоди, выращенной на осетровом предприятии по воспроизводству осетровых рыб, определили динамику таких уловов сбросного канала секционно: в центральных десяти секциях – 6,5 т и в периферийных двадцати двух секциях, соответственно, около 4 т.

Таким образом, общий объем побочной продукции, которую можно отловить при сбросе осетровых прудов за весь период выпуска молоди в летний период, составляет около 10 т, или 20% от сырой массы и около 2 т сухого вещества (табл. 18).

Таблица 18 - Результаты отлова 1-й рамкой за сезон при спуске выростных прудов

секции	I*	II	III	итого, кг	итого, т
центр	258	325	46	654	6,54
периферия	77	98	14	196	4,312
спуска нет	26	5	-	-	
Всего, т					10,852

Примечание: \* I-III образцы биомассы при спуске прудов с молодьёю белуги (I), русского осетра (II), севрюги (III).

В ходе отлова произвели суммарную оценку возможного получения объёма сырья по центральной части и 10 секциям, которая составила 6540 кг – 6,54 т, по периферийной части и 22 секциям – 4312 кг – 4,312 т и, соответственно, всего 10,852 т.

Для круглогодичного получения ценного кормового белка и увеличения объемов выпуска сырьевой продукции для комбикормов, а также замены дефицитного белка, необходимого для питания молоди рыб в раннем онтогенезе, для повышения резистентности организма во время перехода из прудовых условий в естественные приступили к следующему этапу экспериментальной работы.

Необходимо отметить, что с нарастающим антропогенным воздействием на экосистему Волги, отсутствием синхронного обеспечения в нижнем течении Волги в период весеннего половодья необходимого объема стока в соответствующие

сроки, продолжительным расходом воды с Волгоградского гидроузла, усилением термального загрязнения, колебанием температурного и солевого оптимума, продолжительным повышением температуры вод (Кашин 2013;2018; Дегтярева 2014;2018) актуальность оценки и обязательного мониторинга устойчивого питания, адаптированного к стресс-нагрузкам остаётся важным вопросом. Для учета перечисленных факторов и отслеживания их негативной динамики необходимо проведение стратегических исследований по повышению сопротивляемости (Silas, 2018) и улучшению комплексных физиологических и рыбоводно-биологических характеристик выращиваемых организмов.

В связи с этим важнейшим условием получения качественной рыбоводной продукции является создание условий выращивания, при которых параметры, отвечающие за оптимальные зоны функционирования организма, способствовали бы жизнестойкости в условиях изменяющейся естественной среды (Tapiador, 2019; Blanchet, 2019; Travis 2018; Wang 2020).

Так, при выращивании на осетровых рыбоводных заводах необходимо строго соблюдать все биотехнические этапы, выполнять агро-мелиоративные работы в межрыбоводные сезоны с выполнением основных приемов при эксплуатации выростных прудов, проводить работы по обеспечению устойчивой кормовой базой, уделяя особое внимание питанию молоди на этапе подращивания (Xiaoxin Wang, 2020), на специализированных кормах направленного действия, увеличивающих адаптационный потенциал объектов. По мнению многих авторов важнейшими факторами, которые необходимо учитывать, являются адекватное питание, кормовые рецептуры (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1050464813006773>), режимы питания, кормовые и пищевые добавки, входящие в состав предлагаемых комбикормов (Akrami, 2013; Luo 2015; Lee, 2016; Christian Lane, 2017; Taridashti, 2017; Sudagar, 2010; Montana, 2020; Jafari, 2020).

С учетом имеющихся данных (<https://www.longdom.org/archive/jard-volume-6-issue-5-year-2015.html>) других авторов J. Fedorovykh, S. Ponomarev, J. Bakaneva, J. Sergeeva, A. Bakhareva, J. Grozesku and V. Egorova (2020) дополнительно был проведен поиск альтернативного источника белка для эффективной замены

дефицитного жаброногого рачка артемии салина (*Artemia salina*), повышающего жизнестойкость выращиваемых объектов. По нашему мнению, жаброног торвикорнис (*Streptocephalus torvicornis*) – пресноводный родственник артемии салина – адекватная замена дефицитного белка.

Жаброног торвикорнис излюбленный корм осетровых рыб, на долю которого приходится большая часть рациона при переходе на активное питание, обеспечивая тем самым накормленность особей, высокий темп роста, что обеспечивает в свою очередь высокие показатели упитанности выращиваемых объектов (Лагуткина, 2000; 2017; Дулина, 2005). Излюбленной пищей осетровых на 30-33 день жизни является именно этот жаброногий рачок, его встречаемость в пищевых комках более 50%, у белужат и осетра более 89% и 67% соответственно (Дулина, 2005).

Более того, в результате исследований путей интенсификации процессов воспроизводства ценных видов рыб было установлено, что интродукция жабронога торвикорнис увеличивает стандартную массу выращиваемых объектов, что определяет эффективность искусственного воспроизводства (Дулина, 2005), так как обеспечивает выпуск более жизнестойкой молоди в реку для пополнения естественной популяции.

Достоинства этого вида в качестве компонента питания – это высокое содержание в его составе не только протеина, но и незаменимых аминокислот, которые обладают большой биологической ценностью и должны поступать с пищей (табл. 19).

Таблица 19 – Содержание липидов, белков, углеводов (% к сухой массе)

Показатель	Содержание
Липиды	7,64
Белки	29,87
Углеводы	20,2

В результате перевода прудовой молоди белуги в бассейновые условия установили эффективность комбикорма с биопротеином с добавлением жабронога торвикорнис (*Streptocephalus torvicornis*) с 20% содержанием по сырому веществу к комбикорму.



контролем ( $p < 0,001$ ), что подтверждает высокий уровень жизнестойкости и адаптационные возможности молоди на этом важном этапе развития.

Таким образом, достигнута задача минимальной потери потомства и высокого потенциала стрессоустойчивости при выращивании молоди осетровых рыб этом на этапе перевода прудовой молоди в бассейновые условия для создания ремонтного стада.

### **3.2 Технологические аспекты получения каридных креветок**

Технология получения тропических видов в аквакультуре является самым быстрорастущим сектором производства пищевой продукции и индустриальное выращивание креветок является одним из заметных производственных направлений (<http://www.fao.org/fishery/affris/species-profiles/giant-river-prawn/giant-river-prawn-home/en/>).

Так, объем аквакультурной креветки уже выше объема ее добычи рыболовством (Timothy, 2019). В 2016 году в мире рыбаки добыли 3500 тыс. тонн креветки, тогда как аквакультурой было произведено 5364 тыс. тонн, в т.ч.: в марикультуре белоногой креветки (*Penaeus vannamei*) – 4156 тыс. тонн и гигантской тигровой креветки (*Penaeus monodon*) – 701 тыс. тонн, в пресноводной аквакультуре пресноводной восточной креветки (*Macrobrachium nipponense*) – 273 тыс. тонн и пресноводной гигантской креветки (*Macrobrachium rosenbergii*) – 234 тыс. тонн (The State of World Fisheries and Aquaculture, 2018).

Однако и добыча дикой, и выращивание аквакультурной креветки в условиях естественной природной среды (садки, пруды), остаются весьма уязвимыми для внешних негативных факторов. Так, вирусные эпидемии середины 1990-х гг. и бактериальная эпидемия 2009-2015 гг. привели к значительному ущербу для аквакультурных фермеров и креветочных производителей. Таким образом, отраслевая рыбохозяйственная наука столкнулась с вызовом, поскольку стало очевидно, что устойчивое развитие направления далее невозможно без более эффективных биологических, экологических, генетических технологий, а также культивирования и селекции более резистентных видов.

Производство креветки является перспективным, экономически привлекательным направлением индустриальной аквакультуры (Хорошко, 2002). Емкость российского рынка потребления креветки в натуральном выражении превышает 40 тыс. т. Преимущественно этот продукт представлен импортной продукцией в заморозке: из Индии импортируется 9,4 тыс. т, Гренландии – 7,8 тыс. т, Китая – 7,2 тыс. т (Лагуткина, 2017; 2018; Ван Мансвелт, 2017; Рыжкова, 2017).

Главный лимитирующий фактор развития креветководства в России – отсутствие биотехнологических норм и собственных комбикормов для товарного производства (Timothy, 2019).

В результате проведенной многолетней экспериментальной работы были разработаны биотехнологические нормы выращивания каридных креветок (Iap, 2000; ФАО, 2020; Лагуткина, 2018; Abdullah-Al Mamun, 2017; Calvo, 2010; 2011 *a,b*; Rymaszok, 2012), представленные ниже технологии заполняют пробел в специальной методической базе для планомерного развития профильных ферм по выращиванию креветок.

Существуют специфические особенности этапов выращивания каридных креветок, так, биотехника выращивания включает следующие этапы: содержание производителей; инкубация икры и получение личинок (октябрь-май); выращивание личинок до ювентильной стадии в замкнутой системе в выростных бассейнах при солености морской воды 7–8 ‰ и температуре 28–30 °С (май-февраль); до товарной массы и размеров (май- середина октября, одногодичное выращивание молоди до массы 60 г и двухгодичное выращивание молоди до товарной массы 150 г, сезонное выращивание в вегетационный период закупленной личинки). Ракопродуктивность прудов составляет 1–1,5 т/га.

В прудах гигантских креветок выращивают летом при температуре воды 25–28 °С. Такое выращивание молоди креветок в пресных водоемах возможно в моно- и поликультуре с планктоноядными и растительноядными рыбами – пестрым и белым толстолобиком, гурами, тилапией и белым амуром, а в солоноватой воде – совместно с кефалью.

В биотехнологическом процессе культивирования креветок необходимо учитывать сроки и период выхода яиц (икры) на плеопиды самок, плодовитость (Буруковский, 2015), длительность инкубационного периода (с момента откладки яиц на плеопиды самки до вылупления эмбрионов), величины потерь яиц (икры) за этот период, интенсивность и периодичность вылупления личинок, сроки и продолжительность их линек, переход на самостоятельное питание, а также специфику выростной среды для разных стадий личиночного метаморфоза и созревания производителей.

Из каридных креветок наиболее традиционно выращивают *Macrobrachium rosenbergii* (гигантские пресноводные креветки) в странах Юго-Восточной Азии, в Латинской Америке, США (Mehree, 2015), хотя их разведение и затруднено из-за агрессивности самцов, высоких требований к объему воды, газовому и температурному режимам. В южных районах России каридных креветок выращивают в прудах, используя попеременное выращивание аквакультурной и сельскохозяйственной продукции (Лагуткина, 2020), поликультуру с тилляпией и замкнутые системы водоснабжения (Жигин, 2014) в других районах.

В условиях России креветководство начинают с отбора производителей, для одной пары производителей необходима рыбоводная емкость объемом 50-60 л воды.

Однако зрелых самцов содержат отдельно от самок и друг от друга – по одному на аквариум; совместное содержание не рекомендуется, так как при появлении линяющих особей возможен каннибализм. В связи с этим линяющих самцов необходимо отсаживать на 2–3 часа (пока не окрепнут хитиновые покровы) в отдельные аквариумы. Самок, недавно полинявших, сажают в аквариум к самцу, где в течение 24 часов происходят спаривание и оплодотворение икры. Самок с яйцами содержат отдельно в аквариумах-нерестовиках вместимостью 50–60 л. Самок гигантской креветки *Macrobrachium rosenbergii* с созревшей икрой до момента вылупления личинок содержат при 28–30 °С, рН 7,5–8,0 и солености 7–8 ‰, для приготовления среды содержания необходимо использовать маточный раствор, который приготавливается из 1 литра дистиллированной воды и 33 г морской соли. По некоторым другим данным на последней стадии инкубации икры соленость должна

составлять 12 ‰ (Ian, 2000). Яйца остаются прикрепленными к самке и развиваются в течение 19 суток при температуре 26–28 °С. На двенадцатый день развития окраска яиц меняется от оранжевой до палевой. Затем яйца приобретают серый (стальной) оттенок, после чего начинается вылупление личинок. В этот период для интенсивного развития яиц следует аэрировать воду в организованных нерестовиках. Как только цвет яиц изменяется от оранжевого до серого, в рыбоводную емкость необходимо добавить 5 ‰ морской воды и постепенно довести соленость до 12 ‰ (Ian, 2000), что будет способствовать лучшему выходу личинок.

Маточный раствор на основе дистиллированной воды и морской соли капельным способом подавали в рыбоводные емкости, где содержали самок креветок, при солености >11-12 выживаемость личинок составила 80% (табл. 22).

Таблица 22 – Выживаемость личинок при различной солености

Показатель солености, ‰	‰, выживаемость личинок
<5	-
>5-7	15
>8-9	30
>9-10	50
>11-12	80

Для выращивания личинок необходимо использовать садки размерами 0,5×0,7×2–3 м с небольшим уклоном дна в сторону стока, либо лотки с замкнутой системой водоснабжения. Оптимальная температура воды 26–28 °С, рН – 7-8, соленость – 12–14‰. При этом воду постоянно аэрируют и частично меняют каждые 10 суток. Вода не должна содержать хлора.

Выращивание личинок: личинки вылупляются на стадии зоеа, а на стадии мизис они являются ювенильными особями, похожими на взрослых креветок. Вылупившихся личинок содержат при температуре 28–30 °С и солености воды 12‰–14 ‰, в отличие от пресноводных раков. По мере роста молоди соленость воды снижают и доводят ее до 2‰, то есть продолжают выращивать в слабосоленой или пресной воде с последующим переводом в пресную воду, где проходят остальные стадии содержания.

Сформулированные требования ФАО и биотехнологические нормативы выращивания каридных креветок приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Биотехнологические нормативы выращивания каридных креветок

Показатель	Норма
Процесс получения потомства	
Масса производителей, г	40–60
Соотношение «самки:самцы»	1:4
Плотность посадки в рециркуляционной системе, шт./м <sup>2</sup>	до 5-6
Плодовитость самок, тыс. икринок	45
Выход личинок, %	85
Выход от одной самки, тыс. штук	35-40
Получение личинок	
Плотность посадки, шт./л	не более 30
Выход личинок, %	45
Перевод самок с икрой, соленость ‰	9
Вылупление личинок, соленость ‰	12
Температура воды, °С	28
Кислород, О <sub>2</sub>	7,5
Продолжительность в соленой воде, сут	8-9
Подращивание личинок в УЗВ	
Плотность посадки постличинок, шт./м <sup>2</sup>	2 000–3 000
Плотность посадки молоди, шт./м <sup>2</sup> :	
в возрасте 30 суток	1 000–15 000
в возрасте 60 суток	500–600
в возрасте 90 суток	250–300
в возрасте 100 суток	45-75
Выживаемость, %	90
товарное выращивание в прудах в поликультуре	
Плотность посадки, тыс. шт./га	5-20
Выживаемость, %	90
Ракопродуктивность, кг/га	135–360
Средняя масса, г	20-30
Плотность посадки двухлетков/сеголетков, тыс.шт./га:	
веслонос	2,5-3/-
камп	65/3800
белый толстолобик или пестрый толстолобик	50/1050
белый амур	10/700

Многие вопросы в предложенном регламенте выращивания не освещены, например, профилактики, рецептуры комбикормов для кормления в прудах. Необходимо отметить, что личинки часто болеют грибковыми заболеваниями (Лагуткина, 2015), в ходе экспериментальной работы было установлено, что необходим постоянный контроль качества выростной среды и применение профилактических мер борьбы с заболеваниями (табл. 24).

Таблица 24 - Результаты профилактической работы

Соблюдение норм рН	Отбор особей погибших	Чистка емкостей	Отход, %	
			контроль	профилактика
+	+	+	25	10

Профилактические меры приводят к снижению элиминации, однако отход отдельных особей может случаться у подрастающих креветок при проявлении каннибализма. Для снижения каннибализма при выращивании требуется значительное количество сбалансированных кормов.

По данным ФАО (<https://www.fao.org/>) кормление личинок *Macrobrachium rosenbergii* необходимо начать на вторые-третьи сутки. В течение первых 2 недель необходимо обеспечить трёхразовое питание в сутки, в последующий период выращивания корм задают до четырёх раз днем и один раз в ночное время. Особо эффективны живые корма – планктонные ракообразные или науплии артемии: в расчете на 60 тыс. штук личинок ежедневно в течение первых 3–4 суток по 1,0 чайной ложке декапсулированных яиц артемии, а в течение последующих 30 суток выращивания – по 1,5. Учитывая дефицит качественного сырья артемии салина, замену можно произвести на рыбный паштет и ракообразных, вареные растертые яйца, яичный паштет и икру сорных рыб (Сальников, 2008). Корм приготавливают таким образом, чтобы крупка была с определенным размером, и скармливают личинкам. Икру сорных рыб освобождают от пленки, несколько раз промывают в чистой воде, а затем мелкую икру скармливают младшим, а крупную икру – старшим возрастным группам личинок. Рацион в светлое время суток составляет около 30 % от массы личинок.

Выращивание постличинок и молоди: после того, как основная масса личинок достигнет стадии метаморфоза и наступления вегетационного периода, их переводят в пруды с хорошо сформированной кормовой базой. Перед пересадкой постличинки в течение 6–8 часов акклиматизируются в пресной воде (Хорошко, 2002). Выращивать креветок необходимо в правильно спланированных прудах, где иногда оставляют илистое дно и сооружают цементные стенки. Пруды необходимо постоянно снабжать проточной и аэрируемой водой. Для укрытий на дне у стенок пруда

укладывают ветки, гравий, створки моллюсков, укрытия, в которых после линьки находятся постличинки. Обычно в одном пруду размерами 5×10×0,4 м выращивают до 10 тыс. постличинок.

Осушение ложа пруда и его дезинфекция до и после использования предупреждают инфекционные и паразитарные заболевания креветок. Для выращивания товарных креветок используют пруды, карьеры и ирригационные каналы площадью около 400 м<sup>2</sup> и глубиной 30 см, а также пруды площадью 1 000 м<sup>2</sup> и глубиной 1–1,5 м. Водовпускные и водовыпускные сооружения оснащают сетками для защиты от хищников. Вода в водоемах, где проводят выращивание креветок, должна постоянно заменяться.

Для развития фитопланктона, зоопланктона и бентоса рекомендуется ежемесячно вносить в пруд органические удобрения (200 кг/га коровьего навоза) и известь (10 кг/га).

В качестве корма при выращивании товарных креветок в больших выростных прудах используют животные корма: мясо сорных рыб, моллюсков, земляных червей, мясные и рыбные отходы, насекомых, куколку тутового шелкопряда; растительные: дробленый рис, отходы фруктов (Tiwari, 1999). Суточный пищевой рацион состоит на 75% из искусственного и на 25% из естественного корма и составляет 50% от общей массы креветок (Sarma, 2002). Одна половина рациона задается в утренние часы, вторая – в послеобеденные часы. Корма раскладывают на кормушках, которые размещают вдоль двух сторон пруда. На мелких местах для линяющих особей создают убежища из веток, черепицы, раковин.

Креветки чувствительны к недостатку растворенного в воде кислорода, поэтому определять его содержание необходимо регулярно.

При оптимальных условиях выращивания молодь креветок размером 5 см и массой 1–2 г достигает товарной массы 100 г за 5–6 месяцев, что позволяет в условиях тропиков получать два урожая в год (Лагуткина, 2105; 2019). Креветок товарного размера можно выращивать на рисовых чеках.

Необходимо обратить внимание на последний этап выращивания креветок. При условии выращивания в прудах вылов креветок должен проходить раньше, чем вылов

рыбы, при температуре воды не ниже 19 °С. Для вылова креветок могут быть использованы ловушки типа раколовков или сети.

В Черном и Азовском морях обитают креветки рода адсперзус и элеганс. Для них характерен двухлетний биологический цикл. Креветки достигают длины 5–8 см и массы 1,5–2 г. Они эвригалинны и эвритермны, хорошо переносят сезонные изменения температуры от 0 до 30 °С и солености – от 3 до 30‰. Икру откладывают 3–4 раза за лето при температуре 15–20 °С и солености 9–25‰. При меньшей солености активная осморегуляция у креветок заменяется пассивной, и они становятся нежизнеспособными. При температуре 0,5 °С креветки неподвижны, они не питаются, а потребность в кислороде сокращается до 0,05–0,07 мг/ч. Интенсивность дыхания и потребление корма увеличиваются при повышении температуры воды от 9 до 25 °С.

При температуре 19–22 °С креветки потребляют кислород в количестве 0,32 мг/ч, а их суточный рацион составляет около 16,5 % от массы тела. При температуре 27–30 °С ярко проявляется нарушение физиологических процессов. Сначала резко повышается активность (потребление кислорода увеличивается до 0,47–0,5 мг/ч), питание прекращается и при 30–32 °С наступает элиминация. Критическим является содержание в воде кислорода ниже 40 % насыщения (Лагуткина, 2015).

Большой интерес для культивирования в нашей стране представляют холодноводные креветки, обитающие в прибрежных водах Дальнего Востока. Из них наиболее ценный вид – травяной шримс. Это типично морская креветка длиной до 13 см и массой до 16 г, которая переносит соленость от 11 до 50‰, но размножается при солености 24–34‰. Диапазон изменения температуры воды, в котором она сохраняет некоторое время жизнеспособность довольно широк. Так, при постепенном снижении температуры воды до минус 2,5 °С креветки теряют активность. В диапазоне температур 10–23 °С физиологические процессы протекают нормально. При температуре 18–23 °С и солености 24–35‰ креветка хорошо питается, быстро растет и развивается, достигая полового созревания к 6–12 месяцам. Эти креветки очень чувствительны к недостатку кислорода: при температуре воды 16–17 °С насыщение кислородом в количестве 47–42% является критическим, а 21% – пороговым. Если содержать взрослых производителей в

питомниках, а молодь выращивать в осолоненных лиманах или садках, то за два лета и одну зиму креветки достигают товарной массы 5–8 г.

Результаты выращивания каридных креветок в значительной степени зависят от качества задаваемых кормов (Sahu, 2002). Креветкам необходимы корма с содержанием белка в кормовой смеси около 40 – 60%. При выращивании креветок необходимо использовать искусственные сбалансированные комбикорма с содержанием протеина для производителей 30%, молоди – 30-40%, личинок – 55% (www.fao.org). В качестве источников белка подходят мясо кальмара, соевая мука, креветочная мука и некоторые виды рыбной муки. Состав белков корма должен удовлетворять потребностям креветок в незаменимых аминокислотах: фенилаланине, лизине, гистидине, аспарагиновой кислоте, треонине, валине, метионине, изолейцине, лейцине и триптофане (Sarma, 2002; Лагуткина, 2010). Для креветок необходимо наличие в кормах незаменимых жирных кислот, особенно кислот линоленового ряда. Эффективность использования углеводов зависит от их источника. Так, крахмал усваивается креветками гораздо лучше, чем простые сахара. В кормовой смеси необходимо присутствие около 0,5 % стеролов, так как креветки их не синтезируют. Обязательно наличие в кормах витаминов, минеральных компонентов и микроэлементов.

В нашем эксперименте по выращиванию молоди креветок в малокормных прудах устанавливали погружные мешки с сеном не менее 25 шт на пруд, молодь питалась обрастанием и потребляла из естественной пищи мелких олигохет, хирономид, задаваемый корм (Лагуткина, 2019; Lagutkina *et al.*, 2019; 2020). Днем кормили дополнительно 2 раза сухими кормами, а в вечернее время – охлаждённым фаршем (Лагуткина, 2019).

В результате проведенных исследований скорректированы рецептуры кормов и проведены опытные испытания сухого – на основе местного сырья, в том числе прудовой биомассы, а также растения солерос соланчиковый (*Salicornia perennans* Willd) (Лагуткина, 2021) и влажного (пастообразного) комбикормов. Уровень протеина, жира и клетчатки сухого комбикорма находился в пределах

40%, 8% и 6% соответственно. Влажный комбикорм характеризовался 27% протеина и 5% жира (табл. 25).

Таблица 25 – Рецептура корма для каридных креветок

компоненты	сухой	охлажденный
компоненты животного происхождения		
мотыль	14,8	-
ракообразные	10	-
жаброног торвикорнис	15	-
рыбная мука	5	15
рыба сорная	-	10
ПБЭ	25	15
компоненты растительного происхождения		
водоросли (ламинария)	5	-
мука пшеничная	5	10
овсяные хлопья	-	5
рис	-	5
морковь	2	5
тыква	-	25
витграсс	12	-
листья, дуб	2	-
минеральные вещества и витаминные добавки		
кальциевая добавки	1,2	-
солевая добавка	0,2	-
витамин С	0,15	-
жировые добавки		
рыбий жир	2,5	-
витамин Е	0,14	-
питательность		
протеин, %	40	27
жир, %	8	5
клетчатка, %	6	6
зола, %	13	13
кальций	3	3
фосфор, %	0,7	0,7

Эффективность использования сухого и влажного кормов оценивали при выращивании молоди креветки массой 3 г в прудах, при плотности посадки без кормления - 5 тыс.шт./га, при организации дополнительного кормления - 10 тыс.шт./га в малокормных прудах.

В первую декаду после посадки в пруды креветки активно питались обрастаниями и зоопланктоном. Через 7 суток начинали осуществлять дополнительное кормление в количестве 4% от массы тела. 50% рациона составлял

сухой корм (в утренние часы) и 50% - влажный комбикорм, задаваемый в вечернее время. Через 30 суток схему кормления изменили, исключив сухой комбикорм и осуществляя однократное кормление влажной кормосмесью. Корма размещались на кормушках, установленных вдоль двух сторон пруда.

Товарной массы 80 грамм креветки достигли за 120 суток. В варианте без применения дополнительного кормления за этот же период прирост массы был вдвое ниже. Ракопродуктивность прудов при выращивании креветок экстенсивным и интенсивным методами соответственно составила 360 и 720 кг/га (табл. 26).

Таблица 26 - Показатели выращивания пресноводных креветок в прудах

Показатель	норма
Площадь пруда	0,5–0,75–1,0
Температура воды, t°С	> 23
Кислород, O <sup>2</sup> водоподача - прибрежная зона - водоспуск	7,4 - 5,2 -4,8
Прозрачность, см	31
Активная реакция среды (рН)	7,0–7,3
Органическое вещество в донных отложениях, %	0,5-3,8
Зоопланктон, г/м <sup>3</sup>	< 3,0
Зообентос, г/м <sup>2</sup>	< 4,0
Плотность посадки молоди, тыс. шт./га без кормления	5,0
кормление	10,0
Выживаемость, %	90
Биопродуктивность, ц/га без кормления	3,6
с кормлением	7,2
кормление, раз/сут	2 - 1
Выход товарной продукции, кг/га	360/720
Средняя масса выращенных особей, г	40-80

В результате проведенных исследований разработаны биотехнологические нормативы выращивания каридных креветок на юге России, скорректирована рецептура и проведены опытные испытания полнорационного комбикорма для каридных креветок. Оценка продуктивного действия разработанных комбикормов на каридных креветках была произведена согласно рыбоводно-биологическим и физиологическим методикам.

Таким образом, для товарного выращивания при переводе из прудовых в искусственные условия отбирают физиологически здоровых особей согласно





в год (всего – порядка 50 тыс. т или 20 млрд руб.), а импорт – 80%, для сравнения в США – в 5,5 раз больше – потенциал роста российского рынка очень высок.

В настоящее время кормление австралийских раков *Cherax quadricarinatus* осуществляется с помощью дорогостоящих универсальных кормов, а специализированные корма российских производителей отсутствуют вовсе.

Зарубежные аналоги кормов малоэффективны для товарного выращивания раков, поскольку их основные компоненты – это усилители цвета, обеспечивающие красивый окрас и презентабельность вида, что необходимо для декоративного содержания в аквариумах. Питательные свойства импортных кормов: содержание белка – от 25 до 43 %, жира – 5-8 %, клетчатки – 2-4 %, основные компоненты: рыбная мука, водоросли, люцерна, ольховые шишки, крапива, кора ольхи/ивы, паприка, шпинат и т. д.

Усилители цвета обеспечивают универсальность корма и его пригодность для содержания всех видов тропических рыб и ракообразных в условиях аквариумистики. Нередки случаи, когда некоторые компоненты и корма токсичны и вызывают коммуникативный токсикоз у гидробионтов (Студенцова, 1998).

Вследствие этого, при переходе массового производства ракообразных на различные системы культивирования (Черкашина, 2007), в том числе интенсивные, одной из основных проблем стал малый ассортимент комбикормов и их высокая стоимость, что естественным образом влечет за собой удорожание товарной продукции российских предприятий аквакультуры.

Эта проблема, имеющая место при разведении красноклешневых австралийских раков *Cherax quadricarinatus*, обусловила основные задачи в данной работе – разработать эффективные рецептуры и технологии кормления и, кроме того, создать на их основе линейку стартовых и продукционных кормов, более эффективных, нежели «универсальные» рецептуры.

Разработка рецептуры кормов основана на особенностях физиологии культивируемого объекта – австралийских красноклешневых раков *Cherax quadricarinatus* – перспективного, экономически рентабельного объекта пресноводной аквакультуры с отличными потребительскими качествами.

Период роста большинства объектов рыбоводства, как правило, 2–3 года. За время роста до товарного размера объекты проходят несколько стадий развития - «взросления». На каждой стадии имеются особые потребности и предпочтения в питании.

Для выращивания молоди нужны стартовые корма, которые должны обеспечить высокую выживаемость (много белка и аминокислот, фосфолипиды, хитозан, микроэлементы, иммуностимуляторы-пробиотики). Для взрослых особей продукционный корм должен обеспечивать большой прирост массы. В некоторых случаях разрабатываются и применяются корма для молоди – переходные от стартовых к продукционным. Они обладают улучшенными по сравнению с продукционными кормами органолептическими свойствами, чтобы при переводе молоди со стартовых кормов не происходило остановки в питании и особи быстро адаптировались и в дальнейшем легко привыкали к продукционным кормам.

Возможность высокопродуктивного и рентабельного разведения объекта определяется не только ценой на корм, но и эффективностью его действия на различных стадиях развития объекта, именно поэтому в настоящее время существует необходимость в разностороннем тестировании разработанных кормов с применением микробиологического анализа. Для оценки референтных значений констант гомеостаза, в том числе биоиндикаторов, использовался биохимический показатель – уровень белка в лимфе. Исследования по разработке рецептур стартового и продукционного кормов, учитывающих основные потребности личинок и молоди в сложный постличиночный период (в момент линек и быстрого образования хитина) и производителей (в период формирования репродуктивной системы), научное обоснование на основе микробиологического анализа и референтных значений гомеостаза проводятся в данной работе впервые.

В естественных условиях австралийские раки употребляют в пищу корни растений, беспозвоночных, мелких ракообразных, водную растительность и мелкую рыбу.

По питательным свойствам состав естественной пищи австралийских раков следующий: протеин – 40 %, жиры – 2-4 %, углеводы – 14 %.

Учитывая вышеприведенные данные выбор для кормления был в пользу следующих компонентов, в том числе частично высокобелковых: витграсс, петрушка, морковь, чеснок, (растительного происхождения); яичная скорлупа (источник кальция); гаммарусы, дафнии, биомасса прудовых экосистем и минеральная вода, служившая дополнительным источником кальция. При выборе элементов питания руководствовались доступностью и сходством процентного содержания основных элементов кормов с пищевыми потребностями объекта (Пономарев, 2021). Традиционный набор компонентов из местного сырья и новые решения расширяют линейку компонентов разработанных рецептур кормов TechSA для австралийских раков.

Необходимо учитывать, что введение в состав корма каждого из предполагаемых компонентов должно благотворно влиять на организм, повышать сопротивляемость болезням, увеличивать показатели иммунной защиты и выживаемость и обеспечить высокие адаптационные возможности при переводе из прудовых условий для пополнения маточного стада в бассейновые на время зимнего содержания.

При переводе из естественных условий в условия бассейнового содержания сохраняется риск вспышек заболеваний вследствие переноса культивируемыми объектами патогенных организмов в новые условия содержания, особи при этом снижают показатели массы и, как следствие, ухудшаются рыбоводно-биологические показатели.

TechSA Cryfish Pro – специализированный зимний корм, основанный на базовой рецептуре продукционного корма TechSA Cryfish Growth, но с более высоким содержанием протеина (до 50%), которое достигается за счет введения большего количества местного сырья. Именно при переводе объектов из естественных условий в искусственные на зимнее содержание при помощи корма TechSA Cryfish Pro в организме выращиваемых особей вследствие введения пробиотика, в соответствии с рекомендациями специалистов в ветеринарии (Волков, 2006), благодаря чему устанавливается доминирующая группа бактерий, что

обеспечивает дополнительную выработку ферментов для пищеварения, создавая микробный барьер против патогенных организмов.

В результате исследований было установлено, что показатель среднесуточного роста для выращивания особей на соответствующем корме TechSA Cryfish Pro превосходил соответствующий показатель контрольной группы по темпу роста в 6 раз, что обеспечивает аквакультурному бизнесу высокую эффективность (табл. 29).

Таблица 29 – Показатель среднесуточной скорости роста *Cherax quadricarinatus*

Пол	среднесуточная скорость роста, %
JBL	
♂	0,04±0,01
♀	0,05±0,02
TechSA Cryfish Pro	
♂	0,6±0,2
♀	0,5±0,4

При изучении эффективности выращивания австралийских раков и более детальном анализе различий между усредненными показателями темпа роста опытной и контрольных групп для производителей была проведена процедура двухфакторного дисперсионного анализа (рис. 16).

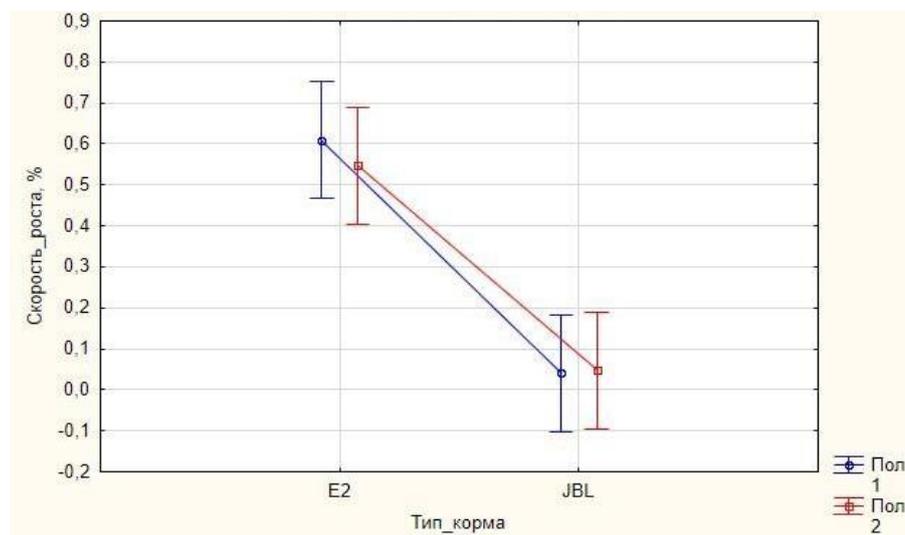


Рисунок 16 – Визуализированные результаты Two-way ANOVA по скорости роста (E2 - TechSA Cryfish Pro, Пол 1 – самцы, Пол 2 - самки)

При этом в качестве влияющих факторов рассматривался тип корма (JBL и E2 – TechSA Cryfish Pro) и пол (код 1 – самцы, 2 – самки).

Из приведенного рисунка 16, демонстрирующего результаты анализа, можно заключить, что наблюдается достоверное различие средних между выборками, выращиваемыми на кормах TechSA Cryfish Pro и JBL.

В соответствии с полученными данными можно легко заметить, что для особей, выращенных на соответствующем корме TechSA Cryfish Pro, характерен сравнительно более высокий темп роста в сравнении с таковым при использовании распространенной марки зимнего корма для прудовых рыб JBL.

Выращивание производителей на экспериментальном корме (E2) обеспечивает статистически достоверное практически десятикратное превышение темпа роста над аналогичным показателем при использовании корма марки JBL.

В то же время в отношении фактора пола не удалось выявить статистически значимых отличий в темпе роста.

Таким образом, наблюдаемые эффекты в случае каждого из типов корма статистически значимо не различаются для самцов и самок австралийских раков.

Информация об обнаруженных статистически значимых различиях для всех исследуемых групп приведена ниже в таблице (табл. 30).

Таблица 30 – Анализ значимости различий при апостериорном сравнении исследуемых групп (E2–TechSA Cryfish Pro)\*

Тип корма	Пол	0,04	0,4667	0,61	0,54667
JBL	♂		1,000000	<b>0,001148</b>	<b>0,002534</b>
JBL	♀	1,000000		<b>0,001244</b>	<b>0,002765</b>
E2	♂	<b>0,001148</b>	<b>0,001244</b>		1,000000
E2	♀	<b>0,002534</b>	<b>0,002765</b>	1,000000	

Примечание: \* – значимые различия выделены полужирным шрифтом

По итогам статистического анализа темпа роста особей австралийских раков при переводе из прудовых условий для дальнейшего формирования маточного стада в бассейновые условия можно сделать достоверный вывод о существенном преимуществе экспериментальных кормов TechSA Cryfish Pro над аналогом JBL, т.к. именно разработанные корма обеспечивали существенно более высокий темп

роста, статистически значимо отличающийся от показателей для особей, выращиваемых с использованием марки JBL.

В ходе исследований было установлено, что введение дополнительного кормления TechSA Cryfish в малокормных прудах при содержании органического вещества в донных отложениях (гумуса) меньше 0,5 % оказало положительное влияние на показатели роста, прирост молоди за 4 месяца выращивания в прудах при использовании производственного корма соответственно по отношению к контролю (без дополнительного прикорма) был равен 127 %, выживаемость составила 90 %. Существенное влияние на рост австралийских раков оказало удовлетворительное состояние биомассы зообентоса и детрита, кроме того, небольшие площади пруда с западной стороны заросли высшей водной растительностью, различными макрофитами (Лагуткина, 2019), которые были представлены видами рогозов и осок, что рассмотрено в главе «Биотехнология выращивания ракообразных с высоким соответствием требованиям органической аквакультуры».

В начале сентября была получена товарная продукция, конечная масса австралийских раков составила не менее 100 г, выживаемость – 90 %. По материалам исследований выращивания австралийских раков в рыбоводном пруду можно заключить, что данный процесс обеспечивает высокий темп роста и, как следствие, достижение за короткий срок достаточно большой товарной конечной массы. При камеральной обработке данных было отмечено главное преимущество нового объекта при выращивании – быстрый рост.

Пищевые потребности объектов выращивания являются важным фактором, который необходимо учитывать при оценке уровня устойчивости всего бизнеса аквакультуры. Так как затраты на кормление объектов составляют значительную часть общих финансовых затрат во всем процессе разведения, чрезвычайно важно выбрать оптимальный, правильно усваиваемый корм для австралийских раков с соответствующим содержанием питательных веществ на различных этапах онтогенеза.

Так, отличительная черта постличиночного периода ракообразных характеризуется быстрым образованием хитина и откладыванием неорганических солей, в первую очередь затвердевают ротовые придатки, что позволяет раку сразу начать питаться кормом - источниками кальциевого питания.

Именно поэтому корм TechSA на основе естественных биодобавок с высоким содержанием полисахаридов и кальция, необходимых для экзоскелета, имел положительный эффект в период постличиночного развития. Скорость роста объектов, выращенных на TechSA на данном этапе развития, существенно превышает скорость роста особей, выращиваемых на кормах – аналогах (табл. 31).

Таблица 31 – Рыбоводно-биологические показатели выращивания

Показатель	Tetra	Sera	TechSA Cryfish Growth, ♂,♀	TechSA Cryfish Start, juven
Среднесуточная скорость роста, %				
♂	0,14±0,3	0,1±0,1	0,6±0,2	-
♀	0,13±0,1	0,1±0,07	0,5±0,4	-
juven	1,4±1,9	0,1±0,02	-	0,8±0,2
Выживаемость, %	90	85	100	100
Кормовой коэффициент, ед.	1,0	0,9	0,8	0,8

Результаты выращивания в отношении рыбоводно-биологических и физиологических считаются удовлетворительными и подтверждаются 100% выживаемостью объектов при низкой конверсии корма, соответствовавшей 0,8-0,9.

Лучший темп роста у производителей показала группа самцов – 0,6 % на корме TechSA Cryfish Growth, тогда как у самок – 0,5 %, этот факт связан с физиологией самок и переходом в половозрелую стадию, на которой для формирования репродуктивной системы необходимо большее накопление питательных веществ.

Именно в момент полового созревания, когда раки переходят на этап репродуктивной зоны роста (при массе 35-40 г), темп роста самок и самцов различается. Самки визуально отставали по темпу роста от самцов, двухфакторный

дисперсионный анализ не установил значимых различий выборочных средних при анализе возможного влияния фактора пола исследуемых особей на скорость роста.

Необходимо отметить, что самки созревают при меньших размерах, чем самцы австралийских раков, самцы, в отличие от самок, обладают большим темпом роста. Поэтому одним из возможных путей повышения рентабельности бизнеса является производство популяции с большим количеством самцов, что можно обеспечить с помощью удаления на ранних стадиях развития андрогенной железы, приводящей к инверсии пола у гигантских пресноводных креветок (Тует, Крючков, 2014).

При опытном выращивании было отмечено, что достижение половозрелости в большей степени определяется не возрастом, а размером десятиногих раков.

Для повышения рентабельности товарного выращивания австралийских раков, по нашему мнению, необходимо применять технологии, с помощью которых возможно направленное действие, например, под влиянием кормов TechSA Cryfish, тем самым обеспечивая наиболее эффективный темп роста.

Молодь, выращенная на кормах TechSA Cryfish Start и аналоге, имела высокий темп роста, в отличие от других возрастных групп (рис. 17).

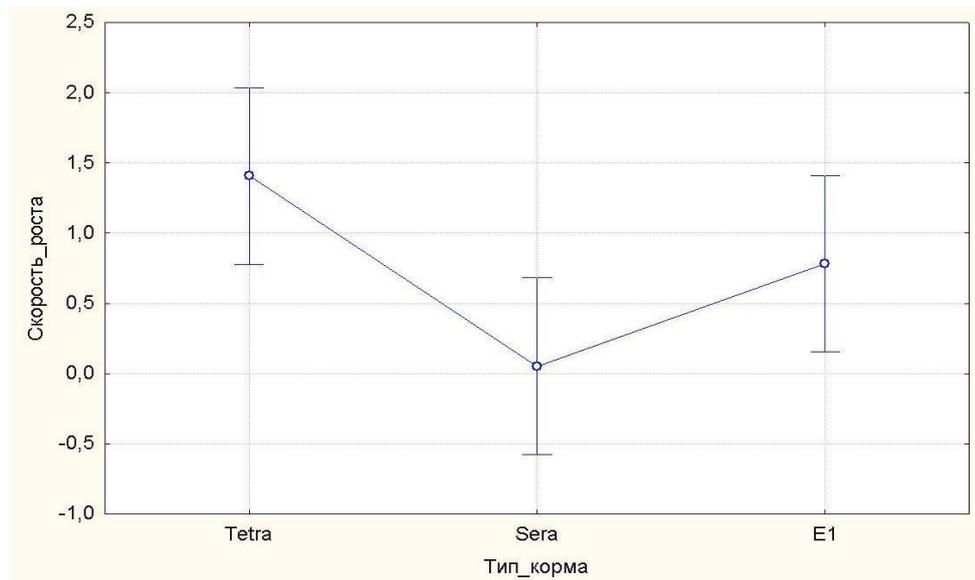


Рисунок 17 – Результаты ANOVA влияния типа корма на скорость роста молодежи.  
E1 - TechSA Cryfish Start

Кормление TechSA Cryfish Start имело направленное действие и обеспечило активную линьку в период постличиночного развития.

Результаты сравнения выборочных средних скорости роста молоди с помощью дисперсионного анализа не выявили значимых отличий по скорости роста между группами молоди, выращенными на фирменном корме Tetra и TechSA Cryfish Start. Результаты апостериорного сравнения анализируемых групп приведены в таблице 32.

Таблица 32 – Анализ значимости различий при апостериорном сравнении исследуемых групп молоди\*

Тип корма	1,4067	0,05333	0,78333
<b>Tetra</b>		<b>0,029288</b>	0,410388
<b>Sera</b>	<b>0,029288</b>		0,273167
<b>E1</b>	0,410388	0,273167	

Примечание: \* - полужирным шрифтом выделены значимые различия

Данные этой таблицы уточняют визуальное представление различий, очевидно, что в случае молоди значимые различия в скорости роста наблюдаются между особями, выращивавшимися на корме Tetra и Sera, при этом для особей, выращиваемых с помощью корма Tetra, явно наблюдается более высокая скорость роста. Для получения более точных представлений о влиянии корма TechSA Cryfish на скорость роста результаты измерений у молоди и взрослых особей были подвергнуты процедуре дисперсионного анализа (табл. 18).

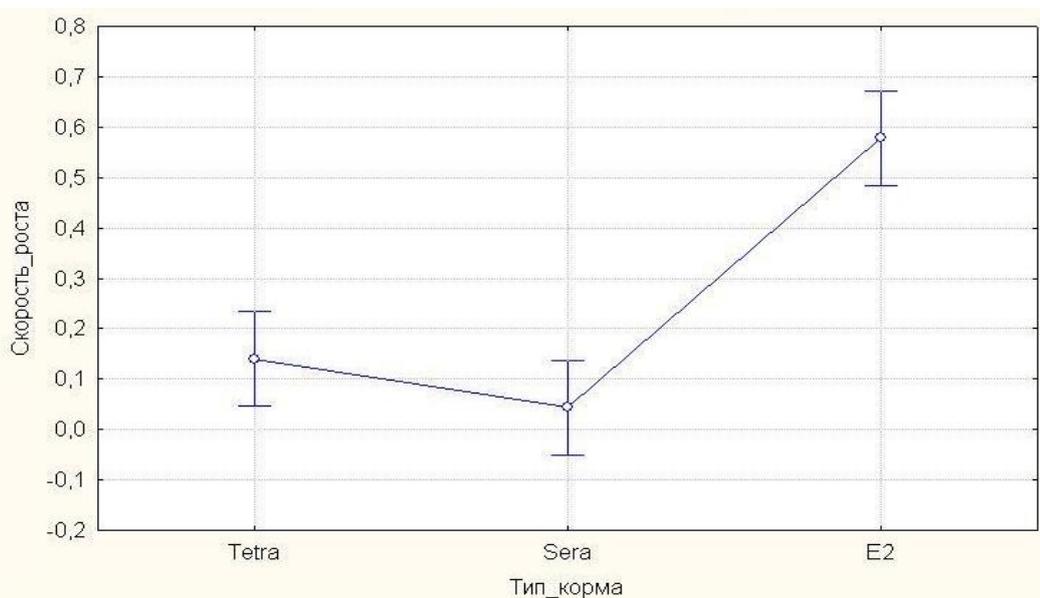


Рисунок 18 – Визуализированные результаты Two-way ANOVA по скорости роста производителей в отношении фактора «Тип корма», E2 – TechSA Cryfish Growth

При этом для результатов по молодежи использовался однофакторный дисперсионный анализ (исследовалось влияние фактора «Тип корма»), а для аналогичных результатов по самкам и самцам – двухфакторный (влияющие факторы – «Тип корма» и «Пол») (рис. 19).

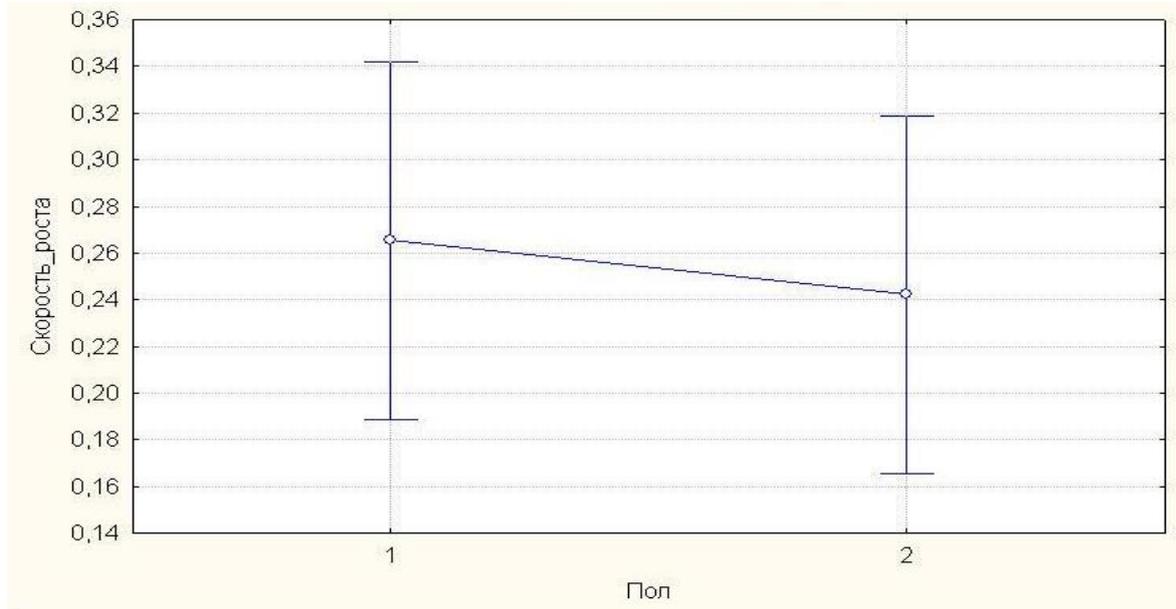


Рисунок 19 – Визуализированные результаты Two-way ANOVA по скорости роста производителей в отношении: фактора «Пол»

Для производителей при анализе влияния на скорость роста фактора «Тип корма», фактора «Пол» совместного действия двух факторов не было выявлено (рис. 20).

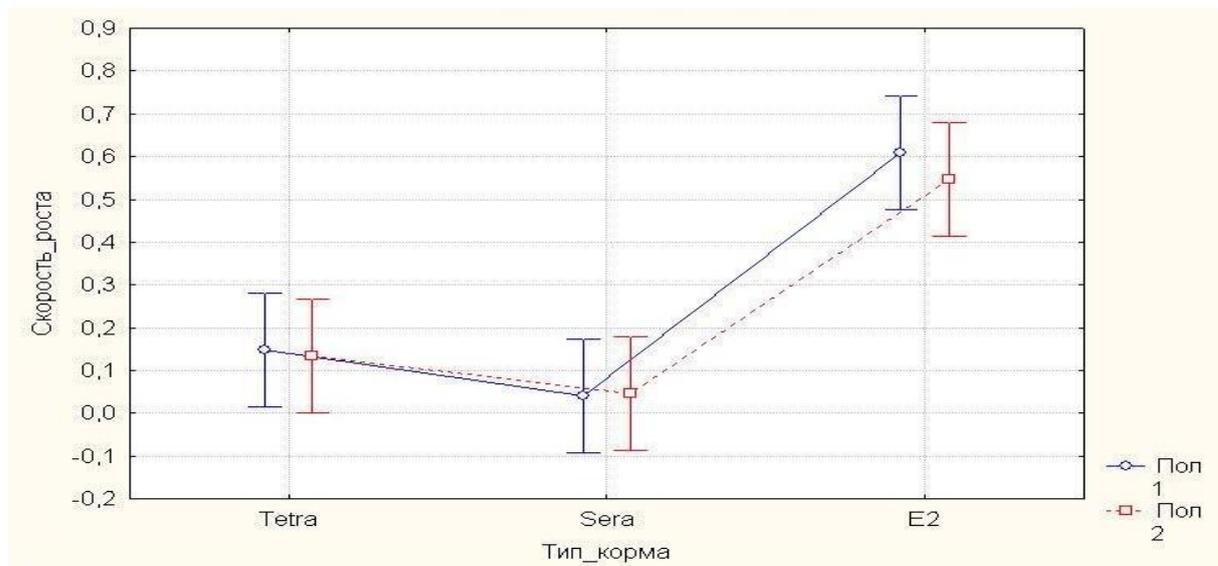


Рисунок 20 – Визуализированные результаты Two-way ANOVA по скорости роста производителей в отношении совместного действия двух факторов «Пол» и «Тип корма»

С учетом апостериорных сравнений групп по скорости роста с помощью теста Бонферрони (таблицы 33, 34, 35) можно сделать вывод о том, что ни совместное действие двух факторов «Тип корма» и «Пол», ни фактор «Пол» не являются значимыми. Значимые различия между сравниваемыми группами обусловлены лишь типом корма.

Таблица 33 – Анализ значимости различий при апостериорном сравнении исследуемых групп производителей\*

Тип корма	Tetra	Sera	E2
	<b>0,14000</b>	<b>0,04333</b>	<b>0,57833</b>
Tetra		0,415893	<b>0,000033</b>
Sera	0,415893		<b>0,000004</b>
E2	<b>0,000033</b>	<b>0,000004</b>	

Примечание: \* - полужирным шрифтом выделены значимые различия

В данном случае скорость роста особей, выращенных на корме TechSA Cryfish Growth, значимо и существенно превышает скорость роста аналогичных групп, выращиваемых на кормах - аналогах.

Несмотря на то, что самки визуально отставали по темпу роста от самцов, не установлено значимых различий выборочных средних при анализе возможного влияния фактора «Пол» исследуемых особей на скорость роста.

Молодь, выращенная на контрольном корме Tetra, имела темп роста несколько выше, в сравнении с другими возрастными группами, однако результаты сравнения выборочных средних скорости роста молодежи с помощью ANOVA не выявили значимых отличий между группами молодежи, выращенными на кормах Tetra и TechSA Cryfish – Start.

Таблица 34 – Анализ значимости различий при апостериорном сравнении исследуемых групп производителей\*

Пол	♂	♀
	<b>0,26556</b>	<b>0,24222</b>
♂	-	0,647484
♀	0,647484	-

Примечание: \* - полужирным шрифтом выделены значимые различия

Значимо различаются аналоги Tetra и Sera crabs natural, ко второму корму производители марки рекомендуют дополнительно время от времени добавлять кормовую подкормку, а это дополнительные затраты.

Таблица 35 – Анализ значимости различий при апостериорном сравнении исследуемых групп производителей\*

Тип корма	Пол	♂	♀	♂	♀	♂	♀
		<b>0,14667</b>	<b>0,13333</b>	<b>0,04000</b>	<b>0,04667</b>	<b>0,61000</b>	<b>0,54667</b>
Tetra	♂		1,000000	1,000000	1,000000	<b>0,002494</b>	<b>0,008527</b>
	♀	1,000000		1,000000	1,000000	<b>0,001943</b>	<b>0,006542</b>
Sera	♂	1,000000	1,000000		1,000000	<b>0,000373</b>	<b>0,001123</b>
	♀	1,000000	1,000000	1,000000		<b>0,000417</b>	<b>0,001267</b>
E2	♂	<b>0,002494</b>	<b>0,001943</b>	<b>0,000373</b>	<b>0,000417</b>		1,000000
	♀	<b>0,008527</b>	<b>0,006542</b>	<b>0,001123</b>	<b>0,001267</b>	1,000000	

Примечание: \* - полужирным шрифтом выделены значимые различия

Таким образом, результаты использования рецептуры TechSA Cryfish Start в качестве стартового корма для молоди в период регулярной активной линьки позволяют считать его взаимозаменяемым с кормами – аналогами.

Разработан первый специальный стартовый корм TechSA Cryfish Start на основе кальциевой добавки и витграсса, который имел положительный эффект в период регулярной активной линьки, что позволило считать его взаимозаменяемым с аналогами. Следовательно настоящее исследование может послужить теоретической основой широкого применения технологий по использованию производственного и стартового кормов линейки TechSA Cryfish. Принципиально считаем допустимым полностью перейти на корма из местного сырья. Такое замещение существенно снизит затраты на кормление, не только не сказываясь на выживаемости, но и не замедлив в большинстве случаев также и темп роста.

Следующая сессия экспериментальной работы была посвящена изучению характера изменений пределов референтных значений констант гомеостаза с помощью биоиндикаторов, контролирующих физиологический статус австралийских раков в различных условиях содержания, для формирования на этой

основе рекомендаций по оптимальному применению разрабатываемых рецептур комбикормов.

Физиологический статус австралийских раков при выращивании на разрабатываемых образцах рецептов в сравнении с контролем на кормах-аналогах оценивали при изучении характера изменений пределов референтных значений констант гомеостаза с помощью биоиндикаторов содержания белка в лимфе (мг/л) (Сладовская, Холодкевич, 2001) согласно методическим указаниям по проведению гематологического обследования.

На основании представленных результатов при изучении биоиндикатора было сделано заключение, что факторы естественного и искусственного содержания влияют на основной обмен и состав гемолимфы выращиваемых объектов дифференцированно в зависимости от пола и возраста. В результате анализа состава гемолимфы исследуемых особей (молодь, производители самки и самцы) были выделены наиболее информативные физиолого-биохимические показатели - биоиндикаторы, отражающие физиологическое состояние австралийских раков в связи с условиями их содержания (табл.36).

Таблица 36 – Физиолого-биохимические показатели – биоиндикаторы

Показатель	TechSA Cryfish Growth	Контроль
Общий белок, г/л ♀	40,8±4,0*	30,7±5,0
Общий белок, г/л ♂	31,6±3,7*	29,4±4,0
Показатель	TechSA Cryfish Start	Контроль
Общий белок, г/л juven	20,7±2,2*	15,8±3,2
Показатель	TechSA Cryfish Pro	Контроль
Общий белок, г/л особей	38,7±4,0*	34,4±4,5
Выживаемость, %	100	100

Примечание: \* - различия достоверны при:  $p < 0,05$

Так, содержание биоиндикатора – белка в гемолимфе молоди, выращенной на корме TechSA Cryfish Start, составляло 20,7±2,2 г/л, в контроле (корма-аналоги) этот показатель был равен 15,8±3,2 г/л (различия достоверны при  $p \leq 0,05$ ), товарные австралийские раки, выращенные в прудовых условиях с дополнительным прикормом TechSA Cryfish Growth, отличались высоким уровнем белка, самки –

40,8±2,7 г/л, самцы – 31,6±4,1 г/л, против 30,7±5,0 г/л и 29,4±4,0 г/л в контроле соответственно. Концентрация белка в гемолимфе при кормлении особей TechSA Cryfish Pro была также выше аналога: соответственно 38,7±4,0 г/л против 34,4±4,5 г/л.

У австралийских раков концентрация белка гемолимфы варьирует в широких пределах и составляет от 29,4 до 40,8 г/м<sup>3</sup>. Однако особи, выращенные дополнительно на корме TechSA Cryfish Growth, имеют более высокий показатель концентрации белка в лимфе, в 1,3 раза превышающий показатель в контроле, что позволяет сделать вывод о том, что производители австралийских раков на разработанном корме готовы к нересту. Высокий уровень белка говорит о высоком уровне жизнестойкости организмов и хороших условиях содержания.

Подращенная молодь на стартовом корме TechSA Cryfish Start также лидирует по этому показателю в 1,3 раза, у особей на адаптационном корме TechSA Cryfish Pro при переводе в искусственные условия уровень белка в гемолимфе в 1,1 раз больше аналога.

Содержание белка в гемолимфе, как видно в процессе различных этапов выращивания, не является постоянным и зависит от стадии развития организма и условий выращивания. И, как следствие, использование белка в качестве биоиндикатора оценки условий процесса выращивания и применения комбикормов требует более глубокого изучения.

Однако на основе полученных гематологических данных можно судить о хорошем физиологическом состоянии выращиваемых объектов, а по состоянию самок об их готовности к репродуктивной фазе на корме TechSA Cryfish Growth, более того, согласно литературным данным, высокий уровень белка соответствует хорошему состоянию среды обитания (Сладовская, Холодкевич, 2001). Выращиваемые на корме TechSA Cryfish Pro особи австралийских раков имеют высокий потенциал адаптации к бассейновым условиям.

Молодь, выращенная на комбикорме TechSA Cryfish Start, имела высокий физиологический статус, обеспечивающий активные процессы линьки и образования хитина, что определило высокий темп роста объектов, высокие

адаптационные возможности к переводу их в естественные условия для дальнейшего выращивания в прудах.

Важным условием, определяющим возможность применения новых разработанных комбикормов TechSA, является проведение микробиологического анализа при апробации на тест-объектах для определения качества.

Выживаемость тест-объекта в двух вариантах опыта учитывали через каждый час в течение всего первого дня, после чего подсчет производили каждый день на протяжении 96 часов. Процент смертности тест-объекта в эксперименте устанавливали относительно контроля.

Гибель дафний в контрольных пробах (культивационная вода без добавления водной вытяжки) составила 0 %.

Исходя из результатов биотестирования, нативная проба корма (без разбавления) обладает токсичностью, так как характеризуется 100 % смертностью дафний во всех 3 повторностях, таблица 37.

Таблица 37 – Выживаемость *Daphnia magna* в ходе эксперимента

Дата проведения анализа	Время подсчета	Длительность анализа, час	Контроль	Разбавления, в n раз (соответственно класс опасности)				
				40000 I	8000 II	800 III	80 IV	0 V
13.04	10:00		10	10	10	10	10	10
14.04	11:00	1	10	10	10	10	10	10
15.04	10:00	24	10	10	9,33	9,6	2,6	0
16.04	10:00	48	10	9	9	7,33	2,33	
17.04	10:00	72	10	8,6	8	7,33	2	
18.04	10:00	96	10	8,6	8	7	1,33	

Следовательно, нельзя вносить корм в очень больших концентрациях в воду. При разбавлении водной вытяжки корма в 80 раз также наблюдалась высокая смертность дафний (86,7 %), в связи с этим можно говорить об острой токсичности данной концентрации.

За результат измерений принимали среднее арифметическое результатов двух параллельных определений:

$$\frac{2 \cdot |8 - 6| \cdot 100}{8 + 6} \leq r, 28,56\% \leq 28\%$$

При разбавлении водной вытяжки корма в 800, 8000 и 40000 раз результаты биотестирования являются приемлемыми.

На основании данных таблицы построен график динамики смертности *Daphnia magna* в зависимости от концентрации вещества (рис. 21).

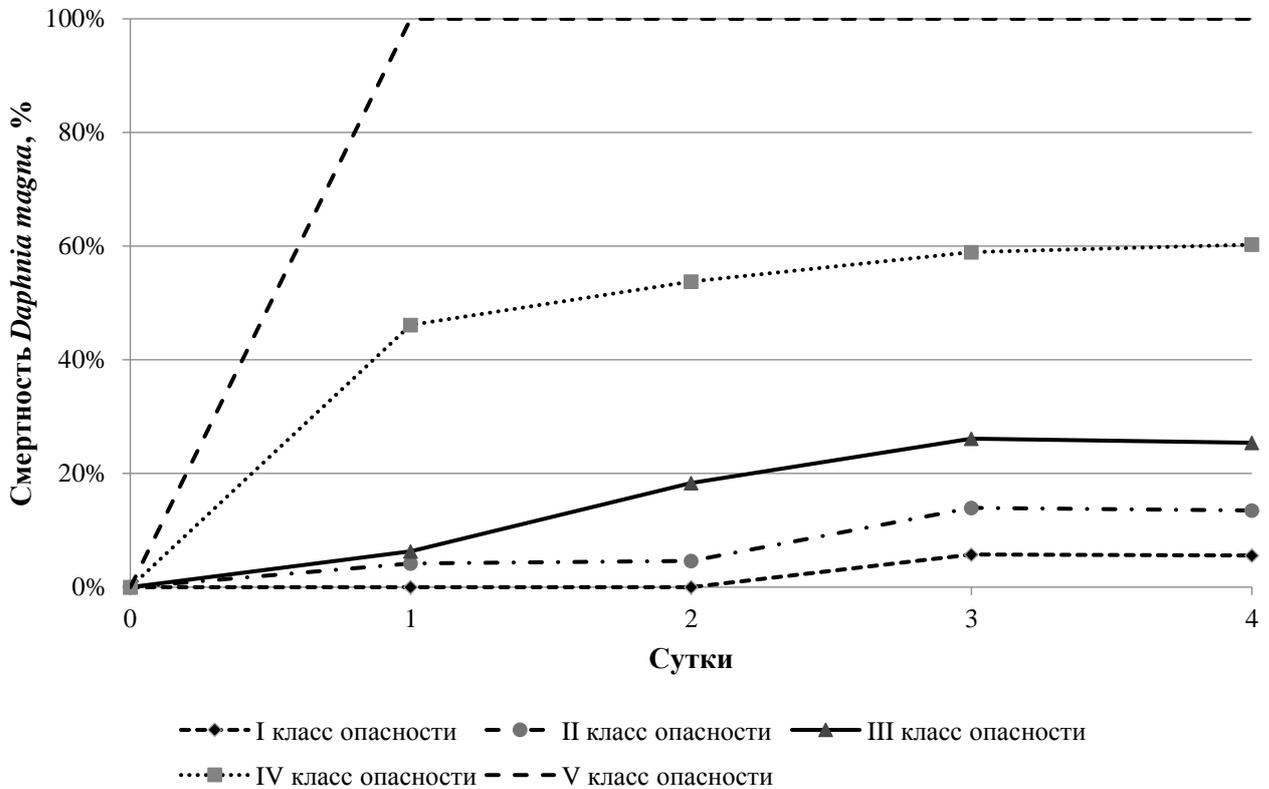


Рисунок 21 - Динамика смертности *Daphnia magna* в эксперименте

Гибель рачков дафний составила от 14 % до 30 % . Данные свидетельствуют об отсутствии острой токсичности в исследуемых концентрациях, но эти пробы нельзя признать безвредными по показателю токсичности, так как токсикант может накапливаться.

Исходя из результатов, можно сделать вывод, что внесение более 0,25 г корма на 1 л воды может являться опасным, так как данная концентрация негативно влияет на качество воды. В таком случае необходимы дополнительные мероприятия по очистке воды перед сбросом ее в естественные условия.

Данные показатели можно объяснить тем, что в состав корма входит большое количество веществ органического и минерального происхождения, которые могут вызвать эвтрофикацию водной среды.

Определение общего количества микробных клеток. Для определения общей численности микроорганизмов производили высев на плотную питательную среду – питательный агар. Произвели посев кормовой суспензии в разбавлениях 1:10, 1:100, 1:1000 и 1:10000.

Учет численности на плотных средах проводился на 3 сутки, в результате чего была определена численность различных групп микроорганизмов.

Анализируя данные численности микроорганизмов, можно заключить, что преобладают бактериальные формы.

По тинкториальному признаку все бактерии грамположительные. Имеют палочковидную форму клеток. По отношению к кислороду являются факультативно-аэробными. Неспорообразующие палочки преобладают над спорообразующими. В результате количественного учета микробного обсеменения выявлено, что в 1 г корма содержится  $6 \times 10^3$  КОЕ/г. Полученный результат соответствует показателям действующих стандартов (не более 500 тыс. микробных клеток), таблица 38.

Таблица 38 – Культуральные и морфологические признаки микроорганизмов

Культуральные признаки	Морфологические признаки	Окраска по Граму
светло-желтого цвета, ровный край, круглая форма, ровная поверхность, слизистая консистенция, выпуклая	прямые неспорообразующие палочки, в скоплениях, размер: $1,67 \pm 0,002 \times 6,35 \pm 0,002$ мкм	Г+
светло-молочного цвета, ровный край, складчатая поверхность, пастообразная консистенция, выпуклая	прямые неспорообразующие палочки, в слизи, тонкие, одиночные, размер: $1,67 \pm 0,002 \times 7,67 \pm 0,002$ мкм	Г+
розово-бежевого цвета, волнистый край, неровная поверхность, пастообразная консистенция, выпуклая	прямые спорообразующие палочки, тонкие, одиночные, размер: $1,67 \pm 0,002 \times 4,67 \pm 0,002$ мкм	Г+
молочного цвета, ровный край, складчатая поверхность, пастообразная консистенция, выпуклая	прямые неспорообразующие палочки в слизи, толстые, одиночные, размер: $2,67 \pm 0,002 \times 4,67 \pm 0,002$ мкм	Г+
светло-желтого цвета, ровный край, круглая форма, блестящая поверхность, пастообразная консистенция, выпуклая	прямые неспорообразующие палочки, толстые, в скоплениях, размер: $2,67 \pm 0,002 \times 4,35 \pm 0,002$ мкм	Г+

Выявление энтеропатогенных типов кишечной палочки. Для выделения энтеропатогенных типов кишечной палочки 1 г комбикорма вносили в пробирку, содержащую 10 мл стерильного физиологического раствора, встряхивали и из

полученной взвеси стерильными пипетками готовили разведения 1:100, 1:1000, 1:10 000, 1:100 000, 1:1 000 000 (Михалев, 200). По 1 мл каждого разведения вносили в пробирки со средой Кесслера. Посевы инкубировали при температуре 43 °С.

Через 24 ч учитывался рост по изменению цвета среды. В результате проделанной работы энтеропатогенных типов кишечной палочки в корме TechSA не было выявлено.

Выявление сальмонелл. Для выделения бактерий рода *Salmonella* использовали метод последовательного обогащения. Навеску исследуемого материала TechSA массой 10 г измельчали в стерильной фарфоровой ступке и размещали в колбе, содержащей среду предварительного обогащения (пептонная вода), при соотношении материала и среды 1:5. Получившийся раствор комбикорма разместили в термостате при температуре 37,0 °С. Посев произвели через 16 часов, используя бактериологические чашки, содержащие твердую дифференциально-диагностическую среду – висмут-сульфит агара в соотношении 1:5. Засеянные чашки просматривали через 16-24-48 ч. В результате проделанной работы бактерий рода *Salmonella* в кормах TechSA не было выявлено.

Выделение молочнокислых бактерий из производственного корма. Для выделения молочнокислых бактерий и их учета навеску исследуемого материала высевали в жидкую накопительную среду – солодовое сусло. Посев инкубировали в термостате при 37°С. Через 7 суток отмечали наличие или отсутствие роста. Признаки роста в накопительной культуре были хорошо выражены. Наблюдалось помутнение среды, появление пленки и осадка. При микроскопировании культуральной жидкости обнаружены грамположительные неподвижные неспорообразующие палочки в цепочках размером  $1,67 \pm 0,002 \times 7,67 \pm 0,002$  мкм.

Для выделения чистой культуры молочнокислых бактерий из накопительной культуры использовали метод глубинного посева на плотную питательную среду – сусло агар. Посевы инкубировали в термостате при 37°С. Через 7 суток осуществляли подсчет колоний.

В результате были получены изолированные гладкие колонии светломолочного цвета, пастообразные, с неровными краями. При микроскопировании обнаружены грамположительные неподвижные неспорообразующие палочки в цепочках размером  $1,67 \pm 0,002 \times 6,35 \pm 0,002$  мкм. По культурально-морфологическим признакам штамм является типичным представителем семейства молочнокислых бактерий.

В результате проделанной работы выделен изолят молочнокислых бактерий, проведено изучение морфологических, культуральных и тинкториальных признаков. Можно заключить, что в продукционном корме для австралийского красноклешневого рака присутствуют молочнокислые бактерии.

Впервые получены рецептуры российского стартового, продукционного, адаптационного кормов для красноклешневого рака (таб. 39).

Таблица 39 – Состав кормов для *Cherax quadricarinatus*

пп	Компонент	Tetra	Sera	TechSA Crayfish		
				Growth	Start	Pro
животного происхождения						
1	Рыбная мука	*	-	20,0	20,0	15
2	Мясокостная мука	*	-	2,5	1,5	-
3	Жаброног	*	-	12,0	15,0	25
4	Дафнии	-	-	12,0	15,0	5,0
5	Мука из зеленых губчатых моллюсков	*	-	-	-	-
растительного происхождения						
6	Пшеничная мука	*	-	2,5	5,0	3,0
7	Витграсс	*	-	-	5,0	10,0
8	Спирулина	*	*	-	-	-
9	Морские водоросли	*	*	-	-	-
10	Люцерна	*	-	-	5,0	5,0
11	Крапива	*	*	-	-	-
12	Древесное волокно	*	*	-	-	5,0
13	Ольховые шишки	*	*	-	-	-
14	Петрушка	*	-	1,5	2,5	2,0
15	Паприка	*	*	-	-	-
16	Шпинат	*	-	-	-	-
17	Тархун	-	-	0,5	1,0	-
18	Сельдерей	-	-	0,5	1,0	-
19	Морковь	*	-	3,0	4,5	3,0
20	Чеснок	*	-	0,5	1,0	0,5
вещества минеральные и другие добавки						
21	Кальциевая (скорлупа яичная)	*	-	-	10,0	5,0
жировые добавки						
22	Рыбий жир	*	-	4,5	3,5	3,0

Продолжение таблицы 39

23	Растительное масло	*	-	-	-	-
микробиального происхождения						
24	пивные дрожжи	*	-	4,5	3,5	2,0
премикс						
25	минеральный	*	-	1,0	1,5	1,0
дополнительные						
27	БПЭ	-	-	35	5,0	15,0
28	пробиотик Олин	-	-	-	-	0,5
питательность, %						
протеин		43	25	40	45	50
жир		8	5	9	8	8
клетчатка		*	*	6	8	7

Стартовый – Cryfish Start с содержанием белка – 45 %, жира – 8 %, клетчатки – 8%, характеризуется направленным действием в период активной линьки раннего онтогенеза и образования хитина вследствие высокого темпа роста и увеличения концентрации биоиндикатора в гемолимфе в 1,3 раза, высокие кондиционные возможности позволяют проводить перевод молоди массой 3–5 г в пруды на летнее содержание для дальнейшего выращивания.

Производственный комбикорм TechSA Cryfish Pro с введением пробиотического препарата 0,5 г/кг комбикорма позволяет осуществить перевод особей на зимнее содержание для формирования ремонтно-маточного стада. Этот комбикорм с содержанием протеина 50%, жира – 8%, клетчатки – 7% даёт эффект 6-кратного увеличения прироста по сравнению с импортным аналогом (достоверность различий подтверждена с помощью ANOVA). TechSA Cryfish Pro – это специализированный зимний корм, который основан на базовой рецептуре производственного корма TechSA Cryfish Growth, но с более высоким содержанием протеина (до 50%), которое достигается за счет введения большего количества местного сырья. Именно при переводе объектов из естественных условий в искусственные на зимнее содержание при помощи корма TechSA Cryfish Pro имеется уникальная возможность искусственно устанавливать доминирующую в микрофлоре пищевого тракта группу бактерий благодаря введению пробиотического препарата (<http://aquavitro.org/2012/06/01/probiotiki-v-akvakultivirovanii/>).

Продукционный корм TechSA Crayfish Growth, предназначенный для кормления старших возрастных групп для товарного выращивания в виде компенсационной добавки (в том числе его модификация - адаптационный корм – TechSA Crayfish Pro) с содержанием протеина 40%, жира – 9%, клетчатки – 6%, показал высокую эффективность при переводе особей из естественного содержания в искусственные условия, что способствовало формированию маточного стада.

### **3.4 Биотехнология выращивания ракообразных с высоким соответствием требованиям органической аквакультуры**

Многолетний производственный опыт выращивания австралийских раков и пресноводной креветки в прудовых условиях показывает, что экономически выгодно выращивать эти объекты на протяжении летнего содержания в прудах.

Биотехнологические особенности выращивания ракообразных заключаются в применении органических удобрений, влекущем достаточное развитие естественной кормовой базы, что является важным фактором увеличения продуктивности товарной продукции водоемов в отношении возможных объемов изъятия.

Для эффективного товарного выращивания ракообразных больше подходят пруды площадью 0,75 - 1 га (возможно использование типовых прудов для выращивания молоди осетровых), при этом не возникает трудностей во время облова, так как уровень воды (ниже 20-30 см) держится недолго, ввиду чего рыбацкие птицы не могут вредить товарному виду выращенной продукции.

Глубина прудов, в которых выращиваются ракообразные, должна обеспечивать поддержание горизонта воды на отметке, обеспечивающей прогрев всей толщи, без вертикальной температурной стратификации, поскольку отмечено снижение пищевой активности объекта при снижении температуры до 24-25<sup>0</sup> С, так как эти виды тропические и теплолюбивые (ФАО, 2017, Лагуткина, 2005; 2015; 2017; 2019; 2020). Донные виды подвержены воздействию придонных вод, поэтому глубина должна обеспечивать интенсивное прогревание до оптимальной

температуры. Средняя глубина должна соответственно быть в пределах 1,2-1,5 м. Еще одно немаловажное требование – пруд должен иметь уклон ложа в сторону водовыпуска из пруда и сети рыбосбросных канав, так, чтобы движение раков во время спуска было направлено в сторону уловителя (Лагуткина, 2020).

Одной из основных составляющих характеристик прудов является биологическая рыбопродуктивность, достижение максимальных показателей для которой определяется оптимальным соотношением многих факторов, а именно: природных и антропогенных условий данного региона, биологических особенностей объектов выращивания (Пронина, 2017) и естественной кормовой базой (Головко, 2008).

Изучение технологии и методов интенсификации кормовой базы прудов актуально и по сей день, поскольку прудовые экосистемы требуют индивидуального изучения и подхода в зависимости от экологических характеристик выращиваемого вида.

Как показывает практика, длительная продолжительность эксплуатации водоемов приводит к постепенному накоплению органических соединений в донных отложениях. Это, в свою очередь, приводит к деградации почв, проявляется переутомление в виде снижения кормности прудов, неустойчивой пищевой обеспеченности выращиваемых объектов, и, как следствие, происходит снижение общей рыбопродуктивности (Подзорова, 2001; Шевцова, 1996, 2000, Головко, 2008; Шейхгасанов, 2015; Пономарев и др, 2015).

Вопрос аквасевооборота – технологии «циклического» использования прудов, как способа повышения эффективности восстановления их биопродуктивности «естественным» путем; который, соответственно, даёт возможность получать более высокий выход и разнообразие продукции с единицы площади (попеременное – аквакультурной и сельскохозяйственной продукции), в литературе обсуждался достаточно широко (Коринец, 1992; Воробьев, 1997; Лавелина, 1998; Листопадов, 2005; Беленков, 2007), но освещения влияния бахчевых культур на выращивание австралийских раков и креветок нами в литературе встречено не было.

Данные выращиваемые объекты по своей биологии являются потребителями детрита растительного и животного происхождения в естественных условиях. Зоопланктон потребляет в основном молодь в качестве прикорма. Взрослые особи потребляют зоопланктон в виде случайного компонента.

В искусственных условиях дополнительным прикормом являются дорогостоящие стартовые комбикорма для осетровых рыб и сомов.

В исследовании использовалась схема формирования естественной кормовой базы и приведения к единообразной схеме повышения потенциальной её биопродуктивности. Исследования проводили в течение нескольких лет в прудах современных прудовых хозяйств Астраханской области, где проводят выращивание аквакультурных объектов традиционным способом (рис. 22).

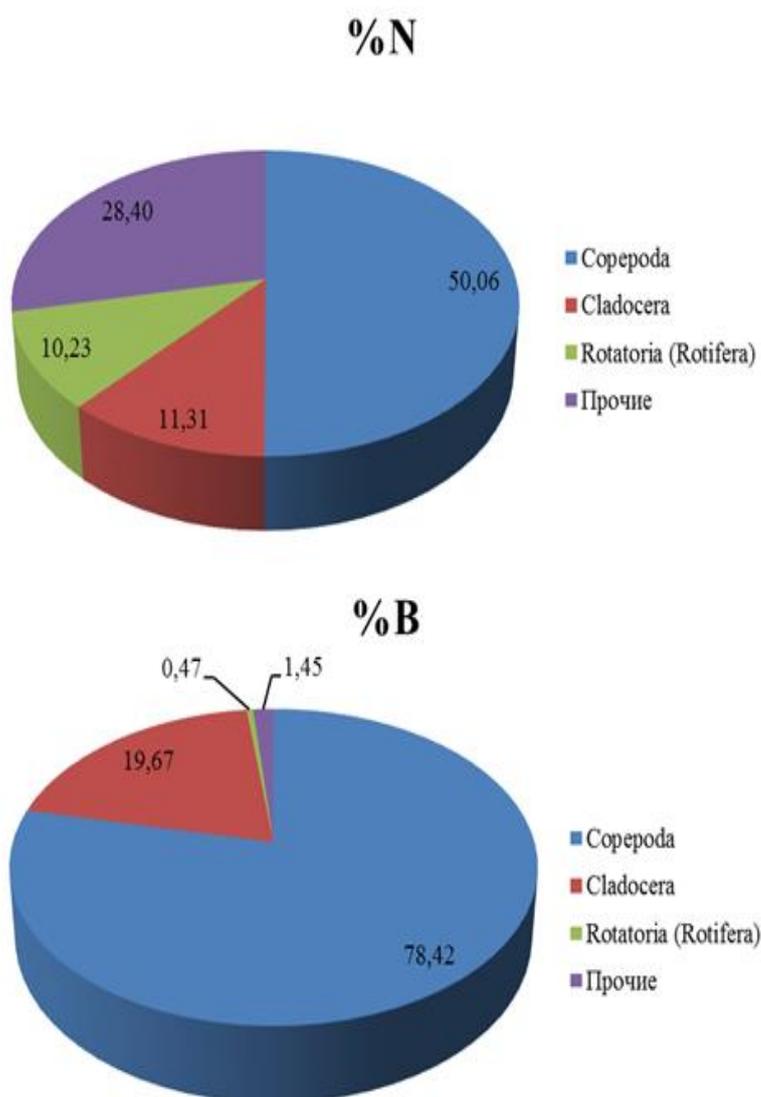


Рисунок 22 – Процентное соотношение основных групп зоопланктона в пруду №1

По результатам проведенного анализа летнего содержания австралийских раков в пруду № 1 по процентному соотношению основных групп зоопланктона по численности и биомассе преобладали веслоногие ракообразные – 50% и 78,42% соответственно.

Малочисленными являлись коловратки – 10,23% и 0,47 %, соответственно. Из всего видового состава в доминирующую группу по численности входят такие организмы как: *Nauplii cyclopoidea* – 17 тыс. экз/м<sup>3</sup>; *Copepoditte cyclopoidea* 18 тыс. экз/м<sup>3</sup>; *Diaphanosoma dubiu* – 11,75 тыс. экз/м<sup>3</sup>, яйца *Metacyclops gracilis* 27,5 тыс. экз/м<sup>3</sup>(рис. 23).

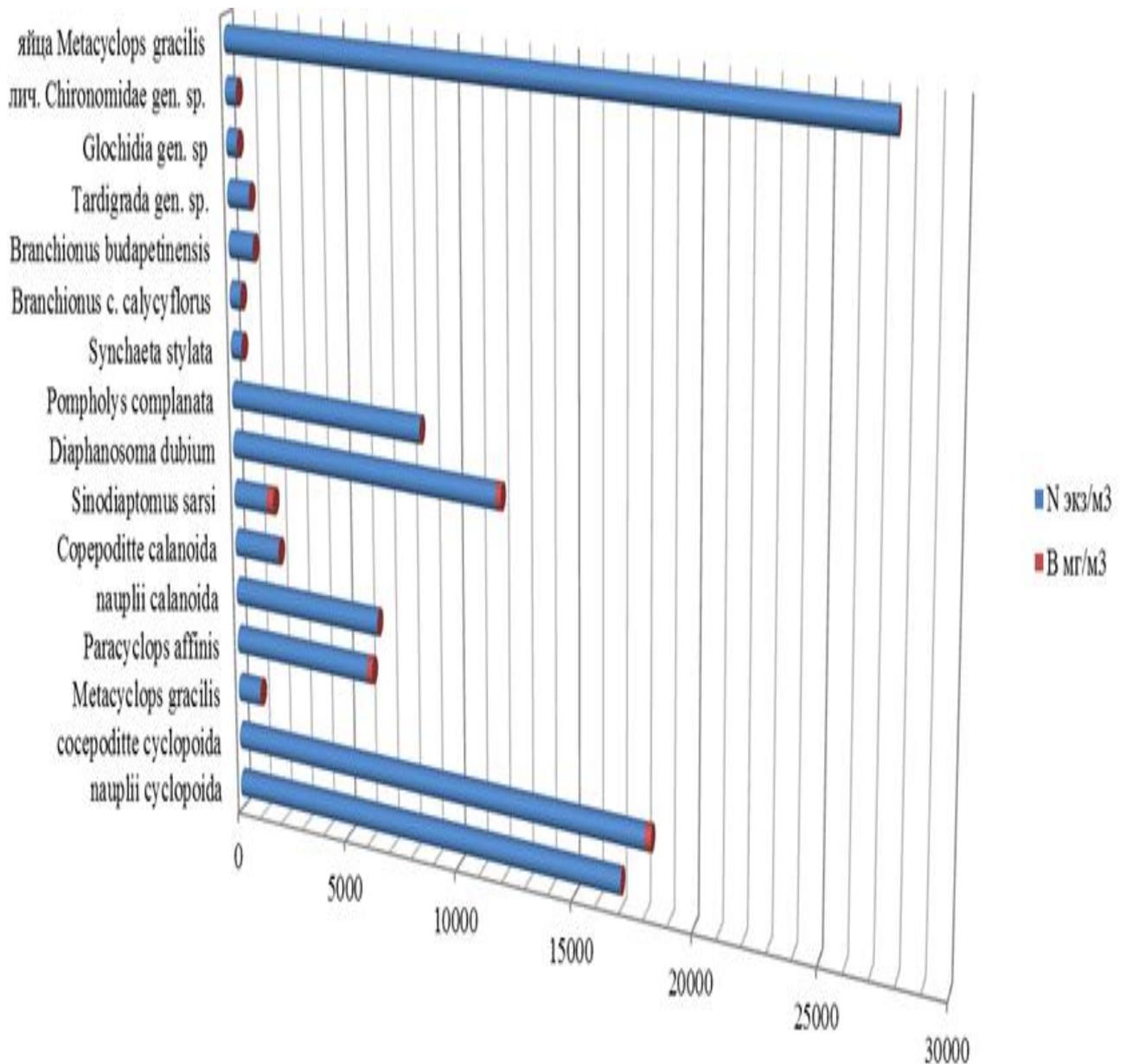


Рисунок 23 – Соотношение численности и биомассы зоопланктона в пруду № 1

По биомассе в доминантный комплекс входили: *Copepodite cyclopoida* - 263,6 мг/м<sup>3</sup>; *Paracyclops affinis* - 242,5 мг/м<sup>3</sup>; *Sinodiaptomus sarsi* - 313,5 мг/м<sup>3</sup>; *Diaphanosoma dubium* - 230,5 мг/м<sup>3</sup>.

Следует отметить, что ветвистоусый рачок *Diaphanosoma dubium* и циклопы копеподитной стадии развития являются основными компонентами зоопланктонного сообщества нагульного пруда № 1, где выращиваются австралийские раки.

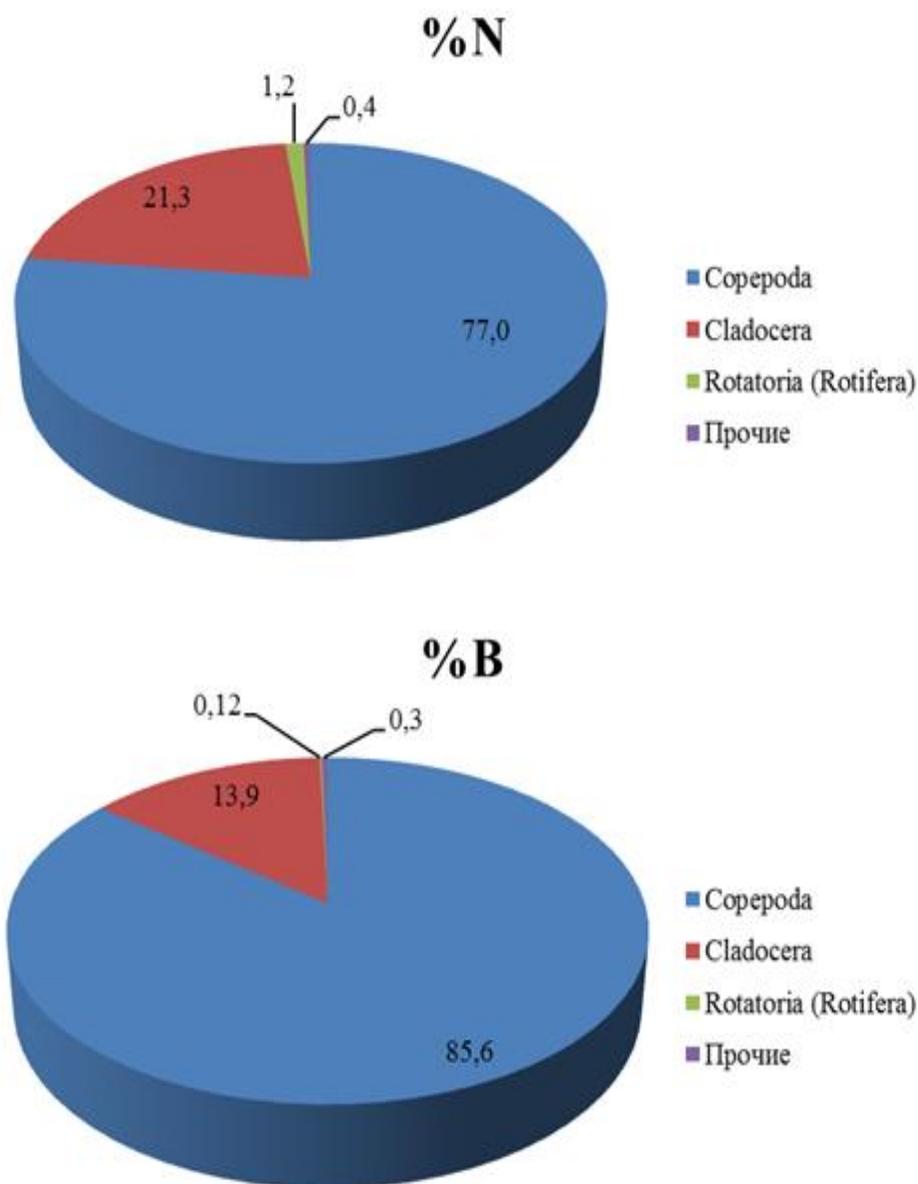


Рисунок 24 – Процентное соотношение основных групп зоопланктона в пруду №2

В пруду № 2 (где содержались пресноводные креветки) по процентному соотношению (рис. 24) основных групп зоопланктона по численности и биомассе

преобладали веслоногие ракообразные – 77% и 85,6% соответственно. Малочисленными являлись организмы, относимые к прочим – 0,4% по численности и по биомассе - 0,12% соответственно.

Из всего видового состава в доминирующую группу по численности входят такие организмы как: *Nauplii cyclopoida* – 13,5 тыс. экз/м<sup>3</sup>; *Copepoditte cyclopoida* – 24,5 тыс. экз/м<sup>3</sup>; *Metacyclops gracilis* – 15 тыс. экз/м<sup>3</sup>.

По биомассе в доминантный комплекс входили: *Copepoditte cyclopoida* - 310,15 мг/м<sup>3</sup>; *Metacyclops gracilis* - 777,1 мг/м<sup>3</sup>; *Sinodiaptomus sarsi* - 1822,5 мг/м<sup>3</sup>; *Diaphanosoma dubium* - 380,9 мг/м<sup>3</sup> (рис. 25).

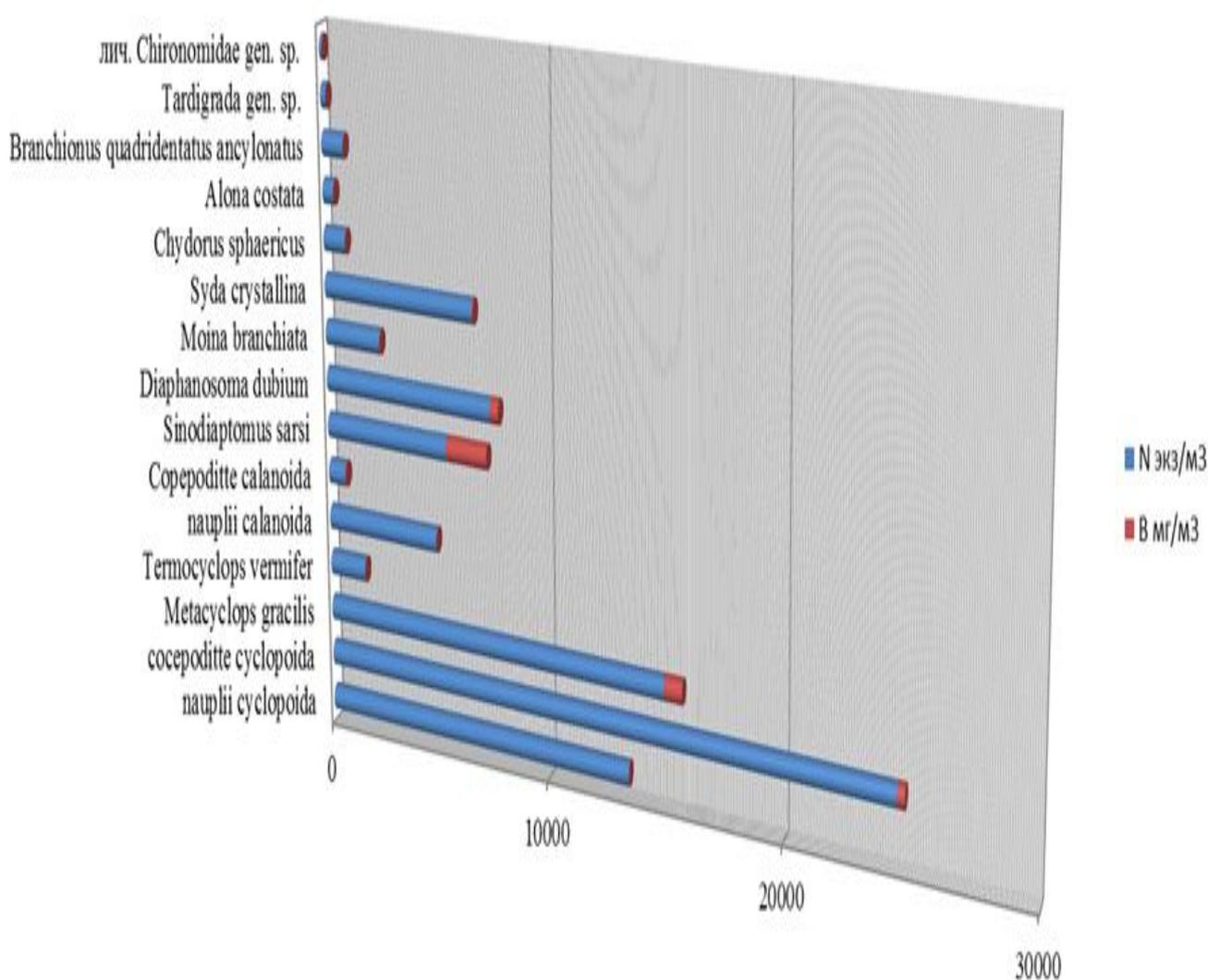


Рисунок 25 – Соотношение численности и биомассы зоопланктона в пруду № 2

Следует отметить, что циклопы копеподитной стадии развития и половозрелые особи *Metacyclops gracilis* в пруду № 2 являются основными

компонентами зоопланктонного сообщества, где выращивается пресноводная креветка.

Рассматривая видовой состав, стоит отметить, что в пруду № 2 пять видов ветвистоусых ракообразных (*Diaphanosoma dubium*, *Moina branchiate*, *Syda crystalline*, *Chydorus sphaericus*, *Alona costata*) и один представитель из группы Rotifera (*Branchionus quadridentatus ancyronatus*), в то время как в пруду № 1 четыре вида коловраток (*Pompholys complanata*, *Synchaeta stylata*, *Branchionus c. calyculiflorus*, *Branchionus budapetinensis*), а из Cladocera представлен только один вид (*Diaphanosoma dubium*).

По нашему мнению, объяснение такого видового состава исследуемых прудов заключается в избирательности потребления зоопланктона выращиваемых объектов, однако для подтверждения или опровержения этой гипотезы необходимо изучить пищевые комки раков и креветок.

Сравнительный анализ изменений количественных характеристик зоопланктона проводили с использованием критерия Краскела-Уоллиса. Соотнесение для пруда пруда № 1: (NClad/NCop) - 0,22596154; (BRot/BCrust). - 0,01306413, для пруда №2: (NClad/NCop) - 0,277039848; (BRot/BCrust) - 0,001211073. Следовательно, в обоих водоемах соотношение Cladocera и Copepoda и соотношения биомасс Rotifera и Crustacea имеют сравнительно схожее расхождение медиан (табл. 40).

Таблица 40 – Показатели зоопланктона в прудах при содержании ракообразных\*

Организмы	Пруд 1				Пруд 2			
	N, экз./м <sup>3</sup>	B, мг/м <sup>3</sup>	N, %	B, %	N, экз./м <sup>3</sup>	B, мг/м <sup>3</sup>	N, %	B, %
Copepoda	52 000	919,0	50,06	78,42	65 875	2983,19	77,0	85,6
Cladocera	11 750	230,5	11,31	19,67	18 250	485,61	21,3	13,9
Rotatoria (Rotifera)	10 625	5,5	10,23	0,47	1 000	4,2	1,2	0,12
Прочие	29 500	17,0	28,40	1,45	375	11,87	0,4	0,3
<b>Всего</b>	<b>103 875</b>	<b>1172,0</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>85 500</b>	<b>3484,87</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Примечание: \* N – численность; B – биомасса.

В результате можно сделать вывод о том, что пруды по среднесезонным показателям развития зоопланктона по оценке З.И. Шмаковой с соавторами (2001) находятся на уровне низкопродуктивных. На протяжении выращивания

австралийских раков и пресноводной креветки отмечается также ограниченность кормовой базы в отношении бентосных организмов, в конце третьей декады июня в пробах личинки комаров – хирономид вовсе отсутствовали, на всем протяжении выращивания их концентрация была невелика 0,5 – 0,7 г/м<sup>2</sup>.

Далее в исследованиях используется способ формирования естественной кормовой базы с целью повышения потенциальной её биопродуктивности.

Так, в ходе экспериментальной работы было установлено, что на повышение устойчивой доступности кормовой базы выращиваемых объектов в наших исследованиях оказало влияние летование прудов и выведение их под посев бахчевых. Формирование кормовой базы в зависимости от эксплуатации прудов, показатели численности и биомассы зоопланктона представлены в таблице 41.

Таблица 41 – Зоопланктон прудов (аквасевооборота)\*

Организмы	В начале вегетационного периода				В конце вегетационного периода			
	<i>N</i> , экз./м <sup>3</sup>	<i>B</i> , г/м <sup>3</sup>	<i>N</i> , %	<i>B</i> , %	<i>N</i> , экз./м <sup>3</sup>	<i>B</i> , г/м <sup>3</sup>	<i>N</i> , %	<i>B</i> , %
до аквасевооборота								
н/отр. Сорепода – веслоногие ракообразные	31 250	0,35	55,2	18,3	51 375	0,54	55,8	64,3
н/отр. Cladocera – ветвистоусые ракообразные	25 125	1,6	44,4	81,7	4 750	0,26	5,2	31,0
т. Rotifera (Rotatoria) – коловратки	250	0,0004	0,4	0,02	36 000	0,039	39,1	4,7
<i>Всего</i>	56 625	<b>1,93</b>	100	100	92 125	<b>0,85</b>	100	100
аквасевооборот (бахчевые)								
н/отр. Сорепода – веслоногие ракообразные	69 500	0,63	52,1	16,3	61 500	0,51	53,4	22,5
н/отр. Cladocera – ветвистоусые ракообразные	61 500	3,24	46,1	83,6	45 625	1,76	39,6	77,3
т. Rotifera (Rotatoria) – коловратки	2 375	0,004	1,8	0,1	8 000	0,006	6,9	0,2
<i>Всего</i>	133 375	<b>3,9</b>	100	100	115 125	<b>2,28</b>	100	100

Примечание: \* *N* – численность; *B* – биомасса.

Биомасса зоопланктона после летования в начале вегетационного периода увеличивается в 2,0 раза, в конце вегетационного периода – в 2,7 раза.

Аналогичная положительная динамика наблюдается для показателей зообентоса (табл. 42).

Таблица 42 – Зообентос прудов (аквасевооборот)\*

Организмы	В начале вегетационного периода				В конце вегетационного периода			
	<i>N</i> , экз/м <sup>2</sup>	<i>B</i> , г/м <sup>2</sup>	<i>N</i> , %	<i>B</i> , %	<i>N</i> , экз/м <sup>2</sup>	<i>B</i> , г/м <sup>2</sup>	<i>N</i> , %	<i>B</i> , %
до аквасевооборота								
<b>кл. Insecta - насекомые</b>	32	0,1	80	25	16	0,65	100	100
лич. сем. Chironomidae. gen.sp – комары не кусачие	16	0,02	40	3,8	8	0,02	50	3,7
<i>p. Notonecta</i> – имаго клопов	16	0,1	40	21,2	–	–	–	–
<i>p. Gerris sp.</i> – личинки водомерок	–	–	–	–	8	0,62	50	96,3
<b>т. Mollusca</b>	8	0,3	20	75	–	–	–	–
<i>p. Physa</i> – брюхоногий левосторонне закрученный пресноводный моллюск	8	0,3	20	75	–	–	–	–
<i>Всего</i>	40	<b>0,42</b>	100	100	16	<b>0,65</b>	100	100
аквасевооборот (бахчевые)								
<b>кл. Insecta - насекомые</b>	344	1,5	100	100	112	0,6	93,3	13,9
лич. сем. Chironomidae. gen. sp– комары не кусачие	136	0,1	39,5	5,6	40	0,05	33,3	1,1
куколка Chironomidae gen. sp комары не кусачие	32	0,2	9,4	14,2	–	–	–	–
<i>p. Notonecta</i> – имаго клопов	8	0,032	2,3	2,2	–	–	–	–
лич. <i>Aulonogyrus concinnus</i> - плавунец	168	1,14	48,8	78	–	–	–	–
лич. р. <i>Coenagrion</i> sp. - стрекозы	–	–	–	–	48	0,14	40	3,4
лич. сем. Tabanidae - слепни	–	–	–	–	16	0,2	13,3	4,3
лич. <i>Onychogomphus incatus</i> – стрекоза дедка	–	–	–	–	8	0,22	6,7	5,1
<b>т. Mollusca</b>	–	–	–	–	8	3,7	6,7	86,1
<i>Lymnaea ovata</i> – брюхоногий моллюск Прудовик округлый	–	–	–	–	8	3,7	6,7	86,1
<i>Всего</i>	344	<b>1,5</b>	100	100	120	<b>4,3</b>	100	100

Примечание: \* *N* – численность; *B* – биомасса.

В начале вегетационного периода величина биомассы в водоемах после летования в 3,6 раза превышает эту величину в не летующих прудах.

Зоопланктон прудов представлен в основном коловратками (класс Rotatoria), ракообразными (класс Crustacea, отряд Copepoda; п/отряды Cyclopoida; отряд Cladocera). В прудах наиболее часто встречаются следующие виды: *Moina brachiata* и *Daphnia cucullata*, самки которых имеют длину до 2,5 мм, *Cyclops strenuus* – веслоногие рачки, из коловраток – р. *Brachionus*.

Зообентос представлен личинками и имаго насекомых – класс Insecta и тип Mollusca, в основном личинки Chironomidae gen. sp. и класс Gastropoda.

В начале вегетационного периода величина биомассы в водоемах после летования в 3,6 раза превышает величину биомассы в таком же пруду до летования, в конце вегетационного периода это соотношение увеличивается до 6,6.

В конце вегетационного периода показатель биомассы зообентоса при технологии аквасевооборота был выше на 74% в сравнении с контролем.

Положительная динамика в водоемах биомассы зоопланктона и зообентоса связана с тем, что пруды прошли процесс аквасевооборота, летование улучшило состояние почвы после выведения их под посев.

На прудах после выращивания бахчевых существенно улучшился гидробиологический режим, что привело к обеспечению оптимального уровня естественной кормовой базы, который будет удовлетворять пищевым потребностям выращиваемых объектов. Этот способ формирования кормовой базы потенциально увеличил биологическую продуктивность прудов.

Нами была замечена прямая зависимость объема получения товарной продукции от условий, созданных в прудах.

Так, неустойчивая обеспеченность кормовой базы приводит к экстремальной ситуации создания пищевой конкуренции, снижению прироста и, как следствие, снижению общей рыбопродуктивности.

Однако известна способность ракообразных переносить относительно длительные периоды низкой доступности пищи, что связано с адаптацией для их выживания в меняющихся условиях (Stumpf *et al.*, 2011).

В случае возобновляемой доступности корма особи демонстрируют набор массы, однако обменные процессы влияют на увеличение гепатосоматического индекса (Jussila, Mannonen, 1997), так как питательные вещества, запасенные в гепатопанкреасе, в первую очередь расходуются при дефиците питания для покрытия энергетических потребностей (Comoglio *et al.*, 2005; Sureshkumar, Kurup, 1999).

Для достижения устойчивой кормовой базы пруды выводили на летование. Изучение рыбоводно-биологических показателей выращивания ракообразных в ходе работы показало, что в течение летнего периода (90-95 сут.) в условиях VI рыбоводной зоны рыбоводства достижение максимальной массы происходило равномерно в прудах после посева и выведения их под сельскохозяйственные объекты, что позволяло сеголеткам ракообразными интенсивно питаться и расти и обуславливало высокую эффективность зарыбления.

При формировании плотности посадки австралийских раков в течение нескольких месяцев вегетационного периода предпочтение было отдано молодежи массой 3,0 г, наиболее ценной по адаптационным и кондиционным свойствам, из которой летом получают товарную продукцию.

В результате выращивания за вегетационный период была получена товарная продукция конечной массой у австралийских раков – 110 г, у пресноводных креветок – 120 г, а ракопродуктивность составила около 4-5 ц/га без прикорма и при дополнительном прикорме более 9 ц/га.

Устойчивая пищевая обеспеченность приводит к повышению показателей роста и эффективности прудового выращивания ракообразных.

Главное преимущество ракообразных – это возможность летнего содержания в открытых прудах при непрерывной доступности кормовых организмов и быстрый темп роста, за три – четыре месяца (с июня по сентябрь) товарная масса достигает не менее 80–100 г при выживаемости 95-85 %, что позволяет дать рыбоводно-биологическое обоснование возможности эффективного промышленного производства товарной продукции ракообразных в условиях VI рыбоводной зоны (табл. 43).

Таблица 43 – Органическая аквакультура ракообразных

Показатель	Единицы измерения	<i>Cherax quadricarinatus</i>	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>
Задействование	назначение	пруды малой площадью	пруды малой площадью
Оборот выращивания	вегетационный сезон	июнь-октябрь	июнь-октябрь
Готовность к «органической» сертификации»	(низкая/высокая)	высокая, авасевооборот	высокая, авасевооборот
Площадь пруда	га	0,5-0,75-1	0,5-0,75-1
Глубина пруда	м	1,0-1,5	1,0-1,5
Концентрация, O <sub>2</sub> водоподача прибрежная зона водоспуск	мг/л	7,5-8,1 6,3 5,2	7,5-8,1 6,3 5,2
Прозрачность	см	31	31
Уровень кислорода	мг/дм <sup>3</sup>	7,5	7,0
Показатель рН	-	7,0-8,0	7,0-7,3
Биомасса: зоопланктона	г/м <sup>3</sup>	≥3	≥3
зообентоса	г/м <sup>2</sup>	≥4	≥4
Температура воды	°С	24-27	25-28
Плотность посадки молоди: без кормления	тыс.шт./га	6,0	5,0
с кормлением		10,0	15,0
кормление	раз/сут	1	1
прикорм	тип корма	сухой	сухой/ охлажденный
Период выращивания	сут	90	90
Выживаемость	%	90	90
Выход продукции, без кормления	кг/га	400	500
с кормлением		990	972
Средняя масса	г	>100	>100

За время опытных работ и камеральной обработки экспериментальных данных были определены биотехнологические нормы органической аквакультуры ракообразных.

Существенное влияние на адаптацию к естественным условиям и, как следствие, высокий темп роста оказало удовлетворительное состояние кормовой базы прудов, а именно биомассы зообентоса, детрита и высшей водной



Содержание биоиндикатора в гемолимфе товарных австралийских раков, выращенных в прудовых условиях, составило  $40,8 \pm 4,2$  г/л, в то время как у креветок  $50,29 \pm 4,7$  г/л, что свидетельствует о высоком уровне белка.

Таким образом, для формирования рекомендаций в отношении технологического процесса выращивания объектов тепловодной аквакультуры с учетом оценки условий среды в динамике через анализ показателей состояния особей – биоиндикаторов – необходимо сравнить состояние особей, содержащихся в различных условиях.

Далее были выявлены показатели биоиндикатора концентрации белка в гемолимфе при содержании в бассейновых и прудовых условиях (табл. 45).

Таблица 45 – Физиолого-биохимические показатели *Cherax quadricarinatus*

Показатель	бассейн	пруд
Общий белок, г ♀	$30,7 \pm 5,0$	$40,8 \pm 4,0^*$
Общий белок, г ♂	$29,4 \pm 4,0$	$31,6 \pm 3,7^*$
Выживаемость, %	90	100

Примечание: \* - различия достоверны при:  $p < 0,05$

На основании представленных результатов было сделано заключение, что факторы органического прудового и бассейнового содержания влияют на основной обмен и состав гемолимфы выращиваемых объектов с дифференциацией в зависимости от пола и возраста (Калашников, 1939).

Содержание биоиндикатора – белка в гемолимфе товарных австралийских раков в прудовых условиях составило: для самок –  $30,7 \pm 5,0$  г/л, для самцов –  $40,8 \pm 4,0$  г/л, против  $31,6 \pm 3,7$  г/л и  $29,4 \pm 4,0$  г/л соответственно.

Из полученных данных следует, что у австралийских раков концентрация белка гемолимфы варьирует в широких пределах и составляет от 29,4 до 40,8 г/м<sup>3</sup>.

Однако особи, выращенные в прудах, имеют более высокий показатель концентрации белка в лимфе, в 1,1-1,3 раза превышающий показатель в контроле, что позволяет сделать вывод о том, что производители австралийских раков, выращенные в прудах, готовы к нересту. Высокий уровень белка говорит о высоком уровне жизнестойкости организмов и хороших условиях содержания.

Содержание белка в гемолимфе, как видно в процессе различных этапов выращивания, не является постоянным и зависит от стадии развития организма и условий выращивания. И, как следствие, использование белка в качестве биоиндикатора для оценки условий процесса выращивания и применения кормов требует более глубокого изучения.

Гематологический анализ продемонстрировал, что при интенсивном прудовом и индустриальном выращивании содержание белка в лимфе австралийских раков имеет различную пластичность. Летом количество белка максимально перед линькой и в период нереста, однако при тех же морфометрических показателях и массе особи, выращенные в индустриальных условиях, имеют более низкие показатели белка в лимфе.

Поэтому по результатам полученных гематологических данных можно судить о хорошем физиологическом состоянии выращиваемых объектов. Согласно литературным данным, высокий уровень белка соответствует хорошему состоянию среды обитания (Сладовская и др., 2001), выращиваемые особи австралийских раков в прудах имеют высокие адаптационные возможности, что приводит к качественному отбору производителей в дальнейшем для создания собственного ремонтно-маточного стада при содержании в зимний период.

Следует отметить тот факт, что постоянная доступность кормовых организмов при выращивании в вегетационный период в прудовых условиях после аквасевооборота существенно улучшает производство ракообразных.

Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что зарыбление прудов рыбоводных хозяйств после выведения их под посеvy сельскохозяйственной продукции с целью получения дополнительной пищи по органической технологии минимизирует требуемую дозу внесения органических удобрений. Проведенный аквасевооборот обуславливает изменение общей схемы внесения органических удобрений по сухому ложу перед зарыблением. Необходимо отметить, что половина сезонной нормы, и может с последующим внесением до 50 кг на 1 га еженедельно по всей поверхности пруда, сокращается

после аквасевооборота и органические удобрения вносятся в расчете 0,5 т на 1 га, против нормативной 4,0 т/га.

Ракопродуктивность товарной продукции на этих же площадях после летования увеличилась до 9 ц/га. Этому благоприятствовала высокая и стабильная биомасса зоопланктона и зообентоса, являющаяся серьезным преимуществом данной технологии в аквакультуре. Результаты демонстрируют достоверное увеличение ракопродуктивности эксплуатируемых прудовых экосистем за счет использования органического культивирования и сочетания методов управления экосистемными процессами, биологических и агрономических методов, использования различных органических удобрений (остатки вегетативных побегов бахчевых, скошенная растительность).

Химический состав донных отложений прудов, т. к. почвы прудов относятся к группе слабозасоленных (Хитров, 2009), следующий: рН колеблется от 7 до 8,2, содержание гумуса, в зависимости от цикла использования прудовых площадей и смены выращиваемых культур, варьирует от 0,78 до 3,45 %.

Таким образом, содержание органических веществ донных отложений варьирует, в зависимости от режима эксплуатации прудовых площадей и циклов смены культивируемых объектов, от крайне низкого до высокого. Причиной может служить то, что аквасевооборот не только восстанавливает плодородие почвы, но и способствует резкому повышению биопродуктивности, улучшая тем самым гидробиологический режим прудов, который обеспечивает рыбе оптимальный уровень естественной кормовой базы. Все это благоприятно отражается на состоянии организма выращиваемых рыб, повышается их резистентность, что обеспечивает максимальный прирост рыбной продукции.

Комплексные мероприятия могут позволить увеличить эти показатели, если применять органические удобрения, например, навоз крупного рогатого скота (содержание органических веществ – 12–18 %, азота – 0,45 %, фосфорной кислоты – 0,23 %, кальция – 0,4 %, калия – 0,52 %, натрия – 0,56 %, магния – 0,35 %, серной кислоты – 0,06 %). Корректировка доз вносимых органических удобрений позволяет формировать достаточную кормовую базу водоемов. Так, с целью

улучшения качественных и количественных показателей выращиваемой товарной рыбы были уточнены дозы внесения органических удобрений: 4,0 т/га – до использования прудовых площадей под посевы и 0,5 т/га – после выращивания бахчевых, что составляет 12,5% от исходно требовавшегося количества удобрений.

Цикличное использование прудовых площадей необходимо начинать при зарыблении растительноядными преимущественно с зерновых, при выращивании карповых начинают с бахчевых, ракообразных - комбинированно.

Выращенные таким способом бахчевые и зерновые имеют ряд отличительных характеристик – высокое качество и урожайность, продукция аквакультурных объектов высокая – товарная масса и эффективность, а издержки (такие как особенности состава и структуры почвы) были минимизированы за счет жизнедеятельности объектов аквакультуры.

Органическая технология получения аквакультурной и сельскохозяйственной продукции показала высокую производственную эффективность в условиях, пригодных для прудового культивирования. Полученные результаты свидетельствуют о возможности масштабирования органической технологии получения аквакультурной и сельскохозяйственной продукции в Астраханской области, а также на рыбохозяйственных водоемах аридной зоны России (Лагуткина, 2016).

Масштабирование органической технологии для различных субъектов Российской Федерации требует детальных исследований и последующего формирования практических рекомендаций. При организации производства продукции на основе органических технологий необходимо закладывать следующие параметры:

1. Биологические нормативы для эффективного выращивания в различных климатических зонах продукции органической аквакультуры, органического бахчеводства, органического сельского хозяйства.

2. Параметры технологического процесса выращивания в соответствии с характеристиками региона/местности для фермерского рыбоводства.

3. Параметры земли сельскохозяйственного назначения и водного фонда (анализ участков, выбранных под расположение фермерского хозяйства, рельеф местности, влияние на ландшафт почвенного покрова и климата, характерные черты гидрологического режима водоисточника).

4. Увеличение объемов полученной продукции органической аквакультуры и органического сельского хозяйства при наличии определенной площади нагульных и летующих прудов, отводимых под выращивание прудовой рыбы и органических сельскохозяйственных и бахчевых культур соответственно.

5. Определение цикличности органического процесса хозяйствования согласно подбору и типизации технологий: получение продукции органической аквакультуры на органических кормах при поочередном выращивании на летующих прудах (бахчевые культуры – арбузы, дыни и (или) сельскохозяйственные объекты – пшеница, ячмень и т. д.).

6. Расчет необходимых мелиоративных работ: количества вносимых органических удобрений по косвенным и прямым функциональным показателям (гидрохимические, гидробиологические, почвенно-ботанические); объемов вносимых кормов (норма внесения органических кормов по потребности выращиваемых объектов аквакультуры, разработка и оптимизация технологии кормления органическими кормами, подбор компонентов рецептур органических кормов с включением сырья местного происхождения).

7. Расчет типового проекта с привязкой к данной местности для получения максимального количества органической продукции:

а) *сельского хозяйства* – выбор объекта и (или) сорта культуры, подготовка почв, дискование/боронование почвы, чизелевание, культивирование, созревание, прикатывание (предшествующие объекты – рыбы);

б) *бахчеводства* – выбор сорта культуры, подготовка почв, дискование/боронование грунта, посадка семян после вымачивания, выращивание рассады, разрыхление при появлении первых всходов, внесение органических удобрений, уборка, дискование перед весенним зарыблением пруда (предшествующие объекты – ракообразные);

в) *аквакультуры* – выбор объектов, выращивание сеголеток, двухлеток/трехлеток, кондиция: товарная прудовая продукция, продукция для глубокой переработки, посадочный материал, предшествующие объекты – бахчевые и сельскохозяйственные культуры.

### 3.5 Основы биотехнологии линеводства

В соответствии с ч. 4 ст. 3 Федерального закона Российской Федерации от 02.07.2013г. № 148-ФЗ «Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» был утвержден справочник в области аквакультуры (рыбоводства), согласно которому линь (*Tinca tinca*) включен в перечень объектов аквакультуры (рыбоводства). Линь перспективный, экономически рентабельный объект пресноводной аквакультуры с отличными потребительскими качествами (низкий уровень белка и жира, высокая жизнестойкость и резистентность к заболеваниям) (Серветник, 2021).

Более того, наметившаяся тенденция сокращения запасов линя (*Tinca tinca*) в Каспийском бассейне делает процесс искусственного воспроизводства данного вида приоритетной задачей. По данным Т. А. Ветлугиной (2005), вылов линя в бассейне Каспийского моря был максимальным в 1968–1980-е гг. и составлял в среднем до 4,5–6,6 тыс. т, затем, с 1981 по 1992 г., снизился до 1–1,5 тыс. т и в начале XXI в. составлял 2,5 тыс. т (Червоненко, 2017).

В 2004 г. улов линя составил 1,132 тыс. т, вылов на усилие повысился до 1,2. Возрастные группы линя имели различную структуру – в уловах встречались особи от 3 до 10 лет, но доминировали 4–7-годовики, которые составляли 82,8 % улова (Фомичев и др., 2005). В 2009–2013 гг. запасы линя увеличивались с 7,17 тыс. т в 2009 г. до 10,840 тыс. т в 2010 г., затем наблюдалось их снижение до 6,28 тыс. т в 2013 г. (Ветлугина, 2014).

Однако проблемную ситуацию может изменить искусственное воспроизводство линя, которое сдерживается отсутствием нормативно-биотехнической базы линеводства (Гончаренок, 2009).

При этом для реализации искусственного воспроизводства линя и устойчивого процесса получения потомства необходимы производители, что, в свою очередь, требует формирования ремонтно-маточного стада из особей природной популяции (Хрусталева, 2009; Гончаренко, 2009; Бахарева, 2015) и доместикации диких производителей, которая представляет собой затруднительный и продолжительный процесс приспособления отловленных из естественных водоемов зрелых особей к искусственным условиям содержания, прежде всего к питанию искусственными комбикормами (Залепухин, 2008). При отборе участвуют половозрелые по внешним признакам здоровые производители, те, которые были отловлены на тоневах участках. После заготовки производителей транспортируют на рыбоводное хозяйство для перевода на искусственные условия содержания.

Необходимо отметить, что при этом адаптация рыб к содержанию в искусственных условиях фермерского хозяйства, в том числе и процесс собственной карантинизации, представляет затруднительный и продолжительный этап, поскольку отловленная рыба находится в состоянии стресса вследствие воздействия различных нагрузок, в том числе вылова, транспортировки (Залепухин, 2008).

Однако в настоящее время возможность отбора на тоневах участках производителей линя отсутствует, поэтому в наших исследованиях по переводу диких производителей линей в искусственные условия содержания были использованы редко встреченные экземпляры линя.

Для работ по формированию показателей бионормативов отбора производителей линей для ремонтно-маточного стада необходим глубокий биологический анализ по общепринятым методикам возрастного состава, темпа роста и упитанности.

Общая длина тела самцов линя в пробе в среднем составила  $27,9 \pm 1,6$  см в диапазоне 22,0 – 33,0 см, самок –  $28,36 \pm 1,61$  см в диапазоне 24,0 – 31, 8 см. Поскольку чешуя линя небольшого размера, определялась длина по Смигу, которая

у самцов в среднем составила  $27,2 \pm 1,65$  см при колебании от 21,2 до 32,2 см, у самок –  $27,8 \pm 1,64$  см в интервале от 23,2 до 31,0 см (табл. 46-47).

Таблица 46 – Морфофизиологические показатели самцов *Tinca tinca*

Показатель	Среднее значение, $M \pm m$	Колебания
Общая длина, см	$27,9 \pm 1,6$	22,0-33,0
Длина по Смитту, см	$27,2 \pm 1,65$	21,2-32,2
Масса, г	$291,45 \pm 41,98$	135,15-417,8
Упитанность, $Q_{\phi}$	$1,41 \pm 0,098$	0,88-1,55
Индекс сердца, ед.	$0,16 \pm 0,006$	0,14-0,180
Гепатосоматический индекс, ед.	$0,33 \pm 0,037$	0,18-0,44
Индекс наполнения кишечника, ед.	$2,22 \pm 0,20$	1,26-2,82

Масса тела самцов в среднем составила  $291,45 \pm 41,98$  г при колебании 135,15 – 417,80 г, самок –  $337,34 \pm 56,49$  г при колебании – 196,35 – 479,90 г.

Таблица – 47 Морфофизиологические показатели самок *Tinca tinca*

Показатель	Среднее значение $M \pm m$	Колебания
Общая длина, см	$28,36 \pm 1,61$	24,0-31, 8
Длина по Смитту, см	$27,8 \pm 1,64$	23,2-31,0
Масса, г	$337,34 \pm 56,49$	196,35-479,9
Упитанность, $Q_{\phi}$	$1,53 \pm 0,031$	1,467-1,610
Индекс сердца, ед.	$0,131 \pm 0,009$	0,10-0,15
Гепатосоматический индекс, ед.	$0,32 \pm 0,031$	0,24-0,36
Индекс наполнения кишечника, ед.	$2,76 \pm 0,084$	2,56-2,94

Результаты линейного роста рыб позволяют определить упитанность их организма. Средний коэффициент упитанности (по Фультону) самцов лinya составил  $1,41 \pm 0,098$  в диапазоне от 0,88 до 1,55, самок –  $1,53 \pm 0,031$  при колебании от 1,467 до 1,610.

Индекс сердца самцов в среднем составил  $0,16 \pm 0,006$  в диапазоне от 0,14 до 0,180, самок -  $0,131 \pm 0,009$  при колебании от 0,10 до 0,15; гепатосоматический индекс самцов составил в среднем  $0,33 \pm 0,037$  в интервале от 0,18 до 0,44, самок –  $0,32 \pm 0,031$  в диапазоне от 0,24 до 0,36; индекс наполнения кишечника самцов в среднем составил  $2,22 \pm 0,20$  при колебании от 1,26 до 2,82, самок –  $2,76 \pm 0,084$  в интервале от 2,56 до 2,94.

Так как во время экспедиций нами были пойманы дикие производители с различной массой и кондиционными показателями, для определения возможности

вовлечения в процесс дальнейшего использования необходимо установить их возраст.

Для *определения возраста* чешуя, предварительно промытая в слабом растворе нашатырного спирта, закладывается между двумя предметными стеклами и просматривается под микроскопом, так как чешуя линя очень мелкая (табл. 48-49).

Таблица 48 – Линейный рост дикой генерации самцов *Tinca tinca*

Возраст, лет	1	2	3
Общая длина рыбы (L), см	Длина, см		
33,0	13,20	26,40	33,00
28,8	10,47	22,26	28,80
31,0	17,70	23,60	31,00
28,0	15,10	22,65	28,00
23,0	9,34	13,66	23,00
29,5	15,09	19,20	29,50
22,0	12,00	22,00	-

Наступление половой зрелости у самцов линей происходит на год раньше, чем у самок, так половая зрелость у самцов наступает на 2-е или 3-е лето, а у самок – только после 3-го или 4-го лета. Самцы к этому времени достигают в длину 11–20 см, а самки – 18–20 см, масса производителей в среднем составляет 100–125 г.

Таблица 49 – Линейный рост дикой генерации самок *Tinca tinca*

Возраст, лет	1	2	3
Общая длина рыбы (L), см	Длина, см		
31,8	12,72	20,67	31,80
24	9,60	15,60	24,00
30	13,50	19,50	30,00
30	13,20	25,20	30,00
26	12,24	22,94	26,00

Подмечено, что время наступления половой зрелости связано с достижением особью определенных размеров и чем медленнее рыба растет, тем позднее созревает. По данным Т.А. Ветлугиной (2005) линейный рост линя замедленный и находится в некоторой зависимости от условий обитания, а также пола. Наиболее быстрый темп роста линя наблюдается в условиях мягкого грунта, при наличии в водоеме макрофитов с плавающими листьями, при этом самцы растут на 30-40 %

быстрее самок. Для того, чтобы определить, как быстро росла рыба в предыдущие годы (темп роста), как правило, используют способ обратного расчисления роста рыб по чешуе. Зная длину рыбы за каждый год, можно определить темп роста рыб путем вычитания величины рыбы предшествующего года из величины последующего года.

Результаты обратного расчисления роста самок и самцов линия представлены в таблице 50.

Таблица 50 – Средний прирост по годам *Tinca tinca*

Пол	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>
Самки	13,27	9,22	4,69
Самцы	12,25	6,46	10,61

Таким образом, при содержании маточного стада необходимо придерживаться данных по среднему годовому приросту линия и учитывать тот факт, что существует прямая корреляция между созреванием и темпом роста: чем быстрее растет рыба, тем выше вероятность раннего ее созревания.

В настоящее время линей в естественных условиях найти все сложнее и самок, и самцов в нужной кондиции, здоровых, не травмированных, с ярко выраженными половыми признаками; в соответствии с регламентом исследования в процессе нереста участвуют половозрелые производители, отловленные на тоневах участках.

Выделяют три способа domestikации (одомашнивания) непрерывная, неполная, повторная. В нашей исследовательской работе была использована форма адаптации, при которой диких производителей отлавливали из естественных водоемов для формирования маточного стада. Отловленных и завезенных особей содержали в обособленных аквариумах, в этот период выдерживания осуществляли систематическое обследование особей с выбраковкой из процесса перевода на искусственное питание комбикормами погибших или с признаками заболеваний, в случае невыявления признаков каких-либо заболеваний особей размещали в рыбоводных емкостях.

Далее предстоял сложный этап адаптации особей к комбикорму. Именно поэтому в момент перевода на искусственное содержание при кормлении искусственные комбикорма должны быть полноценными и сбалансированными по питательному составу в соответствии с пищевыми потребностями и физиологическим состоянием в момент перевода.

Необходимо отметить, что существующие отдельные данные по выращиванию линя (отлов производителей из естественных водоемов, получение от них половых продуктов и выращивание линя в прудах) неполно отражают биотехнику воспроизводства вида.

Также отметим, что использование биотехнологии выращивания, разработанной для карпа, и применение в процессе кормления комбикормов, предназначенных для карпа, неприемлемо, поскольку биотехника выращивания, а также специализированные корма основаны на биологических особенностях карпа. Линь хоть и является ближайшим родственником карпа, однако отличается от него своими биологическими особенностями и пищевыми потребностями.

Кроме того, для проведения эффективной доместикации необходима разработка кормов направленного действия – это не необходимое, а желательное условие, – повышающих иммунитет и резистентность производителей, для дальнейшего получения экологической безопасной продукции.

Таким образом, для развития линеводства требуется создание биотехнологии выращивания линя как в индустриальных, так и в прудовых условиях, основанной на нормативно-биотехнической базе, а также разработка полноценных кормов, использование которых будет способствовать как эффективной доместикации диких производителей, так и получению качественной продукции.

В настоящее время кормление линей осуществляется с помощью универсальных кормов, а специализированные корма российских производителей отсутствуют вовсе (Червоненко, 2017).

Зарубежные аналоги кормов малоэффективны для товарного выращивания линей, поскольку эти корма предназначены для декоративного выращивания карпа кои и основные компоненты – это усилители цвета, обеспечивающие красивый

окрас и презентабельность вида. Питательные свойства импортных кормов: содержание белка – от 25 до 40 %, жира – 8 %, клетчатки – 4-6 %, основные компоненты: отходы от рыбного производства, водоросли, усилители цвета и т.п. Усилители цвета обеспечивают универсальность корма и его пригодность для содержания всех видов тропических рыб в условиях декоративного рыбоводства и аквариумного дизайна.

Для товарного выращивания линей при различных схемах культивирования, в том числе интенсивных, одной из основных проблем стало отсутствие кормов направленного действия для этого вида.

Вследствие этого, при развитии основ линеводства и становления его на производственную основу эта проблема, имеющая место при выращивании линей, обусловила основные акценты на следующем этапе работы – разработке эффективных рецептов и технологии кормления и, кроме того, создания на их основе линейки стартовых, продукционных и органических кормов, более эффективных, нежели «универсальные» рецепты (Лагуткина, 2015; 2019).

С одной стороны, в наших исследованиях началась работа по формированию биотехнологических нормативов адаптации диких производителей линия, с другой планируется дальнейшее приручение потомства к искусственным условиям и новым кормам при различной этиологии, так, для здоровых адаптированных особей будет использоваться продукционный корм, для ослабленных во время карантинизации – органический (на основе пробиотических средств взамен антибиотиков (Wongputtisin, 2014)) (Лагуткина, 2019).

Принимая во внимание особенности питания и условий выращивания линия были разработаны специализированные комбикорма для различных категорий особей: стартовый – TechSA Direct Start, продукционный – TechSA Direct Pro и органический – TechSA Organic.

Основным источником протеина в кормах являются кормовые ингредиенты из местного сырья. Разработанные комбикорма TechSA использовали при кормлении самок и самцов линия в процессе перевода из естественных условий во время карантинизации, как молодых, так и взрослых особей.

Исследование морфометрических, линейно-весовых показателей и физиолого-биохимического статуса линей при выращивании на разрабатываемых образцах кормов проводили в сравнении с контрольным кормом для карпа *Carpens Grower Intensiv*.

Возможность эффективного разведения объекта определяется не только ценой на корм, но и его эффективностью действия на различных стадиях развития объекта, именно поэтому в настоящее время существует необходимость в разностороннем тестировании разработанных кормов.

Эффективность выращивания объектов и степень привыкания рыб к кормлению искусственными новыми комбикормами оценивали по среднесуточной скорости роста.

Данные демонстрируют, что интенсивнее питались особи, содержащиеся на разработанном комбикорме *TechSA Direct Pro*, среднесуточная скорость роста варьировала от 0,41 до 0,50, для *TechSA Organic* этот показатель составлял от 0,27 до 0,32, в отличие от контроля, на котором темп роста отставал на 15-20 %, темп роста группы самок оказался интенсивнее, чем у самцов, таблица 51.

Таблица 51 – Эффективность выращивания *Tinca tinca*

п/п	Пол	Среднесуточная скорость роста, %
<i>TechSA Organic</i> , ♂, ♀		
1	♂	0,27±0,03
2	♀	0,32±0,03
<i>TechSA Direct Pro</i> , ♂, ♀		
3	♂	0,41±0,05
4	♀	0,50±0,06
<i>TechSA Direct Start</i> , jven		
5	jven	0,25±0,1

Во всех вариантах для контроля использовался корм известной марки *Carpens* для прудовых рыб, что сказалось на выживании, так, в период одомашнивания отмечали, что особи линия неохотно его потребляли, из-за чего снизили массу и выживаемость – 60 % против *TechSA Direct Pro* – 100 % соответственно, в случае использования при кормлении ослабленных особей наблюдалась 100 % гибель. Выживаемость на *TechSA Organic* составила 65%, более

того привыкание к комбикорму привело диких рыб к стабильной адаптации, что отразилось на повышении сопротивляемости стрессу и болезнетворным микроорганизмам. Так, клинический осмотр (внешние признаки) особей линия показал восстановление пораженных участков (чешуйчатый покров, хвостовые плавники), а также активное поведение в виде «дружной» реакции на корм.

По данным об интенсивности роста и выживаемости можно говорить о положительном результате содержания особей линия на новом разработанном корме: для адаптации TechSA Organic, для производителей TechSA Direct Pro и молоди TechSA Direct Start.

Проводилось также исследование морфометрических, линейно-весовых показателей и физиолого-биохимического статуса линий при выращивании на разрабатываемых образцах кормов в сравнении с контролем при выращивании на кормах-аналогах.

Для более глубокого понимания процессов адаптации необходимо изучение состава крови исследуемых особей, отражающей физиологическое состояние производителей в связи с условиями их содержания и кормления новыми кормами, кроме того, весьма важно изучить изменения пределов референтных значений констант гомеостаза с помощью биоиндикаторов. Все это будет способствовать выработке на этой основе рекомендаций по оптимальному применению разрабатываемых кормов. Для оценки референтных значений констант гомеостаза, в том числе биоиндикаторов, использовался биохимический показатель – уровень белка в крови.

Содержание белка в сыворотке крови изменялось в пределах от  $29,6 \pm 1,3$  г/л у молоди, выращенных на контрольном комбикорме, до  $35,3 \pm 1,5$  г/л у выращиваемых на новом разработанном TechSA Direct Start (табл. 52).

Таблица 52 – Гематологические показатели выращивания молоди *Tinca tinca*

Показатель	Контроль	TechSA Direct Start
Гемоглобин, г/л	$52,9 \pm 10,4$	$64,3 \pm 9,1^*$
Общий белок, г/л	$29,6 \pm 1,3$	$35,3 \pm 1,5^*$
Общие липиды, г/л	$2,72 \pm 0,01$	$2,72 \pm 1,02$

Примечание: \* - различия достоверны при:  $p < 0,05$

Увеличение содержания общего белка в крови в 1,2 раза у молоди на комбикорме TechSA Direct Start свидетельствует о его высоких показателях с точки зрения питательности. Значения гемоглобина достоверно различались в опыте и составили на стартовой корме TechSA Direct Start–  $64,3 \pm 9,1$  г/л против контроля –  $52,9 \pm 10,3$ .

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) и показатели концентраций общих липидов находились в пределах нормы. Устойчивое лидирующее положение занимает группа молоди, которая была выращена на втором варианте корма TechSA Direct Start с добавлением компонентов местного сырья.

Постепенный перевод диких особей линий в искусственные условия на комбикорме TechSA Organic и дальнейшее содержание на TechSA Direct Pro способствует улучшению физиологического состояния особей, величины общего сывороточного белка у линий на корме TechSA Organic и TechSA Direct Pro представлены в таблице 53.

Таблица 53 – Гематологические показатели *Tinca tinca*

Показатели	дикие особи	адаптация	содержание
Гемоглобин, г/л	$75,3 \pm 18,6$	$74,2 \pm 5,9$	$75,00 \pm 1,3$
Общий белок, г/л	$27,5 \pm 1,9$	$32,20 \pm 3,36$	$35,9 \pm 2,6^*$
Холестерин, ммоль/л	$2,80 \pm 0,2$	$3,80 \pm 0,26^*$	$3,60 \pm 0,62$
В - липопротеиды, г/л	$0,13 \pm 0,03$	$0,6 \pm 0,01^*$	$0,19 \pm 0,03$

Примечание:\* - различия достоверны при:  $p < 0,05$

Величина общего сывороточного белка оказалась достоверно выше у доместифицированных на предлагаемом корме TechSA Direct Pro в сравнении с TechSA Organic – на 5,1 г/л в сравнении с контролем (дикими) и на 4,7 г/л на корме TechSA Organic, что говорит о высокой резистентности организма и адаптационных возможностях на этапе перевода на искусственный корм. Низкое содержание концентрации белка у диких особей указывает на снижение интенсивности белкового обмена.

Привезенные отловленные дикие особи в течение адаптации находились в состоянии стресса, часть из них были ослаблены и переходили на искусственный

корм только на третьи сутки при сниженной реакции на комбикорм, что привело к снижению массы особей в данной опытной группе.

Показатели холестерина и липидов характеризовались величинами одного порядка, что подтверждено статистически. По уровню гемоглобина достоверных различий у диких и адаптированных к искусственному корму не обнаружено.

Биохимические показатели крови особей рыб, потреблявших предлагаемые новые разработанные корма, улучшились, что подтверждает высокое качество применяемого искусственного комбикорма.

Также предлагаемые корма позволяют улучшить качество диких особей линей и повысить эффективность перевода на искусственное питание.

Для дальнейшего формирования ремонтно-маточной группы разработан продукционный комбикорм Direct Pro с содержанием протеина – 28,7 %, жира – 6,5 %, углеводов – 8,1 %. Комбикорм эффективно использовать для кормления особей массой от 50 г до массы 150-350 г. Особи линя, содержащиеся на разработанном комбикорме TechSA Direct Pro, демонстрировали высокий темп роста рыб – на 20 % выше, чем в контрольном варианте, темп роста самок превосходил самцов на 9,9 % при 100 % выживаемости.

Готовые к нересту производители переводились в пруды площадью 0,4 га при соотношении полов 1:2. Плотность посадки в пруды после аквасевооборота определяли из расчета получения личинок 15 тыс. шт/га.

Необходимо отметить, что в естественных условиях лини потребляют в пищу пресноводных беспозвоночных, мелких ракообразных, водную растительность – макрофиты и детрит. Во взрослом состоянии лини потребляют личинок хирономид, червей, моллюсков, детрит и частично водные растения, поэтому учитывая этот спектр питания, можно констатировать, что содержание протеина в корме должно присутствовать в пределах представленных значений.

Поэтому в среднем в зависимости от возраста и сезона доля внесения протеина в корм составляет – 30,6 %, жира – 9,0 %, углеводов – 20 %. Для содержания взрослых особей рекомендуется использование продукционного корма Direct Pro и органического Organic для доместикации производителей линя.

Традиционный набор компонентов и новые решения расширяют линейку кормов, применяемых в аквакультурном бизнесе (табл. 54).

Таблица 54 – Биохимический состав кормовых организмов в питании *Tinca tinca*

Объект	Влага, %	В сухом веществе, %		
		белок	жир	углеводы
<b>Зообентос</b>				
личинки хирономид	87,2	56,2	32,0	2,3
трубочник, мотыль	88,0	52,1	4,5	
черви ( <i>Enchytraeus</i> , <i>Tubifex</i> )	86,4	70,6	12,2	10,2
моллюски ( <i>Lumnaea</i> )	74,9	41,9	7,7	6,4
<b>Макрофиты</b>				
осока	64,7	15	3,4	74,0
рдест	88,9	6,3	1,8	53,2
<b>Детрит</b>				
из прудового зоопланктона	90,0	28,2	7,0	24,9
из ряски	81,2	18,8	2,1	57,6
из ложа пруда	72,1	6,1	-	6,9

Оптимизированный рацион линей правильно рассчитан, при выборе элементов питания руководствовались доступностью и сходством процентного содержания основных элементов кормов с пищевыми потребностями

Так, представленный источник протеина содержит: от 40 до 60% и более животного происхождения – мотыль и трубочник – явился эффективной заменой традиционного дефицитного ингредиента комбикорма – рыбной муки, поскольку характеризуется не только высокой концентрацией белка, но и повышенной усвояемостью за счет присутствия легкоусваиваемого протеина.

Компоненты питания использовались в качестве практической основы разработки комбикорма.

Составляющие комбикорма из числа злаковых растений источники протеина (до 12%), а также основные источники – пшеница, ячмень, овес, основные поставщики углеводов (более 80%), в частности, группы безазотистых экстрактивных веществ, из которых крахмал составляет 55-57 %, а также незаменимых жирных кислот (линолевой, линоленовой – витамина F) и аминокислот (лизин, метионин, триптофан, цистин), минеральных веществ (калий,

фосфор, магний, кремний), витамина Е, провитаминов А и D (каротиноидов и стирола).

Учитывая необходимость функционального направленного действия комбикормов, в состав рецептуры включили ингредиенты, богатые макро-, микроэлементами (кальций, магний, фосфор, железо и др.), витаминами (А, группы В, С, Е), провитаминами А – антистрессовыми протекторами и регуляторами репродуктивной системы, а именно витграсс, петрушку, морковь и тыкву (табл. 55).

Таблица 55 – Рецептура комбикорма TechSA, %

пп	Компоненты	Organic	Direct Pro	Direct Start
Компоненты животного происхождения				
1	Рыбная мука	5,0	15,0	15,0
2	Мотыль	20,0	5,0	5,0
3	Трубочник	30,0	5,0	10,0
Компоненты растительного происхождения				
4	Пшеничная мука	-	10,0	10,0
5	Пшеница	-	20,0	15,0
6	Витграсс	10,0	7,0	10,0
7	Овёс	-	10,0	5,0
8	Ячмень	-	10,0	5,0
9	Морковь	10,0	0,5	-
10	Петрушка	-	0,5	0,5
11	Амарант с ламинарией	15,0	-	-
12	Тыква	-	0,5	0,5
Жировые добавки				
13	Растительное масло			
Компоненты микробиального происхождения				
14	Дрожжи	3,5	10,0	19,0
Премикс				
15	Минеральный премикс	1	-	-
Дополнительные компоненты				
16	Биомасса прудов	5,0	5,0	5,0
17	Пробиотик Olin	0,5	-	-

В качестве витграсса использовали двухдневные проросшие ростки зерен пшеницы (Бутенко, 2014) сорта супер-Элит, отличающейся от других зеленых растений высоким содержанием провитамина А (каротиноидов), а также микроэлементов (железо, медь, йод, селен, марганец) (Червоненко, 2017).

Для оптимизации физиолого-биохимических и поведенческих реакций особой линя, в целях снижения риска возникновения вторичных заболеваний

ослабленных особей, отказывающихся от приёма комбикорма, и ускорения процесса выздоровления (Rask *et al.*, 2012) в рацион включили пробиотик Olin, на основе двух штаммов – *Bacillus subtilis* (ВКПМ 10172) и *Bacillus licheniformis* (ВКПМ 10135) (Хамад Хаидер, 2016).

Пробиотическое вещество – поставщик питательных ферментов для пищеварения (Sakata, 1990) и одновременно конкурент болезнетворных микроорганизмов, не вызывающий негативных эффектов состояния (Moriarty, 1997; Gomez-Gil *et al.*, 2000), повышающий иммунитет (Andlid *et al.*, 1995; Balca'zar *et al.*, 2004) и противовирусную активность (Kamei *et al.*, 1988; Girones *et al.*, 1989; Direkbusarakom *et al.*, 1998).

Таким образом, предлагаемые корма позволяют улучшить качество диких особей линя и повысить эффективность перевода на искусственное питание. Предложенные компоненты в составе рецептур комбикормов направленного действия, в том числе исключая применение лекарственных средств в соответствии с требованиями органического производства, благотворно влияют на организм, повышая сопротивляемость к болезням, иммунитет, выживаемость.

После того как все подобранные компоненты были ранжированы по процентному содержанию в соответствии с рецептурой, полученную смесь тщательно перемешивали, изготовленную влажную смесь опытных комбикормов формировали в виде нитей цилиндрической формы диаметром от 3,5 до 7,5 мм, после чего высушивали теплым воздухом при температуре – 55,5 °С в универсальном сушильном шкафу «Экрос» серии ПЭ-4610. Высушенные гранулы комбикорма измельчали до необходимого размера. Гранулы комбикормов после приготовления и распыления на них жиросодержащих компонентов в соответствии с рецептурой и требованиями ГОСТ 10385-2014 «Комбикорма для рыб» выглядел следующим образом – готовый продукт – твердая крупка, поверхность матовая, бледно-коричневого окраса без трещин, проверялись крошимость, водостойкость и проход комбикорма через сито.

В результате оценки качества TechSA по стандартным действующим методикам классификатора ISO (<https://www.normacs.ru/Doclist/classif/7000.html>)

получили следующие характеристики: искусственный комбикорм имел вид плотных цилиндрических гранул с матовой поверхностью, диаметром 5,5 мм. Цвет темно-коричневый. Слежавшихся, плотных комков обнаружено не было. Выявлено, что производственный корм имеет запах сушеной рыбы за счет входящей в его состав рыбной муки. Посторонних запахов и наличия признаков заплесневения не было обнаружено, следовательно, корм является свежим.

Было определено содержание сухого вещества в предлагаемом корме. Для этого среднюю пробу корма предварительно растирали пестиком в фарфоровой ступке. Стеклянные бюксы высушивали при температуре  $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 1 ч, охлаждали в эксикаторе и взвешивали. Во взвешенный бюкс помещали испытуемую пробу комбикорма массой 10 г. Бюкс с испытуемой пробой помещали в сушильный шкаф. Высушивание проводили при температуре  $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 6 ч. После сушки бюкс с пробой охлаждали в эксикаторе до комнатной температуры и затем взвешивали. Массовую долю сухого вещества в испытуемой пробе вычисляли по формуле 17:

$$y = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100, \quad (17)$$

где  $m_1$  – масса бюкса, г;  $m_2$  – масса бюкса с пробой до высушивания, г;  $m_3$  – масса бюкса с пробой после высушивания, г; 100 - коэффициент пересчета в проценты (18).

$$y = \frac{87,74 - 78,38}{88,36 - 78,38} \times 100 = 93,7 \% \quad (18)$$

В соответствии со стандартами массовая доля сухого вещества в кормах для гидробионтов составляет не менее 86,5 %. В испытуемых пробах она составила 93,7 %. Оценка органолептических показателей качества корма и содержания сухого вещества по стандартным действующим методикам показали, что предлагаемый корм TechSA соответствует нормам по органолептическим и физическим параметрам.

Разработанные рецептуры стартового, производственного, органического комбикормов направленного действия для перспективных объектов аквакультуры – линей (Tinca tinca) содержали питательные вещества на 100 г корма: протеина – от 50,0 до 28,75 г, жира – от 7 до 14,0 г, углеводов – от 5,7 до 8,1 г. Оценка питательной

ценности корма осуществлялась по общепринятой методике (Пономарев и др., 2013), так, калорийность всего рациона определялась исходя из того, что калорийность белка составляет 3,9 ккал, жира – 8 ккал, углеводов – 1,6 ккал (Пономарев и др., 2015).

Таблица 56 – Питательный состав компонентов предлагаемого корма TechSA

Корм	протеин, %	жир, %	клетчатка, %
Органический (Organic)	50,0	14,0	6,2
Производственный ( Direct Pro)	28,7	6,5	8,1
Стартовый (Direct Start)	35,0	7,0	5,7

Питательный состав и энергетическую ценность или общее количество энергии комбикорма и энерго-протеиновое отношение (ЭПО) определяли по общепринятой методике (табл. 56-57).

Таблица 57 – Энергетическая ценность предлагаемого корма

Питательность	Содержание в 100 г корма, г	Энергетический коэффициент, г/ккал	Ценность	
			ккал/100 г	кДж/100 г
<b>Органический TechSA Organic</b>				
протеин	50,0	3,9	195	816,5
жир	14,0	8,0	112,0	468,9
клетчатка	6,2	1,6	9,9	41,5
итого	-	-	316,9	1326,9
<b>Производственный TechSA Direct Pro</b>				
протеин	28,7	3,9	111,8	468,1
жир	6,5	8,0	52,2	218,7
клетчатка	8,1	2,6	20,7	86,8
итого	-	-	184,8	773,62
<b>Стартовый TechSA Direct Start</b>				
протеин	35	3,9	136,5	571,5
жир	7	8,0	56	234,47
клетчатка	5,7	1,6	9,12	38,185
итого	-	-	201,62	844,16

Энергетическую ценность комбикорма определяли как сумму калорийности питательных веществ, входящих в состав комбикорма (Пономарев и др., 2013). Расчеты определили калорийность разработанного рациона (1 ккал = 4,187 кДж), 28,667 г протеина × 3,9 ккал = 111,8 ккал (468,1066 кДж); 6,529 г жира × 8 ккал = 52,232 ккал (218,7 кДж); 8,1 г клетчатки × 1,6 ккал = 12,96 ккал (54,3 кДж).

Предлагаемая линейка новых кормов для линя обладает высоким содержанием питательных веществ, энергетической ценностью и калорийностью:

- органический TechSA Organic: протеина – 50,0 г, жира - 14,0 г, углеводов – 6,2 г. Калорийность комбикорма с учетом калорийности основных питательных веществ составила 316,9 ккал или 1326,9 кДж.

- производственный корм TechSA Direct Pro: протеина – 28,7 г, жира - 6,5 г, углеводов - 8,1 г. Калорийность комбикорма с учетом калорийности основных питательных веществ составила 184,8 ккал или 773,62 кДж.

- стартовый корм TechSA Direct Start: протеина – 35,0 г, жира - 7,0 г, углеводов (клетчатка) - 5,7 г. Калорийность комбикорма с учетом калорийности основных питательных веществ составила 201,62 ккал или 844,16 кДж.

В результате анализа литературных данных было установлено, что искусственное воспроизводство линя (*Tinca tinca*) в настоящее время более чем актуально, так как существует проблема сокращения запасов в Каспийском бассейне, вследствие чего domestикация диких производителей представляет собой сложный и продолжительный процесс, начинающийся с поиска зрелых особей, отловленных из естественных водоемов. Отловленные особи чаще всего имеют кондицию, непригодную для приспособления к искусственным условиям содержания и прежде всего – к питанию искусственными комбикормами.

Более того, перевод диких особей линя на искусственные условия выращивания сдерживают следующие факторы:

- имеющаяся информация по технологическим процессам выращивания линя (*Tinca tinca*) (характеристики особей естественной популяции, перевод на искусственное содержание и получение половых продуктов, производство линя в прудовых условиях) недостаточно полно отражают биотехнику воспроизводства вида;
- использование биотехнологии выращивания, разработанной для карпа, и применение специализированных карповых комбикормов в процессе кормления неприемлемы для особей линя, поскольку они адекватны естественной пище и биологическим особенностям карпа, от которого линь, хотя и являющийся его

ближайшим родственником, отличается своими биологическими особенностями в питании;

– отсутствуют комбикорма направленного действия для линей в т.ч. на основе сырья природного происхождения, повышающие иммунитет и резистентность производителей и молоди.

Линь является перспективным объектом аквакультуры (Червоненко, 2017; Лагуткина, 2019; Серветник, 2021), российские фермеры заинтересованы в расширении ассортимента выращиваемых объектов (Воинов, 2018) не меньше, чем в быстром получении прибыли от аквабизнеса. Таким образом, существует необходимость в формировании нормативно-биотехнической базы для развития линеводства, рекомендаций по биотехнологии выращивания линя как в индустриальных, так и в прудовых условиях, требуется создание методологической основы для разработки полноценных комбикормов, использование которых способствовало бы как эффективной адаптации диких производителей, так и получению экологически безопасной продукции.

Полученные результаты закладывают основу новых технологий линеводства, тем самым обеспечив выращивание товарного линя в производственных масштабах, более того, закладываются основы для быстрого развития сити-фермерства – урбанизированного агропроизводства (Руткин, 2018).

### **3.6 Оценка экономической эффективности предложенных технологий выращивания объектов аквакультуры в прудовых фермерских хозяйствах**

Выращивание ракообразных в бассейновых условиях на кормах рецептур TechSA более эффективно и экономично (в сравнении с Tetra Crusta, Sera Crabs Natural, JBL), способствует снижению затрат корма, высоким темпам роста, лучшим показателям выживаемости.

Расчет экономической эффективности выращивания ракообразных на кормах TechSA и JBL / Tetra производился на период выращивания 30 суток из расчета на 1000 экземпляров.

В ходе расчетов была доказана 99 % рентабельность применения данных кормов.

Кроме того, основные характеристики специализированных кормов для австралийских раков TechSA обладают большей коммерческой привлекательностью в отличие от импортных аналогов, что представлено в таблице 58.

Таблица 58 – Исходные данные для расчета экономической эффективности использования TechSA Crayfish

Показатель	TechSA Crayfish		
	Growth	Start	Pro
Выживаемость, %	90	90	90
Прирост массы, г			
TechSA	0,5-0,6 (0,55)	0,5-0,6	0,8
Аналог (JBL/ Tetra)	0,04-0,05 (0,045)	0,13-0,14	1,4
Стоимость 1 кг/руб			
TechSA	100	120	110
Аналог (JBL/Tetra)	1500	1200	1500
Кормовой коэффициент			
TechSA	0,9	0,8	0,8
Аналог (JBL/Tetra)	1,4	1,3	1,5
Затраты на комбикорма, кг/руб			
TechSA	90	96	88
Аналог (JBL/Tetra)	1350	1200	1500
Затраты корма (сутки) на весь период выращивания, г			
TechSA	0,495	0,440	0,640
Аналог (JBL/Tetra)	0,063	0,135	2,1
Затраты корма за период выращивания, руб			
TechSA	147000	158400	211200
Аналог (JBL/Tetra)	4230000	583200	141750000
Стоимость продукции, руб/экз	220	150	250
Сумма от реализации, руб/экз	220000	150000	250000
Прибыль, руб			
TechSA	218530	148680	248080
Аналог (JBL/Tetra)	-	-	-
Коэффициент рентабельности, %	99,3	99,1	99,2
	-	-	-

– TechSA Crayfish Growth предназначен для старших групп австралийского красноклешневого рака (*Cherax quadricarinatus*), обладает высокой эффективностью (27 % по приросту) по сравнению с аналогами (Tetra Crusta, Sera Crabs Natural).

Добавки естественного происхождения повышают экологичность корма за счет использования местного сырья (биомасса прудовых экосистем), производятся по собственной технологии. Цена до 5 раз ниже аналогов (цена для реализации 100 руб/кг, себестоимость – 50 руб./кг). Соответствие качества и свойств кормов подтверждено микробиологическим анализом. Характеристика TechSA Cryfish Growth свойств питательных: содержание белка – 40 %, содержание жира – 9 %, содержание клетчатки – 6 %, кальциевая добавка. Рекомендации по использованию: предназначен для кормления ракообразных в прудах и УЗВ, гранулы  $\geq 3$  мм, кормление производится по поедаемости, применяется при  $t \text{ H}_2\text{O}$ -27<sup>0</sup>С, корм рекомендуется раздавать в одно и тоже время суток, использование комбикорма приводит к снижению агрессивности раков.

– TechSA Cryfish Start предназначен для кормления в раннем онтогенезе – стартовый корм направленного действия в период активной линьки для личинок и молоди ракообразных, размер гранул до 3 мм. Основные компоненты животного и растительного происхождения. Питательные свойства: содержание белка – 45 %, содержание жира – 8 %, содержание клетчатки – 8%, кальциевая добавка. Цена до 5 раз ниже аналогов (цена для реализации 120 руб/кг, себестоимость – 60 руб./кг). Соответствие качества и свойств кормов подтверждено микробиологическим анализом. Корм TechSA Cryfish Start отвечает потребностям организма личинок, молоди в сложный постличиночный период в момент линек и быстрого образования хитина.

– TechSA Cryfish Pro предназначен для кормления особей во время перевода из прудовых условий в бассейновые для дальнейшего формирования маточного стада и получения жизнестойкого потомства. Питательные свойства: содержание белка – 50 %, содержание жира – 8 %, содержание клетчатки – 7 %. Цена до 2 раза ниже аналога (цена для реализации 110 руб/кг, себестоимость – 60 руб./кг). Соответствие качества и свойств кормов подтверждено микробиологическим анализом. TechSA Cryfish Pro обеспечивает высокую степень адаптации к искусственным условиям содержания.

Новые разработанные корма для линей TechSA Direct Start, TechSA Organic, TechSA Direct Pro, эффективность использования которых была подтверждена в ходе исследований в процессе адаптации производителей и выращивания сеголеток линия, увеличивают рентабельность до более 87,8%.

В связи с тем, что в экспериментальной работе по выращиванию линей на кормах-аналогах рыбоводно-биологический эффект отсутствовал, расчетом экономической эффективности пренебрегли (табл. 59).

Таблица 59 – Расчет экономической эффективности использования TechSA Tinca

Показатель	TechSA Tinca		
	Direct Start	Direct Pro	Organic
Прирост массы, г	0,25	0,5	0,3
Реализация, количество/шт	1000	1000	1000
Реализация масса, г	25,0	150,0	150,0
Стоимость 1 кг корма	120	220	160
Кормовой коэффициент	0,9	0,8	0,8
Затраты корма в сутки, г	0,22	0,40	0,24
Затраты корма на весь период выращивания, кг	6,6	12,0	7,2
Затраты корма на весь период выращивания, руб	792	2640	1152
Стоимость продукции, руб/кг	260		
Сумма выручки от реализации, руб/кг	6500	39000	39000
Прибыль, руб	5708	36360	37848
Коэффициент рентабельности, %	87,8	93,2	97,0

Корм для дальнейшего использования TechSA при кормлении Tinca tinca в рыбоводном процессе, имеет следующие характеристики:

- TechSA Direct Start предназначен для кормления молоди и сеголеток линей, стартовый корм направленного действия в период активного роста, размер гранул от 1,5 до 3,5 мм. Основные компоненты животного и растительного происхождения. Питательные свойства: содержание белка – 35,0 %, содержание жира – 7 %, содержание клетчатки – 5,7 %. Цена 120 руб. / кг. Соответствие качества и свойств кормов подтверждено микробиологическим анализом. Корм TechSA Direct Start отвечает потребностям организма сеголеток линия.
- TechSA Organic обеспечивает восстановление диких особей за время вылова, транспортировки, высокую степень приучения к искусственным кормам во время

адаптации. Питательные свойства: содержание белка – 50 %, содержание жира – 14 %, содержание клетчатки – 6,2 %. Цена 220 руб. / кг. Соответствие качества и свойств кормов подтверждено микробиологическим анализом. TechSA Organic обеспечивает восстановление диких особей за время вылова, транспортировки, высокую степень приучения к искусственным кормам.

– TechSA Direct Pro предназначен для кормления диких особей линей после выдерживания во время формирования маточного стада и получения жизнестойкого потомства. Питательные свойства: содержание белка – 28,7 %, содержание жира – 6,5 %, содержание клетчатки – 8,1 %. Цена 160 руб. / кг. Соответствие качества и свойств кормов подтверждено микробиологическим анализом.

В таблице 60 приведены данные по экономической целесообразности получения органической продукции бахчевых.

Таблица 60 – Исходные данные для расчета экономической эффективности органической технологии

Показатель	пруд	поле
Площадь, га	1	1
Предшественники	объекты аквакультуры	-
<i>Удобрения минеральные, кг/га:</i>		
<i>Суперфосфат</i>	-	80/-
<i>Соль калийная</i>	-	220/-
<i>Амиачная селитра</i>	-	120/40
<i>Органические удобрения, т/га</i>		
<i>Бахчевые</i>	-	10
<i>Вкус сладкий, от «хорошо» до «отлично»</i>		
<i>Дыня (Cucumis melo)</i>	отлично	хорошо
<i>Арбуз (Citrullus lanatus)</i>	отлично	хорошо
<i>Транспортабельность</i>		
<i>Дыня (Cucumis melo)</i>	хорошая	удовлетворительная
<i>Арбуз (Citrullus lanatus)</i>		
<i>Товарная урожайность продукции, т/га</i>		
<i>Дыня (Cucumis melo)</i>	135	90
<i>Арбуз (Citrullus lanatus)</i>	100	50
<i>Затраты (ГСМ, электроэнергия), руб</i>	4874	30000
<i>Органические удобрения, руб/кг</i>	-	100
<i>Минеральные удобрения, руб/кг</i>	-	275
<i>Всего затраты на удобрения, руб/кг</i>		
<i>органические</i>	-	1000
<i>минеральные</i>		16500

Продолжение таблицы 60

Цена, руб/кг		
<i>Дыня (Cucumis melo)</i>	35	30
<i>Арбуз (Citrullus lanatus)</i>	35	30
Общая сумма выручки от реализации, руб.		
<i>Дыня (Cucumis melo)</i>	4 752 000	2 700 000
<i>Арбуз (Citrullus lanatus)</i>	3 500 000	1 500 000
Затраты на сертификацию по органическим стандартам, руб	70000*	-
Общие расходы		
<i>Дыня (Cucumis melo)</i>	4874	195000
<i>Арбуз (Citrullus lanatus)</i>		
Прибыль, руб		
<i>Дыня (Cucumis melo)</i>	4 747 126	2505000
<i>Арбуз (Citrullus lanatus)</i>	3 488 126	1305000
Коэффициент рентабельности, %	99,8	92,0
	99,8	87,0

Аквакультура в производстве органической аква и агропродукции может быть экономически более выгодна, во-первых, в этом случае, снижается необходимое количество вносимых удобрений и кормов, во-вторых, повышается урожайность и рыбопродуктивность и, в-третьих, повышается продовольственная безопасность продуктов питания.

Реализация органической бахчевой продукции дынь и арбузов на прудах после выращивания раков и креветок рентабельнее в 1,1 раза соответственно по сравнению с выращиванием без аквасевооборота.

С точки зрения экономической эффективности, во-первых, снижается необходимое количество вносимых удобрений до 0,5 т/га и комбикормов до 2%, во-вторых, повышается уровень соответствия нормам органической аквакультуры.

Разработанные биотехнические приёмы выращивания органической продукции аквакультуры в прудовых предприятиях в условиях южного региона России позволяют повысить ракопродуктивность на естественной кормовой базе: австралийского красноклешневого рака – 400 кг/га и гигантской пресноводной креветки – 500 кг/га, с дополнительным прикормом: 990 кг/га и 972 кг/га соответственно.

Производство продукции ракообразных способом органической аквакультуры на естественной кормовой базе увеличивает рентабельность и

прибыль на 7,5% и 24% для раков и креветок, с организацией дополнительного кормления на 4,5 % и 52,3% соответственно (табл. 61).

Таблица 61 – Исходные данные для расчета экономической эффективности органической аквакультуры ракообразных

Показатель	В-1	В-2	В-3
Пруд площадь, га	0,75-1	0,75-1	0,75-1
Количество молоди, тыс.шт.			
<i>Cherax quadricarinatus</i>	6,0	10,0	8,0
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	5,0	15,0	10
Средняя начальная масса, г			
<i>Cherax quadricarinatus</i>	0,35	0,30	0,35
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	0,38	0,26	0,40
Средняя конечная масса, г			
<i>Cherax quadricarinatus</i>	85,0	110,0	75,0
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	90,0	120,0	80,0
Норма кормления, %	-	2,0	4,0
Выход продукции, %	80	90	70
Продукция, кг/га			
<i>Cherax quadricarinatus</i>	400	990	600
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	500	972	720
Затраты (ГСМ, электроэнергия), руб.	4874	4875	12000
Органические удобрения, руб./т	200	200	200
Всего затраты на удобрения, руб.	100	100	1600
Цена продукции, руб./кг			
<i>Cherax quadricarinatus</i>		1200	800
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>		1500	1200
Общая сумма выручки от реализации, руб.			
<i>Cherax quadricarinatus</i>	480000	1080000	480000
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	750000	1458000	864000
Затраты на корм, руб.			
<i>Cherax quadricarinatus</i>	-	60900	73800
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	-	100500	97800
Затраты на сертификацию по органическим стандартам, руб.	70000*	70000*	-
Общие расходы, руб.			
<i>Cherax quadricarinatus</i>	4975	65875	81500
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>		105475	105500
Прибыль, руб.			
<i>Cherax quadricarinatus</i>	475025	1014125	398500
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	745025	1352525	326500
Коэффициент рентабельности, %			
<i>Cherax quadricarinatus</i>	98,9	93,3	83,0
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	99,3	92,7	87,7

Примечание: В-1 органическая технология без кормления, В-2 органическая технология с кормлением, В-3 без применения органической технологии с кормлением. \* В 2021 году Роскачество обнулил затраты на сертификацию

Проведенные расчеты способствовали разработке и внедрению технологических аспектов органической аквакультуры, позволяющей увеличить объемы получения экологически чистой продукции на 20% и рентабельность в 1,1.

Интенсивное выращивание ракообразных – неотъемлемая часть производственного процесса, для организации экономически эффективной технологии произведем расчет (табл.62).

Таблица 62 – Эффективность выращивания австралийских раков

Показатель	пруды	бассейны
Площадь, м <sup>2</sup>	3000	2м <sup>2</sup>
Средняя начальная масса, г	3,0	3,0
Средняя конечная масса, г	110,0	85,0
Кормовой коэффициент	1,2	1,3
Количество, шт.:		
в начале выращивания	1500	250
в конце выращивания	1421	175
Период выращивания, сут	90	90
Цена продукции, руб./кг	650	650
Затраты на удобрения, руб.	360	-
Затраты на электроэнергию, руб.	6500	1000
Общая сумма выручки от реализации, руб.	101601,5	9668,7
Количество корма, кг	192	26,6
Стоимость корма, руб.	20	110
Общие расходы на корм, руб.	3840	2620,5
Прибыль, руб.	90901,5	6048,8
Коэффициент рентабельности, %	89,4	62,5

Выход товарных раков от посаженного в открытый рыбоводный пруд на выращивание молоди количества 1500 шт составил около 95%, тогда как в бассейны от посаженной в бассейн на выращивание молоди в количестве 250 штук - 70%.

За время опытных работ и камеральной обработки полученных данных было отмечено главное преимущество австралийских раков – это возможность летнего содержания в открытых прудах и быстрый темп роста: за три – четыре месяца (с июня по сентябрь) товарная масса австралийских раков достигает не менее 100 г при выживаемости 95-85%, что позволяет предположить рыбоводно-биологическое обоснование возможности эффективного промышленного производства товарной продукции ракообразных в условиях Астраханской области.

Биологические особенности выращивания австралийских раков позволяют получать высококачественную продукцию в течение одного вегетационного периода, что при прудовом режиме содержания эффективнее интенсивного в 15,0 раз. Экономические показатели привлекательны даже для владельцев прудовых площадей с ограниченным фондом, высокая производственная эффективность определяет масштабирование на рыбохозяйственных водоемах различных рыбоводных зон с вегетационным периодом до 4 месяцев.

## ГЛАВА 4 ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

### 4.1 Основы биотехнологии совмещенного производства в условиях ведения урбанизированного сельского хозяйства (сити-фермерства)

Сити-фермерство – (урбанизированное агропроизводство) – это перспективное направление развития мирового агропроизводства, более того, перспективный способ повышения продовольственной безопасности городов. Существует возможность для быстрого развертывания агропроизводства – получения здоровой пищи с непрерывным круглогодичным циклом производства (поставок продукции) на фоне быстрого увеличения спроса на экологические продукты.

Новое направление отмечено в рамках Стратегии НТР Российской Федерации на период до 2030 года ([http://irkobl.ru/sites/agroline/legal\\_base/norma%20exp/Prikaz\\_MCX\\_RF\\_2017-01-03\\_pril.pdf](http://irkobl.ru/sites/agroline/legal_base/norma%20exp/Prikaz_MCX_RF_2017-01-03_pril.pdf)): переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, создание безопасных и качественных продуктов питания.

Для развертывания направления сити-фермерства в производственном масштабе необходима детальная проработка вопросов возможности использования новых объектов в малогабаритных модульных установках, в том числе функциональных, в системе, свободной от климатических рисков (<https://agfundernews.com/beyond-the-megafarm.html>) с контролируемой санитарно-эпидемиологической обстановкой.

С учетом того, что практика выращивания ракообразных (пресноводные креветки и раки) и карповых (лини) в качестве объекта аквакультуры начала внедряться недавно и, соответственно, информации по этому вопросу довольно мало, а опыт такого выращивания достаточно небольшой (Червоненко, 2017), вопрос о возможности эффективного выращивания указанных объектов в малогабаритных модульных установках заслуживает отдельного изучения.

Такое разнообразие объектов исследования объясняется тем, что, несмотря на различия в биологии (и систематике) культивируемых объектов у них, с одной стороны, схожи потребности по общему составу питательных компонентов в рационе и, с другой стороны, экологические оптимумы условий содержания.

Таким образом, комплекс проводимых исследований позволил вести разработку кормов для разных хозяйственно ценных объектов в рамках относительно общей методологии и устанавливать единый режим условий выращивания в малогабаритной модульной установке, применимой в урбанизированном агропроизводстве, с одновременным выращиванием объектов аквакультуры и продукции растениеводства (аквапоническая система) и с обеспечением более широкого спектра экономически оправданных стратегий производства.

Это повышает гибкость подобного производства в отношении реагирования на запросы рынка в продукции аквакультуры различного объема и видового состава без существенного перестраивания линий производства как в отношении используемых кормов, так и в отношении изменения контролируемых условий культивирования.

В процессе экспериментальной работы объекты содержались в базовом модуле быстроразвертываемой малогабаритной совмещенной системы рециркулятивной аквакультуры и интенсивного растениеводства (аквапоники), созданной на основе типовой конструкции «еврокуб» - IBC (Intermediate Bulk Container — контейнер средней вместимости), объемом 1000 л.

Объем рыбоводной части системы до 500-750 л ( $0,5 - 0,75 \text{ м}^3$ ) с гидропонным модулем 250 л ( $0,25 \text{ м}^3$ ), расположенным на стойке, заполняется субстратом - чистым промытым керамзитом в количестве 200 - 260 кг, в этом модуле выращивали растения, нижний рыбоводный модуль заполняли чистой отфильтрованной водой, где содержались объекты аквакультуры (рыба, ракообразные).

Совмещенная малогабаритная быстроразвертываемая система рециркулятивной аквакультуры и интенсивного растениеводства (аквапоники) представлена на рисунке 26.

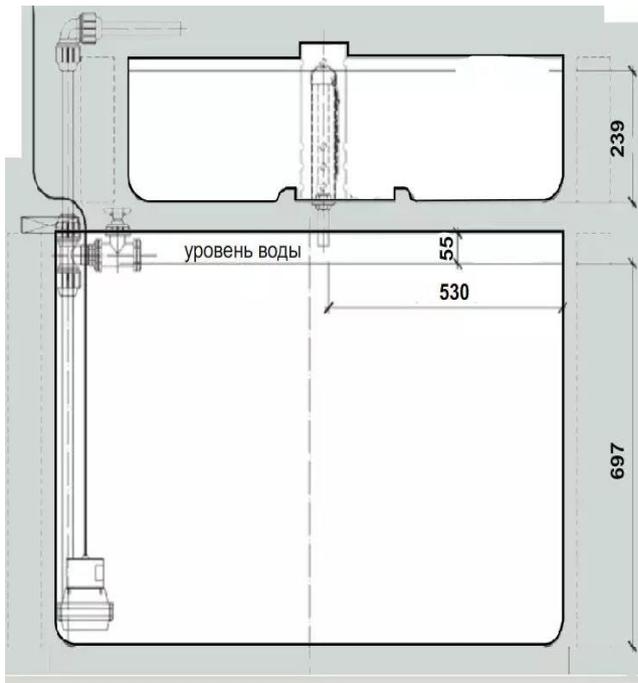
*а**б*

Рисунок 26 – Аквапоническая система: *а* – схема стационарного модуля, *б* – фотография экспериментальной установки

Сборку экспериментальной системы провели в течение 6,5 часов работы из распиленного еврокуба (рис. 26 б), после чего приступили к монтажу водоподающей и нагревательной системы, также к установке сифона для циркуляции воды.

В ее центре гидропонного модуля находится сифон для периодического сливания всей воды в емкость с гидробионтами (рис. 28 а-в).

*а**б**в*

Рисунок 28 – Гидропонный модуль: *а* – сифон для периодического сливания воды, *б, в* – посадка рассады до появления завязи

Сифон состоит из внешней перфорированной ПП или ПЭ-трубы (материал, разрешенный при получении органической продукции), сдерживая слив субстрата, он выполняет осушение керамзита, что снабжает растения кислородом. Сифон снабжён сливным стояком, который входит в трубу большего диаметра с воздушным компрессором, закрывающая труба плотно закрывает сверху, что обеспечивает воздушную «подушку» в сливном стояке на входе. На выходе водоподающая труба обеспечивает слив, а погружной насос – водоподачу в гидропонный модуль.

После подключения к энергосети (генератор энергии), производится залитие системы водой, затем внесение нитрифицирующих бактерий (до 2-3-х недель), загрузка посадочного материала - молодь рыб или ракообразных, посадочный материал растениеводства (зелень и/или овощи).

Система гидропонного модуля снабжена вертикальной стойкой, которая обеспечивает дополнительный свет за счет размещенных световых лент – биколорная светодиодная лампа для фотосинтеза горизонтального типа.

Высадка растюшки в верхний гидропонный модуль производится одновременно после запуска системы и загрузки биофилтра нитрифицирующими бактериями. Выращивание проводили в закрытом пространстве, поэтому подобрали самоопыляющиеся сорта, при условии, что эксплуатация данного модуля предусмотрена в помещениях с температурой воздуха более +20,0<sup>0</sup>С и с обеспечением температуры воды в аквапоническом модуле для выращивания объектов аквакультуры +25,0 ... +27,0<sup>0</sup>С, что соответствует данным, приведенным в опубликованных источниках (Жигин, 2017).

В качестве субстрата эффективно использовать садовый керамзит размером частиц 7,3-16,5 мм, для избежания заморных явлений и лучшего укоренения растюшек.

Выбранные культуры (листовая зелень, овощи) неприхотливы, но имеют различный срок прорастания при стабильной температуре до 25-27 °С.

Так, рассаду базилика с появлением 4-5 настоящих листьев пересаживали в систему и дорастивали до достижения в высоту 10-15 см в течение 35 сут.

Самоопыляющуюся рассаду огурцов пересаживали через 14 дней на стадии 4-5 настоящих листьев, удаляли боковые ветви и апикальные кончики для лучшей вентиляции, через 35 дней после пересадки рассады получили плоды товарного размера, сократив срок естественного выращивания на 30-40 дней.

Рукколу пересаживали в аквапонические системы через 5 дней, когда растения имели не менее 2-3 настоящих листьев, сбор урожая произвели после роста листьев пригодных для применения в пищу (рис. 28 а,б).



*а*-высадка



*б* - салат латук



*в* - базилик



*г* - самоопыляющийся сорт огурцов, высадка, рассада и завязь период 05.04-16.06



Рисунок 27 – Гидропонный модуль, объекты растениеводства

Состав кормов для карповых и ракообразных сбалансирован по питательным веществам в соответствии с потребностями объектов (табл. 63).

Таблица 63 – Питательная ценность применяемых кормов

маркировка корма	ракообразные		карповые	
	1-5 г	более 5 г	50 - 100 г	более 100 г
ингредиент на 1 кг корма				
протеин	45	40	45	35
жир	8	9	8	7
клетчатка	5	4	5	5
характеристика корма				
плавуемость корма	отрицательная		положительная	
гранулы	не размываются и оседают		не размываются и не оседают	

До принятия решения о значениях наиболее эффективной плотности посадки для модульной аквапониической системы была проведена серия экспериментов с моделированием ситуаций с различными плотностями посадки и норм кормления в соответствии с рекомендациями ([https://agro-matik.ru/assets/img/upload /2020 /10/08/Аквапоника.pdf](https://agro-matik.ru/assets/img/upload/2020/10/08/Аквапоника.pdf)).

Оценку состояния организма в моделирующих условиях проводили по характеристикам физиолого-биохимического состава крови, в частности, изменениям пределов референтных значений констант гомеостаза с помощью определения содержания общего белка в крови и лимфе, так как именно этот показатель является наиболее информативным биоиндикатором с точки зрения соответствия фактических условий выращивания объектов их потребностям.

Комплекс применяемых методов соответствовал методическим указаниям гематологического и рыбоводно-биологического обследований.

В ходе экспериментальной работы выживаемость австралийских раков в модульной аквапонной установке составила 100 %.

Экспериментально установленные референтные значения констант гомеостаза у исследуемых опытных групп представлены в таблице 64.

Таблица 64 – Показатели биоиндикатора гемолимфы *Cherax quadricarinatus*

Показатель	контроль (100 шт./м <sup>2</sup> )	опыт (50 шт./ м <sup>2</sup> )
Особь массой 40,0 г	30,0±2,0	36,2±4,3*
Показатель	контроль (до 500 шт./м <sup>2</sup> )	опыт (до 250 шт./м <sup>2</sup> )
Особь массой 5,0 г	34,4±4,5	38,7±4,0*
Выживаемость, %	90	100

Примечание: \* - различия достоверны при:  $p < 0,05$

У особей массой 40,0 г в аквапоническом модуле при плотности посадки до 50 шт./м<sup>2</sup> общий белок в гемолимфе был выше контроля (при плотности посадки до 100 шт./м<sup>2</sup>) в 1,2 раза, соответственно 36,2±4,3 г/л против 30,0±2,0 г/л.

Особь массой 5,0 г, выращенные при плотности посадки до 250 шт./м<sup>2</sup>, содержали высокий уровень белка 38,7±4,0 г/л против 34,4±4,5 г/л соответственно в контрольной группе (при плотности посадки до 500 шт./м<sup>2</sup>).

Показатели контрольных групп во всех экспериментах превышали последние на величину до 8 % от показателя контроля, указывая на высокий уровень жизнестойкий организма.

Таким образом, выявленные изменения концентрации белка гемолимфы особей австралийских раков свидетельствуют об оптимальных условиях их выращивания. На основе выявленных показателей общего белка в качестве биоиндикатора для оценки качества условий выращивания были установлены оптимальные плотности посадки для разновозрастных особей австралийских раков.

Высокий физиологический статус, обеспечивающий активные процессы линьки, образования хитина и высокий темп роста, достигается при плотности посадки молоди – до 250 шт./м<sup>2</sup> и особей массой от 40 г до 50 шт./м<sup>2</sup>.

Объективно оценить состояние организма в модельных условиях содержания можно по обеспеченности тканей рыб гемоглобином, поскольку от уровня гемоглобина зависят параметры газообмена, его эффективность и, в конечном счете, уровень метаболизма и качество выращиваемой продукции.

При изучении основного гематологического показателя молоди линия достоверных различий между исследуемыми группами не обнаружено, показатель

в контрольной группе (плотность посадки 50 шт./м<sup>2</sup>) составил 68,75±2,5 г/л; в опытной группе (плотность посадки до 30 шт./м<sup>2</sup>) – 70,00±1,7 г/л (таб. 65).

Таблица 65 – Гематологические показатели особей *Tinca tinca*

Показатели	контроль (50 шт.)	опыт (30 шт.)
Гемоглобин, г/л	68,70±2,5	70,00±1,7*
СОЭ, мм/час	2,7±0,3	2,8±0,2
Общий белок, г/л	28,9±1,8	34,0±1,5*
Холестерин, ммоль/л	2,9±0,15	3,0±0,62
β - липопротеиды, г/л	3,0±0,34	3,1±0,03

\* - различия достоверны при:  $p < 0,05$

Величина общего сывороточного белка оказалась достоверно выше у группы линий с плотностью посадки 30 шт./м<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ) – на 5,1 г/л в сравнении с контролем, где плотность посадки составляла 50 шт./м<sup>2</sup>, что говорит о высокой резистентности организма.

При изучении биоиндикатора, свидетельствующего о степени благоприятности условий выращивания, было установлено, что содержание белка в сыворотке крови при плотности посадки 30 шт на аквапонный модуль составляло – 34,0 г/л, а в варианте с повышенной плотностью – 28,9 г/л., отмеченная тенденция снижения содержания общего белка в сыворотке крови (в 1,2 раза) свидетельствует, что плотность посадки 30 шт./м<sup>2</sup> более эффективна с точки зрения показателей выращивания. Величина общего сывороточного белка оказалась достоверно выше у группы линий с плотностью посадки 30 шт./м<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ) – на 8% в сравнении с контролем, что говорит о высокой резистентности организма.

Значения скорости оседания эритроцитов и показатели холестерина и β - липопротеидов были зафиксированы на одинаковом уровне в обеих группах выращивания особей.

Таким образом, в работе установлена возможность эффективного производства предлагаемых объектов – линия (*Tinca tinca*) и австралийского рака (*Cherax quadricarinatus*) при схожих условиях содержания живых объектов в модульной системе (Лагуткина, 2019). Сформирована оптимальная схема выращивания для модульных малогабаритных установок – компонентов

суперэффективных систем – на основе исследования изменений соответствующих физиолого-биохимических показателей с последующим обоснованием значений рекомендуемых рыбоводно-биологических норм (в части плотности посадки для обоих видов).

Также проведенные эксперименты свидетельствуют о возможности совместного выращивания исследуемых видов с растительной продукцией, а компактные объемы установок и относительная простота ухода и содержания делают данные системы перспективными для бизнес-моделей сити-фермерства в рамках малого и среднего бизнеса в городах, в то же время не исключая возможности применения и на крупных производствах при контролируемых климатических условиях.

На протяжении всего периода выращивания производилось измерение гидрохимических показателей воды, превышения допустимых показателей зафиксировано не было.

Однако наибольшая концентрация была зафиксирована для нитритов и нитратов, вероятно это связано с тем, что у растений в первые две недели недостаточно развита корневая система, которая не позволяла всасывать излишки азота. Тенденция снижения азотсодержащих веществ в воде и показателей нитритов и нитратов в системе наблюдалась с увеличением роста.

Объем образования необходимых растениям питательных веществ в системе зависит от количества потребляемого корма, в соответствии с рекомендациями (<http://teca.fao.org/read/8398>) затраты при использовании кормов с содержанием протеина до 45% на 1 м<sup>2</sup> листовой зелени составили 40-50 г корма и 80 г для 1 м<sup>2</sup> ягодных /овощей при массе объектов до 4,0-5,0 кг/м<sup>2</sup>, при увеличении объемов внесения корма предусматривали дополнительные модули для гидропонии. Поэтому исследуемые плотности посадки объектов аквакультуры адекватны необходимой нагрузке для роста растений и овощей.

Необходимо отметить, что карповые и ракообразные являются одними из наиболее перспективных пресноводных объектов, но многие аспекты аквакультуры на основе модульной установки недостаточно изучены.

Поэтому в ходе экспериментальной работы были разработаны биологические нормы содержания этих объектов аквакультуры, что представлено в таблице 66.

Таблица 66 – Биологические нормы выращивания в модуле

п/п	Показатель	параметры	
содержание особей ( <i>Cherax quadricarinatus</i> , <i>Tinca tinca</i> )			
1	модуль аквапонической системы	до 0,5 - 0,7 м <sup>3</sup>	
2	температура, °С	26 - 27	
3	рН	6,8 - 7,0	
4	O <sub>2</sub> , мг/л	6,5	
5	количество водных потерь и долива, %	25	
6	уровень воды, см:		
	<i>Tinca tinca</i> : <i>Cherax quadricarinatus</i>	65 30	
7	уровень, мг/л		
	NH <sub>4</sub> NO <sub>2</sub> /NO <sub>3</sub>	0,01-0,10 0,02-0,10/0,5-4,5	
8	норма плотности посадки <i>Tinca tinca</i> : ≤100 гр.	30 шт.	
9	норма плотности посадки <i>Cherax quadricarinatus</i> :		
	≤ 5 гр. ≤ 40 гр.	до 250 шт./м <sup>2</sup> до 50 шт./м <sup>2</sup>	
10	рацион <i>Tinca tinca</i> :		
	протеин	35-45	
	жир	7-8	
	углеводы	5	
11	рацион <i>Cherax quadricarinatus</i> :		
	протеин	40-45	
	жир	8-9	
	углеводы	4-5	
12	норма корма, % от массы тела <i>Tinca tinca</i> :		
	≥50 г ≥ 100 г	4 4-2	
13	норма корма, % от массы тела <i>Cherax quadricarinatus</i> :		
	≤5 г ≤ 40 г	4 4-2	
нормы органической нагрузки		a	b
14	количество корма*, г/м <sup>2</sup>	40-50	80
15	высадка растений	20 пучков	4 саженца

Примечание: \* корм собственной рецептуры, а, b – нормы кормления при выращивании в аквапонических системах с листовыми растениями/фрукты и овощи

Оптимальный уровень питания и сбалансированный корм являются одними из наиболее важных факторов, которые влияют на эффективность выращивания как рыб, так и ракообразных в контролируемых условиях. Для разработки оптимальной биотехнологии выращивания молоди в контролируемых условиях многие технологические параметры должны быть проверены, например, рецептура

предлагаемого корма и объемы введения оптимальных доз пробиотических веществ.

Возможность содержания карповых рыб в моделируемых условиях определяет рациональное кормление и эффективность комбикорма. Далее на примере карповых (*Cyprinus Carpio L.*) было предложено решение – повышение эффективности комбикорма за счет включения в рацион спорообразующих пробиотических культур Olin *Bacillus subtilis* (ВКПМ 10172), *Bacillus licheniformis* (ВКПМ 10135) и *Bacillus amyloliquefaciens*. Дозы введения спорообразующих пробиотических культур в состав разработанного комбикорма были определены исходя из эффективности выращивания объектов (табл. 67).

Таблица 67 – Рыбоводно-биологические показатели выращивания молоди первого этапа

Показатель	контроль	В-1*	В-2	В-3
Масса, г: начальная	14,59 ± 1,74	14,01 ± 1,70	14,09 ± 1,59	14,67 ± 1,82
конечная	18,29 ± 2,50	18,86 ± 3,2	16,8 ± 1,78	17,54 ± 2,45
Длина, см: начальная	10,77 ± 0,34	10,77 ± 0,34	10,6 ± 0,34	10,8 ± 0,39
конечная	11,3 ± 0,44	11,21 ± 0,63	10,94 ± 0,34	11,07 ± 0,45
Упитанность, Q <sub>ф</sub>	1,2	1,3	1,2	1,2
Прирост, г/сут	0,1	0,1	0,08	0,09
Кормовой коэффициент	0,8	0,9	0,8	0,8
Выживаемость, %	74	48	83	89

Примечание: \* В-1 – содержание пробиотика *Bacillus amyloliquefaciens* – 0,3 г на 1 кг комбикорма, В - 2,3 – содержание пробиотика Olin – 0,2 и 0,3 г на 1 кг комбикорма.

На первом этапе проведения экспериментальных работ кормовой коэффициент в вариантах 2 и 3 находился на уровне показателя контрольной группы.

Существенная величина темпа роста была отмечена у группы молоди - 0,147 г, которая выращивалась с использованием варианта 1 экспериментального корма, содержавшего в качестве одного из компонентов пробиотическое вещество *Bacillus amyloliquefaciens*, однако результаты выживаемости были не слишком удовлетворительны и составили 48%, что ниже уровня в контрольной группе и на 26% и 38% уступает прочим опытным группам. В группах, выращенных на варианте с добавлением пробиотика *Olin*, выживаемость была максимальной в рамках эксперимента и составила 83 % и 89 % во 2 и 3 вариантах соответственно.

Среднесуточная скорость роста варьировала в группах в пределах от 0,08 до 0,1 г/сут. Средняя масса рыб по окончании экспериментальных работ достигла: контроль –  $18,29 \pm 2,5$  г; вариант 1 –  $18,86 \pm 3,2$  г; вариант 2 –  $16,8 \pm 1,78$  г; вариант 3 –  $17,54 \pm 2,45$  г.

Для большей эффективности интенсивного выращивания объектов аквакультуры значимым условием является контроль за физиологическим состоянием выращиваемых объектов.

Кровь, как наиболее лабильная ткань, быстро реагирует на внешние воздействия, как правило, таким образом, чтобы несмотря на изменения среды сохранялся гомеостаз. Именно поэтому для определения физиологического статуса и диагностики заболеваний большое значение имеет анализ крови.

Обеспеченность тканей рыб гемоглобином является значимым индикатором, позволяющим прогнозировать качество выращиваемой продукции, поскольку от уровня гемоглобина зависят параметры газообмена, его эффективность и, в конечном счете, общий уровень обмена веществ.

В эксперименте были зарегистрированы следующие показатели уровня гемоглобина: контроль –  $52,9 \pm 10,3$  г/л; вариант 1 –  $57,6 \pm 8,6$  г/л; вариант 2 –  $43,8 \pm 5,9$  г/л; вариант 3 –  $64,3 \pm 9,1$  г/л. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) варьировала в пределах 1,4–2,8 мм/ч, максимальное ее значение было зафиксировано в варианте 1, наименьшее – в варианте 3 (табл. 68).

Таблица 68 – Гематологические показатели выращивания молоди первого этапа

Показатель	Контроль	В-1	В-2	В-3
Гемоглобин, г/л	$52,9 \pm 10,3$	$57,6 \pm 8,6$	$43,8 \pm 5,9$	$64,3 \pm 9,1$
СОЭ, мм/ч	$2,3 \pm 0,8$	$2,8 \pm 0,9$	$2,2 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,3$
Общий белок, г/л	$35,3 \pm 1,5$	$42,25 \pm 1,6$	$31,3 \pm 1,4$	$34,0 \pm 1,3$
Общие липиды, г/л	$2,72 \pm 0,01$	$2,95 \pm 0,01$	$3,14 \pm 0,4$	$2,72 \pm 1,02$

К конечной стадии исследования содержание белка в сыворотке крови у особей, выращенных на экспериментальных комбикормах, варьировало от 31,3 до 42,25 г/л. Зарегистрированные значения уровня липидов находились в пределах нормы.

Некоторое увеличение содержания белка в крови свидетельствует о хорошем потенциале комбикорма с точки зрения питательной ценности.

На втором этапе было отмечено, что лучший результат по темпу роста (0,23 г/сут) показала группа молоди, выращенная на варианте 3 экспериментального корма с добавлением пробиотического препарата Olin в количестве 0,5 г на 1 кг корма. Этот результат превышает значение контроля и остальные два варианта в 1,3-1,6 раз, которые либо свободны от пробиотика, как в контроле, либо с содержанием пробиотика Olin 0,2-0,3 г/кг корма.

Средняя масса рыб в конце эксперимента составила: контроль –  $23,1 \pm 2,5$ ; вариант 1 –  $22,0 \pm 2,2$  г, вариант 2 –  $22,2 \pm 2,3$  г; вариант 3 –  $25,1 \pm 2,7$  г (табл. 69).

Таблица 69 – Рыбоводно-биологические показатели выращивания молоди второго этапа

Показатель	Контроль	В-1*	В-2	В-3
Масса: начальная, г	16,6±1,7	17,2±1,9	17,1±1,8	17,0±2
конечная, г	23,1±2,5	22,0±2,2	22,2±2,3	25,1±2,7
Длина: начальная, см	10,9±0,3	11,0±0,4	10,9±0,4	11±0,4
конечная, см	12,0±0,4	11,8±0,4	11,8±0,4	12,1±0,4
Упитанность, Q <sub>ф</sub>	1,29	1,30	1,31	1,36
Прирост, сут/г	0,18	0,13	0,14	0,23
Кормовой коэффициент	0,8	0,9	0,8	0,8
Выживаемость, %	100	100	100	100

Примечание: \* В-1, В-2, В-3 – содержание пробиотика Olin – 0,2 – 0,3 – 0,5 г на 1 кг комбикорма.

В конце выращивания содержание белка в сыворотке крови рыб варьировало от 24,2 до 42,3 г/л, значения уровня липидов находились в пределах нормы (табл. 70).

Таблица 70 – Гематологические показатели выращивания молоди второго этапа

Показатель	Контроль	В-1	В-2	В-3
Гемоглобин, г/л	43,6±5,5	69,8±17	64,7±7,4	58,9±12,2
СОЭ, мм/ч	3,2±1,7	2,0±0,4	1,5±0,6	1,9±0,5
Общий белок, г/л	35,3±7,6	42,3±5,4	26,8±11,3	24,2±15,7
Общие липиды, г/л	2,72±0,37	2,95±0,21	3,14±0,29	2,72±0,39

Что касается третьего эксперимента, то после того, как заметили положительное влияние пробиотика в количестве 0,5 г/кг корма во втором

эксперименте, это соотношение повторили в третьем эксперименте и вновь был зарегистрирован наиболее сильный эффект в отношении прироста массы по сравнению с другими вариантами (табл. 71).

Таблица 71 – Рыбоводно-биологические показатели выращивания молоди третьего этапа

Показатель	Контроль	В- 1*	В- 2
Масса: начальная, г	27,2±3,1	27,9±2,8	27,8±2,8
конечная, г	34,8±4,0	36,3±3,7	34,8±3,4
Длина: начальная, см	12,5±0,5	12,6±0,4	12,6±0,4
конечная, см	13,5±0,5	13,8±0,4	13,5±0,4
Упитанность, Q <sub>ф</sub>	1,36	1,36	1,40
Прирост, г/сут	0,21	0,24	0,19
Кормовой коэффициент	0,8	0,9	0,8
Выживаемость, %	100	100	100

Примечание: \* В-1 – содержание пробиотика Olin – 0,5 г на 1 кг комбикорма, В-2 – содержание комплекса пробиотиков Olin и *Bacillus amyloliquefaciens* – 0,25 – 0,25 г на 1 кг комбикорма.

Более того, на третьем этапе установили, что синергия между двумя пробиотиками не дает положительного эффекта и даже напротив, группа, выращенная на комплексе пробиотиков, показала отставание от среднесуточного темпа роста по сравнению со вторым вариантом в 1,3 раза. Таким образом, средняя масса рыб в конце эксперимента составила: контроль – 34,8±4 г, вариант 1 – 36,3±3,7 г, вариант 2 – 34,8±3,4 г.

Очевидно, что устойчивое лидирующее положение занимает группа молоди, которая была выращена на втором варианте корма с добавлением пробиотического препарата Olin в количестве 0,5 г на 1 кг корма, в отличие от других вариантов, свободных от пробиотика, либо с добавлением их в корм в другом соотношении.

Наши результаты показывают степень положительного воздействия и эффективность пробиотиков, как и многие исследования, в которых основное внимание уделяется применению различных типов пробиотиков для модификации микрофлоры пищеварительного тракта рыб (Onarheim *et al.*, 1994; Olsson *et al.*, 1998; 2010 Roberfroid *et al.*, 2010; Vieira *et al.*, 2013), где явно положительные эффекты были получены на ювенильной стадии у многих видов рыб, включая обычного карпа (Al-Thalimy, 2010), мозамбикскую тиляпию (*Oreochromis mossambicus*),

радужную форель (*Oncorhynchus mykiss*) (Naik *et al.*, 1999). Учитывая наблюдаемые результаты, предположили, что добавление пробиотического компонента помимо улучшения показателей роста рыб может также уменьшить конверсию корма. Аналогичные результаты были получены EL-Haroun *et al.* (2006).

Полученные результаты подтверждают результаты Kennedy и др. (1998), где также использовали *B. subtilis* при кормлении обыкновенного снука (*Centropomus undecimalis*) и обнаружили, что эти пробиотические бактерии увеличивают поглощение пищи за счет повышения уровня протеазы и, следовательно, приводят к улучшению темпа роста и, как следствие, прироста массы.

Включение *Bacillus amyloliquefaciens* в качестве пробиотика в рыбные корма было исследовано неоднократно с аналогичными результатами (Scholz *et al.*, 1999).

Более того, способность адгезии *B. subtilis* и молочнокислых бактерий к слизистой оболочке кишечника препятствует прикреплению других кишечных бактерий и тем самым предотвращает возникновение заболеваний с его отрицательным воздействием на рост рыбы. Это подтверждается результатами Esteban *et al.* (2001), которые установили, что составляющие клетки кишечника рыб играют значительную роль в стимуляции врожденного иммунного ответа и защищают рыбу от инфекции.

Оценки параметров роста указывали на положительный приемлемый эффект использованных пробиотических преимущественно молочнокислых бактерий, *Bacillus subtilis* и *Bacillus amyloliquefaciens*. Полученные результаты можно объяснить влиянием молочнокислых бактерий на питательную ценность зерновых культур в рационе (Nepher, 1988). Пробиотик прикрепляется в кишечнике после прохождения через желудок, бактерии в пробиотике используют большое количество углеводов для роста популяции и производят ряд соответствующих пищеварительных ферментов (амилазу, протеазу и липазу), которые увеличивают усвояемость органического вещества и белка и тем самым увеличивают темп роста выращиваемого объекта.

Более того, они предотвращают кишечные расстройства и продуцируют и/или стимулируют предварительное расщепление вторичных соединений,

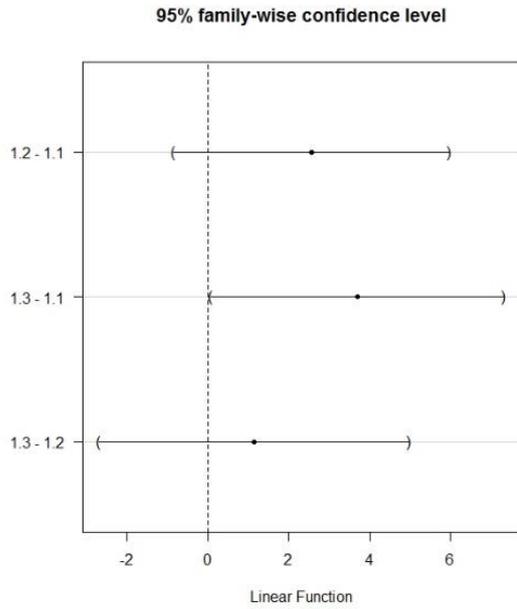
являющихся основными в растительных белковых источниках (Al-faragi, 2000). Пробиотики могут стимулировать аппетит и улучшать питание путем производства витаминов, детоксикации соединений в рационе и расщепления неудобоваримых компонентов (Lara-Flores *et al.*, 2003).

Вторая сессия исследований эффективности разработанного комбикорма была посвящена сравнению экспериментальных выборок не только по рыбоводно-биологическим показателям, но и с помощью дисперсионного анализа.

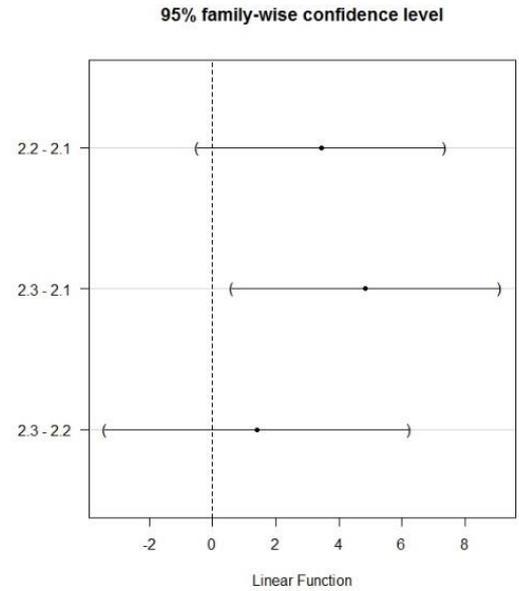
По итогам исследования результатов с применением статистического метода ANOVA на начальном этапе эксперимента статистически значимых различий между группами обнаружено не было. Через две недели при контрольном облове значимые отличия были зарегистрированы для выборки по варианту 1 в отношении массы, тогда как выборки вариантов 2 и 3 не отличались значимо от контроля.

Аналогичная картина наблюдалась в конце эксперимента, однако при этом для варианта 3 также проявились значимые отличия от контрольной выборки. С учетом того, что в исследовании участвует более 2 экспериментальных выборок, для корректного проведения дисперсионного анализа необходимо использовать какой-либо критерий для поправки на множественные сравнения, в противном случае неизбежно существенное количество ложноположительных выводов в отношении достоверности различий средних оцениваемых выборок. В качестве такого критерия был выбран критерий Тьюки (Tukey's honestly significant difference test), обладающий достаточной для целей анализа экспериментальных данных мощностью и позволяющий наглядно отображать результаты. Результаты дисперсионного анализа с поправкой на эффекты множественного сравнения гипотез приведены ниже.

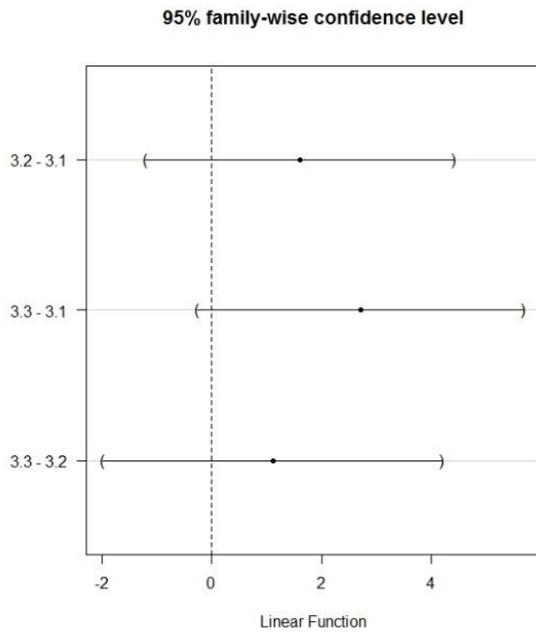
С помощью дисперсионного анализа с поправкой на множественные сравнения по критерию Тьюки обнаружено, что статистически значимых различий между средними значениями по массе между экспериментальными выборками молоди карповых, выращенных на контрольном и экспериментальном комбикормах, не выявлено, при уровне надежности  $p < 0,05$  (рис. 29).



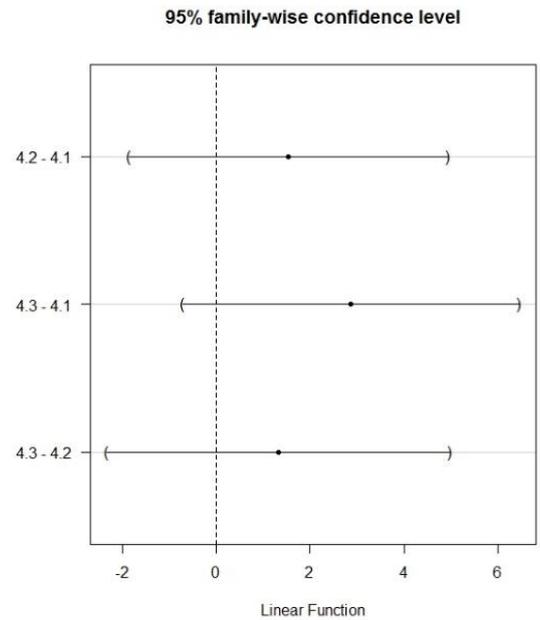
a



b



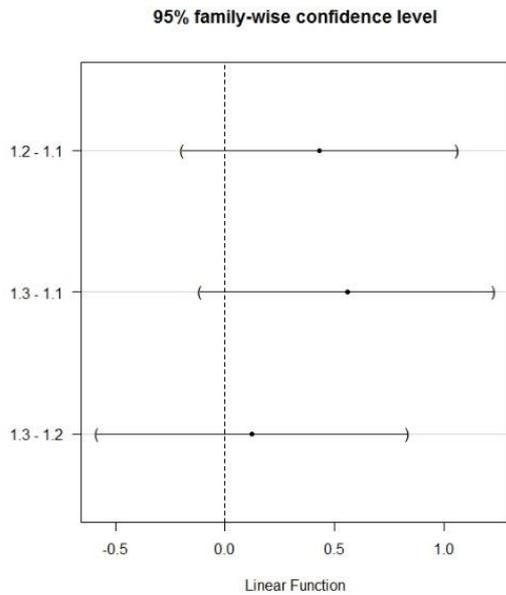
c



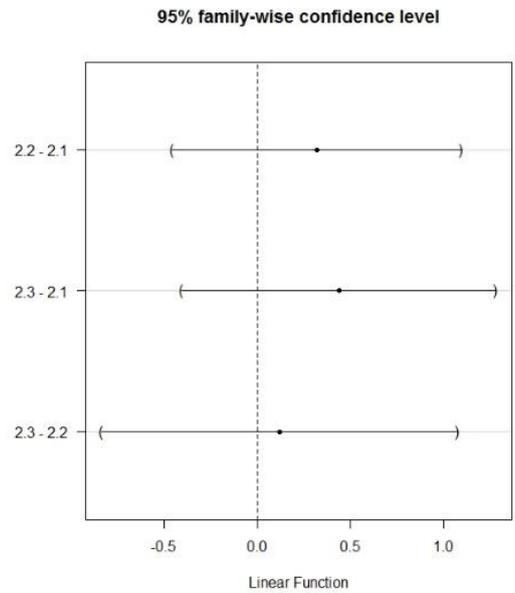
d

Рисунок 29 – (a,b,c,d) Результаты сравнения средних величин по массе молоди карповых в соответствии с критерием Тьюки, контроль и экспериментальные рецептуры первый этап

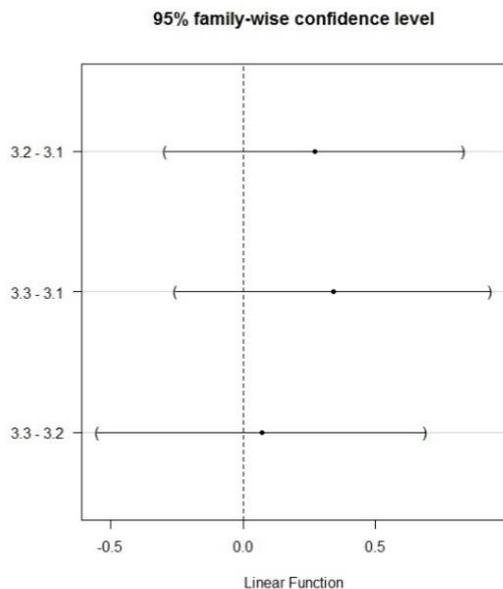
Результаты сравнения выборок с помощью однофакторного дисперсионного анализа с поправками на множественные сравнения по критерию Тьюки по контрольным точкам облова приведены на рисунке 30, сравниваемый показатель - по массе (мг).



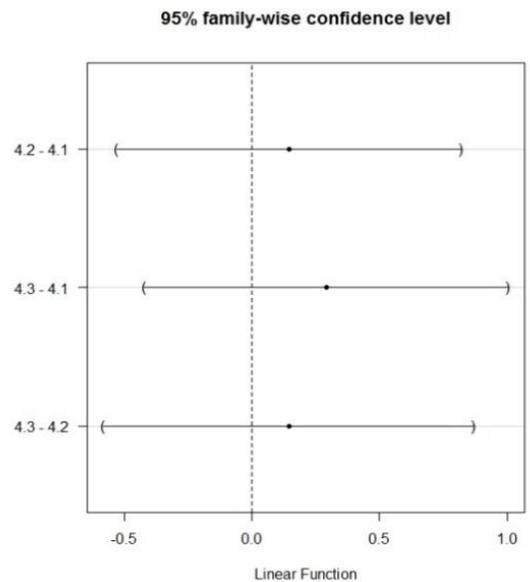
a



b



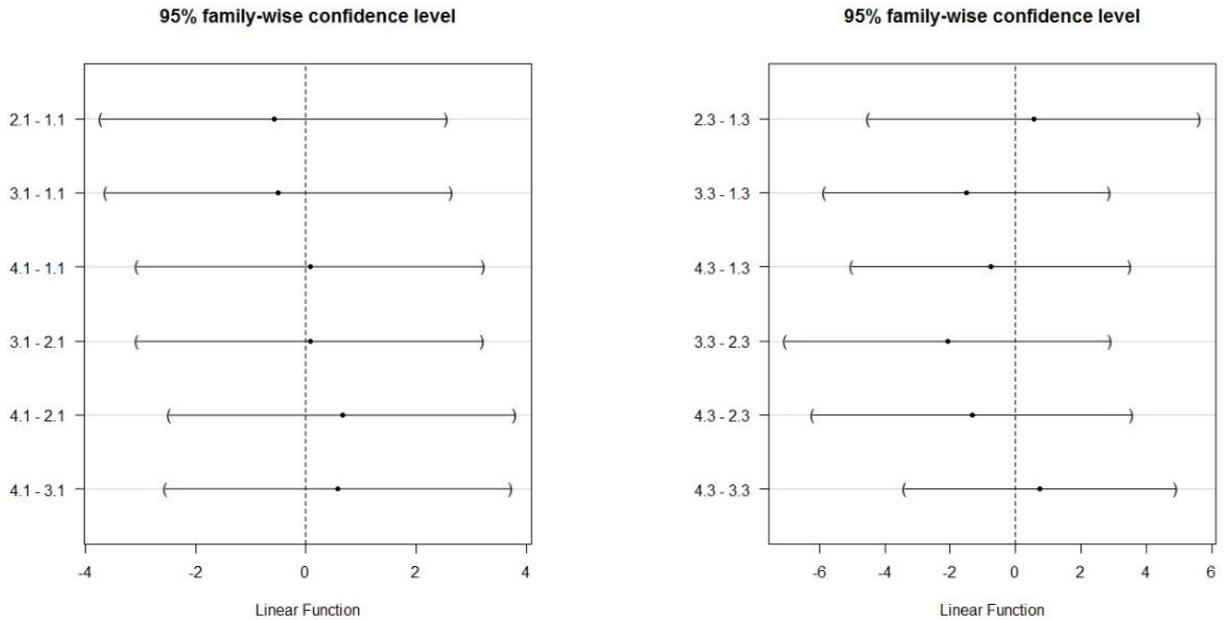
c



d

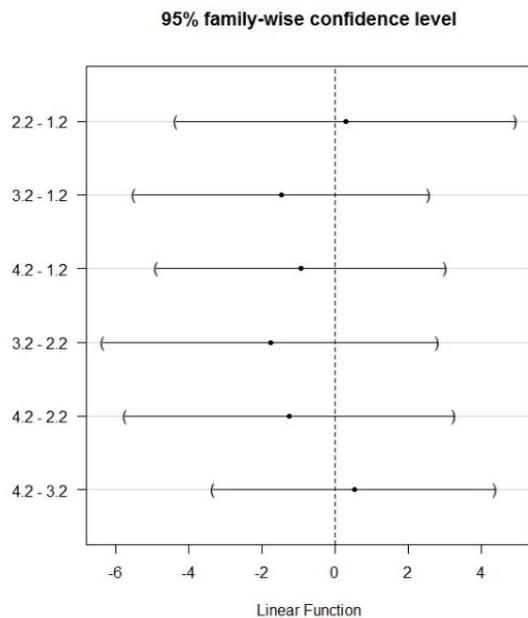
Рисунок 30 – (a,b,c,d) Результаты сравнения средних величин по длине молоди карповых в соответствии с критерием Тьюки контроль и экспериментальные рецептуры первый этап

На рисунках 31-32 приведены результаты ANOVA для сравнения средних показателей молоди карповых по массе и длине соответственно на выборках эксперимента, проводившегося в период с 10.06.2016 г. по 11.07.2016 г.



a

b



c

Рисунок 31 – (a,b,c) Сравнительный анализ различных вариантов рецептов и контроля по состоянию на каждую из дат – контрольных точек измерения по массе в соответствии с критерием Тьюки первый этап

В соответствии с приведенными результатами анализа статистически значимые различия были обнаружены лишь для показателя массы у особей, выращиваемых на первом варианте рецептуры, между начальной (10 июня 2016 г.)

и конечной (11 июля 2016 г.) точками измерения, в остальных случаях статистически значимых различий не выявлено.

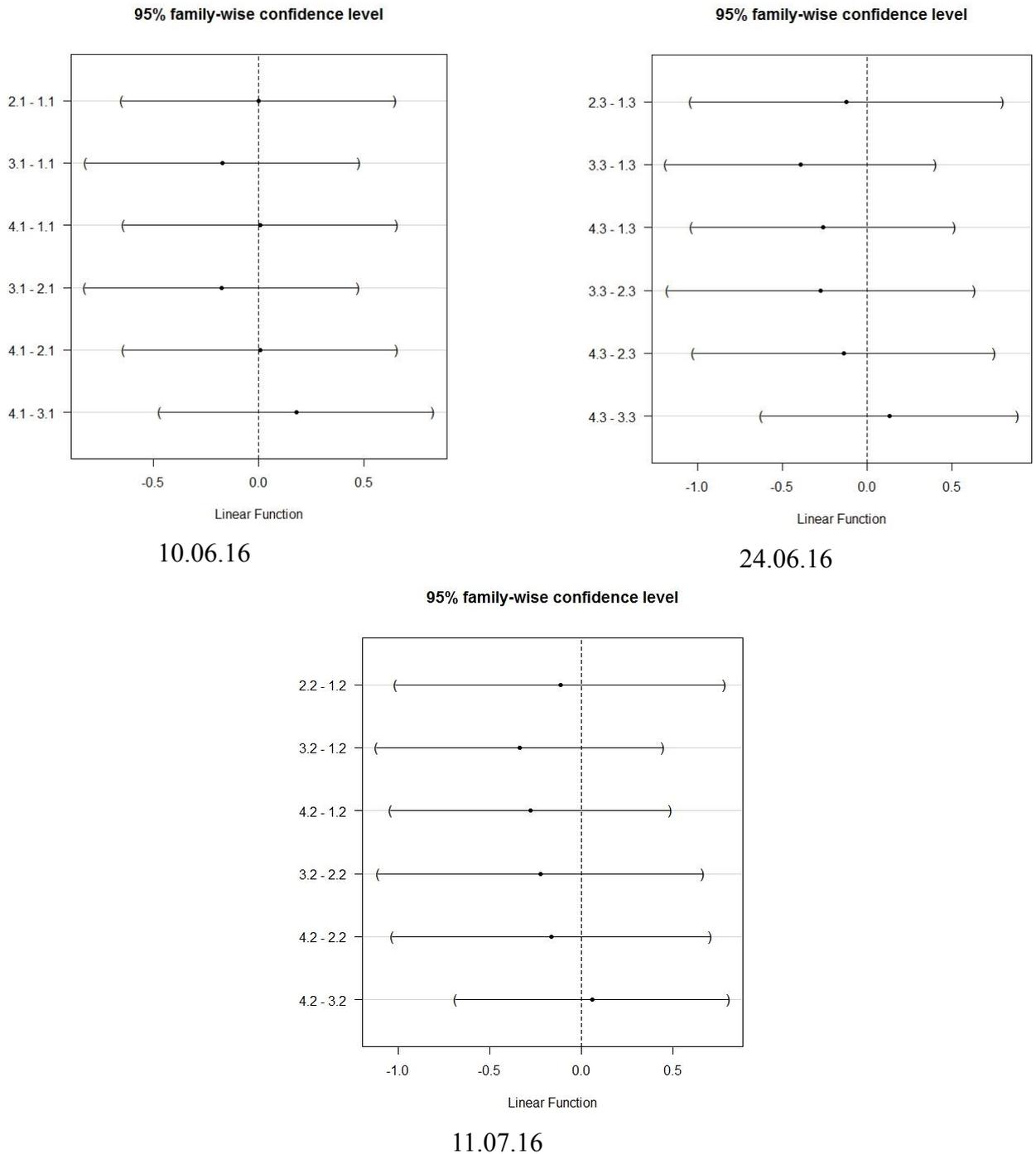


Рисунок 32 – Сравнительный анализ различных вариантов рецептов и контроля по состоянию на каждую из дат – контрольных точек измерения по длине в соответствии с критерием Тьюки

На рисунках 31-32 приведены результаты аналогичного анализа, где сравнивались средние по массе и длине молоди соответственно на каждую из контрольных дат промера.

Результаты проведенного дисперсионного анализа с поправками на множественные сравнения с помощью критерия Тьюки свидетельствуют об отсутствии статистически значимых различий в отношении массы и длины выращиваемых особей как между разными вариантами рецептов, так и между рецептурами и контролем.

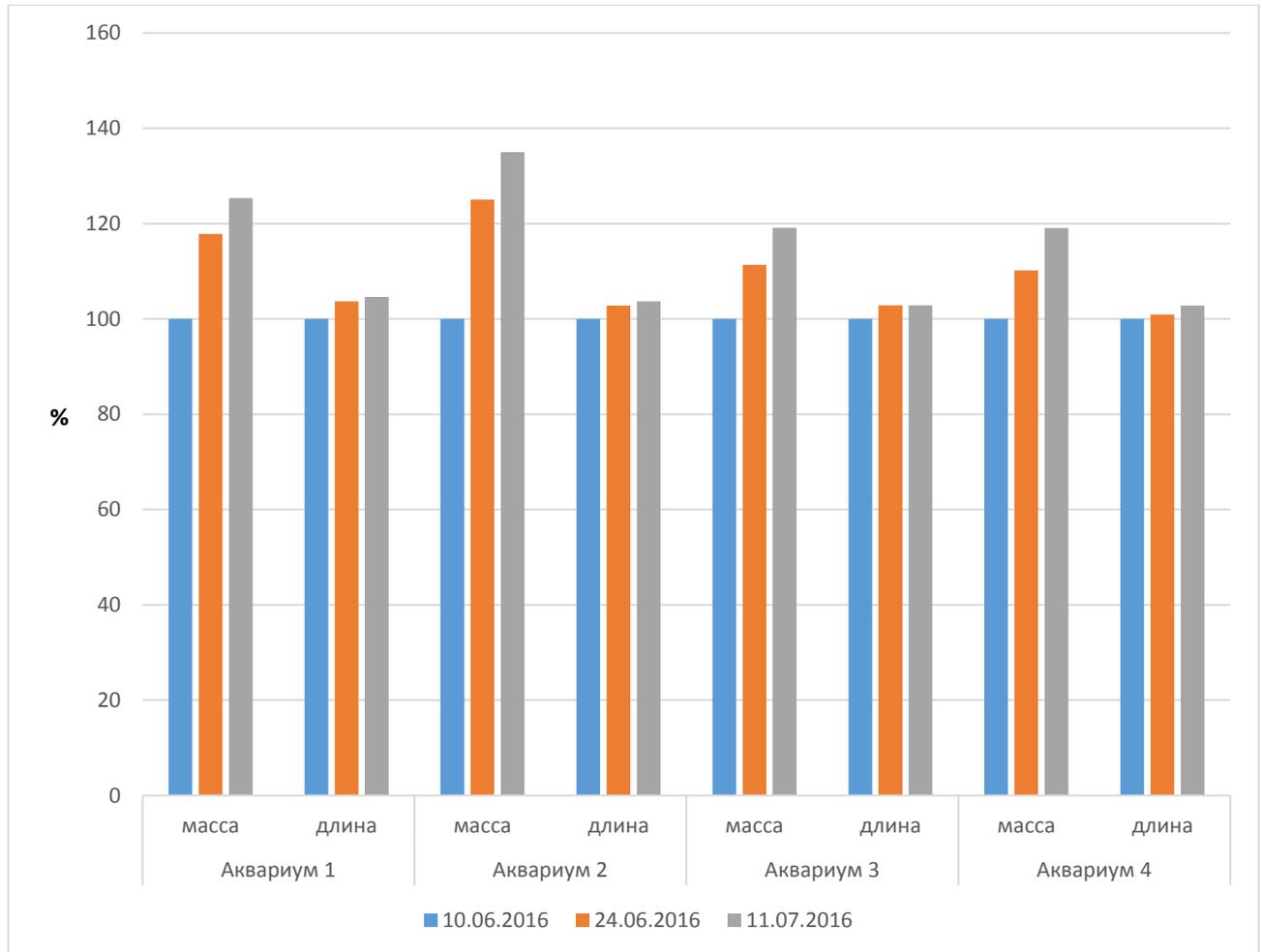


Рисунок 33 – Диаграмма изменчивости длины и массы в трех сериях эксперимента

Если напрямую сравнивать средние относительные величины прироста по отношению к начальному значению показателя массы, либо длины (рис. 33), можно увидеть, что первый вариант рецептуры значительно отличался в динамике от начала кормления до контрольных точек промеров, в целом по средней величине прироста массы, в отличие от длины, которая показывала менее интенсивную динамику роста, кроме того, изменчивость показателя длины в выборке оставалась на одном и том же уровне в течение эксперимента.

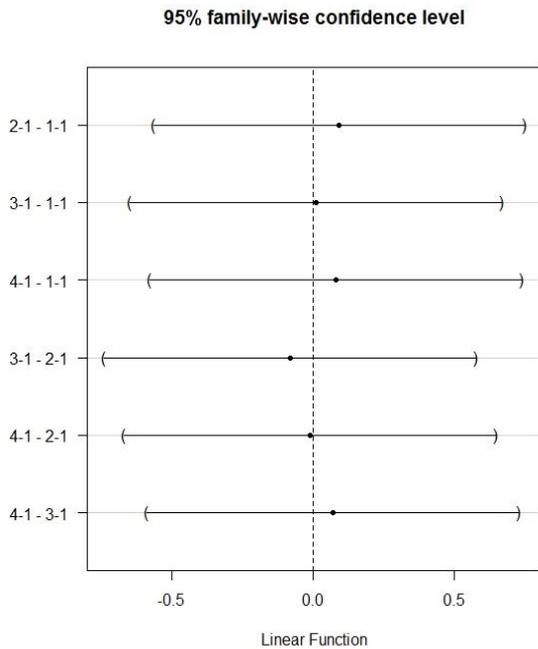


Рисунок 34 – Результаты сравнения средних величин по массе молоди карповых в соответствии с критерием Тьюки по состоянию на 20.09.2016 г.

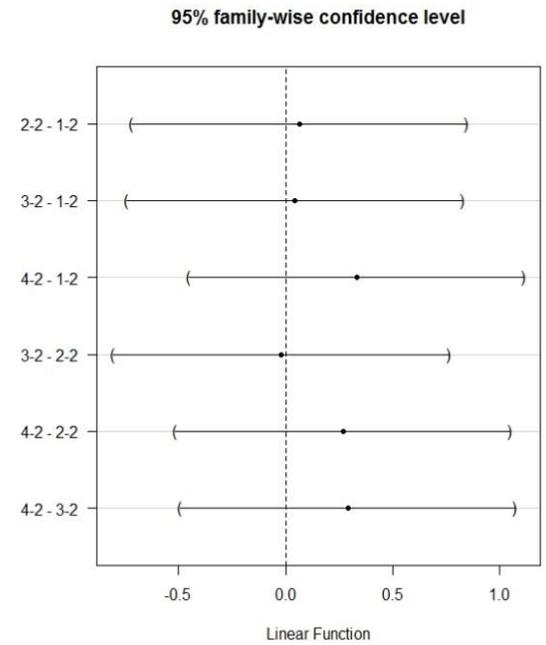


Рисунок 35 – Результаты сравнения средних величин по массе молоди карповых в соответствии с критерием Тьюки по состоянию на 01.10.2016 г.

Полученные данные демонстрируют, то, что разработанные комбикорма не уступают производящимся в настоящее время промышленным аналогам с точки зрения прироста массы, обладая вместе с тем преимуществом в отношении соответствия состава физиологии и экологии питания выращиваемого вида. Подобранные компоненты разработанного комбикорма снижают степень отхода и положительно влияют на общий физиологический статус, что составляет важную часть результатов настоящего исследования.

В процентном соотношении масса молоди выращенной на первом варианте рецептуры, превышает таковую по отношению к начальной массе на 35%.

Рассмотрим данные второго этапа экспериментальной работы. На рисунках 34 – 37 приведены результаты дисперсионного анализа массы молоди на втором этапе эксперимента (сравнения проводились отдельно по состоянию на каждую из дат контрольного промера).

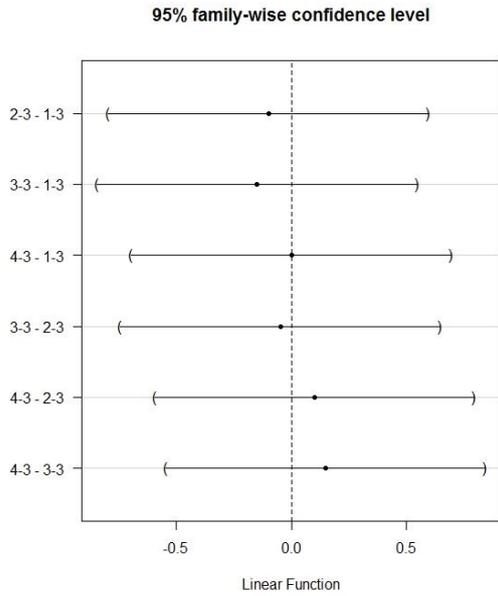


Рисунок 36 – Результаты сравнения средних величин по массе молоди карповых в соответствии с критерием Тьюки по состоянию на 13.10.2016 г.

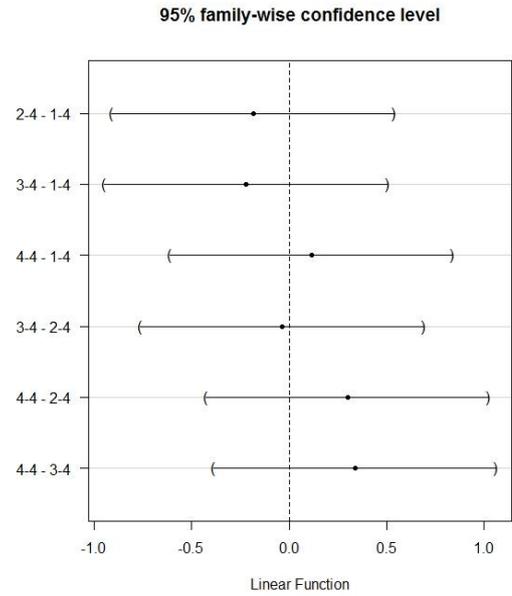


Рисунок 37 – Результаты сравнения средних величин по массе молоди карповых в соответствии с критерием Тьюки по состоянию на 25.10.2016 г.

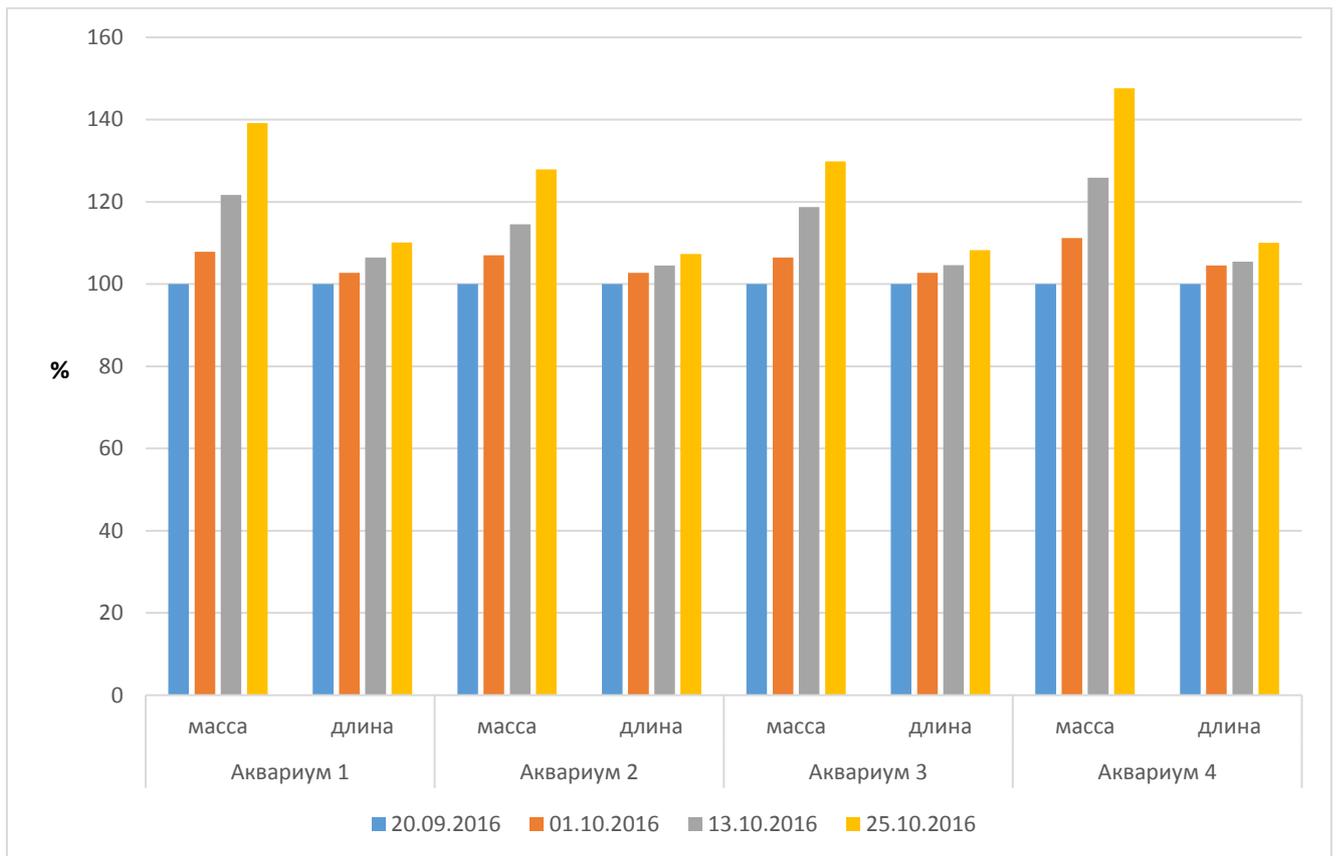


Рисунок 38 – Диаграмма изменчивости длины и массы в повторностях В соответствии с приведенными результатами в эксперименте не выявлено статистически значимых различий в отношении массы исследуемых особей ни для

одной из дат контрольного замера. Сводная информация по относительному приросту массы и длины (средние величины) приведена на рисунке 38.

В период выращивания с 20.09.16 – 25.10.16 г. молодь на третьей рецептуре комбикорма показывает лидирующее положение по приросту массы, который превышает начальное значение на 47%.

Результаты дисперсионного анализа по сравнению выборок, выращиваемых на разных вариантах рецептов по длине, по состоянию на каждую из дат промера приведены ниже.

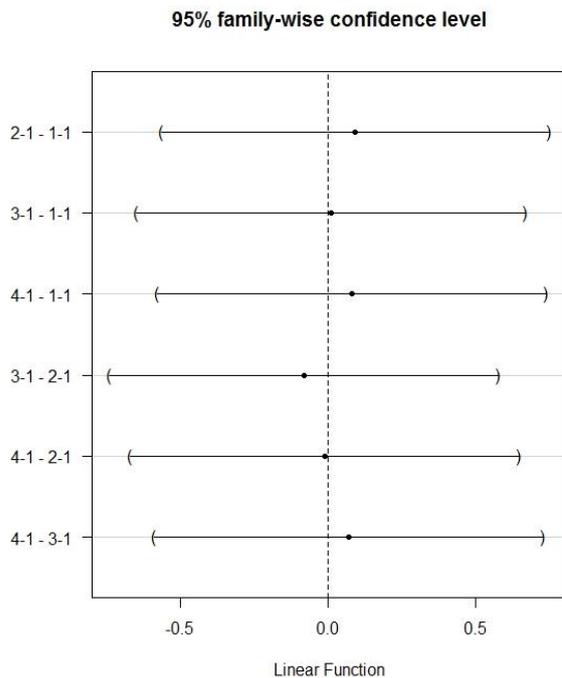


Рисунок 39 – Результаты сравнения средних величин по длине молоди карповых в соответствии с критерием Тьюки по состоянию на 20.09.2016 г.

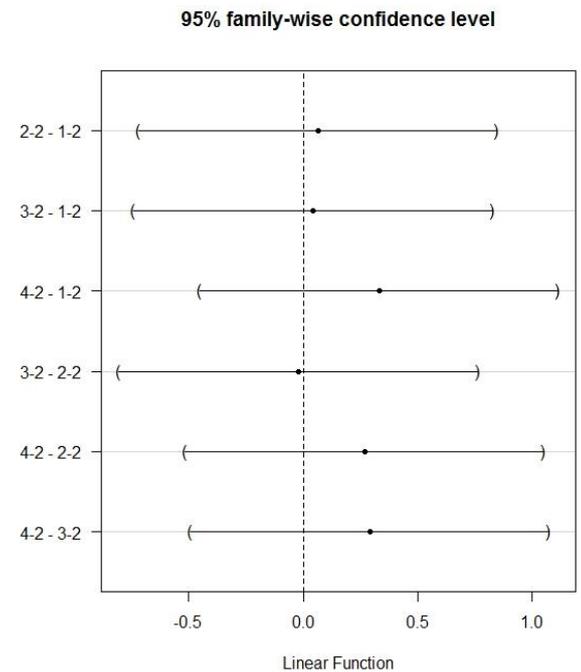


Рисунок 40 – Результаты сравнения средних величин по длине молоди карповых в соответствии с критерием Тьюки по состоянию на 01.10.2016 г.

Сравнивая тем же методом различия по длине (см) по результатам анализа можно увидеть, что не выявлено статистически значимых различий при сравнении экспериментальных комбикормов и контроля, а также между различными рецептурами экспериментальных комбикормов как по массе, так и по длине выращиваемых особей (рис. 39 – 42).

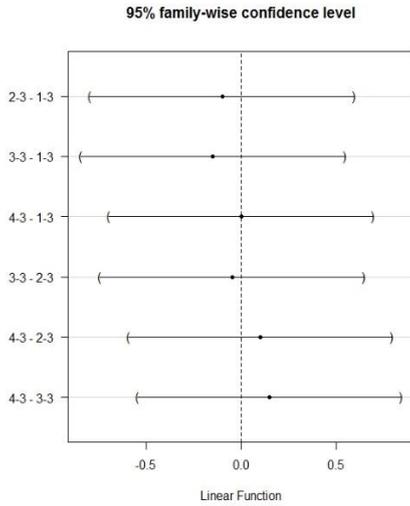


Рисунок 41 – Результаты сравнения средних величин по длине молодежи карповых в соответствии с критерием Тьюки по состоянию на 13.10.2016 г.

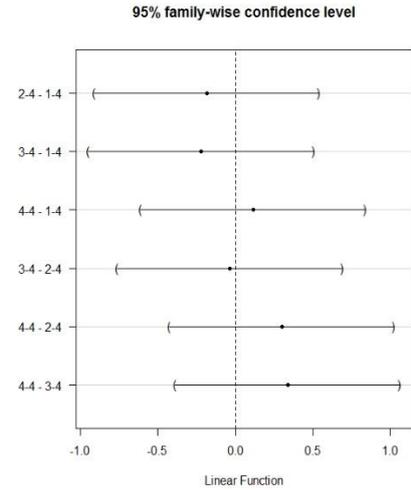
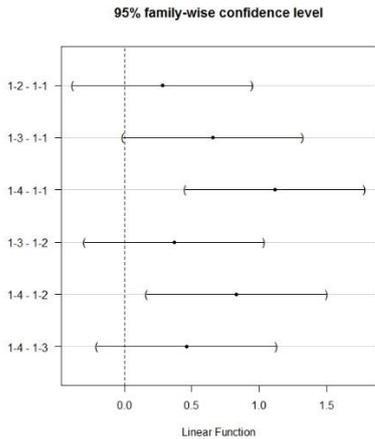
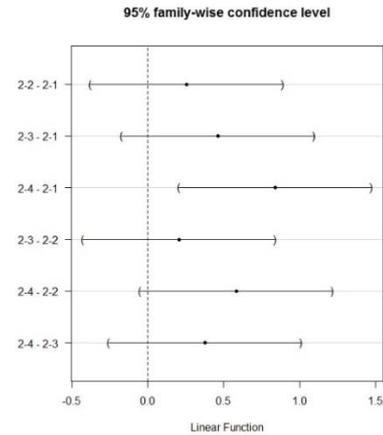


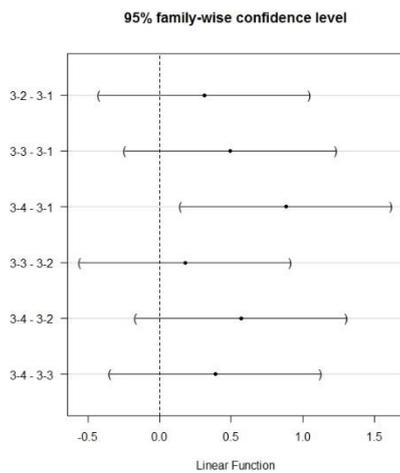
Рисунок 42 – Результаты сравнения средних величин по длине молодежи карповых в соответствии с критерием Тьюки по состоянию на 25.10.2016 г.



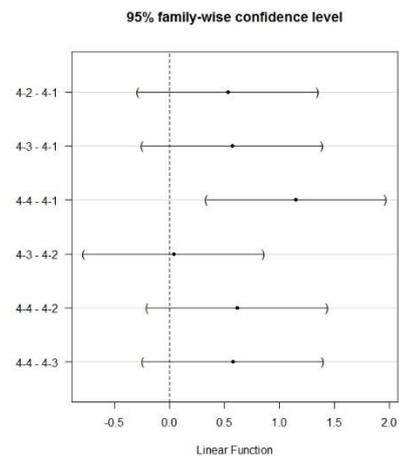
**a**



**b**



**c**



**d**

Рисунок 43 (a,b,c,d) – Результаты сравнения средних величин по массе первый-четвертый варианты за весь период выращивания на втором этапе в соответствии с критерием Тьюки (20.09.2016 – 25.10.2016)

Результаты дисперсионного анализа по каждому из вариантов рецептов в отдельности за весь период выращивания в отношении массы особей на втором этапе приведены на рисунке 43, аналогичные результаты в отношении длины – на рисунке 44.

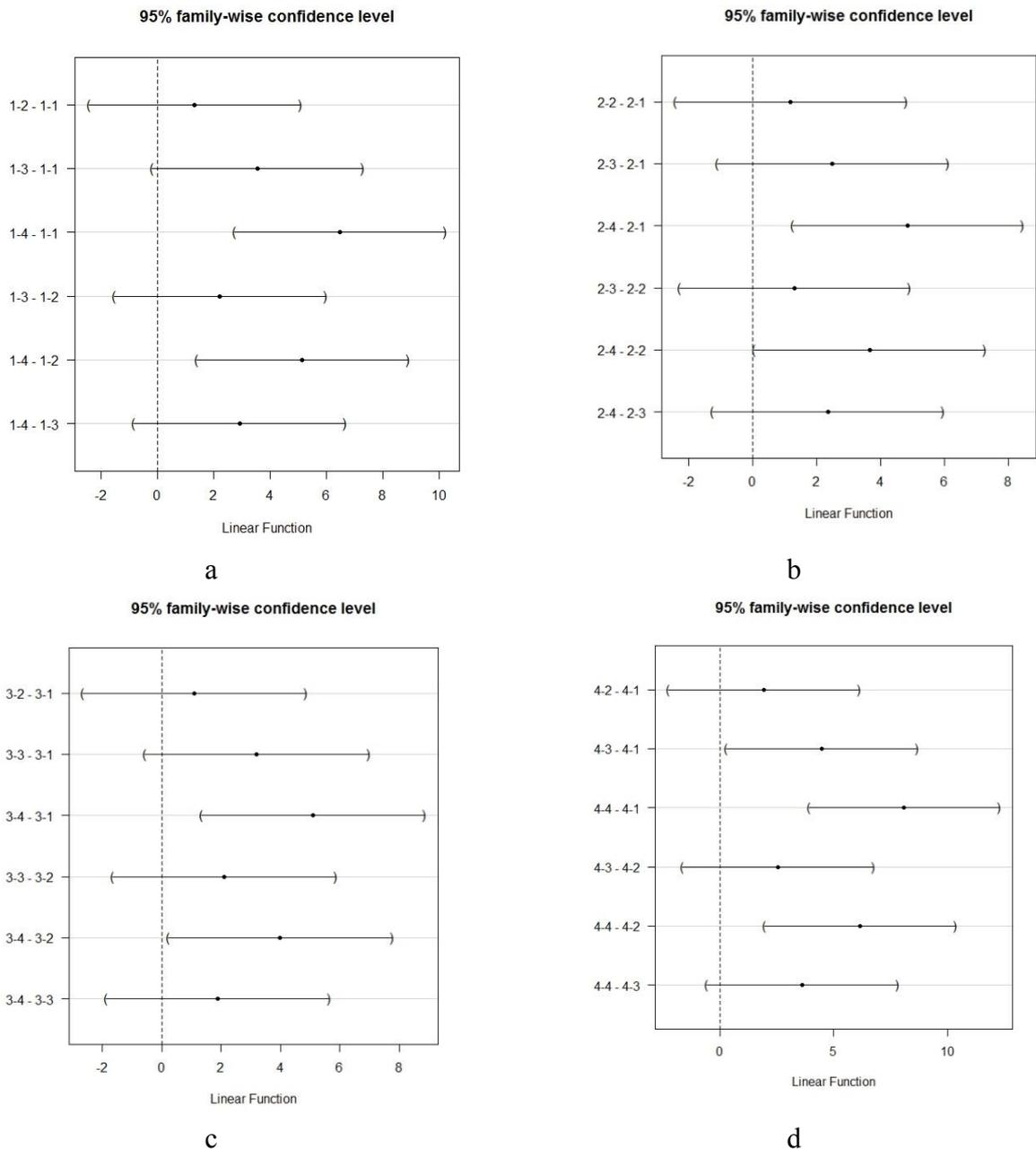


Рисунок 44 (a,b,c,d) – Результаты сравнения средних величин по длине первый - четвертый варианты за весь период выращивания на втором этапе в соответствии с критерием Тьюки (20.09.2016 – 25.10.2016)

Необходимо отметить, что было выявлено статистически значимое отличие между первой и последними контрольными точками облова во всех анализируемых

случаях, что свидетельствует о высоком продуктивном потенциале заложенных рецептов.

Рассмотрим результаты аналогичного анализа в отношении показателей массы молоди (рис. 45) для третьего этапа эксперимента.

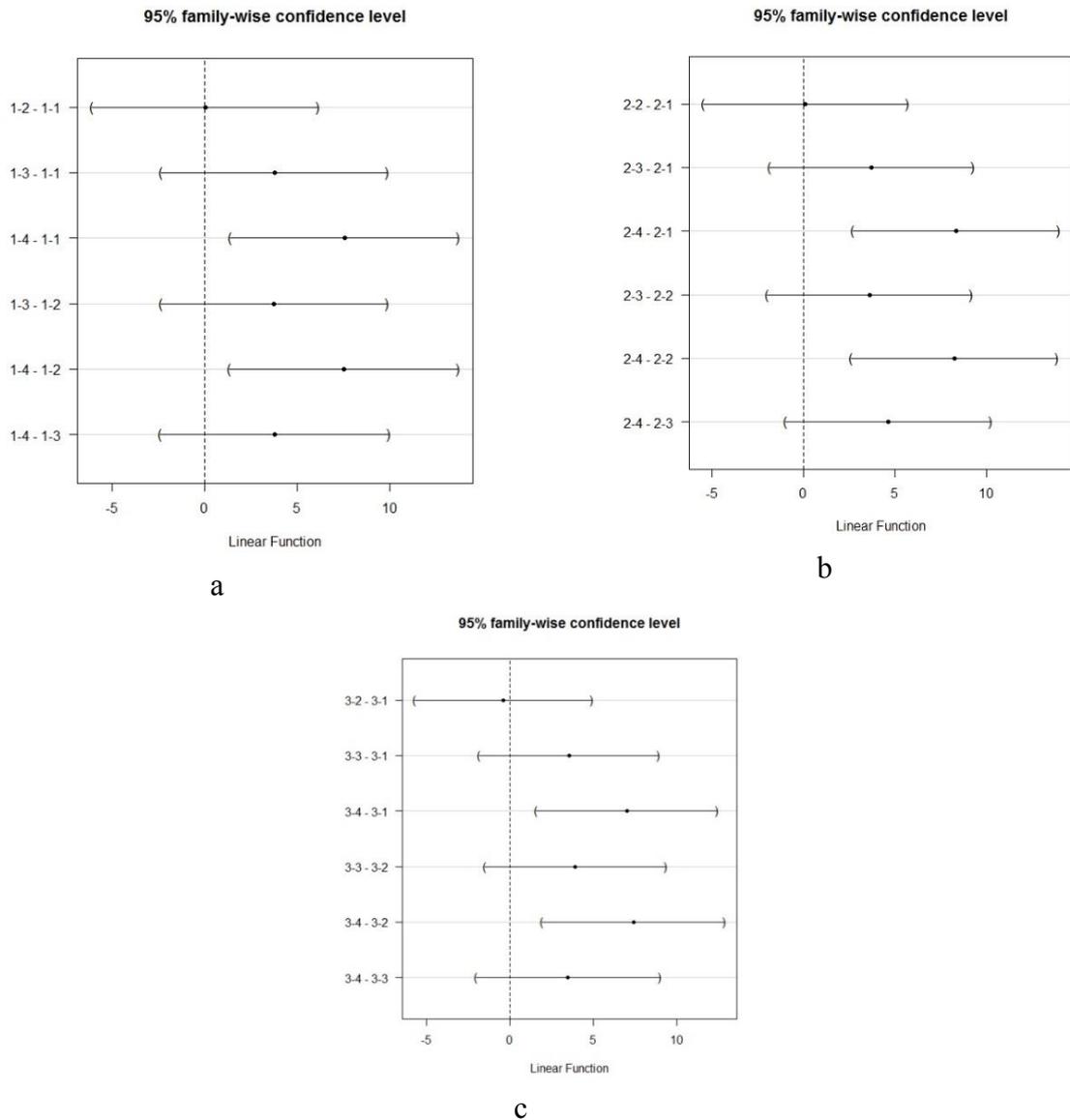


Рисунок 45 (a,b,c) – Результаты сравнения средних величин по массе молоди карповых в соответствии с критерием Тьюки на третьем этапе эксперимента (01.12.2016 - 06.01.2017 г.)

Результаты прироста массы для каждого из трех анализируемых вариантов рецептов также подтверждают статистическую разницу средних по выборкам между начальными контрольными точками облова и конечными. Кроме того, для контроля, второго и третьего вариантов рецептуры конечное значение массы значительно отличается не только от начального, но и от результата измерений на

второй контрольной дате. Также стоит отметить, что выборка особей, выращиваемых на третьем варианте рецептуры уже на третьей контрольной точке измерения значимо превышает усредненное начальное значение массы.

Для всех вариантов зафиксировано статистически значимый рост массы молоди на последней точке измерений (06 января 2017 г.) в сравнении не только со средней начальной массой, но также и с усредненной массой на второй точке измерения (12 декабря 2016 г.) (рис 46).

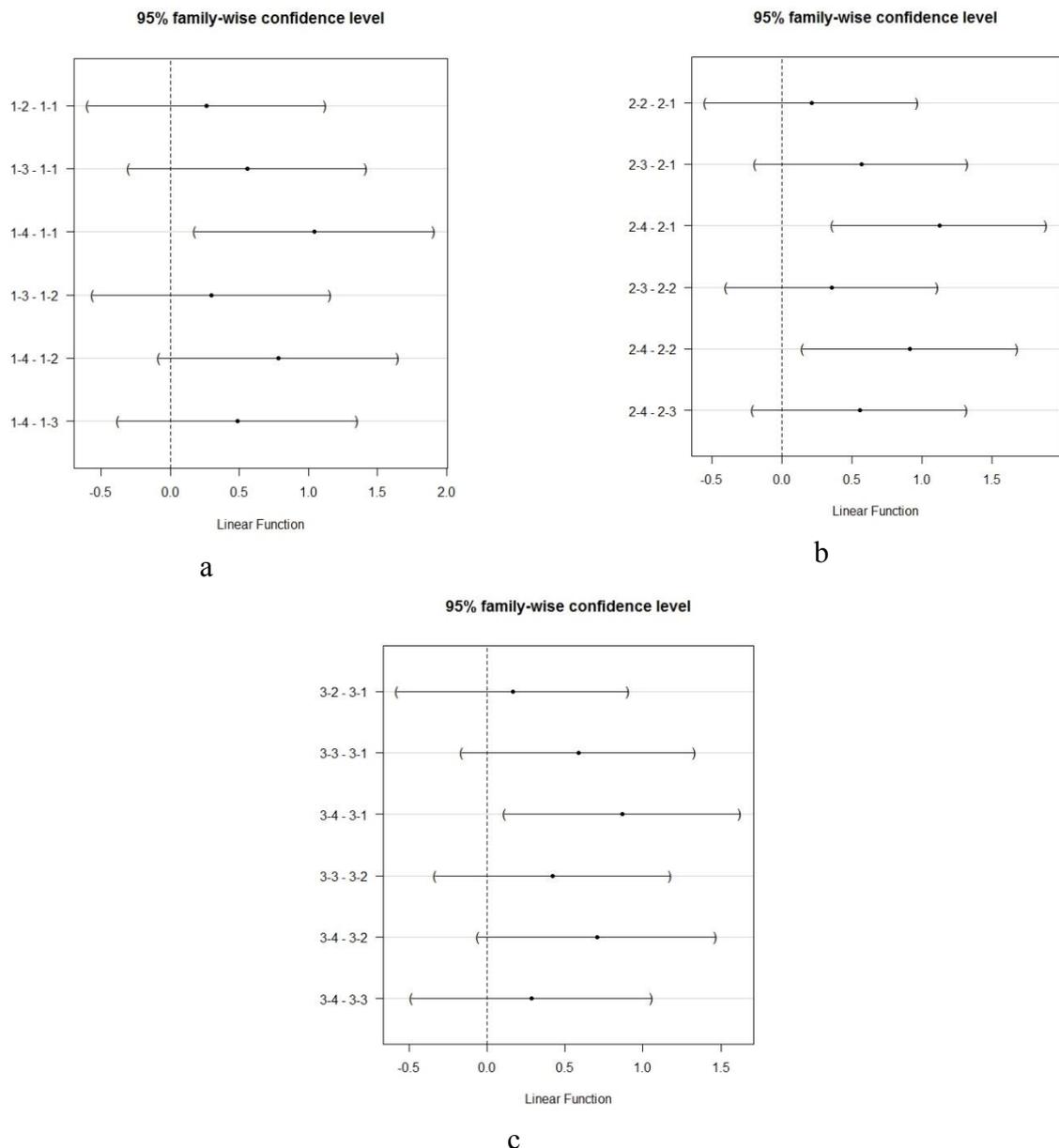


Рисунок 46 (a,b,c) – Результаты сравнения средних величин по длине молоди карповых в соответствии с критерием Тьюки на третьем этапе эксперимента (01.12.2016 - 06.01.2017 г.)

На рисунках 46-47 приведены результаты дисперсионного анализа экспериментальных выборок по массе и длине соответственно для сравнения трех исследуемых рецептов на каждую из дат контрольного промера.

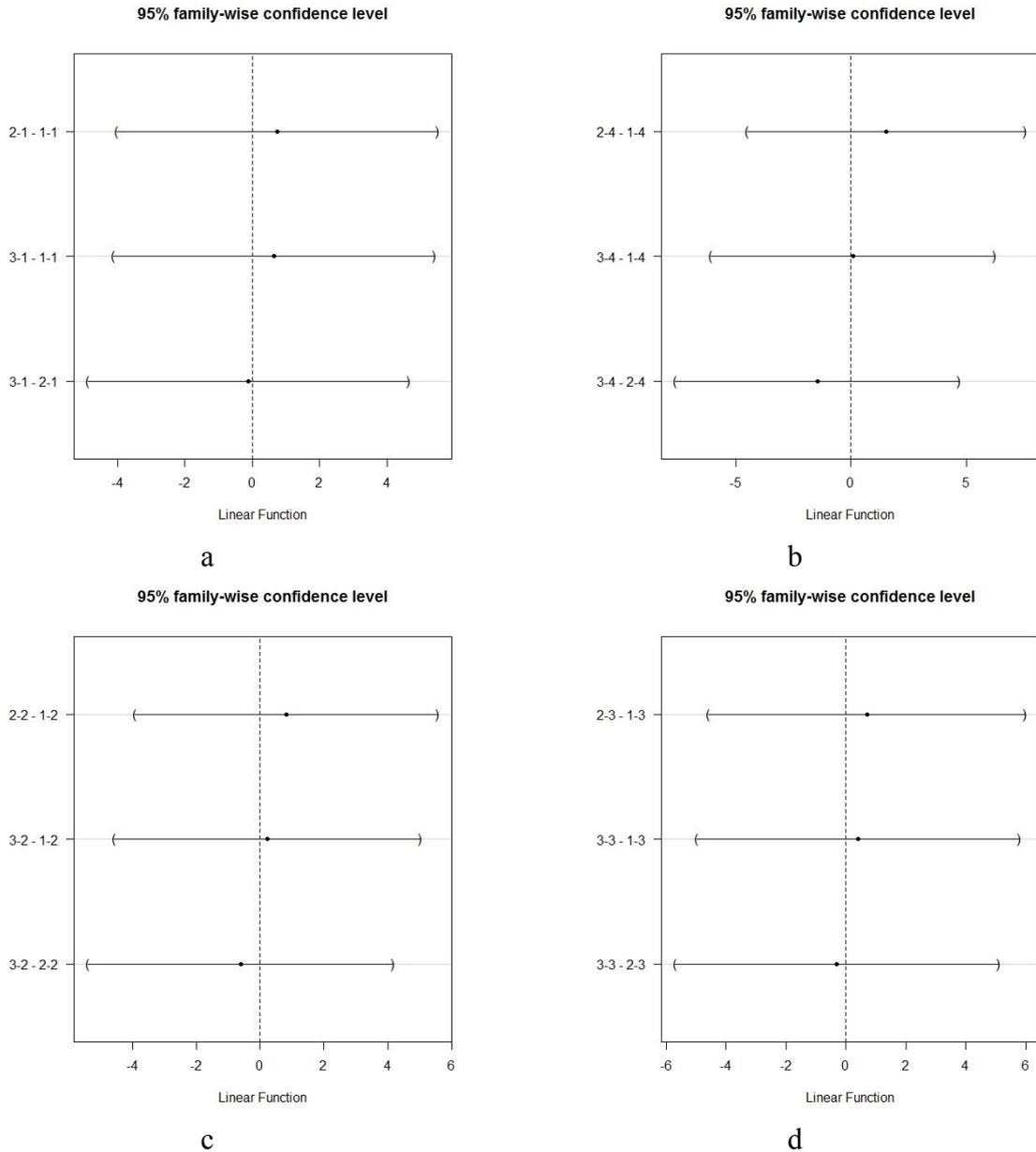


Рисунок 47 (a,b,c,d) – Результаты сравнения средних величин по массе для 3 вариантов за весь период выращивания в соответствии с критерием Тьюки

Также, как и при анализе прироста массы, во всех случаях, включая контроль, был зафиксирован статистически значимый прирост массы в конечной точке измерения (06 января 2017 г.) в сравнении с усредненными начальными значениями длины, с другой стороны, статистически значимое различие между конечной и второй (12 декабря 2016 г.) точками измерений было отмечено только для первого

варианта рецептуры. Сравнение между собой усредненных значений массы особей, выращиваемых на различных вариантах рецептов, включая контрольную, не выявило статистически значимых различий ни в одном случае, ни по одной из дат измерения.

Результаты сравнительного анализа контроля и рецептов по состоянию на каждую из дат измерения в отношении усредненных длин особей дало аналогичные результаты (рис. 48).

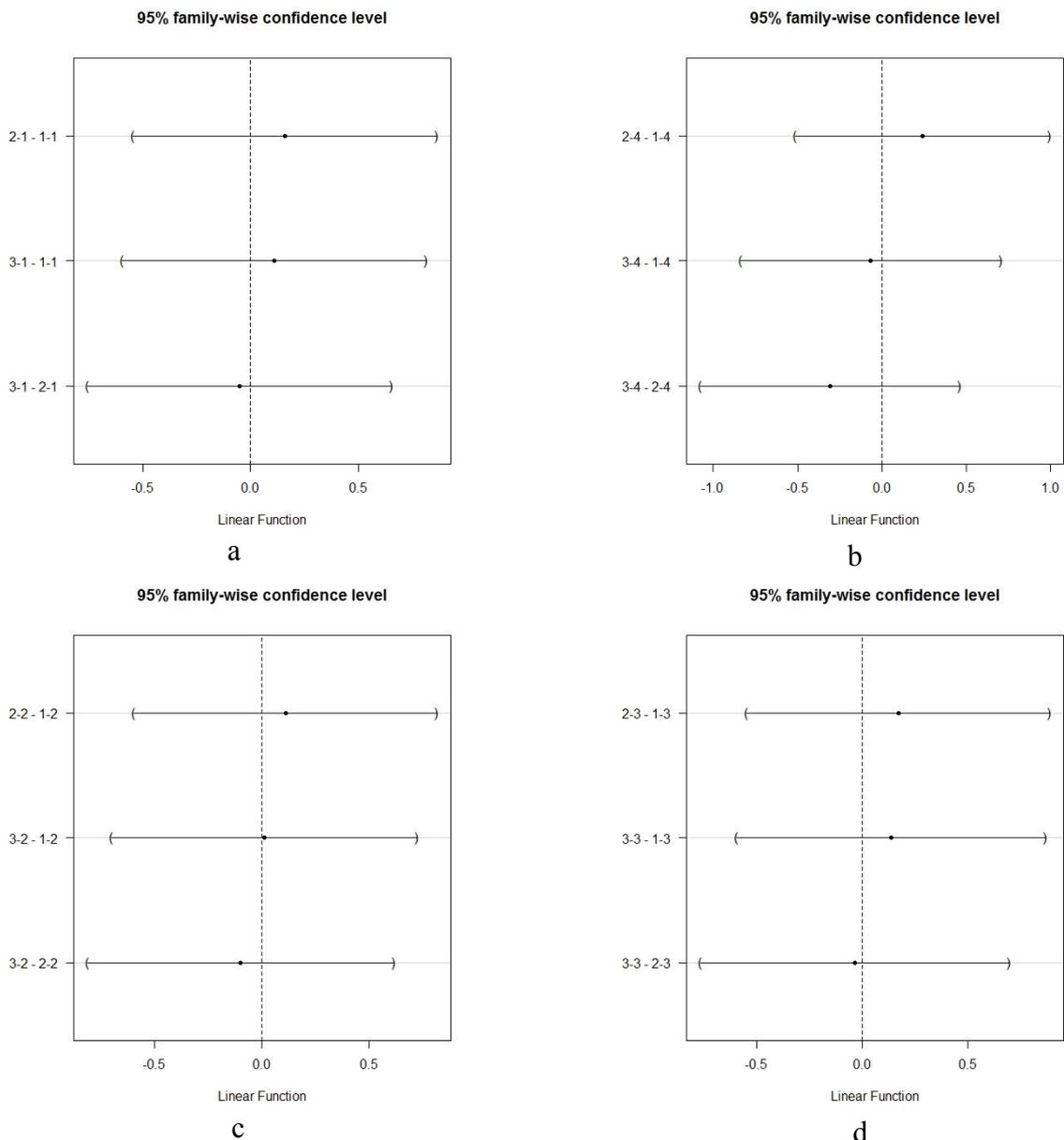


Рисунок 48 (a,b,c,d) – Результаты сравнения средних величин по длине для 3 вариантов за весь период выращивания в соответствии с критерием Тьюки.

Статистически значимых различий в длине по состоянию на каждую из дат измерения между разными рецептурами, включая контроль, выявить не удалось.

Сводные результаты по третьему этапу эксперимента приведены на рисунке 49.

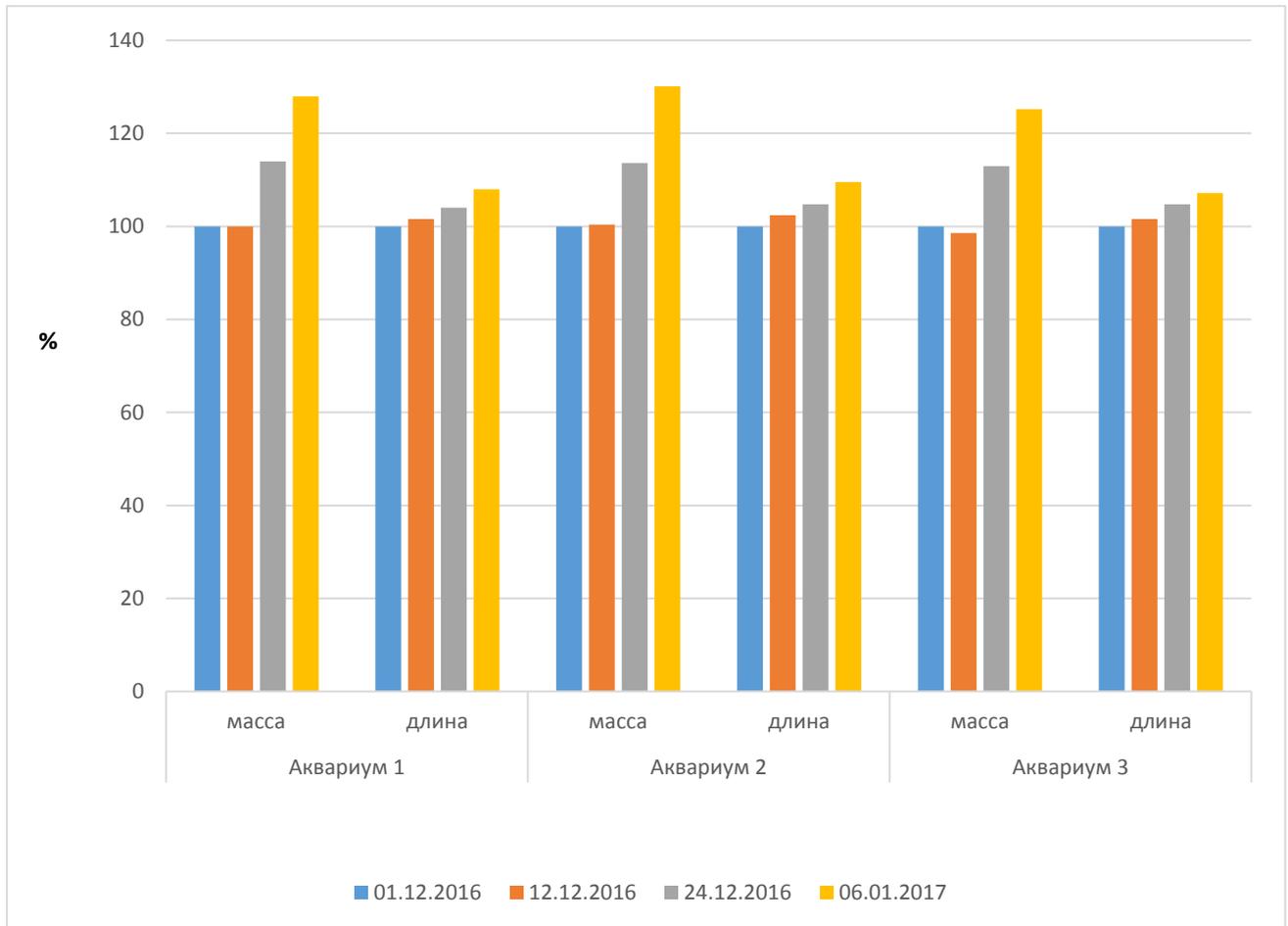


Рисунок 49 – Относительный прирост длины и массы молоди на третьем этапе эксперимента

Молодь, выращенная на рецептуре 1, по состоянию на завершающую дату эксперимента третьего этапа показала лучший темп роста – на 30% массы по сравнению с начальным значением, что превышает аналогичные темпы для контроля и второго экспериментального комбикорма в 1,2 раза.

Результаты контрольных замеров массы и длины в течение выращивания на кормах разных рецептур с учетом данных описательной статистики и сравнения выборок с помощью дисперсионного анализа позволяют сделать заключение в отношении общей тенденции. Во-первых, во всех случаях относительный прирост средней массы выращиваемой молоди существенно превышал относительный прирост длины (в процентах от начального значения, на первой точке контрольного облова). Это свидетельствует о росте средней упитанности в процессе

выращивания. С другой стороны, несмотря на несущественный прирост средних показателей, особенно в отношении массы, в экспериментах установлена высокая изменчивость измеряемых показателей, статистически измерявшаяся различными способами (вычисление дисперсии и доверительного интервала при расчете показателей описательной статистики, расчет внутригруппового квадрата отклонения от среднего при дисперсионном анализе).

При этом величина такой изменчивости для массы была более велика в сравнении с изменчивостью в отношении длины, более того, чем дольше шел процесс выращивания, тем сильнее увеличивались и показатели изменчивости (например, во всех случаях для последних дат контрольного облова доверительные интервалы для среднего по выборке значительно превосходили таковые, полученные для начальных дат эксперимента).

С этим фактом связано и значительное количество результатов дисперсионного анализа, когда при сравнении средних по выборкам популяций, выращивавшихся на кормах разных рецептур, либо одной и той же популяции за разные даты, не удавалось обнаружить статистически значимых различий между средними по выборке несмотря на то, что взятые сами по себе, такие средние величины отличались. По-видимому, такая высокая изменчивость свидетельствует о неучтенном факторе генетической неоднородности популяций карповых, причем в отношении генов, определяющих ключевые хозяйственно-важные признаки исследуемых рыб (Рекубратский, 2007; Хабжонов, 2016). Возможно, при дальнейшем выращивании показатели массы могли выровняться, но этот вопрос заслуживает дополнительных исследований. В любом случае, на данный момент выявлен значительный фактор, снижающий эффективность технологического процесса выращивания карпа, который не удастся полностью компенсировать, просто поменяв рецептуру корма. Это отрицательный фактор для любого рыбохозяйственного предприятия, но особенно для тех хозяйств, которые рассматривают именно молодь в качестве товарной продукции. Возможным вариантом решения такой проблемы могло бы стать, помимо предпринимаемых сейчас поисков новых рецептур кормов, внедрение в практику разведения новых

перспективных видов и объектов аквакультуры, а также методов геномной селекции - способов отбора живых объектов, основанных на установлении достоверной взаимосвязи между структурой ДНК животного и уровнем проявления хозяйственно-полезных признаков. Данные методы уже применяются в сельском хозяйстве, например, при разведении крупного рогатого скота, оценка перспектив такой технологии для задач аквакультуры стала бы сама по себе весьма интересной задачей.

#### **4.2 Оценка экономической эффективности биотехнологии совмещенного производства в условиях ведения урбанизированного сельского хозяйства**

Предлагается биотехнология урбанизированного агропроизводства (сити-фермерства) для круглогодичного климатонезависимого производства свежей, натуральной, экологичной аква- и агропродукции в помещениях, без необходимости использования почвенных ресурсов, солнечного света, пестицидов и т.д. Быстроразвертываемая модульная аквапоническая система на основе «еврокуба», соответствующего стандартам хранения пищевой продукции, оборудована искусственным освещением (LED-лампы растительного спектра – «фитосвет»), предназначена для производства быстрорастущих объектов аквакультуры (различных видов рыб, а также нерыбных объектов, например, ракообразных) и овощей или фруктов.

Эффективность биотехнологии совместного выращивания основана на собственных методах выращивания и кормления, в т.ч. с использованием специализированных кормов направленного действия, изготовленных по авторским рецептурам. В базовом варианте гидропонного модуля (растениеводства) реализована техника с использованием субстрата.

##### **Базовые характеристики работы системы:**

- температура воды – 27<sup>0</sup> С;
- плотность выращиваемых объектов обеспечивает получение среднего урожая листовой зелени до 20 пучков и овощей до 3 кг/м<sup>2</sup> в месяц.



## ОБСУЖДЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Одним из путей перехода к производству экологичной и безопасной в пищевом плане рыбной продукции является реализация технологии органической аквакультуры, объединяющей два производственных направления, перспективных для развития мирового сельского хозяйства: аквакультурное производство и органическое сельскохозяйственное производство.

В производстве органической рыбной продукции аквакультура может осуществляться различными техническими способами, из которых наиболее приближенными к условиям юга России являются прудовая аквакультура на основе аквасевооборота прудовых площадей (в сельской местности), а также рециркулятивная аквакультура с применением установок замкнутого водоснабжения и, что более перспективно с экологической, энергетической и экономической точек зрения, с применением аквапонических систем для интегрированного производства экологичной продукции – рыбы и ракообразных, а также овощей и фруктов (в любых географических условиях, в т.ч. городах и пригородах).

Общей целью работы являлась разработка биолого-технологических нормативов органической аквакультуры для фермерских рыбоводных хозяйств России в качестве основы инновационных методик органического аквакультурного производства.

Частные задачи исследования охватывали, в том числе, решение научно-технических проблем, связанных с развитием природоподобных ресурсосберегающих и безотходных технологий климатонезависимого урбанизированного агропроизводства (сити-фермерства) для повышения уровня продовольственной безопасности городской среды и развития местных сообществ производителей экологически чистой пищевой продукции в любых географических условиях.

В рамках проведенной научно-исследовательской работы установлены сроки и показатели органического производства товарной аквакультурной продукции на фермерских рыбоводных хозяйствах VI рыбоводной зоны Российской Федерации

с учетом попеременного выращивания рыбы и бахчевых с последующим выводом произведенной продукции на органическую сертификацию. При этом высокая рентабельность производства достигается за счет минимизации расходов, оптимального использования основных фондов, высокой урожайности бахчевых и высокой ракопродуктивности, определяющих эффективность технологии.

Выращивание рыбы при интенсивном режиме позволяет не только существенно сократить издержки производства и достичь экономии человеческих ресурсов, но и полностью контролировать экологические и санитарные условия производства.

Также продемонстрировано, что предложенный способ интегрированного производства экологичной продукции – рыбы и ракообразных, а также овощей и фруктов, – в аквапонических системах для независимого от климата круглогодичного производства свежей, экологичной продукции в городах без использования больших площадей земли и с искусственной светокультурой (т.е. освещением специальными светодиодными лампами растительного спектра) обладает значимым потенциалом для реализации органического производства на основе высокого уровня автоматизации и контроля среды (автоматизированная система контроля и управления), отсутствия необходимости применения пестицидов и химикатов (при реализации соответствующих технологий биологической защиты).

Для производства быстрорастущих объектов аквакультуры (карповые, ракообразные), овощей и фруктов (в т.ч. листовой зелени и трав – салат, базилик и плодовых – томат, клубника и др.) могут использоваться компактные (малогабаритные) модульные установки. Эффективность работы рыбоводного модуля в них достигается на основе собственных биотехнологических наработок выращивания, а также кормления, применения специализированных кормов направленного действия, изготовленных по авторским рецептурам. Эффективность гидропонного модуля достигается с помощью контролируемой стабильной работы всей системы, реализации искусственной светокультуры (растительного спектра), биологической защиты.

Актуальность проведенной научно-исследовательской работы была обоснована и изложена в статье журнала Scopus «IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 723 (2021) 032090» «Fast-deployable co-cultivation systems in aquaculture (авторы L Yu Lagutkina, E M Evgrafova, E G Kuzmina and A N Gundareva), по результатам Международной научно-практической конференции «Обеспечение устойчивого развития в контексте сельского хозяйства, зеленой энергетики, экологии и науке о Земле» (*ESDCA 2021*).

Актуальность обусловлена необходимостью создания эффективных способов практической реализации технологии органической аквакультуры, причем не только в традиционных условиях сельского хозяйства, но и в условиях городов, критически зависящих от внешних поставок. При этом главным лимитирующим фактором развития аквакультуры в городской среде, в том числе в формате «сити-фермерства», является дефицит оборудования (конструкций – систем совместного выращивания объектов аквакультуры и растениеводства), обусловленный дороговизной и (или) низкой экологичностью, эффективностью предлагаемых на рынке решений, а также отработанных и научно обоснованных биотехнологий для такого производства.

По итогам проведенных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ был создан прототип малогабаритной системы совмещенного рециркулятивного рыбоводства и интенсивного растениеводства (аквапоники) на базе модульного сооружения с возможностью создания быстроразвертываемых и масштабируемых аквапониических сити-ферм для круглогодичного производства аквакультурной продукции и продукции растениеводства в городах и пригородах.

Разработанный модуль в своей основе имеет так называемый «еврокуб» - пищевой контейнер, средняя вместимость объема 1000,0 литров. Аквапониический модуль – нижняя часть установки общий объем составляет 0,7 м<sup>3</sup> или 700-750 литров воды. Верхний модуль крепится на каркас аквапониической части его объем составляет 250 литров. Он располагается как моно-модуль для выращивания плодовых растений, либо с ярусным гидропонным устройством, которое

используется для культивирования листовых растений. В центре находится сифон для периодического сливания всей воды в емкость с гидробионтами. Также гидропонный модуль имеет подсистему искусственного светодиодного освещения растительного спектра, биколорные фитолампы мощностью 1000-1500 Вт/кв.м, при увеличении количества внесения корма для объектов аквакультуры возможна надстройка в четырехрусную стойку для рассады базилика и салата-латук.

Разработаны биотехнологические параметры выращивания объектов аквакультуры при реализации совместного выращивания карповых (*Tinca tinca*), ракообразных (*Cherax quadricarinatus*) с растениями (листовых и плодовых культур). Разработаны биотехнологические нормативы содержания объектов аквакультуры в рыбоводном модуле: Т – 26-27<sup>0</sup>С, рН – 6,8-7,0, О<sub>2</sub> – 7,0 - 6,5 мг/л, норма кормления – 2-4 % от массы тела 2 раза в сутки, количество водных потерь и долива – 25% при норме плотности посадки со светодиодным освещением: линь - до 30 шт./м<sup>2</sup>, красноклешневые раки - до 250 шт./м<sup>2</sup> молоди и взрослых до 50 шт./м<sup>2</sup>.

Определены и изучены: оптимальная структура системы рециркулятивного рыбоводства, емкости бассейнов, возможные объемы производимой продукции, виды выращиваемых объектов аквакультуры, технологии выращивания (плотности посадки, нормы кормления, комбикорма); интенсивного растениеводства, емкости гидропонных модулей, тип гидропонной системы, виды выращиваемых растений, технологии искусственного света.

Поскольку пищевые потребности объектов выращивания являются важными факторами, очень важно учитывать их при оценке уровня устойчивости аквакультурного производства. Так как затраты на кормление рыб составляют значительную часть общих финансовых затрат во всем процессе разведения, следует выбрать оптимальный, правильно усваиваемый корм с соответствующим содержанием питательных веществ.

В результате проведенной научно-исследовательской работы получено научно обоснованное представление о качественных и количественных требованиях к рецептурам кормов, возможностях их оптимизации за счет

ингредиентов натурального происхождения, а также имеющих важное значение для водных организмов пробиотических добавок, что важно не только с точки зрения органической технологии, но для устойчивого развития аквакультуры в целом.

Технологии устойчивой аквакультуры, в том числе в органическом производстве различных объектов аквакультуры в условиях прудового содержания и замкнутых систем, а также при адаптации и в период нерестовой подготовки производителей отражены в авторской концепции «TechSA» (*technologies for sustainable aquaculture*), выступающей в качестве основы для разработки линейки специализированных кормов.

Корма направленного действия «TechSA» учитывают особенности биологии питания и потребностей в питательных веществах в процессе жизнедеятельности выращиваемых организмов, в т.ч. необходимость получения дополнительных кормовых добавок в условиях отсутствия живых кормов. Исследования, направленные на повышение эффективности комбикормов за счет введения интенсифицирующих рост кормовых добавок (в том числе таких как витграсс, ПБЭ, различные кальциевые и солевые добавки), позволили повысить конкурентные свойства комбикормов «TechSA» и успешно применять их в процессе интенсивного и прудового выращивания объектов тепловодной аквакультуры.

В 2020-21 гг. в Российской Федерации для малых и средних аквакультурных предприятий имелась возможность сертифицировать производимую продукцию по стандартам органического производства (ГОСТ) на безвозмездной основе.

Для прохождения процедуры сертификации в целях подтверждения соответствия национальному стандарту органической аквакультуры лицензированными операторами сертификации были разработаны схемы перехода аквакультуры на производство органической аква- и агропродукции.

Предложенная автором технология перехода к органическому производству основана на выведении прудовых площадей после выращивания объектов аквакультуры под посеvy бахчевых культур и обратно с периодичностью каждые

3 года. Достигнутый экологический и экономический эффект подхода включает: сокращение объема вносимых удобрений и расхода комбикормов, повышение урожайности бахчевых после повторного их культивирования на месте осушенных прудов, повышение рыбопродуктивности во вновь организованных прудах, что позволило обеспечить высокий уровень готовности к соответствию требованиям органического производства, более высокую экологичность получаемой продукции (а следовательно и продовольственную безопасность продукции). Технология органической аквакультуры позволяет в среднем увеличить рентабельность производства в южных регионах России объектов аквакультуры и растениеводства на 6 %, обеспечивая рост прибыли до 40 %.

## ВЫВОДЫ

1. Доминирующими объектами в составе прудовой биомассы являлись ветвистоусые ракообразные р. Дафнии, при этом в белужьих, осетровых и севрюжьих прудах их количество составило 48, 51 и 69% соответственно. Второй преобладающей группой в прудах, где проводилось выращивание молоди белуги и русского осетра, являлись науплии лептостерий 39 и 17% соответственно. В прудах, где выращивали молодь севрюги, 15% биомассы составляли личинки стрекоз и клопы.

Отмечены различия биомассы, полученной при спуске прудов, в которых выращивались разные виды осетровых рыб, по составу питательных веществ. Максимальным содержанием уровня протеина характеризовалась биомасса из белужьих прудов - 64,0 %. В прудах, где проводилось выращивание молоди русского осетра и севрюги, уровень протеина был несколько ниже – 56,0% и 60,0% соответственно. Показатель жира в прудовой биомассе находился на уровне 3,9-5,2%. Максимальный (27,7%) и минимальный (19,1%) уровни углеводов отмечены в биомассе осетровых и белужьих прудов соответственно.

2. Использование кормов с биопротеином при выращивании молоди осетровых позволяет повысить прирост массы на 5-12%, улучшить физиолого-биохимические показатели контрольной группы и увеличить гемоглобин на 12%, концентрацию белка в крови на 29%, при этом снизить СОЭ на 26%.

При выращивании пресноводной креветки в малокормных прудах с применением кормов на основе биопротеина прирост увеличивается в 2 раза, что способствует увеличению ракопродуктивности на 33%.

Использование разработанных для австралийских красноклешневых раков комбикормов на основе биопротеина увеличивает темп роста молоди на 27%, выживаемость производителей до 90%. Использование производственного комбикорма обеспечивает эффективное формирование ремонтно-маточного стада при шестикратном увеличении прироста.

3. Предложенный способ производства новых объектов аквакультуры (австралийские раки, пресноводные креветки) в сочетании с бахчевыми (дыни,

арбузы) за один вегетационный сезон позволяет снизить в 8 раз нормы внесения органических удобрений до 12,5% от исходных, обеспечивает положительную динамику развития кормовой базы прудов на протяжении всего вегетационного периода, увеличивая в среднем биомассу зоопланктона и зообентоса на 38 % и 70 % соответственно.

Выращивание по технологии органической аквакультуры приводит к увеличению товарной массы и улучшению функционального и физиологического состояния ракообразных в прудах, о чем свидетельствует повышение уровня информационного биоиндикатора в 1,3 раза при показателях концентрации общего сывороточного белка гемолимфы у *Cherax quadricarinatus* –  $40,8 \pm 4,5$  г/л, *Macrobrachium rosenbergii* –  $50,29 \pm 4,7$  г/л.

4. Установлено эффективное применение комбикорма на основе биопротеина, способствующего быстрой и результативной адаптации особей из естественной популяции к искусственным условиям содержания. Выживаемость особей линия, содержащихся на разработанном рационе, составляет 90%, прирост массы 35-47%.

В аквасевообороте при выращивании молоди линия в прудах интенсивным методом с применением стартового комбикорма прирост массы рыб повышается на 49% в сравнении с экстенсивным методом, что позволяет получить дополнительный вид органической продукции за два вегетационных сезона.

5. Разработанные биотехнические приёмы выращивания органической продукции аквакультуры в прудовых предприятиях в условиях южного региона России позволяют повысить продуктивность на естественной кормовой базе: австралийского красноклешневого рака – 400 кг/га и гигантской пресноводной креветки – 500 кг/га, с дополнительным прикормом: 990 кг/га и 972 кг/га соответственно.

Производство продукции ракообразных способом органической аквакультуры на естественной кормовой базе увеличивает рентабельность и прибыль на 7,5% и 24%, с организацией дополнительного кормления на 4,5 % и 52,3% соответственно.

6. Определено комплексное влияние абиотических факторов среды в аквапониической системе при выращивании австралийских раков, линей и листовой зелени, овощей. Оптимальными параметрами водной среды в системе являются: температура – 27<sup>0</sup>С, рН – 7,0, O<sub>2</sub> – 6,5 мг/л, NH<sub>4</sub> – 0,01-0,1, NO<sub>2</sub>/NO<sub>3</sub> – 0,02-0,1/0,5-4,5), еженедельная подпитка водой до 25 %.

Эффективной плотностью посадки, при которой наблюдаются максимальные показатели прироста массы и оптимальные показатели референтных значений констант гомеостаза, является для австралийских раков: массой ≤ 5 г - 250 шт./м<sup>2</sup>, ≤ 40 г - 50 шт./м<sup>2</sup>, для линей массой ≥ 100 г - 30 шт./м<sup>2</sup>. Норма кормления объектов аквакультуры варьирует от 2 до 4%.

При оптимальном воздействии комплекса абиотических и биотических параметров определена максимальная продуктивность объектов аквакультуры и растениеводства: 4,0 кг/м<sup>2</sup> раков, 3,0 кг/м<sup>2</sup> линия, 20 пучков/м<sup>2</sup> листовой зелени, 3,0 кг/м<sup>2</sup> овощной продукции.

7. Эксплуатация быстроразвертываемых малогабаритных модульных аквапониических систем в рамках малого и среднего бизнеса в городах для урбанизированных хозяйств (сити-фермерства) с целью получения продукции аквакультуры и растениеводства рентабельнее на 34% в сравнении с традиционно применяемой технологией интенсивного выращивания объектов аквакультуры.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В целях организации производства в соответствии со стандартами органической аквакультуры с выходом на сертификацию продукции по стандарту органического производства:

- при выращивании осетровых, карповых, ракообразных в условиях органической аквакультуры применять комбикорма линейки «TechSA»;
- в условиях органической прудовой аквакультуры осуществлять аквасевооборот и попеременное выращивание ракообразных и бахчевых;
- в условиях органического сити-фермерства применять технологии совместного выращивания объектов аквакультуры и растениеводства в быстроразвертываемой модульной аквапонической системе.

2. Предприятиям, осуществляющим производство комбикорма для аквакультуры, расширить номенклатуру производимых комбикормов за счет производства органических комбикормов с введением в их состав пробиотических препаратов, позволяющих сократить объем использования и/или полностью отказаться от применения антибиотиков, а также с использованием кормовых добавок, заменяющих рыбную муку (альтернативных источников протеина).

3. В целях повышения устойчивости развития органической аквакультуры, а также повышения видового разнообразия выращиваемых объектов аквакультуры развивать линеводство (выращивание линей *Tinca tinca*), что будет способствовать получению объекта, альтернативного традиционному карпу, но с более высокими потребительскими свойствами, а также включить в рыбоводный реестр и развивать выращивание ракообразных в частности, австралийского красноклешневого рака (*Cherax quadricarinatus*).

## ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшее развитие темы предполагает разработку следующих консолидированных бионормативов органического производства аквакультурной продукции, готовой к выходу на сертификацию в области пищевой безопасности:

- повышение общей продукционной эффективности и рентабельности органической технологии аквакультуры;
- расширение линейки комбикормов (стартовых, продукционных) для органической аквакультуры, в т.ч. для новых объектов аквакультуры (пиленгас (*Liza haematocheilus*), кумжа (*Salmo trutta*), пирания (*Colossoma macropomum*));
- расширение разнообразия выращиваемых объектов органической аквакультуры и растениеводства в быстроразвертываемой малогабаритной модульной установке с аквапониической системой (физалис, узкопалые раки (*Astacus leptodactylus*));
- создание автоматизированной системы мониторинга, контроля и управления аквапониическим производством (контроль параметров воды: рН, растворенный кислород, нитриты, нитраты, аммоний, жесткость и др.; окружающей среды, для растений – влажность воздуха, температура, концентрация углекислого газа и др.);
- разработку аппаратной части быстроразвертываемой малогабаритной модульной установки с аквапониической системой (сенсоры, сбор данных, обработка данных, визуализация данных) и кроссплатформенное клиентское приложение (веб-приложение / мобильное приложение), при помощи которого пользователи-сити-фермеры смогут контролировать процесс производства в режиме реального времени (а также управлять рядом подсистем);
- расширение методик исследований и контроля при помощи дисперсионного анализа с поправкой на множественные сравнения по критерию Тьюки (в случае анализа более 2 групп) с получением более точного представления о влиянии разработанных кормов на изучаемые объекты (для осетровых, карповых, ракообразных).

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

КФ – кислоторастворимые фракции

РНК – рибонуклеиновые кислоты

ДНК – дезоксирибонуклеиновые кислоты

TechSA – (technologies for sustainable aquaculture) технологии устойчивой аквакультуры

ФАО – Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН

DQS – Международный холдинг по аудиту и сертификации

IFOAM – Международная федерация экологического сельскохозяйственного движения

FiBL – (Research Institute of Organic Agriculture) - Научно-исследовательский институт органического сельского хозяйства

НТИ – Национальная технологическая инициатива

ГОСТ – государственный стандарт

ОСТ – отраслевой стандарт

УЗВ – установка замкнутого водоснабжения

ANOVA – дисперсионный анализ, статистический метод исследования значимости различий между средними в выборках с помощью анализа выборочных дисперсий в предположении о нормальности распределения в выборках и однородности их дисперсий.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абакумов, В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В.А. Абакумов, Н.П. Бубнова, Н.И. Холикова, Т.П. Горидченко, Р.А. Лиёпа, Н.Л. Свирская, Л.А. Ганьшина, В.А. Семин, В.М. Хромов, Д.И. Никитин, В.М. Катанская, И.М. Распопов. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.
2. Аблеев, Д.Р. Влияние пробиотика «Olin» на функциональное состояние производителей тилапии / Д.Р. Аблеев, С.В. Пономарев, А.Б. Ахмеджанова, Х.А. Хамад // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2018. – № 3. – С. 70-77.
3. Аллам, А.Ю.Ф. Хитин и хитозан: строение, свойства, применение / А.Ю.Ф. Аллам, Н.В. Долганова // Вестник науки и творчества. – 2016. – № 10 (10). – С. 11–14.
4. Антипов, В.А. Обоснование применения пробиотика «OLIN» при выращивании цыплят – бройлеров / В.А. Антипов, В.И. Фисинин, И.А. Егоров, В.М. Субботин // Ветеринария. Эффективность и перспективы применения пробиотиков. – 1980. – № 12. – С. 55-57.
5. Барышков, Ю.А. Определение общих липидов в сыворотке с помощью сульфифосфованилиновой реакции / Ю.А. Барышков, Ю.Е. Вельтищев, З.Н. Фомина, И.Н. Кремлева, Л.Г. Мамонова. – Москва: Лабораторное дело № 6, 1966. – 352 с.
6. Бахарева, А.А. Применение продуктов глубокой переработки крабов для профилактики деформации осевого скелета у осетровых рыб / А.А. Бахарева, Ю.Н. Грозеску, Ю.В. Сергеева // Материалы 62-ой международной научной конференции АГТУ. – 2018. – С. 218.
7. Бахарева, А.А. Ускоренное формирование продукционных стад стерляди / А.А. Бахарева, Ю.Н. Грозеску, С.В. Пономарев // Вестник (НГАУ) Новосибирский государственный аграрный университет. – 2015. – № 2 (35). – С. 101-106.
8. Бентли, М. Промышленная гидропоника / М. Бентли. – Москва: Рипол Классик, 2013. – 382 с.

9. Белова, И.Н. Рынок органических продуктов: мировые тенденции и перспективы развития в России / И.Н. Белова, Е.А. Карслянц // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. – 2014. – № 2. – С. 40-48.
10. Боева, Л.В. Руководство по химическому анализу вод суши. Ч. 1 / Л.В. Боевой. – Ростов – на – Дону: НОК, 2009. – 1044 с.
11. Брюзгин, В.Л. Методы изучения роста рыб по чешуе, костям и отолитам / В.Л. Брюзгин. – Киев: Наукова думка, 1969. – 198 с.
12. Буруковский, Р. О репродуктивной биологии самок креветки *Crangon Crangon* (L.) (Decapoda, Crangonidae) / Р. Буруковский, Е. Иванов // Океанология. Морская биология. – 2015. – № 1. – С. 93 – 102.
13. Бутенко, Л.И. Исследования химического состава пророщенных семян гречихи, овса, ячменя и пшеницы / Л.И. Бутенко, Л.В. Лигай // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 4. – С. 1128–1133.
14. В 2020 году в России произвели 23,4 тыс.тонн комбикормов для рыб. – SoyaNews. – 2021. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://soyanews.info/news/v\\_2020\\_godu\\_v\\_rossii\\_proizveli\\_23-4\\_tys-tonn\\_kombi\\_kor\\_mov\\_dlya\\_ryb.html](http://soyanews.info/news/v_2020_godu_v_rossii_proizveli_23-4_tys-tonn_kombi_kor_mov_dlya_ryb.html).
15. В России продолжает расти производство комбикормов для рыб. – SoyaNews. – 2021. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://soyanews.info/news/v\\_rossii\\_prodolzhaet\\_rasti\\_proizvodstvo\\_kombikormov\\_dlya\\_ryb.html](http://soyanews.info/news/v_rossii_prodolzhaet_rasti_proizvodstvo_kombikormov_dlya_ryb.html)
16. Ветлугина, Т.А. Состояние запасов линя в Волго-Каспийском рыбохозяйственном подрайоне / Т. А. Ветлугина // Материалы докладов II Всероссийской конференции с международным участием. – 2014. – Т. 1. – С. 638.
17. Воинов, И.М. Рост и развитие годовиков карпа (*Cyprinus Carpio* L.) при выращивании методом аквапоники / И.М. Воинов, Д.И. Березина // В сборнике: Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны. Материалы III национальной научно-практической конференции. Под редакцией А.А. Васильева. – 2018. – С. 43-49.

18. Волков, М.Ю. Изучение влияния нового пробиотика на обменные процессы и показатели иммунитета кур / М.Ю. Волков, И.А.Тухбатов // Нива Урала. – 2006. – № 2. – С. 14– 15.
19. Галюжин С.Д. Проблемы голода-важнейшая экологическая проблема / С.Д. Галюжин, А.С. Галюжин, О.М. Лобикова // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2008. – № 4 (21). – С. 157-167.
20. Гамыгин Е.А. Комбикорма для рыб / Е.А. Гамыгин, В.Я. Лысенко, В.Я. Скляр, В.И. Турецкий. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 167 с.
21. Гамыгин Е.А. Итоги работы по созданию новых кормов для ценных объектов аквакультуры / Е.А. Гамыгин, М.А. Щербина, А.А. Передня // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2004. – № 2 (21). –С. 55-60.
22. ГОСТ 27065-86 Качество вод. Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2003. - 8 с.
23. Городское сельское хозяйство / FAO. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fao.org/urban-agriculture/ru/>.
24. Гончаренко, О.Е. Рыбоводно-биологические особенности искусственного воспроизводства линя (*Tinca tinca L.*) в условиях Калининградской области / О.Е. Гончаренко // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2009. – № 4. – С. 25-35.
25. Голодец, Г.Г. Лабораторный практикум по физиологии рыб / Г.Г. Голодец. – М.: Пищепромиздат, 1955. – 92 с.
26. ГОСТ 10385-2014 Комбикорма для рыб. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2014. – 23 с.
27. ГОСТ 13496.0-80. Комбикорма, сырье. Методы отбора проб (с изменениями № 1, 2, 3) – М.: Стандартиформ, 2011. – 5 с.
28. ГОСТ 13496.13-75. Комбикорма. Методы определения запаха, зараженности вредителями хлебных запасов – М.: Стандартиформ, 2011. – 3 с.
29. ГОСТ 22834-87. Комбикорма гранулированные. Общие технические условия – М.: Стандартиформ, 1988. – 5 с.

30. Гохберг, Л.М. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года : монография / Л.М. Гохберг, А.Ю. Гребенюк, Е.Л. Дьяченко, Г.А. Китова, Т.Е. Кузнецова, И.Ф. Кузьминов, И.В. Логинова, С.В. Мартынова, Т.В. Ратай, П.Б. Рудник, А.В. Соколов, А.Б. Суслов, Е.Е. Точилина, С.Ю. Фридлянова, К.С. Фурсов, А.А. Чулок. – Москва: НИУ ВШЭ, 2017. – 140 с.
31. Дегтярева Л.В. Экологические аспекты распределения органического вещества в воде и донных отложениях Северного Каспия // Л.В. Дегтярева, Д.В. Кашин / Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2014. – №12. – С. 39-44.
32. Дегтярева, Л.В. Влияние термохалинной стратификации северокаспийских вод на кислородный режим в придонном слое / Л.В., Дегтярева, Е.Г. Лардыгина, Д.В. Кашин // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2018. – № 6. – С. 23-28.
33. Дворянинова, О.П. Технологические аспекты получения новых кормовых продуктов для объектов аквакультуры / О.П. Дворянинова, А.В. Соколова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2019. – № 1(27). – С. 31-40.
34. Дорожная карта «Food Net» НТИ. – М.: Фуднет. – 2017. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nti2035.ru/markets/foodnet>
35. Дьяков, Р.Ю. Применение альтернативных источников белка в технологии кормов для аквакультуры / Р.Ю. Дьяков, О.П. Дворянинова, А.В. Соколов // В сборнике: Студенческий научный форум. материалы Международной студенческой научной конференции. – Москва. – 2020. – С. 92-93.
36. Дулина, А. С. Роль жаброногого рачка стрептоцефалюса (*Streptocephalus torvicomis* (WAGA, 1842)) в питании молоди осетровых рыб /А. С. Дулина // Естественные науки. - Астрахань: Изд - во «Астраханский государственный университет». – 2005. – № 10. – С. 79 - 83.

37. Евграфова, Е.М. Перспектива использования линя и австралийского рака в суперэффективных системах - аквапонике / Е.М. Евграфова, Л.Ю. Лагуткина, Е.Г. Кузьмина. // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2019. – № 9 (164). – С. 62-70.
38. Жадин В. И. Методы гидробиологического исследования / В. И. Жадин. – М.: Высшая школа, 1974. – С. 189.
39. Жандалгарова, А.Д. Продукционный комбикорм для производителей осетровых рыб с добавлением пробиотика и биологически активных веществ \ А.Д. Жандалгарова, А.А. Бахарева, Ю.Н. Грозеску, Л.З. Кравцова, И.В. Правдин. Патент на изобретение RU 2656386 С1, 05.06.2018. Заявка № 2017116295 от 10.05.2017.
40. Жигин, А.В. Гигантская пресноводная креветка как объект индустриальной аквакультуры / А.В. Жигин, Н.П. Ковачева, Р.О. Лебедев // Обзорная информация. Прибрежное рыболовство и аквакультура. – 2014. – № 3. – С. 131.
41. Заика, В.Е. Сравнительная продуктивность гидробионтов. / В.Е. Заика. – Киев: Наукова думка, 1983. - 208 с.
42. Залепухин, В. В. Элементы доместикации в аквакультуре / В. В. Залепухин // Международная научно – практическая конференция «Человек и животные». – 2008. – С. 50-52.
43. Захаров, В. С. Комбикорма для товарного рыбоводства / В. С. Захаров // Комбикорма. – 2010. – № 6. – С. 34–35.
44. Зиновьева О.И. Дорожная карта «FoodNet (ФудНет): Рынок персонализированного питания» Национальной технологической инициативы (Проект). – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docplayer.ru/40648851-Nacionalnayatehnologicheskaya-iniciativa-koncepciya-dorozhnoy-karty-razvitiya-rynka-fudnet.html>
45. Иванов, А.В. Сборник информационных материалов по теме: «Аквапоника – Технология сельского хозяйства будущего» / Иванов А., Пойминова В., Маркелова В., Ижикова Т. – Белгород: ОГАУ «ИКЦ АПК», 2015. – 46 с.

46. Иванова, М.А. Аквапоника Промбио: Здоровая рыба, «Зеленая» энергетика и стартовые корма на основе гаприна / М.А. Иванова, В.А. Нестеров В.А. // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2016. – №1 (156). – С. 52 – 64.
47. Какимов, А.К. Функциональная роль пробиотиков и пребиотиков в технологии мясных продуктов / А.К. Какимов, Ж.С. Есимбеков, Ж.Х. Какимова, А. Е. Бепеева // Молодой ученый. – 2016. – №3. – С. 111 – 114.
48. Калашников, Г. Н. Состав крови у рыб / Г. Н. Калашников. – М.: Наука, 1939. –18 –22 с.
49. Калмыков, Е.В. Инструкция по разведению речных раков / Е.В. Калмыков. – Астрахань: КаспНИРХ, 2004. – 30 с.
50. Кашин, Д.В. Оценка состояния вод Северного Каспия по биогидрохимическим показателям / Д.В. Кашин, Л.В. Дегтярева // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. – № 5. – С. 60-64.
51. Кашин, Д.В. Зависимость насыщения северокаспийских поверхностных вод кислородом от гидрохимических параметров стока р. Волги // Д.В. Кашин, Л.В. Дегтярева, Н.В. Галушкина // Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018» (24 – 27 сентября 2018 г.) / под ред. Л. И. Лукиной, Н. А. Бежина, Н. В. Ляминой. – Севастополь: СевГУ, 2018. – С. 530-533.
52. Киреева, И.Ю. Использование ресурсосберегающих технологий в рыбохозяйственных водоемах / И.Ю. Киреева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. –1999. – Т. 11. – № 1-2. – С. 73-76.
53. Китай задумал реформу рыболовства. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fishnews.ru/news/30479>
54. Коваленко, Е.Г. Роль органического сельского хозяйства в устойчивом развитии сельских территорий / Е.Г. Коваленко // Российская экономика в условиях новых вызовов современной эпохи: материалы Всероссийской научно-практической конференции. –2017. – С. 292 – 298.
55. Кожова О. М. Инструкция по обработке проб планктона счетным методом / О. М. Кожова, Н. Г. Мельник. – Иркутск. – 2009. – С. 3 - 18.

56. Козлов, В.И. Агрогидробиоценозы: терминология, теория, методология, освоение в производстве / В.И. Козлов // Рыбохозяйственное освоение водоемов комплексного назначения. Информационный пакет. – 1990. – С. 4-10.
57. Козлов, В.И. Агрогидробиоценозы: рыбосевооборот и эпизоотическое благополучие / В.И., Козлов, А.М. Наумова, И.Г. Бабичева // Интегрированное рыбоводство. Серия: Аквакультура. – 1992. – Вып.1. – С. 21.
58. Козлов, В.И. Интегрированные технологии в Ставропольском крае: рыба + гуси, рыба + нутрии / Козлов В.И., Серветник Г.Е., Куликов А.С. // Рыбное хозяйство. Серия: Аквакультура. – 1992. – С. 10-21.
59. Козлов, В.И. Концепция развития интегрированных технологий в агрогидробиоценозе / В.И. Козлов // Рыбное хозяйство. Серия: Аквакультура. – 1992. – С. 1-10.
60. Козлов, В.И. Концепция развития интегрированных технологий в агрогидробиоценозах / В.И. Козлов // Интегрированное рыбоводство. Серия: Аквакультура. – 1992. – Вып.1. – С. 2 – 3.
61. Козлов, В.И. Оценка совокупности продукции при интегрированных технологиях / В.И. Козлов // Тезисы докладов Всесоюзного научно-производственного совещания по проблемам развития пресноводной аквакультуры. – 1993. – С. 59-69.
62. Козлов, В.И. Интегрированное выращивание рыбы / Козлов В.И., Серветник Г.Е. // Рыбоводство и рыболовство. – 1994. – Вып. 4. – С. 9-10.
63. Козлов, В.И. Интегрированные технологии в рыбоводстве / В.И. Козлов, Г.Е. Серветник, А.С. Куликов // Рыбоводство и рыболовство. – 1994. – Вып. 1. – С. 26-30.
64. Козлов, В.И. Интегрированные технологии на рыбоводных водоемах / В.И. Козлов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 1995. – Вып.1. – С. 38 – 40.
65. Козлов, В. И. Справочник фермера-рыбовода / В.И. Козлов. М.: ВНИРО, 1998. – 342 с.

66. Козлов, А.И. Органическое рыбоводство / А.И. Козлов, В.К. Пестис, Т.В. козлова, И.М. Лойко // Сельское хозяйство проблемы и перспективы. – Гродно: Гродненский государственный аграрный университет. – 2018. – С. 82-91.
67. Коломейцев, А.В. Анализ современного состояния органического сельского хозяйства и опыта государственной поддержки в различных субъектах Российской Федерации / А.В. Коломейцев, Н.А. Мистратова, М.А. Янова // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 1 (136). – С. 227–232.
68. Кононов, М.В. Энергетические затраты при возделывании кормовых культур / М.В. Кононов // Сборник: Рациональное природопользование на Северном Прикаспии. – Астрахань, 1993. – Ч.2. – С. 91 – 96.
69. Кононов, М.В. Кормопроизводство на неорошаемых землях Нижнего Поволжья / М.В. Кононов. – Волгоград: Комитет печати, 1995. – 287 с.
70. Коринец, В.В. Агроэкологическое состояние Волго – Ахтубинской поймы и резервы ее использования / В.В. Коринец, В.П. Зволинский, А.А. Грушин // Сборник Актуальные проблемы агроэкологии и земледелия Нижней Волги. – 1992. – С. 65.
71. Коринец, В.В. Рациональные севообороты / В.В. Коринец. – М.: Колос, – 1992. –141 с.
72. Котенёв, Б. Н. Стратегическое направление развития аквакультуры России / Б. Н. Котенёв, А. К. Богерук. – М.: ВНИРО, 2007. – С. 46.
73. Котова, Е.А. Пробиотики в аквакультуре / Е.А. Котова, Н.А. Пышманцева, Д.В. Осепчук, Пышманцева А.А., Тхакушинова Л.Н. // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2012. – Т. 3. № 1-1. С. 100-103.
74. Классификатор ISO. // Каталог документов. 2020. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.normacs.ru/Doclist/classif/7000.html>
75. Кузнецов, Е. Развитие другой модели: Как России не проспать будущее / Е. Кузнецов // Коммерсантъ. – 2017. – № 1. – 14 января.
76. Купинский, С.В. Продукционные возможности объектов аквакультуры / С.В. Купинский. – М.: ЗАО «Экон-Информ», 2010. – 140 с.

77. Куркембаева, Б.М. Новые кормовые белковые продукты как заменители рыбной муки в составе полнорационного корма для тилапии при ее выращивание в УЗВ / Б.М. Куркембаева, Ю.В. Федоровых, С.В. Пономарев, Н.А. Ушакова // В сборнике: Инновационные решения для повышения эффективности аквакультуры. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2019. – С. 194-197.
78. Лагуткина, Л.Ю. Аквакультура: приоритеты, ресурсы, технологии / Л.Ю. Лагуткина, О.Ю. Лагуткин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2010. – № 1. – С. 69 – 76.
79. Лагуткина, Л.Ю. Способ выращивания австралийских раков (*Cherax guadricarinatus*) / Л.Ю. Лагуткина, С.В. Пономарев// Естественные науки. – 2010. – № 4. – С. 64 – 68.
80. Лагуткина, Л.Ю. Создание кормов на основе биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем для объектов тепловодной аквакультуры / Л.Ю. Лагуткина, С.В. Пономарёв // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. –2010. – № 2. – С. 748-753.
81. Лагуткина, Л.Ю. Создание кормов на основе биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем для объектов тепловодной аквакультуры / Л.Ю. Лагуткина, С.В. Пономарев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 2. – С. 57 –61.
82. Лагуткина, Л.Ю. Методы отлова и переработки биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем / Л. Ю. Лагуткина // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2012. – № 1. – С. 66-70.
83. Лагуткина, Л.Ю. Основные аспекты деятельности тайской компании CPF – лидера аквакультуры по выращиванию креветок / Л.Ю. Лагуткина, С.В. Пономарёв, Ю.В. Фёдоровых // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 167-172.
84. Лагуткина, Л.Ю. Оптимизация технологии кормления австралийских раков с помощью рецептов / Л.Ю. Лагуткина, А.С. Мартьянов, Р.В. Степанов, К.Г.

Шейхгасанов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 77–87.

85. Лагуткина, Л.Ю. Разработка и оптимизация технологических процессов в аквакультуре. Методология системного подхода к задачам оптимизации; основы теории оптимизации и исследования операций; решению типовых задач оптимизации с помощью табличного процессора MS Excel / Л.Ю. Лагуткина, А.С. Мартьянов. Астрахань: АГТУ, 2015. – 76 с.

86. Лагуткина, Л.Ю. Перспективное развитие мирового производства кормов для аквакультуры: альтернативные источники сырья / Л. Ю. Лагуткина // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2017. – № 1. – С. 67 – 78.

87. Лагуткина, Л.Ю. Disruptive-решения в производстве альтернативных источников сырья для аквакормов в контексте приоритетов Национальной Технологической Инициативы / Л.Ю. Лагуткина // Международная научная конференция научно-педагогических работников Астраханского государственного технического университета. – 2017. – С – 5.

88. Лагуткина, Л.Ю. Органическая аквакультура как перспективное направление развития рыбохозяйственной отрасли (обзор) / Л.Ю. Лагуткина, С.В. Пономарев // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – № 53 (2). – С. 326-336.

89. Лагуткина, Л.Ю. Биопродуктивность прудов VI рыбоводной зоны / Лагуткина Л.Ю., Кузьмина Е.Г., Бирюкова М.Г., Першина Е.В. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2019. – № 4. – С. 87 – 94.

90. Лагуткина, Л.Ю. / К вопросу выращивания новых видов аквакультуры в высокоэффективных системах как источника производства безопасных пищевых продуктов // Л.Ю., Лагуткина, Е.М. Евграфова, Е.В. Першина, Е.В. Войтикова // В сборнике: 63-я международная научная конференция Астраханского государственного технического университета, посвященная 25-летию АГТУ. Астрахань, 2019. – С. 221.

91. Лагуткина, Л.Ю. Гематологические и биохимические показатели гемолимфы австралийского красноклешневого рака / Л.Ю. Лагуткина, Е.М. Евграфова, Е.Г. Кузьмина, А.М. Мазлов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2021. – № 2. – С. 134-143.
92. Лакин, Г. Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – Москва: Высшая школа, 1990. – 352 с.
93. Листопадов, И.Н. Агрономическое значение современного севооборота / И.Н. Листопадов // Научно–агрономический журнал. – 2005. – № 2. – С. 28-34.
94. Лобкова, Е. Е. Из опыта применения метода аквапоники в Германии / Е. Е. Лобкова, Л. Н. Румянцева // Актуальные вопросы развития науки и технологий: Международной научно-практической конференции молодых учёных: материалы конференции. – 2017. – С. 253 – 256.
95. Лырщиков И.С. Экологичность и безопасность продуктов аквакультуры как перспективное направление развития отрасли / И.С. Лырщиков, Г.М. Алиев // Дельта науки. – 2019. – № 2. С. 128 – 131.
96. Маркелова, В. Аквапоника – технология сельского хозяйства будущего / В. Маркелова, Т. Ижиква. – Белгород: ОГАУ «ИКЦ АПК», 2015. – 46 с.
97. 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. – 1971. – Вып.1. – С. 30 – 43.
98. Маммаев, М.А. Выращивание сеголетков стерляди (*Acipenser Ruthenus L.*) и их альбиносов в установке с замкнутым циклом водоснабжения при использовании кормов разной питательной ценности // М.А. Маммаев, Н.И. Рабазанов, М.К. Мирзаханов, А.Б. Шахназарова, П.К. Маммаева, С.А. Чалаева // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2021. –№ 3(182). – С. 70-79.
99. Мамонтов, Ю.П. Аквакультура: какую дорогу выбрать / Ю.П. Мамонтов // Рыбоводство и рыболовство. –1995. – № 2. – С. 2 – 5.

100. Мамонтов, Ю.П. Прудовое рыбоводство. Современное состояние и перспективы развития рыбоводства в Российской Федерации / Ю.П. Мамонтов, В.Я. Складов, Н.В. Стэчко. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 215 с.
101. Мансвельт, В. Органическое сельское хозяйство: принципы, опыт и перспективы / В. Мансвельт, С. Темирбекова // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – № 52(3). – С. 478 – 486.
102. Мартышев, Ф.Г. Биотехника прудового рыбоводства / Ф.Г. Мартышев. – 1954. – № 3 – С. 322–358.
103. Мартышев, Ф.Г. Прудовое рыбоводство / Ф.Г. Мартышев. – Москва: Высшая школа, 1958. – 584 с.
104. Мартышев, Ф.Г. Краткий курс прудового рыбоводства / Ф.Г. Мартышев. – Москва: Высшая школа, 1964. – 334 с.
105. Мастицкий, С.Э. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R / С.Э. Мастицкий, В.К. Шитиков. –Москва: ДМК Пресс, 2015 – 496 с.
106. 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.
107. Матишов Г.Г. Способ совместного выращивания объектов аквабиоккультуры и растений / Г.Г. Матишов, Е.Н. Пономарева, А.В. Казарникова, Л.П. Ильина, В.А. Григорьев, М.Н. Сорокина, М.В. Коваленко. Патент на изобретение 2738382 С2, 11.12.2020. Заявка № 2016150731 от 22.12.2016.
108. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб. № 13-4-2/1487. – М., 1999. – 36 с.
109. Мироненко, О. В. Органический рынок России. Итоги 2016 года. Перспективы на 2017 год / О. В. Мироненко // Национальный органический союз – развитие рынка органической продукции. – 2018. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosorganic.ru/projects/>
110. Мироненко, О.В. Национальный органический союз: в рамках Agros-2021. Панельная дискуссия Аквакультура в производстве органической продукции / О. В. Мироненко // На Youtube канале Национального Органического Союза размещено

видео с панельной дискуссии «Аквакультура в производстве органической продукции». – 2021. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // <https://rosorganic.ru/about/press/na-youtube-kanale-nacziionalnogo-org.html>

111. Мистратова, Н.А. Анализ зарубежного опыта производства и реализации органической продукции сельского хозяйства / Н.А. Мистратова, А.В. Коломейцев, М.А. Янова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2 (137). – С. 162 – 165.

112. Мишуров Н.П. Производство конкурентноспособных кормов для аквакультуры / Н.П. Мишуров, Л.Ю. Коноваленко, В.И. Сыроватка, С.В. Пономарев // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 10. – С. 15-18.

113. Михалев, А.В. Контроль за токсичностью комбикормов – основа получения биологически безопасной продукции / А.В. Михалев // Живые системы и биологическая безопасность населения: материалы 6-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. - М.: МГУПБ, 2007. – С. 270-271.

114. Мордухай – Болтовский, Ф.Д. Материалы по среднему весу водных беспозвоночных бассейна Дона. Проблемы гидробиологии внутренних вод / Ф.Д. Мордухай – Болтовский // Труды проблемного тематического совещания. – 1954. – Вып. 2. – С. 223 – 241.

115. Моружи, И.В. Влияние препарата bs 225 на скорость роста молоди осетра / И.В. Моружи, Г.А. Ноздрин, Е.В. Пищенко, А.Б. Иванова, С.В. Глушко // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2014. – № 4(33). – С. 105-108.

116. Мусселиус, В.А. Лабораторный практикум по болезням рыб / В.А. Мусселиус. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 296 с.

117. Наумова, А.М. Рыбосевооборот / А. М. Наумова. – Москва: Наука, 1997. – 115 с.

118. Наумова, А.М. Применение аквасевооборота, как метода оздоровления и ресурсосбережения в рыбоводных хозяйствах, расположенных на засоленных землях. Методические указания / А.М. Наумова, Г.Е. Серветник, А.В. Мазур, И.О. Плеханова, А.Ю. Наумова. – Москва: Россельхозакадемия, 1998. – 100 с.

119. Наумова, А.М. Способ оздоровления нагульных прудов рыбосевооборотом / А.М. Наумова, Г.Д. Сидоров, А.А. Высоцкий, А.Ю. Наумова, Л.С. Чистова // Патент на изобретение RUS 2170010 17.11.1999. Патентообладатели: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства РАСХН. – 2001.
120. Наумова, А.М. Система мероприятий по улучшению условий выращивания рыб в сельскохозяйственном рыбоводстве / А.М. Наумова, Г.Е. Серветник, А.Ю. Наумова, Л.В. Домбровская // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1. – С. 69 – 78.
121. Наумова, А.М. Оздоровление рыбоводного хозяйства от болезней осушением прудов с использованием рыбосевооборота / А.М. Наумова, А.Ю. Наумова // Российский паразитологический журнал. – 2016. – Т. 37. – № 3. – С. 380 – 384.
122. Национальная технологическая инициатива – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nti2035.ru/nti/>
123. Нестеренко, Н.Ю. Устойчивое сельское хозяйство: перспективы развития в России / Н.Ю. Нестеренко // Экономика сельского хозяйства России. – 2019. – № 12. – С. 22-29.
124. Нестеренко, Н.Ю. Устойчивые цепочки поставок органического продовольствия: перспективы развития в России / Н.Ю. Нестеренко, Д.И. Артемова // В сборнике: Международный экономический симпозиум - 2018 Материалы международных научных конференций. – 2018. – С. 284.
125. Нестеренко, Н.Ю. Развитие органического сельского хозяйства в России: новые возможности в контексте дифференциации региональных стратегий / Н.Ю. Нестеренко, Н.В. Пахомова // В сборнике: Международный экономический симпозиум - 2018 Материалы международных научных конференций. – 2018. – С. 285.
126. Нестеренко, Н.Ю. Формирование стратегии устойчивого развития органического сельского хозяйства РФ на основе региональной дифференциации производственных ресурсов / Н.Ю. Нестеренко, Н.В. Пахомова // В сборнике:

Инновационное развитие отраслей АПК: Угрозы и новые возможности. Сборник трудов по материалам международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 236 – 241.

127. Никифоров, А.И. Интегрированные системы в мировой аквакультуре / А.И. Никифоров, Д.К. Круглова, Я.С. Савцова // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2017. – № 8. С. 65 –72.

128. Никифоров-Никишин, А.Л. Аквакультура: состояние и значение отрасли для экономики России / А.Л. Никифоров-Никишин, И.А. Глебова, М.В. Шатохин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 9. С. 267– 273.

129. Никифоров-Никишин, А.Л. Развитие мирового рынка аквакультуры / А.Л. Никифоров-Никишин, М.В. Шатохин // Дельта науки. – 2019. – № 1. С. 4 – 6.

130. Новая программа развития городов (A/RES/71/256\*) / ООН: Секретариат Конференции Хабитат III, г. Кито, 23 декабря 2016 года. [Электронный ресурс] // ООН, 2017. – Режим доступа: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Russian.pdf>

131. Нордстрем К. Постулаты будущего [Электронный ресурс] / К. Нордстрем // Synergy Global Forum. – 2017. – Режим доступа: <https://www.businessgazeta.ru/article/358099>

132. Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 2 июля 2013 г. № 148-ФЗ. // Консультант. – 2013 – № 4. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://http://www.consultant.ru/>

133. ОСТ 15.372-87 Отраслевой стандарт. Охрана природы. Гидросфера. Вода для рыбоводных хозяйств. Общие требования и нормы. – М.: Издание официальное, 1987. – 19 с.

134. ООН: население Земли к 2050 году превысит 9,8 млрд человек. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tass.ru/obschestvo/4357817>.

135. ООН: Демографические изменения. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.un.org/ru/un75/shifting-demographics>

136. Пахомова, Н.В. Органическое сельское хозяйство в России: пути обеспечения устойчивого развития в условиях глобальных вызовов / Н.В. Пахомова, Н.Ю. Нестеренко, К.К. Рихтер // В сборнике: Эффективность экономики, экологические инновации, климатическая и энергетическая политика - 2017 сборник статей по результатам 2-го Международного научно-исследовательского семинара. – 2017. – С. 200-215.
137. Пономарев, С.В. Марикультура. Культивирование креветок / С.В. Пономарев, Л.Ю. Лагуткина. – Астрахань: АГТУ, 2005. – 72 с.
138. Пономарев, С.В. Корма и кормление рыб в аквакультуре/ С.В. Пономарев, Ю.Н. Грозеску, А.А. Бахарева. – Москва: Моркнига, 2013. – 417 с.
139. Пономарев, С.В. Фермерское рыбоводство для предприятий среднего и малого бизнеса / С.В. Пономарев, Л.Ю. Лагуткина. – Москва: Моркнига, 2015. – 550 с.
140. Пономарев, С. Корма для ценных объектов аквакультуры: проблемы и решения / С. Пономарев, Ю. Федоровых, О. Левина, Б. Куркембаева, А. Порфирьев, Н. Ушакова, С. Новиков // Комбикорма. – 2019. – № 4. – С. 57-58.
141. Пономарев, С.В. Современные корма для ценных объектов аквакультуры: новые кормовые источники протеина, решение проблемы замены рыбной муки / С.В. Пономарев, Ю.В. Федоровых, Н.А. Ушакова, С.И. Новиков, Ю.М. Ширина, О.А. Левина, Б.М. Куркембаева, А.Г. Порфирьев // В сборнике: Инновационные решения для повышения эффективности аквакультуры. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Москва, 2019. – С. 305-309.
142. Пономарев С.В. Результаты промышленной апробации нового производственного корма «БИФФАЙН» для осетровых рыб / В.В., Вятчин, С.В. Пономарев, Ю.В. Федоровых, А.Б. Ахмеджанова, О.А. Левина // В сборнике: Каспий в цифровую эпоху. материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием в рамках Международного научного форума «Каспий 2021: Пути устойчивого развития». Астраханский государственный университет. – Астрахань, 2021. С. 360-364.

143. Пономарев С.В. Оценка эффективности и продуктивного действия различных сухих комбинированных кормов на функциональное состояние объектов аквакультуры в условиях установки замкнутого водоснабжения // С.В. Пономарев, О.А. Левина, А.Б. Ахмеджанова, Ю.В. Федоровых, В.А. Поспелов, Е.А. Дутиков, Ю.А. Ширина // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2021. – № 5 (184). – С. 48-63.
144. Пономарева, Е.Н. Устройство для совместного выращивания гидробионтов и растений / Е.Н. Пономарева, М.Н. Сорокина, В.А. Григорьев, У.С. Александрова // Патент на полезную модель RU 188779 U1, 23.04.2019. Заявка № 2018147657 от 28.12.2018.
145. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб/ И.Ф. Правдин. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
146. Пронина, Г.И. Сравнительная физиолого-иммунологическая характеристика выращиваемых в аквакультуре разных видов рыб семейства карповые (Cyrprinidae) / Г.И. Пронина, Н.Ю. Корягина, А.Б. Петрушин, А.О. Ревякина // Вопросы ихтиологии. – 2017. – № 3. – С. 371-374.
147. Пронина Г.И. Повышение иммунитета речных раков с помощью иммуномодуляторов / Г.И. Пронина // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2018. – № 11. – С. 121-129.
148. Прохоров, Б.В. Инновационные технологии в сельскохозяйственном производстве / М.В. Прохоров, А.А. Коровушкин // В сборнике: Научные приоритеты современного животноводства в исследованиях молодых учёных. Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», факультет ветеринарной медицины и биотехнологии. – 2020. – С. 210-217.
149. Прохоров, Б.В. Использование установки замкнутого водоснабжения в научно-образовательном центре аквакультуры и рыбоводства // М.В. Прохоров, А.А. Коровушкин // В сборнике: Научные приоритеты современного животноводства в исследованиях молодых учёных. Материалы Всероссийской

студенческой научно-практической конференции. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», факультет ветеринарной медицины и биотехнологии. – 2020. – С. 217-223.

150. Природно-сельскохозяйственное районирование земельного фонда СССР, М 1:8 000 000 /МСХ, ГИЗР/. – М.: ГУГК, 1984 г. – 1 с.

151. Приказ Минсельхоза России от 06.10.2017 № 501 «Об утверждении перечня видов водных биоресурсов, в отношении которых осуществляется промышленное рыболовство во внутренних водах Российской Федерации, за исключением внутренних морских вод Российской Федерации, и о признании утратившими силу приказов Минсельхоза России» – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rulings.ru/acts/Prikaz-Minselhoza-Rossii-ot06.10.2017-N-501>

152. Пробиотики в аквакультивировании. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aquavitro.org/2012/06/01/probiotiki -v-akvakultivirovanii/>

153. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. М. [Электронный ресурс]. // Минсельхоз России; Нац. исслед. ун-т «ВШЭ». М.: НИУ ВШЭ, 2017. 140 с. Режим доступа: [https://issek.hse.ru/data/2017/05/03/1171421726 /Prognoz\\_APK\\_2030.pdf](https://issek.hse.ru/data/2017/05/03/1171421726 /Prognoz_APK_2030.pdf)

154. Ранделин Д.А. Продукционный корм для осетровых / Д.А. Ранделин, А.И. Новокщенова, А.Э. Ставцев, Ю.В. Сошкин, В.Г. Дикусаров, Ю.В. Кравченко, С.И. Николаев // Патент на изобретение 2733136 С1, 29.09.2020. Заявка № 2020108589 от 26.02.2020.

155. Распопов, И.М. Макрофиты, высшие водные растения (основные понятия) / И.М. Распопов // Высшие водные и прибрежно-водные растения: тезисы I Всесоюзной конференции. – 1977. – С. 91–94.

156. Рациональное природопользование: Сельское хозяйство перемещается в небоскребы // Глобальные технологические тренды. Трендлеттер. – 2015. – № 9. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://goo.gl/5iR31f>

157. Работа ФАО по повышению продовольственной безопасности в Ираке. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/in-action/fao-works-to-increase-food-security-in-iraq/ru/>
158. Рекомендации по выращиванию молоди рыбы в рисовых системах дельты Волги. – А., 1971. – 4 – 8 С.
159. Рекомендации по отбору и эффективному освоению земель при орошении в Поволжье. – М., 1978. – 11 – 12 с.
160. Рекомендации по выращиванию рыбы в сельскохозяйственных водоемах комплексного назначения. – М., 1986. – 3 – 5 с.
161. Рекомендации по облову рыбы в малых водоемах комплексного назначения. – М., 1991. – 3 – 4 с.
162. Рекубратский, А.В. Рыбохозяйственные свойства гибридов серебряного карася с карпом / А.В. Рекубратский, Д.А. Юалашов, Л.Н., Дума, В.В. Дума, Е.В. Иванеха, Е.В. Панкратьева, Н.В. Рекубратский // Материалы и доклады Международного симпозиума «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата». – Астрахань, 2007. – С. 141 – 144.
163. Решетников, Ю.С. Атлас пресноводных рыб России / под ред. Ю. С. Решетникова. – Москва: Наука, 2003. – Т. 1. – 379 с.
164. Розумная, Л.А. Обеспечение экологической безопасности водоема в условиях товарного выращивания рыбы / Л.А. Розумная, А.М. Наумова, Л.С. Логинов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2017. – № 10 (141). – С. 36-41.
165. Романова, Е.М. Уровень кортизола и показателей цитогенетического гомеостаза в организме рыб на фоне пробиотика споротермина / Е.М. Романова, Е.В. Спирина, В.В. Романов, Л.А. Шадыева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1(49). – С. 79-84.
166. Романова, Е.М. Пробиотики и адаптогены в лечении аэромоноза африканского клариевого сома / Е.М. Романова, В.Н. Любомирова, Л.А. Шадыева, Т.М. Шленкина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4 (40). – С. 86-93.

167. России советуют готовиться к изменениям на рыбном рынке. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fishnews.ru/news/30386>
168. Россияне дорожат свежими продуктами / РОМИР. [Электронный ресурс]. – Режим доступа [http://romir.ru/studies/754\\_1455](http://romir.ru/studies/754_1455)
169. Рожкова, И.В. Пробиотические микроорганизмы как фактор повышения здоровья / И.В. Рожкова, А.В. Бегунова // Молочная промышленность. – 2020. – № 7. – С. 38-39.
170. Рожкова, И.В. Пробиотический потенциал *Bifidobacterium Adolescentis* MS-42 // Молочная промышленность. – 2021. – № 3. – С. 34-37.
171. Руткин, Н.М. Урбанизированное агропроизводство (сити-фермерство) как перспективное направление развития мирового агропроизводства и способ повышения продовольственной безопасности городов / Н.М. Руткин, Л.Ю. Лагуткина, О.Ю. Лагуткин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2017. – № 4 – С. 95 – 103.
172. Рудаков, Д. До 40 % стоимости продукта – затраты на логистику / Д. Рудаков // RB. – 2017. – 10 июня.
173. Рыжкова, С. Правовое регулирование рынка органических продуктов в России / С. Рыжкова, В. Кручинина, Х. Гасанова, А. Новоселов // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2017. – № 8. – С.57 – 63.
174. Рыжкова, С.М. Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы развития / С.М. Рыжкова, В.М. Кручинина, Х.Н. Гасанова, А.С. Ланкин // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2018 а. – № 6 (39). – С. 27 – 39.
175. Рыжкова, С.М. Развитие органического сельского хозяйства в Дании / С.М. Рыжкова, В.М. Кручинина, Х.Н. Гасанова, Е.Н. Захарченко // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2018 б. – № 2 (35). – С. 17 – 25.
176. СакПин 42-123-4089-86. ПДК Тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктов. – М. – Пищевые продукты, 1986. – 2 с.

177. Сальников, Н.Е. Разведение и выращивание пресноводных креветок на юге России / Н.Е. Сальников, М.Э. Суханова – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2000. –58 с.
178. Серветник, Г.Е. Линь – перспективный объект для интегрированного сельскохозяйственного рыбоводства / Г.Е. Серветник // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2021. – № 3. – С. 93-100.
179. Серветник, Г.Е. Органическое сельскохозяйственное рыбоводство России / Г.Е. Серветник., Т.Н. Лесина // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Новейшие генетические технологии для аквакультуры». – Москва, 2020. – С. 358-360.
180. Сергазиева, О.Д. Новый белковый компонент в составе стартового комбикорма для ранней молоди осетровых рыб при искусственном воспроизводстве / О.Д. Сергазиева // Естественные науки. – 2011. – № 1 (34). – С. 182-186.
181. Сборник информационных материалов по теме: «Аквапоника – технология сельского хозяйства будущего» / Департамент агропромышленного комплекса Белгородской области ОГАУ «Инновационно-консультационный центр АПК», Белгород. – 2015. – 46 с.
182. Соколова, Ж.Е. Проблемы и возможности развития рынков органической продукции на постсоветском пространстве (на примере стран ЕАЭС) / Ж.Е. Соколова // Экономика и предпринимательство. – 2018 а. – № 10 (99). – С. 41 – 53.
183. Соколова, Ж.Е. Достижения и актуальные проблемы развития рынка органической продукции в Эстонии / Ж.Е. Соколова, В.В. Таран, Х.Н. Гасанова // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2018 б. – № 4. – С. 45 – 56.
184. Состояние мирового рыболовства 2012. Департамент рыболовства и аквакультуры ФАО. Продовольственная сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, Рим. – 2012. – 261 с.

185. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры: возможности и проблемы / Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. – Рим, 2014. – 233 с.
186. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/3/i2727r/i2727r03.pdf>. – С. 35.
187. Скляр, В.Я. Справочник по кормлению рыб / В.Я. Скляр, Е.А. Гамыгин, А.П. Рыжков. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1984. –120 с.
188. Совместное использование кровяной муки с другими источниками животного белка в комбикормах – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: для рыб <https://aquafeed.ru/node/55>
189. Сладовская, С.В. Общий белок в гемолимфе рака *Pontastacus Leptodactylus* как показатель функционального состояния животных и биомаркер качества среды обитания / С.В. Сладовская, С.В. Холодкевич // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2001. – Том 47, № 2. – С. 136 – 141.
190. Спирина, Е.В. Эффект стимуляции антиоксидантной системы рыб на фоне использования пробиотика споротермин / Е.В.Спирина, Е.М. Романова, В.В. Романов, Л.А. Шадыева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1(49). – С. 85-90.
191. Старцева, Е.А. Интенсивность роста личинок алтайского зеркального карпа в производственных условиях с применением микробиологического препарата аквапурин / Е.А. Старцева, Г.А. Ноздрин, И.В. Моружи, Е.В. Пищенко, А.Б. Иванова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). –2016. – № 1(38). – С. 112-119.
192. Студенцова Н.А. Токсичные соединения в нетрадиционных кормовых компонентах, кормах и накопление их в рыбе / Н.А. Студенцова, Н.Р. Сергеева // Известия вузов. Пищевая технология. –1998. – № 5-6. – С. 25-28.
193. Султанмуратов, М.С. Летование прудов и его экономическая эффективность / М.С. Султанмуратов // Биологические основы рыбного хозяйства республик Средней Азии и Казахстана. – 1967. – С – 262–263.

194. Таран, В.В. Роль органического сельскохозяйственного производства в решении проблем глобальных климатических изменений / В.В. Таран, Н.Д. Аварский, Ж.Е. Соколова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2018. – № 1 (34). – С. 62 – 78.
195. Тевяшова О.Е. Сбор и обработка зоопланктона в рыбоводных водоемах. Методическое руководство (с определением основных пресноводных видов) / О.Е. Тевяшова. – Ростов – на – Дону: АзНИИРХ, 2009. – 84 с.
196. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и пищевой рыбной продукции». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420394425>.
197. Тимакова, К. Готовы ли российские производители к выпуску новых видов кормов для аквакультуры / К. Тимакова // Ветеринария и жизнь, 2020. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vetandlife.ru/vizh/sobytiya/gotovy-li-rossijskie-proizvoditeli-k-vypusku-novyh-vidov-kormov-dlya-akvakultury/>
198. Ткачева, И.В. Экономическая целесообразность применения пробиотиков при выращивании карпа / И.В. Ткачева И.В. // Эффективное животноводство. – 2017. – № – 4 (134). – С. 24-26.
199. Тует, Н.Т. Особенности развития гонад у австралийских раков *Cherax quadricarinatus* / Н.Т. Тует, В. Н. Крючков // Естественные науки. – 2014. – № 2 (47). – С. 55 – 61.
200. Ушакова, Н.А. Использование протеин-хитинового концентрата личинок черной львинки *hermetia illucens* в рационе всеядных рыб на примере красной тиляпии / Н.А. Ушакова, С.В. Пономарев, Ю.В. Федоровых, А.И. Бастраков // Известия Уфимского научного центра Российской академии наук. – 2018. – № 3. – С. 57 – 62.
201. Фомичев, О. А. Состояние запасов мелких пресноводных видов рыб в Волго-Каспийском районе и перспективы их промысла в 2006 г. / О.А. Фомичев, М.А. Сидорова, В.П. Аббакумов, Т.А. Ветлугина, Л.С. Ермилова, В.Н. Ткач, Э.В. Никитин, С.А.Власенко, О.П. Жукова // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Результаты НИР за 2004 г. Астрахань: КаспНИРХ, 2005. – 616 с.

202. Фаритов Т.Ф. Кормление рыб / Т.Ф. Фаритов // Лань. – 2016. – 359 С.
203. Хабжоков, А.Б. Районирование пород карпа применительно к условиям прудовых хозяйств КБР / А.Б. Хабжоков, С.Ч. Казанчев, Г.Е. Бормотов, А.В. Лабазанов // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6. – 167 – 175 С.
204. Хамад, Хаидер А.Х. Ирак - новые решения для устойчивого развития аквакультуры / А.Х. Хамад Хаидер, Л.Ю. Лагуткина, А.С. Мартьянов, А.А. Видищев // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2016. – № 4. – С. 60-66.
205. Хорошко, А.И. Способ товарного выращивания гигантской пресноводной креветки / А.И. Хорошко, А.Ф. Москвин, С.П. Волобоев, А.В. Морозов, А.С. Мироничев. Патент на изобретение RU 2180775 С2, 27.03.2002. Заявка № 2000116542/13 от 21.06.2000.
206. Хорошко, А.И. Способ непрерывного разведения тропических раков / А.И. Хорошко, В.Н. Крючков. Патент на изобретение ru 2525334 с2, 10.08.2014. Заявка № 2012148106/13 от 12.11.2012.
207. Хорошко, А.И. Комплексное использование технологии прудовой и индустриальной аквакультуры / А.И. Хорошко // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные решения для повышения эффективности аквакультуры». – Москва. – . 2019. – С. 425 – 428.
208. Хорошко, А.И. Оценка экологической безопасности введения австралийского рака в аквакультуру южных регионов России / А.И. Хорошко // Материалы Всероссийской научной конференции «Экологические проблемы природных и урбанизированных территорий». – 2008. – С. 79 – 81.
209. Хорошко, А.В. Новые направления прудовой аквакультуры в южных регионах России / А.В. Хорошко, В.Н. Крючков // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2010. – № 2. – С. 51 – 54.
210. Хитров, Б.Н. Оценка степени засоленности почв с учетом профильного распределения солей / Б.Н. Хитров // Сборник Почвенные ресурсы Прикаспийского

региона и их рациональное использование в современных социально-экономических условиях. – 1994. – С. 231 – 232.

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

212. Червоненко, Е.М. О специализированных кормах для линей (*Tinca Tinca*) / Е.М. Червоненко, Л.Ю. Лагуткина // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2017. – № 3. С. 89 – 97.

213. Черкашина, Н.Я. Сборник инструкций по культивированию раков и динамике их популяций / Н.Я. Черкашина. – Ростов на Дону: Медиа – полис, 2007. – 118 с.

214. Чижов, Н.И. Выращивание рабы на рисовых чеках, выведенных под водный пар / Н.И. Чижов, А.И. Аношкин // Труды: Вопросы прудового рыбоводства. – 1969. – С. 187 – 193.

215. Чижов, Н.Н. Пути комплексного использования ирригационных систем / Н.Н. Чижов // Сборник: Рыбохозяйственное освоение водоемов комплексного назначения. Тезисы доклада. – 1976. – С. 97 – 99.

216. Чуйков, Ю.С. Проблемы рационального использования земельных ресурсов Астраханской области / Ю.С. Чуйков, Н.А. Шумарин // Сборник: Агрэкономические проблемы Российского Прикаспия. – 1994. – С. 103 – 106.

217. Чуйков, Ю.С. Охрана земельных ресурсов Астраханской области / Ю.С. Чуйков, Н.А. Шумарин // Почвенные ресурсы Прикаспийского региона и их рациональное использование в современных социально-экономических условиях. – 1994. – С. 267 – 208.

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

219. Шейхгасанов, К.Г. Инновационный подход к созданию современного фермерского прудового рыбоводства // Инновационные технологии аквакультуры: Тезисы докладов международной научной конференции. – 2009. – С. 145 – 147.

220. Шейхгасанов, К.Г. Использование органической экологически чистой биотехнологии выращивания рыбы и сельскохозяйственных культур / К.Г. Шейхгасанов, Л.Ю. Лагуткина, С.В. Пономарев // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2014. – № 3. – С. 93–99.
221. Шеховцова, Г.В. Аграрные преобразования в Астраханской области / Г.В. Шеховцова // Вестник РУДН. – 1994. – вып. Л. – С. 9 – 10.
222. Шмакова, З.И. Рекомендации по управлению кормовой базой и контролю за гидробиологическим режимом водоемов фермерских хозяйств / З.И. Шмакова, Н.П. Жемаева, Н.А. Тагирова, И.Ю. Бадаева // Сборник научно – технической и методической документации по аквакультуре. – 2001. – С. 45–51.
223. Щербина, М.А. Методические указания по физиологической оценке питательности рыб / М.А. Щербина. – Москва: ВАСХЖШЛ, 1983. – 83 с.
224. Щербина, М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин. – Москва: ВНИРО, 2006. – 360 с.
225. 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.
226. Щербина М.А. Специализированные репродукционные комбикорма для самок карповых рыб, выращиваемых в прудах репродукционный комбикорм крс-о для осеннего периода года, предшествующего нересту / М.А. Щербина, В.Я. Катасонов, И.А. Жидков, В.Н. Дементьев, И.А. Салькова, О.А. Бондаренко \ \ Рыбное хозяйство. – 2016. № 1. – С. 78-84.
227. Acadia Harvest company funding overview. – [Electronic resource] - Access mode: <https://www.crunchbase.com/organization/acadia-harvest#/entity>
228. AgriProtein company funding overview. – [Electronic resource] - Access mode: <https://www.crunchbase.com/organization/agriprotein#/entity>
229. Alavandi, S.V. Evaluation of *Pseudomonas sp.* PM11 and *Vibrio fluviales* PM17 on immune indices of tigre shimp, *Penaeus monodon* / S.V. Alavandi, K.K. Vijayan, T.C.

- Santiago, M. Poornima, K.P. Jithendran, S.A. Ali, J.J.S. Rajan // Fish Shellfish Immunology. – 2004. – V. 17. – P. 115 – 120.
230. Al-faragi, J.K. Manufacture of dried fish silage by fermentation and assessing Nutritional performance on growth of the fingerling of Common carp *Cyprinus carpio L.* [Electronic resource] / J.K. Al-faragi // MSc thesis, college of agriculture. Alltech Global Feed Survey. – 2000. – P. 23. – Access mode:<http://go.alltech.com/alltech-feed-survey>.
231. Alltech 2016. Aquaculture Feed Survey. – [Electronic resource] - Access mode: <http://go.alltech.com/aquafeedsurveydata>
232. Al-Thalimy, A.M.K. The effect of mix probiotic and vitamin C on growth and some biochemical tests in fish *Cyprinus carpio L.* / A.M. K. Al-Thalimy // MSc thesis, college of Vet. Med. – 2010. – P. 51 – 56.
233. Alternative protein project grows wings. – [Electronic resource] - Access mode: <http://www.thefishsite.com/fishnews/28991/alternative-protein-project-grows-wings/>
234. Andlid, T. Yeast colonizing the intestine of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) / T. Andlid, R.V. Va'zquez-Jua'rez, L. Gustafsson // Microb. Ecol. – 1995. – V. 30. – P. 321–334.
235. Aquaculture Feed Survey // Alltech – 2016. – [Electronic resource] - Access mode: <http://go.alltech.com/aquafeedsurveydata>
236. Aquaculture Sector. – [Electronic resource] - Access mode: <http://www.fidigital.com/201604/#/4>
237. Aqua-Spark investment fund official site: Market. – [Electronic resource] - Access mode: <http://www.aqua-spark.nl/why-aquaculture/market/>
238. Aqua Feed Market: Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2013–2019: Transparency Market Research. – [Electronic resource] - Access mode:<http://www.transparencymarketresearch.com/aqua-feed-market.html>
239. Aqua-Spark investment fund official site: Fish are Efficient. – [Electronic resource] - Access mode: [www.aqua-spark.nl](http://www.aqua-spark.nl)
240. Akrami R. Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, survival, lactobacillus bacterial population and hemato-

- immunological parameters of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile / R. Akrami, Y. Irib, H. ali K. Rostami, M.R. Mansour // *Fish & Shellfish Immunology*. – 2013. – V. – 35 (4). – P. 1235-1239.
241. Balca'zar, J.L. Probiotics: a tool for the future of fish and shellfish health management. / J.L. Balca'zar, I. de Blas, I. Ruiz-Zarzuela, D. Vendrell, J.L. Muzquiz // *J. Aquacult. Trop.* – 2004. – V.19. – P. 239–242.
242. Balcázar, J.L. The role of probiotics in aquaculture / J.L. Balcázar, I. de Blas, I. Ruiz-Zarzuela, D. Cunningham, D. Vendrell, J.L. Múzquiz // *Vet Microbiol.* – 2006. – V. 114 Iss. 3 – 4. – P.173 – 186.
243. Bank D. Aqua-Spark: Investing in Aquaculture for a Protein-Hungry Planet. – [Electronic resource] - Access mode: <http://impactalpha.com/aquaspark-investing-in-aquaculture-for-a-protein-hungry-planet>
244. Baroke S. Fresh Food Market in Russia Contracted by 4% in 2015 / Euromonitor International, 2016. – [Electronic resource] - Access mode: <http://blog.euromonitor.com/2016/04/fresh-food-market-russia-contracted-by-4-in-2015>.
245. Biomin official site: Feed Efficiency & Performance. – [Electronic resource] - Access mode: <http://www.biomin.net/en/species/aquaculture/feed-efficiency-performance>
246. Blanchet, M.-A. How vulnerable is the European seafood production to climate warming / M.-A. Blanchet, R. Primicerio, A. Smalåsa, J. Arias-Hansen, M. Aschana // *Fisheries Research*. – 2019. – V. 209. – P. - 251-258.
247. Byrne J. Australasia to get 20 new insect feed factories / J. Byrne // *Feed factories*. – 2016 – 7 desember.
248. Calvo, N.S. Nutritional vulnerability and compensatory growth in early juveniles of the «red claw» crayfish *Cherax quadricarinatus* Liane Stumpf / N.S. Calvo, S. Pietrokovsky, S. Laura, L. Greco // *Aquaculture*. – 2010 – V. 304. – P. 34–41.
249. Calvo, N.S. Effect of intermittent feeding on growth in early juveniles of the crayfish *Cherax quadricarinatus* Liane Stumpf / N.S. Calvo, F.C. Díaz, C.V. Wagner, S. Laura, L. Greco // *Aquaculture*. – 2011 *a.* – V. 319 – P. 98–104.

250. Calvo, N.S. Early and late effects of feed restriction on survival, growth and hepatopancreas structure in juveniles of the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* / N.S. Calvo, L. Stumpf, S. Pietrokovsky, Laura S., L. Greco // *Aquaculture*. – 2011 *b*. – V. 319. – P. 355–362.
251. Castillo-Lopez, E. In vitro digestion comparison from fish and poultry by-product meals from simulated digestive process at different times of the Pacific Bluefin tuna, *Thunnus orientalis* / E. Castillo-Lopez, R. E. Espinoza-Villegas, M.T. Viana // *Aquaculture*. – 2016. – V. 458. – P. 187–194.
252. Connolly, A. Today's Feed Industry and Perspectives on its Future / Aidan Connolly // *International Animal Health Journal (Manufacturing & Packaging)*. – 2016. – V. 3. – Iss. 1. – P. 200-243.
253. Costello, C. The future of food from the Sea [Electronic resource] / C. Costello, L. Cao, S. Gelcich, M.A. Cisneros, C.M. Free, H.E. Froehlich, C.D. Golden, G. Ishimura, I. Macadam-somer, J. Maier // World Resources Institute. – 2020. – Access mode: [https://oceanpanel.org/sites/default/files/2019-11/19\\_HLP\\_BP1%20Paper.pdf](https://oceanpanel.org/sites/default/files/2019-11/19_HLP_BP1%20Paper.pdf) .
254. Cosgrove, E. Beyond the Megafarms: 4 Alternative Models For Indoor Agriculture [Electronic resource] / E. Cosgrove. – Access mode: [https:// agfundernews.com/beyond-the-megafarm.html](https://agfundernews.com/beyond-the-megafarm.html).
255. Chang, C.I. An evaluation of two probiotic bacterial strains, *Enterococcus faecium* SF68 and *Bacillus toyoi*, for reducing edwardsiellosis in cultured European eel, *Anguilla anguilla* L. J. / C.I. Chang, W.Y. Liu // *Fish Dis*. – 2002. – № 25. – P. 311– 315.
256. Changing the Face of the Waters: The Promise and Challenge of Sustainable Aquaculture / The International Bank for Reconstruction and Development. – Washington: The World Bank, 2007. – 190 p.
257. de Limaab, F. A. Do organic standards have a real taste of sustainability? – A critical essay Author links open overlay panel / F. A. de Limaab, D. M. Neutzlingb, M. Gomesc // *Journal of Rural Studies*. – 2021. – V. 81. P. 89-98.
258. Desai, A.R. Effects of plant-based diets on the distal gut microbiome of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / A.R. Desai M.G. Links, S.A. Collins, G.S. Mansfield, M.D. Drew, A.G. Van Kessel, J.E. Hill // *Aquaculture*. – 2012. – V. 350. – P. 134–142.

259. Direkbusarakom, S. *Vibrio* spp. the dominant flora in shrimp hatchery against some fish pathogenic viruses / S. Direkbusarakom, M. Yoshimizu, Y. Ezura, L. Ruangpan, Y. Danayadol // *J. Mar. Biotechnol.* – 1998. – V. 6. – P. 266–267.
260. DQS – международный холдинг по аудиту и сертификации. – [Electronic resource] - Access mode: <https://dqs-russia.ru/cat/o-kompanii/>
261. Einstein-Curtis A. Investors back KnipBio's alternative fish feed protein / A. Einstein-Curtis // *Feednavigator.* – 2017. – 7 january.
262. Enterra Feed company funding overview. – [Electronic resource] - Access mode: <https://www.crunchbase.com/organization/enterra-feed#/entity>
263. Enterra Feed official site: Excerpt from "Now We Know Why She Swallowed a Fly: These Insects Feed Fish That Feed People". – [Electronic resource] - Access mode: <http://www.enterrafeed.com/2015/06/12/impact-alpha-now-we-know-why-she-swallowed-a-fly-these-insects-feed-fish-that-feed-people>
264. EL-Haroun, E.R. Effect of dietary probiotic Biogens supplementation as a growth promoter on growth performance and feed utilization of Nile tilapia, *Oreochromis Niloticus* / E.R. EL-Haroun, S. Goda, M. A. Kabir Chowdhury // *Aquacul. Res.* – 2006. – № 37. – P. 1473 – 1480.
265. Esteban, M.A. Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin in gilthead seabream (*Sparus aurata*) innate immune response / M.A. Esteban, A.Cuesta, J.Ortuno, J.Meseguer // *Fish and Shellfish immunol.* – 2001. – №11. – P. 305 – 315.
266. EU investing in sustainable aquaculture feeds and technology. – [Electronic resource] - Access mode: <http://www.aquafeed.com/news/headline-news-article/6928/EU-investing-in-sustainable-aquaculture-feeds-and-technology/>
267. Jafari F. Effects of dietary soybean lecithin on growth performance, blood chemistry and immunity in juvenile stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) / F. Jafari, N. Agh, F. Noori, A. Tokmachi, E. Gisbert // *Fish & Shellfish Immunology.* – 2018. – V. – 80. P. 487-496.
268. Feed International's World Feed Panorama: Lack of Quality Feeds Slows Russia's Aquaculture Sector. – [Electronic resource] – Access mode: <http://www.digital.com/201604/#/4>.

269. Feed International's World Feed Panorama: World Feed Panorama facts at-a-glance [Electronic resource] // News and analysis for the global animal feed industry. – 2012. – Access mode: <https://www.feedstrategy.com/feed-mill-management/world-feed-panorama-once-again-industry-increases-its-volume/>
270. Ferrer Llagosteraab P., KallasaL Z, Reigb L., Amores de Gea D. The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay // Journal of Cleaner Production. – 2019. – V. 229. – P. 10-21.
271. FishFeed: Market Tensions Create Opportunities for Innovations: FISH 2.0 Market Report. – [Electronic resource] – Access mode: [http://www.fish20.org/images/Fish2.0MarketReport\\_FishFeed.pdf](http://www.fish20.org/images/Fish2.0MarketReport_FishFeed.pdf)
272. Fishmeal Monthly Price - US Dollars per Metric Ton. [Electronic resource] – Access mode: <http://www.indexmundi.com/Commodities/?commodity=fish-meal&months=180>
273. Fish 2.0 Challenge 2015 Finalists. [Electronic resource] – Access mode: <http://fish20.org/images/2015%20Finalists.pdf>
274. Food Outlook: Biannual Report on Global Food Markets / FAO. – Rome, 2021. – 188 p.
275. Food loos and waste facts / FAO. – [Electronic resource] –Access mode: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/ru/c/317265/>
276. F3 Fish-Free Feed Challenge official site. [Electronic resource] – Access mode: <https://herox.com/F3>
277. From Agriculture to AgTech: An industry transformed beyond molecules and chemicals / Deloitte. – UK, 2016. – 24 p.
278. Girones, R. Isolation of marine bacteria with antiviral properties / R. Girones, J.T. Jofre, A. Bosch // Can. J. Microbiol. – 1989. – № 35. – P.1015–1021.
279. Gomez-Gil, B. The use and selection of probiotics bacteria for use in the culture of larval aquatic organisms / B. Gomez-Gil, A. Roque, J.F. Turnbull // Aquaculture. – 2000. – №191. – P. 259 – 270.

280. Gullian, M. Immunostimulant qualities of probiotic bacteria / M. Gullian, J. Rodri'guez // *Global Aquaculture. Advocate.* – 2002. – № 5. – P. 52–54.
281. Gullian, M. Selection of probiotic bacteria and study of their immunostimulatory effect in *Penaeus vannamei* / M. Gullian, F. Thompson, J. Rodri'guez // *Aquaculture.* – 2004. – V. 233. – Iss. 1–4. – P. 1 – 14.
282. Gunther M. Can Aqua-Spark fund the future of aquaculture? / M. Gunther // *onic The Guardian.* – 2015. – 11 march.
283. Giant river prawn - *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Palaemonidae) FAO official common names: Fr - Bouquet géant; Es - Langostino de río // FAO – 2020. – [Electronic resource] - Access mode: <http://www.fao.org/fishery/affris/species-profiles/giant-river-prawn/giant-river-prawn-home/en/>
284. Girones, R. Isolation of marine bacteria with antiviral properties / R. Girones, J.T. Jofre, A. Bosch // *Can. J. Microbiol.* –1989. - № 35. – P.1015–1021.
285. Gomez-Gil, B. The use and selection of probiotics bacteria for use in the culture of larval aquatic organisms / B. Gomez-Gil, A. Roque, J.F. Turnbull // *Aquaculture.* – 2000. – №191. – P. 259–270.
286. Gorjan, N. The Appeal of Fishmeal / N. Gorjan // *Food & Agribusiness.* – [Electronic resource] - Access mode: <https://research.rabobank.com/far/en/sectors/animal-protein/the-appeal-of-fishmeal>.
287. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention – [Electronic resource] / – FAO: Rome Food and agriculture organization of the united nations. – 2011. – 29 p. – Access mode: <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf>
288. Global Vertical Farming Market Size, Share, Development, Growth and Demand Forecast to 2023. – [Electronic resource] – Access mode: <https://www.psmarketresearch.com/market-analysis/vertical-farming-market>
289. *Global hunger* rising again, driven by conflict and climate change – UN report // UN NewsCentere. – [Electronic resource] – Access mode: <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=57526#.Wfcrj2i0OUk>.
290. Griffin J. What to Feed the Fish? Demand for Feed Attracts Innovators and Investors / J. Griffin // *ImpactAlpha.* – 2015. – 21 october.

291. Hansen, G.H. Bacterial interactions in early life stages of marine cold water fish / G.H. Hansen, J.A. Olafsen // *Microbial Ecol.* – 1999. – № 38. – P. 1–26.
292. Hardy R.W. Partial replacement of soybean meal with *Methylobacterium extorquens* single-cell protein in feeds for rainbow trout (*Oncorhynchus myiss* Walbaum) / R.W. Hardy, B. Patro, C. Pujol-Baxley, C.J. Marx, L. Feinberg // *Aquac Res.* – № 49. – 2018. P. 2218-2224
293. Healthy Eating Trends Around The World: Nielsen Global Health and Wellness Report / Nielsen, 2015. - [Electronic resource] - Access mode: <https://www.nielsen.com/content/dam/niensenglobal/eu/nielseninsights/pdfs/Nielsen%20Global%20Health%20and%20Wellness%20Report%20-%20January%202015.pdf>.
294. Hepher, B. Nutrition of pond fish / B. Hepher. // London, Cambridge University. Press. – 1988. – P. 41 – 237.
295. How to Feed the World in 2050: High-Level Expert Forum. // Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO. - [Electronic resource] - Access mode: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert\\_paper/How\\_to\\_Feed\\_the\\_World\\_in\\_2050.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf)
296. Hung, Silas S.O. Recent advances in sturgeon nutrition / S. S.O. Hung // *Animal Nutrition.* – 2017. – V. 3 (3). – P. 191-204.
297. Ian M., Ruscoe. Assessment of stocking size and density in the production of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* von Martens Decapoda: Parastacidae, cultured under earthen pond conditions / M. Ian, M. Ruscoe, // *Aquaculture.* – 2000. – № 189. – P. 63-71.
298. Improving Productivity and Environmental Performance of Aquaculture: Working Paper of World Resources Institute, 2014. [Electronic resource] - Access mode: [http://www.wri.org/sites/default/files/wrr\\_installment\\_5\\_improving\\_productivity\\_environmental\\_performance\\_aquaculture.pdf](http://www.wri.org/sites/default/files/wrr_installment_5_improving_productivity_environmental_performance_aquaculture.pdf)
299. International Feed Industry Federation (IFIF). Annual Report 2012/13. [Electronic resource] - Access mode: <http://ifif.org/uploadImage/2013/10/1/c838a3d3dbb286acb4685f331c1b70241380656385.pdf>

300. Industry Insights: Food Retail Industry Insights – 2016 / Duff & Phelps. [Electronic resource] - Access mode: [www.duffandphelps.com/assets/pdfs/publications/mergers-and-acquisitions/industry-insights/consumer/foodretail-industry-insights-2016.pdf](http://www.duffandphelps.com/assets/pdfs/publications/mergers-and-acquisitions/industry-insights/consumer/foodretail-industry-insights-2016.pdf)
301. IPIFF members. [Electronic resource] - Access mode: <http://www.ipiff.org/our-members>
302. Irianto, A. Use of probiotics to control furunculosis in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) / A. Irianto, B. Austin // J. Fish Dis. – 2002 – № 25. – P. 333 – 342.
303. Isyakaeva R. R. Alternative sources of aquaculture feed in the context of organic production priorities / R. R. Isyakaeva, L. Yu. Lagutkina, A. B. Akhmedzhanova, E. V. Golubkina, M. T. Kaplanov, N. A. Khazova // P2ARM 2020, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – 640. – P. 062024.
304. Fedorovykh, J. The effect of lipid composition in diets on ovicell generation of the Russian sturgeon females [Electronic resource] / J. Fedorovykh, S. Ponomarev, J. Bakaneva, J. Sergeeva, A. Bakhareva, J. Grozesku, V. Egorova // Journal of Aquaculture research and development. – 2015. – V. 6. – I. 5. – 6 p. – Access mode: <https://www.longdom.org/archive/jard-volume-6-issue-5-year-2015.html>
305. Kader, M.A. Supplemental effects of some crude ingredients in improving nutritive values of low fishmeal diets for red sea bream, *Pagrus major* / M.A. Kader, S. Koshio, M. Ishikawa, S. Yokoyama, M. Bulbul. // Aquaculture. – 2010. – №308. – P.136 – 144.
306. Kamei, Y. Screening of bacteria with antiviral activity from fresh water salmonid hatcheries / Y. Kamei, M. Yoshimizu, Y. Ezura, T. Kimura // Microbiol. Immunol. – 1988. – № 32. – P. 67–73.
307. Kennedy, S.B. Bacterial management strategies for stock enhancement of worm water marine fish: a case study with common snook, *Centropomus undecimalis* / S.B. Kennedy, J.W. Tucker, C.L. Neidic, G.K. Vermeer, V.R. Cooper, J.L. Jarrell, D.G. Sennett // Bulletin Marine Science. – 1998. – № 62 (2). – P. 573 – 588.

308. Klavinski R. 7 benefits of eating local foods. – [Electronic resource] – Access mode: [https://www.canr.msu.edu/news/7\\_benefits\\_of\\_eating\\_local\\_foods](https://www.canr.msu.edu/news/7_benefits_of_eating_local_foods)
309. Krishnan N. Cultivating Ag Tech: 5 Trends Shaping the Future of Agriculture // CBINSIGHTS // 28.03.2017. – [Electronic resource] – Access mode: <https://www.cbinsights.com/research/agtech-startup-investor-funding-trends>
310. Lagutkina, L.Yu. Organic aquaculture as a promising direction for the development of the fisheries industry (review) / L.Yu. Lagutkina, S.V. Ponomarev // Agricultural biology. – 2018. – № – 53 (2) – P. 326 – 336.
311. Lagutkina L. Y. / Experience of growing australian crayfish using feeds from the biomass of pond ecosystems / L.Y. Lagutkina, E.G. Kuzmina, E.V. Pershina // International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration», August 31, 2019. - Beijing, PRC, 2019. - P.173-179.
312. Lagutkina, L. Biotech aspects of Caridean shrimp cultivation / L. Lagutkina, A. Nevalenny, S. Ponomarev, Y. Fedorovykh // E3S Web of Conferences. XIII International Scientific and Practical Conference «State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020». – 2020. – P. 02003.
313. Lane, C. The effects of every-other-day feeding on the growth performance of yearling stellate sturgeon *Acipenser stellatus* / C. Lane, E. J. Livengood, R. D. Miles, F. A. Chapman // Journal of Applied Aquaculture. – 2017. – V. 30 (1). P. 39-46.
314. Lara-Flores, M. Use of the bacteria *Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus*, and the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as growth promoters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) / M. Lara-Flores, M.A. Olvera-Novoa, B.E. Guzman-Mendez, W. Lopez-Madrid // Aquaculture. – 2003. – № 216. – P. 193 – 201.
315. Lategan, M.J. Antagonistic activity of *Aeromonas media* strain A199 against *Saprolegnia* sp., an opportunistic pathogen of the eel, *Anguilla australis* Richardson / M.J. Lategan, L.F. Gibson // Journal of Fish Diseases. – 2003. – № 26. – P.147–153.
316. Leen, B. Kick-off €2.1 million European project In DIRECT by Biobased Industries Joint Undertaking (BBI-JU) / B. Leen // Vito, press releas. – 2016. – 12 december.

317. Leiber, N. TwoXSea's Farmed Fish Is Raised on a Fish-Free Diet: Aquaculture that runs on veggies / N. Leiber // Bloomberg. – 2015. – 19 november.
318. Lepeska, D. Betting the Farm: Is There an Urban Agriculture Bubble? Next City. Available at / D. Lepeska // Next City. – 2013. – 14 january.
319. Lee, S. Effects of feed restriction on the upper temperature tolerance and heat shock resporans in juvenile green and white sturgeon / Seunghyung Lee, Silas S. O. Hung, Nann A. Fanguie, Liran Haller, Chirstine E. Verhille, Juan Zhao, Anne E. Todgham // Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. – 2016. – V. 198. P. 87-95.
320. Luoa, L. Effects of feeding rates and feeding frequency on the growth performances of juvenile hybrid sturgeon, *Acipenser schrenckii* Brandt♀ × *A. baeri* Brandt♂ / L. Luoa, T. Lia, W. Xinga, M. Xueb, Z. Maa, N. Jianga, W. Lia // Aquaculture. – 2015. – V. 448. Iss. 229-233.
321. Luna, M. Integration of environmental sustainability and product quality criteria in the decision-making process for feeding strategies in seabream aquaculture companies // M. Luna, I. Llorente, Á. Cobo / Journal of Cleaner Production. – 2019. – V. 217. – P. 691-701.
322. Mancebo F. Urban Agriculture: Fostering the Urban-Rural Continuum / F. Mancebo, S. Salles // Challenges in Sustainability, Special Issue on Urban Agriculture: Fostering the Urban-Rural Continuum. – 2016. – V. 4. Iss. 1 – P. 1-2.
323. Mamauag, R.E.P. Supporting ASEAN good aquaculture practices: Utilization of alternative protein sources for aquafeed to minimize pressure on fishery resources / R. E. P. Mamauag // Fish for the People. – 2016. – №14 (2). – P. 83 – 89.
324. Mancuso, T. An empirical study on consumer acceptance of farmed fish fed on insect meals: the Italian case / T. Mancuso, L. Baldi, L. Gasco // Aquaculture Internationa. – 2016. – 24. – P. 1489-1507.
325. Markovic, Z. Evaluation of growth and histology of liver and intestine in juvenile carp (*Cyprinus carpio*, L.) fed extruded diets with or without fish meal. Tur / Z. Markovic, V. Poleksic, N. Lakic, I. Živic, Z. Dulic, M. Stankovic, M. Spasic, B. Raškovic, M. Sørensen // Journal Fish Aquaculture Science. – 2012. – № 12. – P. 301 – 308.

326. Market analysis report. Aquafeed Market Size, Share & Trends Analysis Report By Form (Dry, Wet, Moist), By Ingredient (Animal By-product, Grain By-product, Oils & Fats, Additives), By Application, By Feed Type, By Region, And Segment Forecasts, 2020 – 2027. – [Electronic resource] – Access mode: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/aquafeed-and-aquaculture-additive-market>
327. McClure, D. The Rise of the Serial Innovator / D. McClure // Thoughtworks. – 2015. – 15 january.
328. Mehree, I. Consumer behaviour of organic food a developing country perspective / I. Mehree // International Journal of Marketing and Business Communication. – 2015. – V. 4(4). – C. 442 – 452.
329. Moriarty, D. The role of microorganisms in aquaculture ponds / D. Moriarty // Aquaculture. – 1997. – V. 151. – P. 333 – 349.
330. Montana, F. McLean. Linking environmental factors with reflex action mortality predictors, physiological stress, and post-release movement behaviour to evaluate the response of white sturgeon (*Acipenser transmontanus* Richardson, 1836) to catch-and-release angling / F. McLean Montana, M.K. Litvak, E. M.Stoddard, S. J.Cooke, D.A.Patterson, S.G.Hinch, D. W.Welch // Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. – 2020. V. 240. – P. – 110618.
331. Naik, A.T.R. Effect of graded levels of G-probiotics on growth, survival and feed conversion of *Tilapia, Oreochromis mossambicus* fish / A.T.R. Naik, H.S. Murthy, T.J. Ramesha // Technology. – 1999. – № 36. – P. 63 – 66.
332. Nawaz, A. The functionality of prebiotics as immunostimulant: Evidences from trials on terrestrial and aquatic animals / A. Nawaz, A. Bakhsh javaid, S. Irshadb, S.H. Hoseinifar, H. Xiong // Fish & Shellfish Immunology. – 2018. – № 76. – P. 272-278.
333. New action plan will boost organic agriculture and aquaculture in Europe. – [Electronic resource] / Europa Commission. – 2021. – 25 march. – Access mode: [https://ec.europa.eu/fisheries/press/new-action-plan-will-boost-organic-agriculture-and-aquaculture-europe\\_en](https://ec.europa.eu/fisheries/press/new-action-plan-will-boost-organic-agriculture-and-aquaculture-europe_en)

334. Nikoskelainen, S. Characterization of the properties of human and dairy-derived probiotics for prevention of infectious diseases in fish. / S. Nikoskelainen, S. Salminen, G. Bylund, A. Ouwehand // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2001. – № 67. – P. 2430 – 2435.
335. Nutrinsic developing feed from beer-making waste – [Electronic resource] – Access mode: <http://www.wattagnet.com/articles/22580-nutrinsic-developing-feed-from-beer-making-waste>.
336. Nutrinsic company funding overview – [Electronic resource] – Access mode: <https://www.crunchbase.com/organization/nutrinsic#/entity>.
337. Olsson, J.C. Survival, persistence and proliferation of *Vibrio anguillarum* in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), intestine and faeces / J.C. Olsson, A. Jo Born, A. Westerdahl, L. Blomberg, S. Kjelleberg, P.L. Conway // *Journal Fish Dis.* – 1998. – № 21. – P. 1 – 9.
338. Onarheim, A. M. Characterization and identification of two *Vibrio* species indigenous to the intestine of fish in cold sea water; description of *Vibrio iliopiscarius* sp. nov. syst. / A. M. Onarheim, R. Wiik, J. Burghardt, E. Stackebrandt. // *Appl. Microbiol.* – 1994. – №12. – P.370 – 379.
339. Organic Aquaculture Basics – [Electronic resource] – Access mode: <https://www.ifoam.bio/about-us/our-network/sector-platforms/ifoam-aquaculture>
340. Phianphak, W. Probiotic use of *Lactobacillus spp.* for black tiger shrimp, *Penaeus monodon* / W. Phianphak, S. Rengpipat, S. Piyatiratitivorakul, P. Menasveta // *Journal Science Res. Chula Univ.* – 1999. – № 24. – P. 42 – 51.
341. Romanova, E. Effects of bacillus subtilis and bacillus licheniformis on catfish in industrial aquaculture / E. Romanova, E. Spirina, V. Romanov, V. Lyubomirova, L. Shadyeva // *E3S Web of Conferences. XIII International Scientific and Practical Conference «State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020».* – 2020. – P. 02013.
342. Probiotic in food: Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria: Report of a Joint FAO / WHO Expert Consultation on Evaluation of Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food

- Including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria / FAO/WHO. – Rome, 2001. – 56 p.
343. Prymaczok N.C. Survival, growth, and physiological responses of advanced juvenile freshwater crayfish (*Cherax quadricarinatus*), reared at low temperature and high salinities / N. C. Prymaczok, A. Chaulet, D.A. Medesani, E.M. Rodríguez // *Aquaculture*. – 2012. – V. 334 – 337. P. 176–181.
344. Przybył, A. A usability trial of erythrocyte meal in feeding juveniles of common carp, *Cyprinus carpio* L. / A. Przybył, J. Mazurkiewicz, B. Wudarczak, M. Molinska-Glura, K. Molinski // *Acta ichthyologica et piscatorial*. – 2006. – V. 36 (1). – P. 57 – 63.
345. Rask, L. T. Prebiotics for prevention of gut infections / L. T. Rask, T. Ebersbach, H. Frøkiær // *Trends in Food Science & Technology*. – 2012. – V. 23. Issue 2. – P. 59 – 132.
346. Rengpipat, S. Effects of a probiotic bacterium in black tiger shrimp *Penaeus monodon* survival and growth / S. Rengpipat, W. Phianphak, S. Piyatiratitivorakul, P. Menasaveta // *Aquaculture*. – 1998. – V. 167. – P.301 – 313.
347. Rengpipat, S. Immunity enhancement in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) by a probiont bacterium (*Bacillus* S11) / S. Rengpipat, S. Rukpratanporn, S. Piyatiratitivorakul, P. Menasaveta // *Aquaculture*. – 2000. – V. 191. – P. 271-288.
348. Riffkin R. Forty-Five Percent of Americans Seek Out Organic Foods / R. Riffkin // *News Gallup*. – 2014. – 7 august.
349. Roberto, K. How-to hydroponics. / K. Roberto. – 3th ed. – *New York*: Futeregarden press: Farmingdale, 2003. –102 p.
350. Rules of Procedure of IFOAM Aquaculture Forum – [Electronic resource] - Access mode: [https://ifoam.bio/sites/default/files/2020-06/ifoam\\_aquaculture\\_rules\\_of\\_procedure2016.pdf](https://ifoam.bio/sites/default/files/2020-06/ifoam_aquaculture_rules_of_procedure2016.pdf)
351. Sahu, N.P. Effect of extrusion processing and steam pelleting diets on pellet durability, water absorption and physical response of *Macrobrachium rosenbergii* // N.P. Sahu, K.K. Jain, C.K. Misra // *Asian-Australian Journal of Animal Science*. – 2002. – 15. – P. 1354.

352. Sakata T. Microflora in the digestive tract of fish and shellfish. / T. Sakata // *Microbiology in Poecilotherms*. – 1990. – №2. – P. 171 – 176.
353. Sarma, A. Optimization of plant to animal protein ratio in the post larval diet of *Macrobrachium rosenbergii* / A. Sarma, N.P. Sahu // *Indian Journal of Animal Science*. – 2002. – №72. – P. 1051-1054.
354. Soderhall K. Freshwater crayfish: Biology, management and exploitation / K., Soderhall, M.W. Johansson, V.J. Smith // S.: Timber Press Portland. – 1988. – 498 p.
355. Scholz, U. Enhancement of *Vibrio* resistance in juvenile *Penaeus vannamei* by supplementation of diets with different yeast products / U. Scholz, G. Garcia Diaz, D. Ricque, L.E. Cruz Suarez, E. Vargas J. Albores, Latchford // *Aquaculture*. – 1999. – № 176. – P. 271 – 283.
356. Shawn, W Jones. Recent advances in single cell protein use as a feed ingredient in aquaculture / W. Jones Shawn, Karpol Alon, Friedman Sivan, T Maru Biniam, P Tracy Bryan // *Current Opinion in Biotechnology*. – 2020. – V. 6. – P. 189-197.
357. Sudagar M. Effects of Feeding Time on Growth, Survival, and Food Conversion Ratio of *Huso huso* Fingerlings / M. Sudagar, A. Hajibaglo, H. K. Miandare // *Journal of Applied Aquaculture*. – 2010. – V. 24 (1). – P. 81-87.
358. Swiss Alpine Fish AG official site – [Electronic resource] – Access mode: [www.swisslachs.ch/en/about-swiss-alpine-fish](http://www.swisslachs.ch/en/about-swiss-alpine-fish)
359. Tacon, A.G.J. Fish Matters: Importance of aquatic foods in Human nutrition and global food supply / A.G.J. Tacon, M. Metian // *Rev. Fish. Sci. Aquaculture*. – 2013. – № 21 (1). – P. 22 – 38.
360. Tapiador, F.J. Consensus in climate classifications for present climate and global warming scenarios [Electronic resource] / F.J. Tapiador, R. Moreno, A. Navarro // *Atmospheric Research*. – 2019. – V. 216. Iss. 26-36. - Access mode: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809518309025>.
361. Taridashti F. Effects of probiotic *Pediococcus acidilactici* on growth performance, survival rate, and stress resistance of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) / F. Taridashti, K. Delafkar, A. Zare, G. Azari-Takami // *Journal of Applied Aquaculture*. – 2017. – V. 29. Iss. (3-4), P. 220-232.

362. The State of World Fisheries and Aquaculture Meeting the sustainable development goals // FAO. – 2018 – [Electronic resource] – Access mode: <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>.
363. Timothy, W. Flegel. A future vision for disease control in shrimp aquaculture / Timothy W. Flegel // Journal of the World Aquaculture Society. – 2019 – № 50. – P. 249–266.
364. Tlusty, M. Feinberg A transdisciplinary approach to the initial validation of a single cell protein as an alternative protein source for use in aquafeeds / M. Tlusty, A. Rhyne, J.T. Szczebak, B. Bourque, J.L. Bowen, G. Burr, C.J. Marx, L. Feinberg // – 2017. PeerJ, 5.
365. Tiwari, J.B. Possible use of soyalecithin as a source of lipid in the post larval diet of *Macrobrachium rosenbergii* / J.B. Tiwari, N.P. Sahu // Journal of Aquaculture in the Tropics. – 1999. – Vol. 14. – P. 37-46.
366. Travis W.R. Current Opinion in Environmental Sustainability, Moving toward 1.5°C of warming: implications for climate adaptation strategies / W.R. Travis, J.B. Smith, G.W. Yohe // . – 2018. – Vol. 31. – P. 146-152.
367. Trinder, P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with on alternative oxygen receptor / P. Trinder // Am. J. Clin. Biochem. – 1969 – V.7 – P.40.
368. 2017 Food Trends: Six Key Global Food and Drink Trends for 2017 / Global Food Forums – [Electronic resource] – Access mode: <https://www.globalfoodforums.com/food-news-bites/2017-food-trends>.
369. Underhill D.M. Elie Metchnikoff (1845-1916) Celebrating 100 years of cellular immunology and beyond / D.M. Underhill, S. Gordon, B.A. Imhof, G. Núñez, P. Bousso // Nature Reviews Immunology. – 2016. – V. – 16. – P. 651-656.
370. Ushakova, N.A. Mechanisms of the effects of probiotics on symbiotic digestion / N.A. Ushakova, R.V. Nekrasov, I.V. Pravdin, N.V.Sverchkova, E.I.Kolomiets, D.S. Pavlov // *Biological bulletin*. – 2015. – V. 42. – Iss. 5. – P. 394 – 400.
371. Urban agriculture and food security: some facts and figures – [Electronic resource] / FAO. – 2015. – Access mode: <https://www.slideshare.net/FAOoftheUN/urban-agriculture-and-food-security-some-facts-and-figures/>.

372. Van Kampen, E. J. Determination of hemoglobin and its derivatives / E. J. Van Kampen, W. G. Zijistra // *Adv. Clinica Chimica Acta.* – 1965. – P. 141 – 187.
373. Vaseeharan, B. Control of pathogenic *Vibrio spp.* by *Bacillus subtilis* BT23, a possible probiotic treatment for black tiger shrimp *Penaeus monodon* / B. Vaseeharan, P. Ramasamy // *Lett. Appl. Microbiol.* – 2003. – V. 36. – P. 83 – 87.
374. Vasilev, D. Some characteristics of fermented sausages produced with commercial probiotic *Lactobacillus casei* LC01 and potential probiotic *Lactobacillus plantarum* 564 isolated from Sjenica cheese / D. Vasilev, Z. Radulović, N. Mirkovic, D. Kekus, M. Petrusic, N. Cobanovic // *International 57th Meat Industry Conference.* – 2013. – P. 293 – 298.
375. Vieira, A.T. The role of probiotics and prebiotics in inducing gut immunity / A.T. Vieira, M.M., Teixeira, F.S Martins // *Front Immunol.* – 2013. – V. 1. – P. 46.
376. Vine, N.G. In vitro growth characteristics of five candidate aquaculture probiotics and two fish pathogens grown in fish intestinal mucus / N.G. Vine, W.D. Leukes, H. Kaiser // *FEMS Microbiol. Lett.* – 2004. – V. 231. – P. 145 – 152.
377. Vertical Farming Market: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2017-2023 – [Electronic resource] – Access mode: <https://www.alliedmarketresearch.com/vertical-farming-market>
378. Vertical Farming Market. Competitive Market Share & Forecast, 2017–2024 / Global Market Insights – [Electronic resource] – Access mode: <https://goo.gl/44ZhnD>
379. Wang T. The combined effect of vitamin E, arachidonic acid, Haemtococcus pluvialis, nucleotides and yeast extract on growth and ovarian development of crayfish (*Cherax quadricarinatus*) by the orthogonal array design / T. Wang, Y.J. Habib, J. Wang, W.M. Fayed, Z. Zhang // *Aquaculture Nutrition.* – 2020. – Vol. 26(5). – P. 2007-2022.
380. WATTAgNet.com: Egypt leads African surge in fish feeds – [Electronic resource] – Access mode: <http://www.wattagnet.com/articles/21889-egypt-leads-african-surge-in-fish-feeds?v=preview>
381. WATTAgNet.com: Aquafeed production continues to expand – [Electronic resource] – Access mode: <http://www.wattagnet.com/articles/26319-aquafeed-production-continues-to-expands>

382. Weichselbaum, T.E. An accurate and rapid method for the determination of proteins in small amounts of blood serum and plasma / T.E. Weichselbaum // Am. J. Clin. Pathol. Acta. –1946. – Vol. 7. – P. 40 – 49.
383. Willer, H. The world of organic agriculture. Statistic and Emerging Trends 2021 / H. Willer, J. Travnicek, C. Meier, B. Schlatter. – Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, IFOAM. Organics International, Bonn, 2021 – 340 P.
384. WHO's first ever global estimates of foodborne diseases find children under 5 account for almost one third of deaths / World Health Organization – [Electronic resource] – Access mode: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/foodborne-diseaseestimates/en/> .
385. Wongputtisin P. Use of *Bacillus subtilis* isolates from Tua-nao towards nutritional improvement of soya bean hull for monogastric feed application // P. Wongputtisin , C. Khanongnuch , W. Kongbuntad , P. Niamsup , S. Lumyong , PK Sarkar // Lett Appl Microbiol. 2014. – V. 59. – P. – 328-333.
386. World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision – [Electronic resource] – Access mode: [https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/docs/AT2050\\_revision\\_summary.pdf/](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/docs/AT2050_revision_summary.pdf/)
387. Wang I. Future extreme climate changes linked to global warming intensity / I. Wang, D. Jiang, X. Lang // Science Bulletin. – 2017. – V. 62. – Iss. 24. – P. 1673-1680.
388. Ynsect Raises \$15.2M to Build the Largest Insect Production Unit in the World. – [Electronic resource] – Access mode: <http://www.demeter-partners.com/en/ynsect-the-global-leader-in-the-mass-scale-breeding-of-insects-for-the-animal-feed-markets-announces-that-it-has-closed-a-15-2m>

## ПРИЛОЖЕНИЯ



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2437566

**КОМБИКОРМ ДЛЯ ТРОПИЧЕСКИХ РАКОВ И  
ПРЕСНОВОДНЫХ КРЕВЕТОК**Патентообладатель(ли): *Лагуткина Лина Юрьевна (RU)*Автор(ы): *Лагуткина Лина Юрьевна (RU), Пономарев Сергей  
Владимирович (RU), Пахомов Михаил Михайлович (RU)*

Заявка № 2010126498

Приоритет изобретения 28 июня 2010 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре  
изобретений Российской Федерации 27 декабря 2011 г.

Срок действия патента истекает 28 июня 2030 г.

*Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной  
собственности, патентам и товарным знакам*

Б.П. Симонов

**СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ**

В рыбоводном процессе Ассоциации «Большая рыба» были использованы комбикорма линии «TechSa» для теплолюбивых видов аквакультуры с целью расширения линейки используемых комбикормов в производственной деятельности. При кормлении карповых видов рыб в качестве средства повышения эффективности кормов за счет включения в рацион спорообразующих пробиотических культур в соответствии с установленными рекомендациями использовали комбикорм на основе пробиотического препарата «Olin» (0,5 г на 1 кг комбикорма). Используемый комбикорм позволил улучшить динамику прироста показателя массы от начала кормления до контрольных точек промеров на >40% с повышением выживаемости особей до 80%, кроме того, зарегистрированное увеличение содержания показателя общего белка в крови свидетельствует о хорошем потенциале комбикорма с точки зрения питательной ценности.

Управляющий  
Ассоциация «Большая рыба»  
Ростовская область,  
Семикаракорский район,  
г. Семикаракорск



А.Л. Ершов



**Основы органической технологии тепловодной аквакультуры для фермерских рыбоводных хозяйств VI рыбоводной зоны РФ**

Комиссия Ассоциации «Большая рыба» в составе управляющего и директора ООО «Слободская Сагва» рассмотрела вопрос об использовании результатов диссертационной работы Лагуткиной Лины Юрьевны и постановила следующее: «Внедрить в ассортимент применяемых комбикормов и использовать при кормлении карповых видов рыб в соответствии с установленными рекомендациями для использования комбикорма TechSa Organic на основе пробиотического препарата «Olin» и продукционного комбикорма направленного действия TechSa Direct Pro, разработанные в рамках диссертационного исследования комбикорма линии «TechSa» для теплолюбивых видов аквакультуры».

Директор ООО «Слободская Сагва»

А.А. Корольков



**Наименование предложения для внедрения:** выведение на летование рыбоводных прудов для предприятий Ассоциации «Большая Рыба» под посев бахчевых культур.

**Название организации, рекомендовавшей к внедрению:** ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Астраханская область, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 16.

**Источник информации:** Диссертационная работа на соискание степени доктора сельскохозяйственных наук: «Научные основы органической аквакультуры в условиях южных регионов России».

**Кем и когда принято решение о внедрении:** ООО «Слободская Сагва» 346651, Ростовская обл., Семикаракорский р-н, Слободской х., ул. Степная, 4.

**Эффективность от внедрения:** Применение аквасевооборота и выведение на летование прудов под посев бахчевых повышает продукционный потенциал естественной кормовой базы по биомассе зообентоса на 78% и зоопланктона на 38%, улучшает состояние почвы и позволяет снизить необходимые дозы вносимых органических удобрений на 12,5%.

**Акт составлен в 3 экз.**

**Ответственный за внедрение от Ассоциации «Большая рыба»:**

Главный Рыбовод  
ООО «Слободская Сагва»  
Р.В. Степанов

A handwritten signature in black ink, appearing to be "R.V. Stepanov", written over a horizontal line.

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО

«Астраханский государственный  
технический университет»,  
профессор А.Н. Неваленный



2021 г.

### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

1. **Наименование предложения для внедрения:** внедрение учебника «Фермерское рыбоводство для предприятий среднего и малого бизнеса» в учебный процесс и профессионально-практическую деятельность фермерских хозяйств.
2. **Организация, адрес, исполнителя:** ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Астраханская область, г. Астрахань, ул. Татищева 16. Авторы: С.В. Пономарев, Л.Ю. Лагуткина.
3. **Источник информации:** Диссертационная работа на соискание степени доктора наук: «Научные основы органической аквакультуры в условиях южных регионов России».
4. **Внедрено:** В образовательный процесс по направлению подготовки бакалавров Водные биоресурсы и аквакультура при разработке рабочей программы по дисциплине «Фермерское рыбоводство» в рамках профессиональной компетенции ПК-1 организация ведения технологического процесса разведения и выращивания водных биологических ресурсов.
5. **Период внедрения:** с 28.04.2021 г.
6. **Эффективность внедрения:** Использование на практике знаний, умений и навыков, полученных в процессе изучения учебника «Фермерское рыбоводство для предприятий среднего и малого бизнеса» позволяет повысить профессиональный уровень современного специалиста рыбовода в области получения качественной продукции аквакультуры, используя экономическую модель фермерского хозяйства, тем самым обеспечить население экологическими продуктами питания и обеспечить конкурентоспособность собственного предприятия в отрасли.

Материалы рассмотрены на заседании учебно-методического совета, протокол №8 от 28 апреля 2021 г.

#### Ответственный за внедрение:

Директор института рыбного хозяйства,  
биологии и природопользования  
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный  
технический университет»,  
к.б.н., доцент

В.И. Егорова

Почтовый адрес: ФГБОУ ВО «АГТУ» 414056 г. Астрахань, ул. Татищева, д.16, E-mail:  
[lekaego@mail.ru](mailto:lekaego@mail.ru), телефон: (8512) 61-42-25



### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

1. **Наименование предложения для внедрения:** внедрение учебного пособия «Разработка и оптимизация технологических процессов в аквакультуре» (гриф научно-методического совета по рыбному хозяйству ФУМО ВО) в учебный процесс и профессионально-практическую деятельность предприятий рыбохозяйственного комплекса.
2. **Организация, адрес, исполнителя:** ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Астраханская область, г. Астрахань, ул. Татищева 16. Авторы: Л.Ю. Лагуткина, А.С. Мартьянов.  
**Источник информации:** Диссертационная работа на соискание степени доктора наук: «Научные основы органической аквакультуры в условиях южных регионов России».
3. **Внедрено:** В образовательный процесс по направлению подготовки магистратуры 35.04.07 Водные биоресурсы и аквакультура при разработке рабочей программы по дисциплине «Разработка и оптимизация технологических процессов в аквакультуре», что соответствует федеральному государственному образовательному стандарту по направлению подготовки Водные биоресурсы и аквакультура, утвержденному Министерством образования и науки Российской Федерации и профессиональному стандарту «Специалист по водным биоресурсам и аквакультуре» в рамках профессиональных компетенций: ПК- 1 Способен использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах, ПК-10 Способен эксплуатировать научное и технологическое оборудование и оптимизировать технологические процессы в аквакультуре.
4. **Период внедрения:** с 28.04.2021 г.
5. **Эффективность внедрения:** Использование на практике знаний, умений и навыков, полученных в процессе изучения учебного пособия «Разработка и оптимизация технологических процессов в аквакультуре», позволяет повысить профессиональный уровень специалистов рыбохозяйственной отрасли в изучении вопросов теории оптимизации и соответствующих прикладных задач в области разработки отдельных элементов деятельности рыбохозяйственных предприятий, тем самым обеспечить оптимальное использование ресурсов при организации технологических процессов в аквакультуре и управлении ими с помощью различных подходов и методов теории оптимизации и обеспечить конкурентоспособность отрасли.

Материалы рассмотрены на заседании учебно-методического совета протокол №8 от 28 апреля 2021 г.

**Ответственный за внедрение:**

Директор института рыбного хозяйства,  
 биологии и природопользования  
 ФГБОУ ВО «Астраханский государственный  
 технический университет»,  
 к.б.н., доцент

\_\_\_\_\_ В.И. Егорова

Почтовый адрес: ФГБОУ ВО «АГТУ» 414056 г. Астрахань, ул. Татищева, д.16, E-mail: [lekaego@mail.ru](mailto:lekaego@mail.ru), телефон: (8512) 61-42-25



## АКТ ВНЕДРЕНИЯ

**Наименование предложения для внедрения:** на предприятии внедрены в процессы управления и производства система менеджмента безопасности пищевых продуктов и технология органического производства. Подтверждение соответствия внедренных систем соответствующим стандартам качества принято проводить с помощью сертификации в независимых организациях с соответствующим профилем экономической деятельности. По итогам рассмотрения возможных организаций, которыми может проводиться такая сертификация, выбран ООО ССУ «ДЭКУЭС» Российского отделения международного органа по сертификации DQS Holding GmbH для проведения диагностического аудита системы менеджмента безопасности пищевых продуктов на соответствие требованиям национального стандарта ГОСТ Р ИСО 22000-2007, на соответствие требованиям стандарта «ЭКО - ПРОДУКТ» и выявления готовности к органической сертификации производимой продукции по технологии, детально описанной в диссертационной работе Л.Ю. Лагуткиной «Научные основы органической аквакультуры в условиях южных регионов России» при выполнении соответствующих рекомендаций в области попеременного выращивания аквакультурной и бахчевой продукции.

**Название организации, рекомендовавшей к внедрению:** ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Астраханская область, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 16.

**Комиссия:** Комиссия в составе: председателя к.б.н., доцента кафедры «Аквакультура и рыболовство», научного сотрудника научно-исследовательской лаборатории «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры» Федоровых Ю.В., к.с/х.н., доцента кафедры «Аквакультура и рыболовство» Левиной О.А., к.б.н., доцента кафедры «Аквакультура и рыболовство» Лагуткиной Л.Ю.

**Источник информации:** Диссертационная работа на соискание степени доктора сельскохозяйственных наук: «Научные основы органической аквакультуры в условиях южных регионов России».

**Кем и когда принято решение о внедрении:** ООО «СРК «Шараповский» 416323, Астраханская обл., Камызякский р-н, Кировский п., ул. Ленина, д. 35А.

**Эффективность от внедрения:** Достигается экологический и экономический эффект: сокращаются объемы вносимых удобрений и расхода комбикормов, повышается урожайность бахчевых на месте осушенных прудов, повышается ракопродуктивность прудов после предшествующего выращивания бахчевых культур, рентабельность такого производства увеличивается на 4.5-7.5 раз, а также обеспечивается высокий уровень готовности к соответствию требованиям органического производства.

Акт составлен в 3 экз.

Ответственный за внедрение от ООО «СРК «Шараповский»:

Генеральный директор  
ООО «СРК «Шараповский»



К.Г. Шейхгасанов

от ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»

Подписали:  
Председатель:

Федоровых Ю.В.

Члены комиссии:

Левина О.А.

Лагуткина Л.Ю.