



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Экологический факультет

Кафедра водных биоресурсов, аквакультуры и гидрохимии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(бакалаврская работа)

На тему: Перспективы применения йодсодержащих кормовых добавок для  
роста и развития рыб

Исполнитель: Орлов Анатолий Олегович

Руководитель: к.г.н., доцент Педченко Андрей Петрович

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

---

(Подпись)

к.т.н., доцент,  
Королькова Светлана Витальевна

«20» 06 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

## Содержание

Введение.....	3
1. Искусственные корма и их применение в рыбоводстве .....	5
1.1. Онтогенез рыб.....	5
1.2. Современное состояние кормопроизводства. Типы кормов и их состав ..	8
2. Основные направления повышения эффективности рыбоводства .....	19
2.1. Биологически активные добавки .....	19
2.2. Классификация кормовых добавок используемых в рыбоводстве .....	20
2.3. Методические подходы по повышению эффективности рыбоводства ..	44
3. Опыт применения йодсодержащих добавок в рыбоводстве на примере ленского осетра, радужной форели и карпа .....	48
3.1. Потребность рыб в минеральных веществах.....	48
3.2. Влияние йодсодержащих добавок на рост и развитие рыб.....	50
3.3. Рецептуры йодных добавок.....	54
3.4. Анализ натуральных экспериментов по внесению йодсодержащих добавок в рацион рыб.....	58
Заключение .....	70
Список использованной литературы.....	72

## Введение

На сегодняшний день из-за чрезмерного антропогенного воздействия наблюдается тенденция к понижению промысловых запасов многих видов рыб. Эффективным способом повысить объемы производства пищевой рыбной продукции является индустриальное рыболовство, продукция которого набирает обороты в мировом масштабе и снижает нагрузку с природных популяций рыб.

Известно, что одним из путей повышения скорости роста и развития и увеличения выживаемости в промышленном рыбоводстве является внесение в основной рацион рыб биологически активных добавок, включающих в себя дополнительные минеральные вещества, аминокислотные комплексы и витамины в легкоусвояемой форме.

По мнению И. В. Поддубной, «одним из наиболее важных микроэлементов, который участвует в регуляции основных обменных процессов, повышении резистентности к возбудителям заболеваний, а также оказывающем положительное воздействие на рост и развитие рыб является йод». При дефиците в организме йода, который является компонентом гормонов щитовидной железы и, если его в организме недостаточно, то сокращается синтез и секреция тироидных гормонов – тироксина ( $T_4$ ), трийодтиронина ( $T_3$ ) и дийодтирозина ( $T_2$ ). Недоразвитие плавников, снижение темпов роста, искривление формы тела – всё это является следствием дефицита этих гормонов [29]. Йод поступает в организм рыб двумя путями – алиментарно и осмотически. Пресноводные рыбы особенно нуждаются в поступлении йода из-за того, что пресная вода содержит йод в десятки раз меньше по сравнению с морской водой.

Некоторые исследования демонстрируют, что «йод, поступающий в организм рыб, имеет способность к кумуляции, оказывая положительное воздействие на многофункциональную деятельность щитовидной железы» [4, 16]. Следовательно, используя йодосодержащие добавки для восполнения его дефицита у рыб, можно увеличить эффективность производства и качество производимой продукции с высокими потребительскими свойствами.

Несмотря на существующие исследования по данной теме [14, 20, 29, 38], роль йода в организме рыб, вопросы его дозировки в рационе с учетом видовых, возрастных особенностей и внешних условий среды в настоящее время продолжают вызывать интерес исследователей и остаются актуальными. Поэтому любые научные работы по исследованию перспектив применения йодсодержащих добавок в кормлении рыб актуальны, косвенно решая проблемы йоддефицита у населения.

Объектом исследования являются кормовые добавки, используемые в рыбоводстве.

Предметом исследования является улучшение питательности кормов посредством применения йодсодержащих кормовых добавок.

Цель работы – выявление на основе обобщения имеющейся информации и проведения анализа преимуществ использования йодсодержащих добавок в кормлении рыб на примере представителей нескольких семейств, а также оценка перспектив применения данных добавок в аквакультуре.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить общие сведения об онтогенезе рыб;
2. Подготовить обзор биологически активных добавок, применяемых в рыбоводстве и дать их классификацию;
3. Обобщить сведения о потребностях рыб в минеральных веществах;
4. Рассмотреть рецептуру йодсодержащих добавок старого и нового поколений;
5. Проанализировать материалы исследований по внесению йодсодержащих добавок в рацион рыб;
6. На основе проведенного исследования сформулировать выводы о перспективах применения йодсодержащих добавок.

# 1. Искусственные корма и их применение в рыбоводстве

## 1.1. Онтогенез рыб

Развитие организма (онтогенез) – приспособительный процесс качественных и количественных (необратимых) изменений, протекающих в организме с момента закладки оогония в теле матери и до смерти старой особи.

Процесс развития охватывает весь жизненный цикл рыбы и состоит из ряда крупных периодов: яйцеклетки, эмбрионального периода, подразделяющегося на подпериоды, икринки, свободного эмбриона, или предличинки, периода неполовозрелого организма, подразделяющегося на подпериоды малька и созревающего организма, взрослого организма и старости.

«Все периоды процесса онтогенеза у каждого вида рыб характеризуются своей спецификой взаимоотношений с окружающей средой, своими особенностями внутреннего развития. Количество икринок, заложенных в материнском организме, как было сказано выше, зависит как от видовых особенностей вида рыбы, так и от тех условий, в которых рыба существует. В дальнейшем условия жизни матери с момента закладки икринки до ее вымета полностью определяют условия ее развития и, если условия жизни материнского организма сильно ухудшаются, то это может привести к гибели яйцеклетки – ее резорбции» [24]. С момента выметывания икринки материнский организм обычно уже не имеет прямого влияния на выживание и ход индивидуального развития потомства. На стадиях эмбрионального периода главными проблемами, как известно, являются хищники и неблагоприятный кислородный режим водоёма.

Именно они в значительной степени и влияют на выживаемость особей на этапах эмбрионального периода.

«Естественно, что у представителей разных экологических групп рыб, приспособленных развиваться в специфических условиях, основные причины гибели на этапах эмбрионального развития могут быть различными» [6, 18].

Если у фитофильных и многих литофильных рыб нарушение нормальных условий дыхания часто является причиной массовой гибели, то у пелагофильных рыб обычно эта причина смертности имеет второстепенное значение. У таких рыб на этапах эмбрионального периода главной причиной смертности являются хищники, однако у гнездящихся и охраняющих свое потомство видов действие этого фактора может резко снизиться. На личиночных этапах развития недостаток кислорода, нередко приводящий к гибели рыб на эмбриональных этапах развития, несколько теряет свое значение как фактор смертности, так как личинки становятся подвижными и обычно могут уходить из участков водоема с неблагоприятным кислородным режимом. Основные же причины смертности на личиночных этапах (включая этап смешанного питания) – это хищники и недостаточная обеспеченность пищей. Естественно, что так же, как и в эмбриональный период, у разных рыб значение этих причин может быть весьма различным.

Так у некоторых видов рыб, с большим запасом энергетических ресурсов в желтке и в теле, гибель от голода в личиночный период может быть только в экстремальных условиях, а в обычных для вида условиях она не происходит. Это свойственно, например, осетровым и лососевым [24].

То же самое относится и к воздействию хищников. То же самое можно сказать и про влияние хищников на личинок. Хищники также оказывают значительное влияние на выживаемость молоди рыб. Если, например, на личиночных этапах у акул гибель от хищников минимальна, то у сельдевых и карповых рыб она очень велика.

«Период неполовозрелого организма, подразделяющийся на подпериоды малькового и полового созревания, характеризуется дальнейшим ослаблением напряженности отношений хищник - жертва и снижением интенсивности естественной смертности» [24]. Правда, у многих видов на определенных этапах этого периода смертность может вновь возрасти, как это наблюдается, например, на этапе ската у многих проходных и полупроходных рыб.

В процессе последующего периода – половозрелого организма - основные разногласия возникают по линии обеспечения воспроизводства себе подобных. Естественная смертность, как правило, снижается и оказывается обычно наиболее интенсивной в посленерестовое время. Рыбы, которые нерестятся один раз в жизни, как такового, периода старости не имеют. В свою очередь у рыб с повторным икромётом отчетливо выделяют период старости, характеризующийся постепенным затуханием функций половых желёз и резким возрастанием интенсивности естественной смертности.

В каждом естественном периоде жизни рыбы, как и у любого другого живого организма, есть разделение на определенные этапы.

«Отдельные периоды развития у разных видов рыб могут включать разное число этапов. Так, у щуки три личиночных этапа, у плотвы и леща – шесть, а у лососей – четыре. У лососей личиночный период протекает в значительной части как этап смешанного питания – желтком и внешней пищей» [7].

В течение жизни периоды развития не повторяются, каждый из них характеризуется необратимыми изменениями и имеет свою особую систему связей со средой. Продолжительность данных этапов находится в прямой зависимости от условий, в которых находится организм. Зачастую одновозрастная молодь, обитающая в одном месте, находится на разных этапах развития.

Переход с одного этапа развития на другой происходит в течение относительно небольшого периода времени, скачкообразно: окончание предыдущего периода является началом следующего. Этот момент перехода непосредственно связан с разрешением внутренних противоречий развития и зачастую характеризуется массовой гибелью особей (особенно на ранних этапах), что подтверждается наблюдениями за многими искусственно разводимыми видами на рыбоводных заводах. Массовая гибель, например, часто наблюдается на этапе выхода эмбриона из оболочки, а также в момент перехода с последнего этапа желточного питания на питание внешним кормом. На предыдущем этапе развития происходит подготовка, необходимая для перехода

на следующий этап развития, и последние изменения, обеспечивающие данный переход, как правило незначительны.

Таким образом, общее количество этапов онтогенеза определяется как предшествующей историей вида, так и теми условиями, приспособлением к которым оно представляет собой, и является специфичным для разных видов и разных экологических групп рыб. Нормальное развитие организма должно обеспечиваться многими условиями, среди которых питание является одним из факторов определяющим быстрый рост и полноценное развитие организма.

## **1.2. Современное состояние кормопроизводства. Типы кормов и их состав**

Вследствие интенсификации производства рыбы и перехода к индустриальным методам выращивания все большее значение приобретают искусственные корма.

В хозяйствах индустриального типа получают около 100% продукции за счет кормления, тогда как в прудах всего лишь 70-80%. При большой плотности посадки единственным методом получения рыбной продукции является кормление искусственно приготовленными кормами. Поэтому качеству и количеству кормовых смесей должно уделяться большое внимание. Корм должен удовлетворять потребности рыб в основных питательных веществах для того, чтобы обеспечить нормальный рост и развитие, т. е. быть полноценным.

В целях правильной организации кормления следует определять и уточнять уровень потребности культивируемых рыб в жире, углеводах, протеине, минеральных солях и биологически активных веществах [5]. Вид рыб обуславливает требования, предъявляемые к качеству сырья в кормах. Так для ценных видов рыб нужны качественные экструдированные корма, в то время как при разведении карповых можно использовать простые гранулированные корма.

До конца 1950-х годов в нашей стране производились исключительно рассыпные комбикорма, которые для форели замешивались в виде пасты, а для карпов – в консистенции теста и вносились в воду. Позже осуществлялись



различные попытки изготовления комбикормов для рыб в виде гранул влажного прессования, для чего применялись макаронные прессы, используемые в пищевой промышленности или похожее оборудование. Влажные (или мягкие) гранулы применялись до 70-х годов, в том числе в США. Они содержали значительный процент жидких компонентов и требовали специальной технологии подсушивания или охлаждения.

Исследования применения гранулированных комбикормов для рыб показали, что использование мягких гранул при выращивании двухлетних карпов в прудах привело к повышению скорости роста рыб на 15%, рыбопродуктивности — на 14%, по сравнению с использованием рассыпного комбикорма. При этом затраты корма были снижены на 27% (2,2 против 3,0 ед.) [3]. Позже А. Канидьевым и Е. Гамыгиным была проведена работа по разработке и испытанию рецепта первого гранулированного комбикорма для ранних стадий постэмбрионального развития форели. Эффективность гранулированного корма оказалась на 40-50% выше, чем пастообразного [13].

На сегодняшний момент в России существует ряд предприятий, обладающих современным оборудованием и способных изготавливать высококачественные экструдированные корма. К ним можно отнести Гатчинский комбикормовый завод, ЛимКорм, Ассортимент Агро и Акварекс.

Также, согласно Распоряжению Правительства Российской Федерации об утверждении проекта «Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» к 2030 году объем производства комбикормов должен увеличиться до 550 тыс. тонн в год, что полностью покроет потребности всех рыбоводных предприятий. Учитывая сложившуюся обстановку на момент второго квартала 2022 года, импорт кормов большинства иностранных компаний кардинально сократился, что в разы увеличило нагрузку на отечественные предприятия. В связи с этим Росрыболовство подготовило специальные меры по поддержке отечественных предприятий кормопроизводства. Предлагается задействовать всех мощности предприятий кормопроизводства, а также на треть субсидировать затраты на строительство

новых спецпредприятий. Данные меры должны компенсировать урон от сокращения импорта кормов иностранного производства [31, 32].

В настоящее время практически повсеместно применяются комбикорма, изготовленные в виде сухих гранул. В основе производства лежат различные технологии, в таблице 1 представлены три из них, получившие наибольшее распространение.

Таблица 1

**Эффективность различных технологий производства комбикормов (по М. А. Щербиной, Е. А. Гамыгину)**

Показатели	Экструзия	Экспандирование + гранулирование	Сухое прессование
Общая переваримость кормов	Высокая	Высокая	Средняя
Переваримость углеводов	Очень высокая	Высокая	Низкая
Желатинизация крахмала	Очень высокая	Высокая	Средняя
Водостойкость гранул	Очень высокая	Высокая	Средняя
Крошимость гранул	Очень низкая	Низкая	Средняя
Инактивация патогенной микрофлоры	Полная	Полная	Умеренная
Детоксикация	Да	Да	Нет
Разрушение ингибиторов пищеварения	Да	Да	Нет
Возможность регулирования плотности	Да	Нет	Нет
Деструкция питательных веществ, образование труднопереваримых комплексов	Да	Нет	Нет
Максимальная жирность корма:			
- при первичной обработке	15%	13%	8%
- общая конечная	35-40%	30-35%	13-14%
Инактивация витаминов	Средняя	Слабая	Слабая
Энергоемкость	Высокая	Средняя	Ниже средней

Компоненты, используемые при приготовлении кормов, имеют растительное или животное происхождения, или являться продуктами микробиального синтеза.

Компоненты растительного происхождения, в свою очередь, можно разделить на 3 подгруппы.

К первой подгруппе относятся компоненты, богатые крахмалом – это зерна и семена злаков. Содержание углеводов в них достигает 75% (и представляет собой в основном крахмал), белка и жира содержится, соответственно, 8-20% и 2-6%.

Пшеница (в производстве комбикормов чаще всего используют фуражную пшеницу) отличается высоким содержанием протеина (до 15%) и является одним из самых питательных по белку видов корма. По аминокислотному составу (4,7 г лизина, 1,6 – триптофана, 1,8 – метионина и 2,0 – цистина на 1 кг пшеницы) пшеница схожа с ячменем. В ее состав входят следующие ненасыщенные жирные кислоты – линолевая (56%), олеиновая (12%) и линоленовая (4%). Пшеница богата ферментами и витаминами: витамины А и D (каротиноиды и стирол), жирорастворимый витамин Е, а также многочисленные витамины группы В.

В ячмене крахмала в зерне содержится меньше, чем в других злаках (50-60%), белок, содержащийся в нем, хуже усваивается, однако ячмень характеризуется более высоким содержанием незаменимых аминокислот – лизина, метионина и триптофана. По питательности ячмень сравним с пшеницей, поэтому его зачастую применяют в рыболовных хозяйствах в составе кормов в качестве заменителя пшеницы (например, канального сомика, для карпа и др.), причем отмечается положительное влияние ячменя на вкус продукции.

В рыбные корма включают 8-10% зерна ржи. Она содержит антипитательное вещество (алкил безорцил), угнетающее пищеварение и большое количество слизистых веществ (до 3%), отчего сильно набухает в пищеварительном тракте. В зернах ржи содержится небольшое количество клетчатки и жира (2,2% и 1,7%). Ее белок богат лизином (однако беден триптофаном) и содержит много витаминов группы В.

Кукуруза бедна белком, который к тому же обладает невысокой биологической ценностью из-за низкого содержания в нем лизина и триптофана,

содержит 55% крахмала. Поскольку кукуруза содержит более 4% жира, корма из нее довольно быстро портятся. В состав кормосмесей для рыб включают муку цельного зерна кукурузы или же молотое зерно. При интенсивном кормлении карпа кукурузой у него появляется более светлая окраска и привкус кукурузы.

При производстве комбикормов применяется не только измельченное цельное зерно, но и отруби и мучную пыль, как продукты его переработки. В составе комбикормов содержится 25-30% углеводистого корма. В доброкачественных мучных кормах не должно ощущаться посторонних запахов, не допускается также наличие металлопримесей, а минеральные примеси (песок, земля), головня и спорынья, и куколь не должны превышать, соответственно, 0,8%, 0,06% и 0,25%.

Вторая группа компонентов растительного происхождения включает компоненты, богатые белком. К ним относятся зернобобовые (горох, люпин, соя, нут, вика) и отходы маслоэкстракционного производства – жмыхи и шроты. Зерна бобовых содержат 22-33% протеинов, 35-60% углеводов, 2-4% жиров, 4-15% влаги, а также большое количество легкорастворимого и легкоусваиваемого белка, богатого незаменимыми аминокислотами. Однако в рационах рыб применение зернобобовых зачастую ограничено 10-15%, поскольку в них содержатся ингибиторы протеолитических ферментов (вещества, подавляющие деятельность ферментов, переваривающие белки). Для снижения активности ингибиторов бобовые подвергают термической обработке ( $t$  не менее 100 °C в течении 30-40 минут).

Горох традиционно используется в рыбных комбикормах (до 10-15%). Он хорошо усваивается рыбами, однако требует предварительной тепловой обработки (например, экструзии) из-за наличия ингибиторов, подавляющих действие трипсина. Содержание белка в горохе достигает 20%.

Соя содержит 15% жира и более 20% белка, ценность которого определяется составом аминокислот. Корма для рыб включают до 20% сои, чаще всего в виде соевого жмыха или шрота.

Люпин, чечевица и вика входят в состав кормов гораздо реже, поскольку в этих зерновых культурах отмечается недостаток незаменимых аминокислот – метионина, изолейцина, фенилаланина и лизина. Кроме этого, вика содержит токсичные соли синильной кислоты и неохотно потребляется рыбами [23, 27].

Часто в состав рыбных комбикормов включают льняные, соевые, подсолнечниковые и некоторые другие жмыхи и шроты – отходы маслоэкстракционного производства. В шроте в 3-5 раз меньше масла, чем в жмыхах, так как жмыхи получают при отжиме масла на прессах из семян масличных культур (предварительно очищенных, перемолотых и обработанных теплом и влагой), а шроты – при экстрагировании масла из семян органическими растворителями. Они содержат 10-15% воды, 32-42% протеина, 35-55% углеводов, 1-9% жиров. Доля жмыхов и шротов (используется как правило не менее 2 видов) в составе комбикормов для рыб составляет около 40%, при использовании горчичного, сурепкового, конопляного, хлопкового – около 10%.

Также масличные культуры являются источником липидов – при получении растительного масла из семян выделяют фосфолипиды. Существуют 3 формы фосфолипидов – пастообразная, жидкая и в виде порошка. Фосфолипиды входят в состав кефалинов и лецитинов. Соединение из последней группы – лецитин – является ценным веществом, так как регулирует биосинтез белка и образование жира. Сегодня рыбные хозяйства приобретают специально подготовленные кормовые фосфолипиды, которые прошли обработку и поставляются в сухом, сыпучем виде.

В корм для лососевых, осетровых и других рыб вводят их как добавки с целью обеспечить витаминами и ненасыщенными жирными кислотами – линолевой, линоленовой и арахидиновой. Эти кислоты необходимы для нормального течения метаболизма.

Для повышения витаминной ценности кормов в их составы вводятся различные типы растительной муки, способствующей снижению потребности в витаминных препаратах.

Травяная мука – это искусственным путем высушенная трава (молодые растения клевера, люцерны, бобово-злаковых и др.), представляющая ценный компонент в составе рыбных комбикормов. Вследствие высокого содержания клетчатки усваивается рыбой не очень хорошо, однако ее введение в комбикорма способствует усилению перистальтики кишечника и более успешному усвоению питательных веществ и других компонентов в составе корма. Витаминная мука изготавливается в гранулированном или рассыпном виде и не предназначена для длительного хранения из-за наличия в своем составе легкоокисляющихся веществ. В составах рыбных кормов содержание травяной муки составляет до 5 %.

Из хвои ели, сосны и других хвойных деревьев изготавливается хвойная мука, которую используют в сухом виде как источник каротина (100-180 г/кг). Хвойная мука содержит комплекс витаминов - почти все витамины группы В, С, К и Е. От такой добавки увеличивается содержание жира в теле карповых, и повышается прирост.

Водорослевая мука производится в основном из морских и пресноводных водорослей фукуса, бурой ламинарии (бурая), филофоры и родимении. Водоросли богаты белками, жирами и углеводами, содержат наиболее ценные аминокислоты (лизин, метионин, триптофан) и витамины А, В1, В2, В5, В12, их питательность увеличивается к осени. Водорослевую муку рекомендуется вводить в кормосмеси в количестве до 5 % как витаминный и микроэлементный корм.

Из водных и наземных растений (ряска, рдесты, стрелолист, молодые побеги тростника, осоки), а также листьев капусты, ботвы моркови и свеклы изготавливают растительную пасту. К примеру, ряска имеет высокую пищевую ценность (все виды ряски-малая ряска, многокорневая, трехдольная) до 20-27% протеина, содержит 21 аминокислоту, богата микроэлементами – йодом, кобальтом, медью и макроэлементами S, P, Mg и Ca. Пасту, имеющую консистенцию густого теста, готовят в день внесения в смеси. При ее добавлении в комбикорма до 30% по весу сырой массы, значительно повышается общая

рыбопродуктивность при снижении на 10-12% затрат кормов на единицу прироста [23].

Помимо компонентов растительного происхождения в рыбоводстве широко применяются компоненты животного происхождения, которые являются источником минеральных веществ, полноценного белка и витаминов (только данные компоненты содержат витамин В<sub>12</sub>) и легко усваиваются. В качестве компонентов животного происхождения используются отходы молочной, мясной и рыбной промышленности.

Одним из основных и наиболее значимых компонентов, используемым в рыбоводстве является рыбная мука. Она вырабатывается из непищевой рыбы и отходов рыбоперерабатывающей промышленности и представляет собой концентрированный источник белка (более 50% протеина) и незаменимых аминокислот: лизина, метионина, триптофана, валина. Кроме этого, рыбная мука содержит до 12% воды, не более 10-12% жира и богата витаминами группы В и микроэлементами. Рыбные комбикорма содержат 3-5% рыбной муки, а некоторые импортные (немецкие) – до 25%. Ее срок хранения составляет 6-12 месяцев (при стабилизации антиоксидантами). Нежирная мука сохраняется лучше и поэтому считается более ценной.

Крабовая мука изготавливается из отходов переработки крабов, содержит до 25% белка, аминокислоты, 8% кальция и 10% фосфора. В состав кормов для рыб крабовая мука включается зачастую в качестве замены для рыбной и мясокостной муки. Крилевая мука содержит более 60% белка, а также (в отличие от рыбной муки) много каратиноидов, придающих мясу выращиваемых рыб (в основном лососевых) специфическую розовую окраску.

Сырьем для производства мясокостной муки являются непригодные для пищевых целей туши животных и отходы мясокомбинатов. Ее питательность во многом зависит от исходного сырья, однако минимальное содержание белка составляет 42%. Также мясокостная мука содержит 9% воды, 16% жира, 15% углеводов и является богатым источником кальция и фосфора (35 и 19 г/кг). В состав комбикормов для рыб включают 1% мясокостной муки.

Из мясных отходов, не содержащих костей (внутренних органов животных, отходов консервного производства и пр.) изготавливается *мясная мука*, отличающаяся высоким содержанием белка (50-60%), лизина, метионина, триптофана, кальция, фосфора. Вследствие её высокой стоимости мясная мука довольно редко входит в состав отечественных комбикормов, содержанием мясной муки в составе немецких гранулированных комбикормов достигает 7%.

В качестве белкового компонента рыбных кормов иногда используют куколку тутового шелкопряда (только свежие). Однако при этом у рыб может быть нарушен нормальный процесс пищеварения вследствие высокого содержания в куколках жира (до 25%), отчего их применение в рыбоводстве ограничено.

Высоким содержанием лактозы – молочного сахара, приводящим зачастую к нарушению углеводного обмена, обуславливаются ограничения в использовании в кормлении рыб сухого обезжиренного молока (сухого обрат). Он содержит полноценный, легко усваиваемый белок, легкодоступные углеводы и витамины группы В. В состав кормовых смесей (предназначенных чаще всего для молоди рыб) включают до 8% сухого обезжиренного молока.

Говяжья селезенка, содержащая до 18% белка, также часто применяется в кормлении рыб (особенно личинок и мальков лососевых) в составе разнообразных кормовых смесей, в сочетании с мучными или витаминными кормами. Для обогащения комбикормов для рыб также используются головастики и лягушки, моллюски и мелкая сорная рыба (для карпа). После высушивания их размалывают и вносят в кормовую смесь, предназначенную для сеголеток и двухлеток (до 30%), что положительно сказывается на общей рыбопродуктивности [28].

Помимо сырья животного и растительного происхождения в комбикормовой промышленности широкое распространение получили продукты микробного синтеза. Их отличительным свойством является высокое содержание сырого протеина (48-79,5 %), включающего до 28-42 % легко усваиваемого белка и аминокислотный состав, уступающий только сырью



животного происхождения по содержанию метионина, цистина и триптофана, жира не более 1-5%, 20-40 % безазотистых экстрактивных веществ и 6-12% золы. Для биосинтезируемых ингредиентов характерен также уровень содержания витаминов, превышающий аналогичные уровни у компонентов растительного и животного происхождения. Из продуктов микробиального синтеза для рыбных кормов более ценными (вследствие более высокого содержания протеинов и витаминов) считаются дрожжи, выращиваемые на отходах пищевой промышленности, чем на стержнях кукурузных початков, гидролизатах древесины или нефти.

В комбикормах используются кормовые дрожжи, которых делят на сухие, гиприн (гидролизные), а также БВК – белково-витаминные концентраты. Последним присваиваются названия по виду субстрата, на котором культивируют микроорганизмы (алкановые – паприн, этанольные – эприн, метанольные – меприн, природный газ – гаприн). Самый питательный концентрат – это эприн, который получается в результате деятельности дрожжей *Candida utilis* на этаноловом субстрате. Эприн содержит до 13-15% нуклеиновых кислот, до 33% легкоусвояемых углеводов и до 60% протеина, из которых около 15% – олигопептиды.

В сухих дрожжах содержится около 50% сырого протеина, все аминокислоты с преобладанием лизина и витамины группы В (исключая В<sub>12</sub>). Также дрожжи содержат провитамин D. Получают их разными способами, например, на таких питательных субстратах как мелассная или картофельная барда. В комбикормовой промышленности в рыбные корма дрожжи вносят в зависимости от возраста и вида рыб до 35-40%.

Гидролизные дрожжи (гиприн) — продукт микробиологической переработки отходов пищевого производства (картофельная или зерновая барда, молочная сыворотка и т. д.). Продуцент – штамм *Candida tropicalis* и при условии соблюдения температуры приблизительно 35°C и pH 5,1-5,3 получается качественный продукт. Содержание протеина достигает 50%, липидов – до 7%. Они содержат несколько витаминов группы В. Также содержатся жизненно

необходимые ненасыщенные жирные кислоты, а именно линолевая (до 35%) и линоленовая (до 10%).

Для углеводородных дрожжей (паприн) субстратом для культивирования служат жидкие очищенные парафины нормального строения. По содержанию протеина (44-63%), незаменимых аминокислот и витамины группы В БВК превосходит белковые корма растительного происхождения и практически не уступает кормовым продуктам животного происхождения; имеет богатый набор микроэлементов и витаминов, особенно группы В. Вводится в рыбные кормосмеси в количестве 4-20% в зависимости от вида и возраста рыб. При этом используются экономически выгодные и экологически безопасные компоненты, более дешевые и доступные, не происходит загрязнения почвы, воздушного и водного бассейнов химическими веществами [23, 27].

На данный момент в кормопроизводстве присутствует множество вариаций компонентов, каждый из которых служит для удовлетворения пищевых потребностей тех или иных видов рыб.

## **2. Основные направления повышения эффективности рыбоводства**

### **2.1. Биологически активные добавки**

Одним из способов повышения эффективности рыбоводства на сегодняшний день является использование специальных кормовых добавок. Область их применения не ограничивается рыбоводством – их используют во всех областях сельского хозяйства. Главной функцией биологически активных добавок является увеличение продуктивности рыб и компенсация недостающих витаминов, минеральных добавок и др.

В современном рыбоводстве кормовые добавки обычно (1) либо вводятся в корм непосредственно во время его изготовления, (2) либо осуществляется замачивание / орошение корма на определенное время перед кормлением рыб.

Каждый из этих двух способов характеризуется определенными преимуществами и недостатками. К примеру, введение связывающих добавок в корм во время производства помогает продлить срок службы аппаратов-грануляторов. Еще одним преимуществом можно считать экономию времени – не приходится замачивать корма перед кормлением. Из недостатков первого способа важно отметить узкую направленность получаемых в результате кормов. В то время как «стандартный» корм, предварительно замочив его, можно использовать и для витаминизирования, и для профилактики заболеваний и т. д.

Второй способ – метод орошения корма – использовался в исследовании влияния витаминно-минерального препарата «Е-СЕЛЕН» на физиологические показатели гибрида русский осетр × ленский осетр, проводившемся в 2013 году группой Металлова Г.Ф. Выращивание экспериментальной рыбы осуществлялось в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ) с постоянным температурным (20-21,5 °С) и гидрохимическим (насыщение воды кислородом – 70-85 %, значения рН 7,6-8,1) режимом. Кормление рыб проводили продукционным комбикормом фирмы «БИОМАР» № 3-4. В опытных вариантах ветеринарный препарат Е-селен вводился в корм путем орошения [22].

Что касается йодсодержащих добавок, то в данном случае также применяли методы замачивания корма. «Так для приготовления йодированной кормосмеси, на основе, гранулированного комбикорма, брали чистую воду в объёме 10 % от количества корма. В воду добавляли необходимое количество йодированных дрожжей (соответствующее массе рыб) и тщательно перемешивали до образования однородной суспензии. Полученная суспензия смешивалась с кормом до равномерного увлажнения всех гранул. Влажный корм просушивался 6-12 часов в защищенном от света месте, на не впитывающей влагу поверхности» [9].

Таким образом, использование в рыбоводстве биологически активных добавок позволит успешно устранять дефицит полезных соединений, тем самым повышая продуктивность рыб, и эффективно использовать интенсивные методы рыбоводства.

## **2.2. Классификация кормовых добавок используемых в рыбоводстве**

«Кормовые добавки – вещества, которые применяются и служат для того, чтобы влиять своими свойствами на кормовое сырье или для приобретения этим сырьем определенных свойств или действия, особенно для влияния на внешний вид, запах, вкус, консистенцию или срок хранения, для других технологических целей или из физиологических, или диетических причин» [23].

Целями применения кормовых добавок являются:

- добавка недостающих питательных веществ;
- увеличение продуктивности рыб;
- улучшение качества продуктов питания, получаемых от них;
- улучшение хранения;
- профилактика определенных заболеваний.

К кормовым добавкам, применяемым в кормлении рыб, относят (Рис. 1):

### Балансирующие кормовые добавки

- Витаминные препараты
- Минеральные добавки и микроэлементные препараты
- Премиксы
- Белково-витаминно-минеральные добавки
- Аминокислотные комплексы

### Ферментные препараты

- Ферментные кормовые препараты
- Мультиэнзимные комплексы

### Лечебно-профилактические добавки

- Антибиотики
- Пробиотики
- Пребиотики
- Синбиотики

### Вкусовые, ароматические, связующие и другие добавки

- Вкусовые добавки, ароматизаторы, аттрактанты
- Красители
- Стабилизаторы, эмульгаторы, разрыхлители, загустители, желирующие агенты
- Адсорбенты
- Наполнители
- Консерванты, антиоксиданты, антиокислители

Рис. 1. Схема классификации кормовых добавок.

Выше приведена общая классификация с 4-мя главными типами добавок. Рассмотрим краткую характеристику всех типов кормовых добавок.

К балансирующим кормовым добавкам относят витаминные препараты, минеральные добавки, премиксы, белково-витаминно-минеральные комплексы и аминокислотные комплексы.

«Витаминные препараты – вещества, содержащие один или несколько витаминов и предназначенные для их введения в состав рационов, БВМД, премиксов. Витамины поступают с основными компонентами корма, но их главным источником служат включаемые в состав кормов витаминные премиксы» [23].

Подбор витаминов осуществляется исходя из потребностей вида рыбы, используемого комбикорма, гидрохимического анализа воды и биогеохимического состояния района.

По мнению Склярова, наличие достаточного количества витаминов в кормах способствует не только нормальному развитию, росту и размножению рыб, но и их более высокой устойчивости к стрессам и болезням. Поскольку большая часть витаминов в организме рыб не синтезируются, то следует обеспечить их поступление с пищей. При недостаточном поступлении или отсутствии какого-либо витамина в корме у рыб могут развиваться гиповитаминозы и, реже, авитаминозы (табл. 2) [35].

*Таблица 2*

**Признаки дефицита витаминов у рыб (по В. Я. Склярову)**

<b>Витамины</b>	<b>Признаки дефицита</b>
А (ретинол)	Кровоизлияния, анемия, снижение гемоглобина, числа эритроцитов и цветного показателя, уменьшение индекса печени. Нарушение зрения, побледнение окраски тела, деформация жаберных крышек. Скопление жидкости в полости тела, отечность.
Д (холекальциферол)	Рахит. Нарушение кальциевого гомеостаза — снижение содержания органических и минеральных веществ при повышении содержания воды в костной матрице, судороги.
Е ( $\alpha$ -токоферол)	Жировая и цериодная дегенерация печени, анемия, гемолиз (незрелые эритроциты разных размеров и формы). Скопление жидкости в полости тела, пучеглазие, мышечная дистрофия.
К <sub>3</sub> (викасол)	Замедление свертываемости крови, снижение объема эритроцитов, легкая анемия. Снижение индекса печени. Кровоизлияние в кожу.
С (аскорбиновая кислота)	Искривление позвоночника (лордоз, сколиоз), деформация жаберных крышек, кровоизлияние в кожу, печени, почках, кишечнике, мышцах. Анемия, нарушение гистоструктуры коллагена в глазах, жабрах, плавниках, плохая заживаемость ран, низкий гематокрит.
В <sub>1</sub> (тиамин)	Крайняя нервозность, конвульсии, неустойчивость, потеря равновесия, топоршение жаберных крышек, учащенное дыхание, гиперемия плавников, кровоизлияние в кожу. Потемнение окраски. Атрофия мышц, отеки. Нарушение эритропоэза, побледнение печени.
В <sub>2</sub> (рибофлавин)	Вялость, нарушение координации движений, темная пигментация покровов. Некроз жаберных крышек и плавников, кровоизлияние в глаза, помутнение роговой оболочки глаз, анемия.

В <sub>3</sub> (пантотеновая кислота)	Крайне высокая и быстрая смертность, раскрытые жабры, разрастание жаберного эпителия, вздутие жаберных лепестков, их склеивание, вялость и ненормальность движений, ожирение печени, анемия.
В <sub>4</sub> (холин)	Высокая смертность, ожирение печени, увеличение ее размера, кровоизлияние в почках и кишечнике, анемия, вздутие брюшка. Пучеглазие, побледнение окраски тела.

В соответствии с их свойствами витамины делятся на жирорастворимые (А, D, Е и К) и водорастворимые (витамины группы В, и витамины С и Н).

Несмотря на то, что некоторые из жирорастворимых витаминов (а именно, А и D) могут синтезироваться в организме животных из провитаминов, витамины этой группы должны поступать с пищей. Причем, для их сохранности при изготовлении кормов с высоким содержанием жира в корма вводятся естественные или синтетические антиоксиданты, предотвращающие окисление жиров, сопровождающееся разрушением жирорастворимых витаминов. Витамины этой группы имеют способность накапливаться в печени, что в результате передозировки может служить причиной возникновения гипервитаминоза [35].

Витамин А (ретинол) принимает участие в обмене белков и минеральных веществ, оказывает влияние на скелетообразование, плодовитость, зрение, обеспечивает нормальное состояние эпителия, является природным антиоксидантом. Витамин А синтезируется только в животных организмах, в растениях имеются его предшественники — каротиноиды; из них наиболее распространен р-каротин. Для рыб провитамином А служат ксантофиллы (астаксантин, кантаксантин, зеаксантин), которыми богаты водные беспозвоночные. Наибольшее количество астаксантина содержат ракообразные, являющиеся пищей рыб в молодом возрасте, а для многих и в течение всей жизни. Богатый источник витамина А представляет собой рыбий жир (200-500 тыс. МЕ/кг). Препараты витамина А выпускаются в виде драже или порошкообразной массы, а также в виде масляного концентрата активностью 100–500 тыс. МЕ. Под воздействием кислорода воздуха и солнечного света

происходит быстрое окисление витамина А, а в присутствии продуктов перекисного окисления липидов, как и при контакте с тяжелыми металлами с переменной валентностью (железо, медь) – его разрушение. Вследствие этого при производстве комбикормов для приготовления витаминных премиксов как правило используется стабилизированная форма ретинола в виде порошка – мелкой крупки. Частицы витамина в ней находятся в предохраняющей его от окисления желатиновой капсуле. При хранении гранулированных кормов продукты окисления липидов вызывают потерю биологически активных форм ретинола. Витамины Е и С представляют собой природные антиоксиданты, способствующие сохранению липидов, и, как следствие, сохранению витамина А. Чтобы предотвратить быстрое разрушения витамина А корма необходимо хранить в темных и холодных помещениях (8-9 °С), в бумажных мешках [35].

Витамин D – это группа веществ, объединяемых общим названием кальциферолы, среди которых наибольшее практическое значение имеют витамин D<sub>2</sub> (эргокальцийферол) и D<sub>3</sub> (холекальцийферол). В тканях животных и растений присутствуют физиологически неактивные провитамины D, которые переходят в активную форму только под влиянием ультрафиолетовых лучей. Витамин D способствует всасыванию кальция и фосфора в кишечнике, поддерживает их уровень в крови, активизирует переход из крови в костную ткань, непосредственно влияя на минерализацию скелета. Кроме того, кальцийферол улучшает усвоение магния. Показателем его действия является повышение уровня щелочной фосфатазы в крови.

Хорошим источником витамина D служит рыбий жир. Важно обращать внимание на срок годности и содержание витамина в жире перед применением. Если в корме присутствуют окисленные жиры, костная мука, мел, сернокислые соли микроэлементов, то в течение 1 месяца витамин D полностью разрушается. В комбикормовой промышленности при производстве премиксов витамина D используются стабилизированный порошок на желатиновой или желатиново-сахаро-крахмальной основе, которая защищает его от окисления.



Витамин Е – группа токоферолов, среди которых практическое значение имеет  $\alpha$ -токоферол, обладающий максимальной физиологической активностью. Витамин Е стабилизирует клеточные мембраны, предохраняя от окисления селеносодержащие белки, подавляет самоокисление ненасыщенных жирных кислот, витаминов и других веществ, регулирует развитие и функции половых желез, стимулирует процесс образования антител, предохраняет организм от токсического действия содержащихся в пище окисленных масел. Действие витамина Е взаимосвязано с селеном и серосодержащими аминокислотами – метионином, цистином. При совместном их применении антиоксидантный эффект усиливается, возможна и их частичная взаимозаменяемость. Существует взаимосвязь витамина Е и с другими антиоксидантами – витаминами А и С, каротиноидами. Антиоксидантные свойства витамина Е проявляются не только в живом организме: он сдерживает окисление жира в кормах, а попадая в организм рыб, накапливается в мышцах, что в дальнейшем улучшает качество рыбных продуктов. Филе из таких рыб более устойчиво к окислению при разных способах хранения.

Для повышения содержания витамина Е в организме рыбы используют его промышленные препараты в виде порошка или масляного раствора, вводимые в составе премиксов.

Витамин К (филохинон и менахинон) объединяет группу витаминов, природные соединения в практике обычно не используются. В промышленных целях широко применяют  $K_3$  – викасол, растворимый в воде порошок.

Витамин К участвует в клеточном дыхании, в печени играет роль катализатора при образовании протеинов, необходимых для свертывания крови. Рыбам витамин К требуется для синтеза плазменных белков, принимающих участие в свертывании крови, – протромбина и тромбопластина. У теплокровных животных потребность в витамине К обеспечивается синтетической активностью микрофлоры, рыбы нуждаются в этом витамине в полном объеме. Его дефицит в пище проявляется в замедлении свертываемости крови, появлении

кровоизлияний в тканях, снижении гематокрита, но обычно не отражается на скорости роста и выживаемости рыб.

К водорастворимым витаминам относятся витамины группы В и витамины С и Н. Их основное значение – воздействие на промежуточный обмен. Водорастворимые витамины, в отличие от жирорастворимых, не обладают способностью накапливаться в организме и поэтому должны поступать с пищей.

Витамины группы В (свыше 10 витаминов) синтезируются главным образом растениями, бактериями, дрожжами и входят в состав основных ферментов, катализирующих различные реакции белкового, жирового и углеводного обмена.

Витамин В<sub>1</sub> (тиамин) содержится в организме в форме фосфорных эфиров и в свободной форме. Одной из основных форм, на которую обычно приходится 60-80% общего количества витамина В<sub>1</sub> в различных органах и тканях – тиаминдифосфат. Рыбы с дефицитом витамина В<sub>1</sub> имеют нарушения координации и пониженный аппетит. Такие случаи обычно встречаются при выращивании хищных рыб. Хороший источник тиамин – это кормовые дрожжи.

Витамин В<sub>2</sub> (рибофлавин) – это водорастворимый витамин, который отвечает за окислительно-восстановительные реакции, регулирует метаболизм, стимулирует синтез гемоглобина, а также он входит в состав флавиновых ферментов. В углеводном обмене влияет на образование гликогена в печени, в белковом обмене – повышает усвояемость некоторых аминокислот – чем выше потребление белка, тем выше потребность в рибофлавине (например, триптофан не может усвоиться организмом при отсутствии витамина В<sub>2</sub>). Хороший источник витамина В<sub>2</sub> – гиприн.

Витамин В<sub>3</sub> (никотиновая кислота) активизирует действие инсулина, в результате чего происходит метаболизм гликогена и улучшается использование сахаров. Никотинамид оказывает влияние на уровень холестерина, способствует его нормализации, а также регулирует водно-солевой обмен. Среди других витаминов он характеризуется наиболее высокой устойчивостью к воздействию факторов внешней среды. Для получения витамина В<sub>3</sub> используются различные

дрожжи и пшеничные отруби. Кроме того, в комбикорма для рыб добавляют синтетическую никотиновую кислоту.

Витамин В<sub>4</sub> (холин) участвует в организме в жировом обмене. Холин используется в организме для биосинтеза фосфолипидов (например, лецитин), а также является донором метильных групп. На практике используется хлористоводородная соль — холин-хлорид. Это вещество содержит в себе холин и устойчиво к негативному воздействию (окисление, нагрев). В состав премиксов вводится 70%-ный раствор холин-хлорида. На сегодняшний день принято считать, что холин не является витамином.

Витамин В<sub>5</sub> (пантотеновая кислота) является одним из важнейших витаминов в клеточном обмене. Как правило, пантотеновая кислота применяется в виде солей с относительной устойчивостью к окислению и введенных в состав премиксов. При высокой температуре витамин быстро разрушается. Дефицит пантотеновой кислоты – самый распространенный вид витаминной недостаточности. В состав кормовых дрожжей входит 65-75 мг/кг витамина.

Витамин В<sub>6</sub> (пиридоксин) активно участвует в реакциях по функциональным группам аминокислот, а именно в переаминировании, декарбоксилировании и метилировании в белковом обмене. Пиридоксин принимает участие в жировом обмене, улучшая использование незаменимых жирных кислот. Благодаря пиридоксину улучшается липидный обмен – лучше используются незаменимые жирные кислоты в организме. Особая роль принадлежит витамину В<sub>6</sub> при выращивании рыб в искусственных условиях, так как, аналогично рибофлавинолу, при высоком проценте белка в комбикормах требуется повышенное содержание пиридоксина в премиксе. Молодь рыбы в период активного роста должна получать максимальное количество витамина В<sub>6</sub>. В гранулированные корма пиридоксин вводится в составе премиксов.

Витамин Н (В<sub>7</sub>, биотин) является коферментом различных ферментов, участвует в реакциях карбоксилирования в биосинтезе аминокислот, жиров и углеводов, а также задействован в синтезе нуклеиновых кислот. Нехватка витамина Н негативно влияет на рыб и может вызвать замедление роста. Он

вызывает атрофию мускулатуры, поражение кишечника и значительно повышает смертность рыб. В 1 кг рыбной муки содержится 0,3-0,5 мг витамина Н. Особенно им богаты кормовые дрожжи (1,0-1,2 мг/кг).

Витамин В<sub>8</sub> (инозитол) — структурный компонент живых тканей. Обладает липотропной функцией. Входя в состав фосфолипидов, инозитол вместе с холином принимает участие в регуляции липидного обмена, предотвращая жировую дегенерацию печени и способствуя выведению избыточного жира из печени.

Витамин В<sub>с</sub> (фолиевая кислота) стимулирует эритро- и гемопоэз, является катализатором в реакциях биосинтеза белка и участвует в обмене холина. Дефицит витамина В<sub>с</sub> негативно сказывается на дыхательной активности рыб, тем самым снижаются темпы роста и увеличивается вероятность смерти. Добавки витамина В<sub>с</sub> в гранулированные корма для лососевых рыб необходимы. Избыток фолиевой кислоты положительно сказывается на организме рыб, поскольку она предохраняет печень от жировой инфильтрации, а также снижает потребность в холине.

Витамин В<sub>12</sub> (цианкобаламин) вместе с витамином В<sub>с</sub> необходим для нормального гемопоэза и участвует в ресинтезе холина и метионина. обладает мощным липотропным действием. Цианкобаламин прямо или косвенно участвует в биосинтезе белковых молекул, нуклеиновых кислот, а также в углеводном и жировом обменах. Также ускоряет рост рыб и усиливает усвоение белков из кормов. Для синтеза необходим кобальт. В сухие гранулированные корма вводится также в составе премиксов.

Витамин С (аскорбиновая кислота) активно участвует в обменных реакциях, в частности в окислительных и обладает антиоксидантным свойством. Он также способствует формированию коллагена, улучшает работу нервной системы, а также регулирует углеводный и белковый обмен у рыб [35].

Необходимо подчеркнуть особую нестабильность витамина С среди прочих водорастворимых витаминов. Под действием света, кислорода, повышенной температуры и при производстве гранулированных кормов

витамин С разрушается. При производстве кормов методом экструзии аскорбиновая кислота наиболее подвержена разрушению.

Следующая группа балансирующих добавок – это минеральные кормовые добавки. Основное количество минеральных элементов вносится в комбикорм с теми видами сырья, которые подбираются при балансировке органической части. Минералы поступают в организм рыб двумя путями: через жабры, слизистую рта и покровные ткани или с пищей (соответственно, осмотический и алиментарный путь). Минеральные элементы, которые присутствуют в воде и в сырье в ничтожно малых, следовых количествах или в формах, плохо поддающихся действию пищеварительных ферментов, требуют, как правило, дополнительного введения. По мнению специалистов, вследствие этого коррекция минеральной части корма особенно важна при разработке рецептур комбикормов для хозяйств, расположенных на слабоминерализованных водах или в биогеохимических провинциях, дефицитных по ряду микроэлементов (чаще всего марганец, йод, кобальт, молибден). Проблема обогащения комбикормов макроэлементами при выращивании рыб в промышленных хозяйствах с рециркуляционным водообеспечением также является актуальным [44].

В рецептах комбикормов для прудовых рыб, в хозяйствах с нормальным гидрохимическим режимом, добавки кальция и магния не обязательны, поскольку, с одной стороны, эти макроэлементы присутствуют в основных источниках белкового сырья (компонентах животного и дрожжевого происхождения), а также в жмыхах и шротах, с другой стороны, потребность рыб в кальции и магнии при условии нормальной минерализации воды может удовлетворяться за счет их растворенных в воде солей. А в случае сильной минерализации воды (при содержании кальция более 40 мг/л) обогащение комбикормов кальцием может вызвать торможение роста и снижение эффективности кормления рыб [44]. Однако в состав стартовых комбикормов для всех видов рыб, выращиваемых в хозяйствах различных типов, тем не менее целесообразно вводить минеральные добавки в виде мела, муки из ракушечника,

костной муки, специальных премиксов и пр., так как быстрорастущая молодь обладает повышенной потребностью в костеобразующих элементах (кальций, магний, фосфор).

Потребность рыб в фосфоре удовлетворяется алиментарным путем. В кормовых организмах и естественных субстратах он заключен в формах, достаточно легко поддающихся усвоению. Однако в животном сырье (мясокостной и рыбной муке) он присутствует в виде трудноусваиваемого, особенно для безжелудочных рыб, гидроксиапатита, не растворимого в воде и слабых щелочах и плохо растворимого в кислотах. В зерновых, жмыхах и шротах фосфор обычно находится в виде фитатов – солей, соединенных с фитиновой кислотой, также плохо доступных для рыб, вследствие отсутствия у рыб фермента фитазы. Наиболее эффективно рыбы усваивают фосфор из неорганических соединений (из растворимых однозамещенных фосфатов натрия, кальция, калия –  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ). Содержание чистого элемента в наиболее часто применяемых фосфатах составляет около 20%. Стратегия кормления рыб предусматривает не только обеспеченность корма необходимым уровнем фосфора, но и стремится достичь максимальную степень его усвоения из корма. Поскольку неусвоенный фосфор выводится с фекалиями в окружающую среду и, таким образом, представляет угрозу загрязнения водоемов в условиях интенсивной аквакультуры [23].

Количество фосфорной добавки рассчитывают исходя из потребностей рыб в фосфоре и содержания доступного фосфора в сырье. Ее включают и в комбикорма в количестве 1-3% в форме солей одно-двухзамещенных фосфатов калия, натрия, кальция, а также ди- и триаммоний фосфатов. Специалисты не рекомендуют применять в качестве добавки трикальцийфосфат, так как при избытке кальция он содержит мало фосфора, и, вследствие плохой растворимости может оказывать негативное влияние на обмен веществ и рост рыб [45].

«При подборе минеральных премиксов для рыб большое значение имеет форма солей. Хлориды и сульфаты хорошо усваиваются в организме, однако из-

за гидрофильности легко вымываются в воде и способствуют разрушению витаминов в процессе хранения кормов. Карбонатные формы и окислы не содержат в своем составе воды и практически нерастворимы, однако плохо усваиваются в организме. В настоящее время вопросы оптимального сочетания солей в премиксах находятся в стадии активного изучения. Кроме того, имеет значение синергическая или антагонистическая направленность взаимодействия минералов и витаминов в премиксах, а также при изготовлении и хранении комбикормов с их включением» [44].

Минеральный остов скелета вместе с кальцием и фосфором образует магний. Он входит в состав тела рыб приблизительно в количестве 0,3%, преимущественно в составе костной ткани, за повышение прочности, которой он отвечает. Около 40% магния сосредоточено в мягких тканях. Здесь он является составной частью ряда ферментов, а также способствует активизации некоторых ферментов окислительного фосфорилирования и цикла Кребса. Помимо этого, магний участвует в осморегуляции, играет важную роль в обмене нуклеиновых кислот и обеспечивает функционирование нервно-мышечного аппарата.

Количество магния, необходимого для нормального развития и быстрого роста различных видов рыб, составляет 400-700 мг/кг корма. Часть магния поступает в организм рыб осмотическим путем, однако при концентрации его в пресной воде менее 5 мг/л следует обеспечить его поступление с кормом, при этом необходимо учитывать ряд особенностей.

Так, по мнению специалистов, рост потребности рыб в магнии может вызвать как повышение температуры окружающей среды, так и избыточное количество в корме кальция и фосфора [51].

Доступность магния для рыб может зависеть от количества содержащегося в воде кальция. Его повышенное содержание «при низком содержании магния препятствует проникновению последнего в организм». Поэтому важно соблюдать оптимальное соотношение кальция и магния в воде (3,7:1,0) [15].

Состав рыбной муки также может влиять на степень усвоения магния, поскольку в костях он находится в виде трудно усваиваемых гидроксиапатитов.

В растительных компонентах магний обычно присутствует в форме слабо доступных фитатов.

Цинк сосредоточен в организме рыб в жабрах, костях, печени, а также в глазах и гонадах, поскольку он играет важную роль в функционировании зрительных и половых органов. Цинк поступает в организм рыб как из корма, так и из воды. Повышенное содержание цинка в воде (до 0,3 мг/л при ПДК 0,01 мг/л) может быть вызвано промышленными отходами, загрязняющими водоем, и оказывает отравляющее воздействие на организм рыб. Если в малых концентрациях цинк активизирует кроветворение, зрение, костеобразование, размножение и другие процессы в организме, то его избыточное накопление приводит к торможению данных процессов. С другой стороны, недостаточность цинка выражается в торможении роста рыб, снижении жирности, в потере аппетита и даже в повышении смертности. Специфическими признаками дефицита цинка являются воспаление и эрозия плавников и кожи.

Для обогащения кормов цинком обычно используют его неорганические соединения ( $ZnSO_4$ ,  $ZnNO_3$ ,  $ZnCl$ ) [23]. Также в настоящее время в рыбных кормах все чаще применяются хелаты цинка, которые представляют собой комплексы микроэлементов с органическими соединениями (с пептидами, аминокислотами) и активно используются в птицеводстве. Они имеют лучшую растворимость и легче проникают через мембраны клеток животных, чем неорганические соединения.

Некоторые компоненты комбикормов, в частности злаковые и масличные культуры, имеют в своем составе фитиновую кислоту, которая обладает способностью связывать цинк, делая его недоступным для многих видов рыб.

Важную роль в окислительно-восстановительных процессах, тканевом дыхании, кальциево-фосфорном обмене играет марганец. Он оказывает положительное влияние на функцию воспроизводства, нормализует липидный обмен, препятствуя жировой дегенерации печени, а также активизирует синтез белков, что приводит к интенсификации роста рыб. Марганец оказывает благоприятное влияние на усвоение и расход витаминов А, Е, К и С, снижает



потребность в витамине E, стимулирует синтез и депонирование аскорбиновой кислоты в тканях [44].

Марганец поступает в организм рыб преимущественно с пищей. Специалистами подробно описано его необходимое количество в корме для разных видов рыб (до 12-13 мг/кг у карпа и форели), и его степень доступности для организма рыб. Усвояемость марганца, входящего в состав кормов, невелика. «Избыток в кормах кальция и фосфора, особенно в виде трикальцийфосфата или гидроксиапатита белой рыбной муки, угнетает всасывание марганца в пищеварительном тракте лососей» [44]. По наблюдениям Н.Т. Сергеевой, радужная форель извлекала из корма РГМ-5В всего 12% марганца [33].

Дефицит марганца проявляется в неправильном развитии скелета и укорочении тела, возникновении различных уродств, нарушении структуры и формы плавников, жировом перерождении печени. Это может сопровождаться снижением аппетита и скорости роста рыб, увеличением их смертности, низким выклевом лососевых из икры [52, 54].

Железо принимает участие в процессах дыхания и биологического окисления. Оно находится в организме в виде сложных форм, соединенных с белками (гемоглобин крови, миоглобин мышц, ферменты биологического окисления – цитохромоксидазы, трансферазы, каталазы, пероксидазы и т.д.). Недостаток железа в организме приводит к возникновению железодефицитного малокровия (микроцитарную гипохромную анемию), которая характеризуется пониженным содержанием железа в крови, снижением концентрации гемоглобина, числа эритроцитов, гематокрита (общего количества форменных элементов), повышением числа молодых эритроцитов. В результате это приводит к «угнетению роста рыб, снижению эффективности использования комбикорма. Подобные явления наблюдались у форели, канальных сомов, желтохвоста, угря» [47]. «Развитие заболеваний может быть предотвращено добавлением в 1 кг корма 15-20 мг железа» [53].

Таким же вредоносным, как и недостаток железа, может оказаться его избыток, вызываемый присутствием в корме большого количества кровяной и перьевой муки, а также селенки.

Рыбы получают железо в основном с пищей. Потребность в нем разных видов рыб колеблется в широком диапазоне – от 30 мг/кг у канального сома до 200-300 мг/кг у карпа и форели. Доступность железа для организма рыб зависит от формы его солей. «По литературным данным известно, что двухвалентное железо абсорбируется значительно полнее трехвалентного» [47]. Железо комбикормов слабо доступно для организма рыб, так как значительная часть его, также, как и фосфора, цинка, марганца, входит в состав фитатов, труднорасщепляемых в кишечнике. «Всасывание железа у рыб может тормозить также и присутствие в корме легкорастворимых солей фосфора» [55].

В организме рыб содержится небольшое количество кобальта – около 0,3-0,5 мг/кг. Кобальт входит в состав цианокобаламина, который регулирует образование молекул гемоглобина. Он также стимулирует синтез витаминов В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> – это исключает развитие анемии в будущем. Ещё кобальт принимает участие в синтезе белков гамма-глобулинов, которые обеспечивают иммунитет, регулирует обмен азота для синтеза нуклеиновых кислот. Также помогает печени аккумулировать естественные антиоксиданты (например, витамины Е, С) в печени.

«Поступает кобальт в организм рыб с пищей и осмотически через жабры» [15].

«Дефицит кобальта в организме тормозит синтез гемоглобина, что может привести к возникновению анемии и снижению общей резистентности организма, повышению смертности при одновременном замедлении роста рыб. Поэтому еще с середины XX века делались попытки удобрения кобальтом воды прудов с целью обогащения рационов рыб этим элементом через трофические цепи, а также введения его непосредственно в комбикорма» [36, 40, 41].

На основании эксперимента были установлены потребности карпа и форели в кобальте – 0,1 мг/кг и 0,05 мг/кг соответственно. «Однако увеличение

его содержания до 1,2 мг/кг также может вызывать стимуляцию роста рыб» [52]. Отечественные эксперименты показали, что «введение в корм для сеголеток прудового карпа хлористого кобальта из расчета 1-3 мг на 1 кг корма ускоряет их рост и обеспечивает повышение резистентности рыб» [36]. Благодаря обогащению комбикормов кобальтом, удалось снизить смертность молоди и уменьшить энергозатраты организма в зимний период. Следует отметить, что в тех случаях кобальт вводился как водный раствор для приготовления тестообразного корма и поэтому он быстро экстрагировался из корма и терялся. В итоге его количество, которое фактически попало в организм рыб было гораздо ниже рассчитанного.

«В комбикорма для лососевых его вводят в виде  $\text{CoSO}_4$  в дозах 0,2-3,2 мг/кг, а иногда и более» [19]. «В то же время избыток кобальта вызывает патологические изменения в крови, а также приводит к замедлению роста рыб» [41].

Селен также относится к микроэлементам, обладающим высокой активностью. В больших количествах он крайне токсичен. Есть сведения, что «при его содержании в корме 11-15 мг/кг у атлантического лосося и молоди радужной форели наблюдали понижение аппетита, торможение роста, отложение камней в почках, гибель рыб» [49]. «Токсические свойства селена проявлялись у форели также при длительном питании кормами, содержащими его в количестве 3 мг/кг» [44].

«В микродозах селен оказывает благоприятное влияние на ход биологического окисления в организме, стабилизирует проницаемость клеточных мембран, принимает участие в обмене ряда аминокислот. В метаболизме он тесно связан с витамином Е, тормозящим окисление ненасыщенных жирных кислот, а в составе фермента глутатион-пероксидазы защищает клетки от повреждающего воздействия уже образовавшихся перекисей» [44].

Существует два способа поступления селена в организм рыб – с пищей и осмотически. При этом его метаболизм различается в зависимости от способа

поступления. Если поступает осмотически через жабры, то селен кровотоком разносится по органам и тканям и находится в них в неорганической форме (кроме печени), в самой печени селен переходит в комплексные соединения и таким образом, если будет избыток, то организм спокойно выведет излишки. Если с пищей, то важно учитывать, что оптимальным способом введения будет органическая форма селена.

«Рыбы обладают выраженной способностью аккумулировать селен из воды и корма. Однако большинство территорий России дефицитны по селену. Его избыток в почвах и в воде обнаружен только в ряде биогеохимических провинций Южного Урала и Тувы, поэтому основной источник селена для рыб – пища» [44].

«Корма, содержащие около 2% и более рыбной муки, обычно удовлетворяют потребность рыб в селене. Основными признаками недостаточности селена являются торможение темпа роста рыб, снижение активности глутатион-пероксидазы в плазме крови и печени. Возможны также снижение гематокрита, повышение содержания в теле жира и воды, патологические изменения в клетках печени и спинного мозга» [44].

Для поддержания эритроцитов в нормальном состоянии, помимо селена, требуется и витамин Е, также обладающий антиоксидантным действием. «Низкий уровень витамина Е и наличие в корме полиненасыщенных жиров усиливают влияние дефицита селена. У атлантического лосося это может привести к возникновению болезни «хитра», или «острой спины», симптомы которой сходны с признаками недостаточности витамина Е и селена. Это заболевание чаще всего встречается при высоких (около 10% и более) концентрациях рыбьего жира в кормах» [56].

Йод – микроэлемент, входящий в состав тиреоидных гормонов ( $T_3$  и  $T_4$ ) и таким образом он участвует в регуляции метаболизма питательных веществ. Эти гормоны прямо влияют на рост и развитие организма. Также оказывается положительно воздействие на развитие и функционирование половой системы.

Рыбы получают йод также двумя способами – из пищи и воды. По данным Т. Ватанабы потребность рыб в этом элементе «колеблется от 1 до 4 мг/кг и зависит от концентрации его в воде» [56]. Снижение резистентности организма к неблагоприятному воздействию среды, снижение интенсивности метаболизма, падение темпов роста – всё это является типичным проявлением йододефицитного состояния. «У лососевых более 100 лет назад наблюдали гипертрофию щитовидной железы; зоб уменьшался и рассасывался при введении в корм 0,6-1,1 мг/кг корма» [48].

«Морская вода, растения и животные, живущие в ней, богаты йодом, поэтому морские рыбы не испытывают его дефицита. В пресной воде его концентрация во много раз ниже, чем в морской, и обычно составляет 0,002-0,015 мг/л. Поэтому основное количество йода рыбы должны получать из пищи. Особенно жесткие требования к содержанию йода в корме рыбы предъявляют, если хозяйства располагаются в биогеохимических районах, дефицитных по этому элементу (северо-западные области России, частично Подмосковье, Карелия, многие районы Сибири, Армения, Западная Украина, районы Дальнего Востока и т.д.). В регионах, не испытывающих недостатка йода, потребности рыб удовлетворяются полностью, если в состав комбикормов входит около 7-16% рыбной муки» [44].

Йод содержится во всех продуктах переработки животного происхождения, но больше всего его в рыбной муке. Растительные компоненты корма богаты йодом только в регионах с отсутствием дефицита по данному элементу.

«Благоприятный эффект, выражающийся в стимуляции роста рыб, вызывает введение в состав комбикорма йодистого калия в количестве 1,0-1,5 мг/кг или 2-5% муки из морских водорослей, особенно филофоры, наиболее богатой йодом, а также обеспечение рыб достаточным количеством естественной пищи» [37].

К активным микроэлементам относится также медь, которая регулирует некоторые процессы клеточного дыхания и входит в состав некоторых

ферментов. Нехватка меди может привести к ухудшению работы головного мозга, сердечной мышцы, печени, развитию катаракты и в целом угнетается рост и развитие особи. При этом потребность рыбы в меди составляет около 3 мг/кг корма, а у атлантического лосося – порядка 5 мг/кг.

Медь также поступает двумя путями в организм рыб – из воды и пищи. Депо меди – это печень. Именно по тому, сколько содержится меди в печени рыб определяют общий уровень меди в организме. Известно, что «медь является антагонистом витамина А и ускоряет процесс его окисления» [27]. «У холодолюбивой форели при повышении дозы меди в рационе до 500-600 мг/кг не обнаружено серьезных отклонений от нормального физиологического состояния даже при дозах свыше 730 мг/кг. Однако были отмечены некроз печени и почек, а так- же нарушение структуры жаберных лепестков» [44].

По мнению Н. Т. Сергеевой биодоступность меди для рыб составляет 22-32%. Это связано с тем, что не все химические формы поступления меди усваиваются организмом, а также на момент проведения исследователем натуральных экспериментов уровень содержания меди в воде был низким. Поэтому считается, что рыбы резистентны к избытку меди. Установлено, что рыбы переносят избыток меди хуже, если в корме мало антиоксидантов (витамина Е, С) [34]. «В этом случае медь усиливает перекисное окисление докозапентаеновой и докозагексаеновой кислот. Это приводит к патологическим изменениям в клеточных мембранах и нарушению функций тканей, например, клеток печени и крови» [44]. В последнем случае «происходит гемолиз эритроцитов» [46].

В комбикорма медь вводят в дозировке приблизительно равной в среднем 16-17 мг/кг корма, опасаясь отрицательного воздействия больших доз цинка на всасывание меди из ЖКТ.

Обычно на рыбоводных предприятиях ведут учет гидрохимического и биогеохимического составов водоема и местности соответственно, чтобы организовать полноценное кормление рыб. При производстве кормов используются специальные премиксы для обогащения корма необходимыми

микро- и макроэлементами, а также витаминами и т. д. Если ПДК тех или иных элементов превышен, то введение премикса в корм нецелесообразно и на хозяйствах «вручную» обогащают корма недостающими элементами с помощью добавок. Важно учитывать тот момент, что несоблюдение контроля за химическим составом местности, где находится предприятие может повлечь за собой негативные последствия в виде передозировки рыб и загрязнения водоема теми или иными элементами.

Помимо вышеперечисленного к комбинированным балансирующим добавкам относят:

- премиксы – кормовые добавки, представляющие собой однородную смесь по типу «биологически активные вещества + наполнитель» и служащие для обогащения корма определенным набором БАВов;
- белково-витаминно-минеральные добавки (БВМД) – это комплекс, состоящий из белка или аминокислот и биологически активных веществ (микроэлементы, витамины).

Следующий тип добавок – это ферментные кормовые препараты, которые представляют собой различные ферменты микробного или иного происхождения, служащие для ускорения переваривания белков, жиров и углеводов, и усваивания.

«Микробиологическая промышленность выпускает ферментные препараты, имеющие пектолитическую, гемицеллюлазную, полигликозидгидролазную активность, которые рекомендованы для использования в кормлении рыб: амилоризин, глюкавамарин, пектаавамарин, амилосубтилин, протосубтилин, пектофоетидин, целловиридин и др.» [23].

Несмотря на то, что в пищеварительном тракте рыб есть все необходимые для переваривания и усвоения белков, жиров и углеводов ферменты, введение подобных препаратов в пищеварительный тракт рыбам позволяет внести еще и ферменты, расщепляющие сложные полимерные соединения, такие как целлюлоза, пектин и пр. Так как у рыб отсутствуют подобные ферменты, то введение подобных добавок в корм позволит максимально повысить

эффективность переваривания и усвоения всех питательных соединений комбикормов.

В корма для рыб обычно добавляют препараты различной степени очистки, грибные или микробные.

«В настоящее время освоено промышленное производство не только отдельных ферментных препаратов, но и их комплексов. Наиболее эффективными являются отечественные комплексные ферментные препараты МЭК – мультиэнзимные композиции (МЭК-СХ-1, МЭКСХ-2, МЭК-ЦГАП и т. д.). Иностранные фирмы выпускают ферментные препараты в виде жидких концентратов, гранул и микрокансул для повышения сохранности энзимов. К таким препаратам относятся ферментные препараты фирмы «Кемин Европа» (Кемзайм W, Кемзайм B, Кемзайм BK); «Ф. Хоффманн-Ля Рош» (Роксазим G2; Ронозим WXCT; Ронозим АСТ; Ронозим VP CT и др.); «Хёхст» (Германия) (Хостазим) и другие» [23].

Для профилактики заболеваний и лечения рыб существуют так называемые «лечебные комбикорма», в составе которых могут использоваться антибиотики – специфические соединения, способные в незначительных дозах оказывать бактериостатическое или, в больших дозировках, бактерицидное действие.

«В аквакультуре применяют также «кормовые антибиотики». Введение этих препаратов в комбикорм в небольших количествах, в сотни раз меньших их лечебных доз, стимулирует рост и выживаемость рыб, компенсирует витаминную недостаточность, способствует улучшению минерального и белкового обменов. Наиболее целесообразным является комплексное скармливание антибактериальных веществ, структурно далеких по химизму и фармакологическому действию. Введение их в комбикорм позволяет регулировать микробиологические процессы в желудочно-кишечном тракте рыб, нормализует микробное равновесие, предупреждает снижение количества антагонистов патогенных бактерий и возникновение массовых заболеваний» [23].



Применение антибиотиков в аквакультуре является серьезной проблемой для мирового животноводства и здравоохранения в целом. Попадая в организм людей, такие продукты аквакультуры вызывают микробный дисбаланс, провоцируя появление и распространение резистентных микроорганизмов среди населения и в природе. Резистентность бактерий к различным антибиотикам снижает эффективность лечения инфекционных заболеваний у людей и животных, и как итог способствует росту заболеваемости, смертности и приводит к значительным экономическим потерям.

«Из-за устойчивости к антибиотикам возникли инфекции, которые невозможно устранить. Это приводит к неудачам в лечении и увеличивает заболеваемость, смертность и экономические потери общества. Устойчивость к различным классам антибиотиков стабильно возрастает у различных типов бактерий в разных экологических системах» [43].

Сейчас во всем мире активно ведутся поиски альтернативных замен антибиотикам в животноводстве.

«Одним из направлений являются пробиотики – кормовые добавки, содержащие микроорганизмы, обладающие антагонистической активностью по отношению к патогенной микрофлоре, и оказывающая полезное воздействие на рыбу путем улучшения его кишечного микробного биоценоза» [23].

«Наиболее эффективными и распространенными на рынке кормовых добавок для животноводства являются пробиотики «Субтилис» и «Басулифор». Споры бактерий этих пробиотиков обладают высокой жизнеспособностью. Они сохраняют свою активность при обработке паром, в кислотной среде желудочно-кишечного тракта» [8].

Пробиотики выполняют следующие функции:

- проявляют антагонистическую активность по отношению к почти 90% условно-патогенных кишечных бактерий и грибков;
- продуцируют пищеварительные ферменты (амилазы, липазы, протеазы, пектиназы), витамин В<sub>2</sub> (рибофлавин) и аминокислоты, в том числе незаменимые;

- способны синтезировать БАВ, стимулирующие развитие целлюлолитических руминококков, лактобацилл;
- антитоксическое действие, в т.ч. подавление микотоксинов;
- оказывают иммуномодулирующее действие (активация макрофагов, стимулирование выработки интерферона, синтез иммуноглобулинов).

«Согласно современному определению, пребиотиками называют частично или полностью неперевариваемые компоненты пищи, которые избирательно стимулируют рост и/или метаболизм одной или нескольких групп микроорганизмов, обитающих в толстой кишке, обеспечивая нормальный состав кишечного микробиоценоза» [2].

«Пребиотики содержат углеводы с низким содержанием молекул, которые соединены друг с другом бета-гликозидными связями. В них отсутствует фермент, способствующий расщеплению. По этой причине пребиотики, попадая в желудок, не перевариваются. Они попадают в кишечник и там расщепляются, выступая пищевыми субстратами. Пребиотики стимулируют рост полезной микрофлоры и укреплению иммунитета. Наиболее эффективными препаратами, которые выступают пищевыми субстратами, считаются те, которые содержат в своем составе лактулозу. Она признана самым эффективным пребиотиком» [23].

Наличие высокого уровня полезных кишечных бактерий в пищеварительном тракте животного помогает улучшить пищеварение и укрепить иммунитет, снизить количество вирусных и бактериальных заболеваний.

«Иногда пребиотики и пробиотики соединяют воедино, получая синбиотики. Пребиотичные бактерии, попадая в кишечник, создают благоприятные условия для размножения пробиотиков» [42].

Вкусовые и ароматические добавки – это вещества, служащие для усиления, придания или исправления природного вкуса или запаха и стимулирования потребления корма.

Такие добавки делят на: натуральные (например, сахар) и синтетические вещества (например, сахарин).

«Вкусовые и ароматические добавки (ВАД) выполняют привлекающую (аттрактивную) функцию и обеспечивают недостающие вкусовые элементы, хотя у рыб не всегда четко разделено обонятельное и вкусовое восприятие. Форель, лосось, карп, угорь и другие рыбы хорошо реагируют на вкусовые добавки, специально приготовленные для данного вида или подвида и для конкретных окружающих условий. Периоды недостаточного потребления из-за посторонних привкусов в корме, обусловленные окружающей средой или сезонными привычками, могут быть сокращены при использовании вкусовых и ароматических добавок. Для большинства рыб привлекающими свойствами обладают протеины рыбной, крабовой, крилево́й, а также мясокостной муки. Учитывая дефицит рыбной и крабовой муки, применение ВАД позволяет шире использовать заменители белков, такие как соевый белок, казеин, его производные» [35].

На данный момент в мировой животноводческой практике проверено около 150 видов вкусоароматических веществ; некоторые страны производят такие добавки специально для аквакультуры – их вводят в состав комбикормов, чтобы повысить привлекательность корма для рыб. Из вкусовых веществ чаще всего используют: сахарозу, глюкозу, кормовую патоку, поваренную соль, гидролизат.

«Сейчас наиболее эффективным методом производства гранулированных комбикормов является гранулирование сухим способом с использованием связующих веществ. Благодаря своему всестороннему действию применяется для повышения производительности пресс-грануляторов, уменьшение энергоёмкости для улучшения качественных показателей гранул, для повышения кормовой ценности гранулированных комбикормов» [1].

Связующие вещества – это технические вспомогательные средства, которые влияют на «консистенцию» корма, на смешиваемость кормового средства или на прочность гранул/крупки. К ним относят эмульгаторы, загустители, разрыхлители, стабилизаторы, консерванты, подкислители, наполнители и пр.

В настоящее время связующие элементы, которые используют при изготовлении комбикормов делят на 2 группы: неорганические и органические [1].

У. Балтабаев считает, что связующие элементы должны обладать рядом таких качеств как скрепление прочих компонентов комбикорма, повышение коэффициента полезного действия линии производства, улучшение прочности гранул или крупки, отсутствие негативного влияния на пищевую ценность комбикорма [1].

Преимущество отдают тем связующим веществам, введение в корм которых помимо вышеперечисленных свойств снизит расход энергии, пара и т. д., а также будет приносить положительное влияние на вкусовые качества корма, таким образом улучшая производительность линий производства и качество корма. Важное значение имеют связующие вещества, которые вводят не только для повышения прочности гранул или крупки, но и для сокращения расхода пара, энергии, повышения производительности, тем самым оптимизируя производство. Примерами таких веществ являются меласса, гидрол и т. п.

Сегодня существует огромное множество вариантов кормовых добавок, каждый из четырех описанных типов играет важную роль в кормопроизводстве и обеспечении рыб питательными веществами в доступной форме. Некоторые типы добавок, такие как «технические» являются обязательными компонентами в кормах, так как призваны улучшать качество комбикормов, а балансирующие добавки являются строго индивидуальными и их используют исходя из потребностей рыб и биогеохимического состояния региона.

### **2.3. Методические подходы по повышению эффективности рыбоводства**

Тщательно выверенный план предприятия и учет всех биологических особенностей выращиваемых видов являются ключом к успешному воспроизводству рыб и достижению высоких производственных мощностей. Каждый вид нуждается в качественном сбалансированном корме, который

адаптирован к каждому конкретному этапу их развития. Для каждого этапа развития требуются определенные категории кормов. Под этим подразумевается классифицирование кормов на стартовые, продукционные, репродукционные и специального назначения.

Стартовые корма предназначены для кормления ранней молоди рыб. Продукционные корма должны обеспечивать быстрый рост и высокое качество получаемой продукции, поэтому предназначаются для подросшей молоди. Репродукционные корма нужны для кормления производителей и ремонтного стада; их цель – поддерживать нормальную деятельность половой системы. Корма специального назначения используются в каком-то конкретном случае, например, лечебные корма.

Невыполнение этих правил потребностей в питании может привести к неправильному развитию и болезням, замедляется рост, повышается смертность, что в конечном итоге приведет к снижению прибыльности и эффективности предприятия.

На эффективность деятельности предприятий и рыбоводства в целом влияет множество факторов. В условиях рыбоводства такие переменные как температура, содержание кислорода, уровень аммиака и общее качество воды могут радикально влиять на производство. Огромное значение имеет выбор места, где будет находиться предприятие. Создание оптимальной среды в значительной степени зависит от качества воды. Это имеет решающее значение для скорости роста, состояния здоровья и выживания на протяжении всего производственного цикла. Учет климатических особенностей, знание биогеохимической обстановки в данном районе и оценка качества воды позволит в будущем предотвратить множество проблем с соблюдением рыбоводно-биологических нормативов. Интенсификация рыбоводства также решает вышеперечисленные проблемы – современные установки замкнутого водоснабжения (УЗВ) позволяют успешно контролировать эти показатели.

Важно также сказать пару слов и о производстве комбикормов: качество сырья, питательность их составов, правильная транспортировка ингредиентов,

производительность и бесперебойность работы комбикормового завода могут влиять на регулярность поставок, а следовательно, и на производительность предприятия.

Рыбопродуктивность будет максимальной, когда поддерживается оптимальная среда для конкретного вида и состав комбикормов, и использование кормовых добавок играют в этом решающую роль. Качество ингредиентов и доступность питательных веществ способствуют лучшему пищеварению, быстрому их усвоению и использованию организмом в своих нуждах, в результате чего рыба обладает хорошим здоровьем и её продуктивность достигает своего максимального значения. Также качественное питание ведет к снижению «токсичности» фекалий и меньшему биологическому загрязнению в системах и окружающей среде. Соблюдение биологических потребностей вида рыбы как можно быстрее помогает ей «раскрыть свой максимальный потенциал».

Помимо всего вышесказанного существует еще множество подходов для повышения эффективности рыбоводства.

Отлов производителей должен производиться с максимальной аккуратностью и с использованием для транспортировки современных технологичных живорыбных машин. Выдерживание проводят также под строгим контролем качества воды. Для скорейшего созревания производителей используют гипофизарные инъекции, что является одним из подходов для повышения эффективности ведения рыбоводства.

Отдельного упоминания стоит технологическая оснащенность предприятия. Ультразвуковая диагностика состояния и стадии зрелости гонад производителей, отбор половых продуктов и микроскопическая оценка их качества, а также использование оборудования надлежащего качества для выдерживания и подращивания личинок; оборудование для УЗВ: насосы, фильтры, компрессоры и др. Всё это является обязательным для успешного ведения рыбоводства.

На сегодняшний день существует множество методик для повышения эффективности работы рыбоводных предприятий, но отдельно стоит вопрос о качестве и питательности кормов. Использование дешевых несбалансированных кормов и несоблюдение биологических потребностей рыб в витаминах и минеральных веществах приведёт к увеличению смертности и, как следствие, к снижению производственных мощностей предприятия.

### **3. Опыт применения йодсодержащих добавок в рыбоводстве на примере ленского осетра, радужной форели и карпа**

#### **3.1. Потребность рыб в минеральных веществах**

Минеральные элементы входят в состав опорных и покровных тканей рыб – скелета, чешуи, кожи, а также биологически активных соединений – ферментов, гормонов, витаминов. Они играют важную роль в метаболизме, регуляции осмотического давления, кислотно-щелочного равновесия; в составе различных соединений участвуют в процессах переваривания и всасывания, обеззараживания ядовитых веществ и выделения.

Особенность минерального питания рыб состоит в том, что макро- и микроэлементы поступают в их организм не только алиментарным путём, но и непосредственно из воды (осмотическим путём) через жабры, слизистые покровы ротовой полости и кожу. В связи с этим химический состав воды существенно влияет на минеральный обмен рыб. В зависимости от степени минерализации среды выращивания (пресная или морская вода, мягкая или жесткая) рыбы постоянно либо адсорбируют из воды определенные элементы до требуемого уровня, либо избавляются от их избытка. Соответственно, с пищей должны поступать те элементы, концентрация которых в воде обычно невысока.

Долгое время считалось, что рыбная мука, являющаяся основным компонентом комбикормов, обеспечивает потребности рыб всеми необходимыми минеральными веществами. Кроме того, предполагалось, что они могут поступать и с другими ингредиентами кормов. Поэтому раньше данному аспекту питания уделялось недостаточное внимание. В дальнейшем выяснилось, что микро- и макроэлементы в ряде компонентов не только растительного, но и животного происхождения находятся в малодоступной для рыб форме и плохо усваиваются ими [35].

Если количество минеральных веществ, поступающих в организм рыб, не удовлетворяет физиологическим потребностям, то это влечёт за собой появление разнообразных патологий.



При этом все минеральные вещества по количественному содержанию в организме подразделяются на микро- (от 0,1 до 100 мг/кг) и макроэлементы (более 100 мг/кг). К макроэлементам относят: кальций, фосфор, магний, калий, натрий, хлор, сера; к микроэлементам – железо, медь, марганец, цинк, кобальт, селен, йод, хром и др. Общая сумма микро- и макроэлементов в организме рыб в среднем приблизительно равна 2,5-8%, притом доля макроэлементов составляет более 95,5%. В табл. 3 приведены признаки дефицита макро- и микроэлементов у рыб.

*Таблица 3*

**Признаки дефицита макро- и микроэлементов у рыб (по В. Я. Склярову)**

<b>Нарушение</b>	<b>Дефицит элементов</b>
Искривление и деформация позвоночника, ребер, укорочение тела, слабая минерализация костей	P, Ca, Mg, Zn, Mn
Нарушение кроветворения, снижение содержания гемоглобина, эритроцитов, уменьшение гематокрита	Fe, Co, Se, Cu
Повышение отложения жира в теле	P
Жировое перерождение печени, анемия, мышечная дистрофия, экссудативный диатез	Mn, Se, Zn, Cu
Катаракта, некроз плавников	Zn, Mg
Зоб	I
Кальциноз почек	Mg при избытке Ca
Нарушение устойчивости к глюкозе	Cr

Рыбы, как и любые другие живые организмы нуждаются в поступлении микро- и макроэлементов. Основной задачей является внесение в рацион достаточного количества минеральных элементов, чтобы не допускать их дефицита, который влечет за собой множество проблем в развитии рыб и повышает их смертность.

### **3.2. Влияние йодсодержащих добавок на рост и развитие рыб**

При организации кормления рыб в рыбоводных хозяйствах необходимо учитывать геологические особенности местности, а также вести постоянный контроль минерального состава воды. В рыбоводстве часто используют витаминно-минеральные премиксы для птиц, в которые вводятся железо, медь, цинк, марганец и другие микроэлементы. Однако в условиях многократного превышения ПДК этих элементов в водоемах вряд ли нужно вводить их в стандартные премиксы для рыб. Специального внимания требует современная экологическая ситуация в водоемах – повсеместное загрязнение тяжелыми металлами, в том числе и абсолютно необходимыми для жизни микроэлементами. Недоучет этого обстоятельства может привести к передозировке их в кормах, избыточному накоплению в мышцах рыб, дальнейшему загрязнению воды.

Наличие йода в пище для животных является обязательным фактором несмотря на то, что организму необходимы малые дозировки. Почти половина всего йода в организме содержится в составе гормонов щитовидной железы, которые регулируют метаболические процессы животных, в том числе и рыб. Эти гормоны участвуют в регуляции нервно-мышечного контроля и развитии рыб, а также играют немаловажную роль в стимулировании процессов синтеза белка и метаболизма витаминов (тироксин).

Щитовидная железа рыб играет важную роль в регуляции метаболизма и развитии всех органов. Функции щитовидной железы коррелируют с другими железами эндокринной системы – надпочечниками, половыми железами, гипофизом и с железами нервной и иммунной систем. Благодаря слаженной работе, организм рыбы может подстраиваться под изменчивость условий окружающей среды и поддерживать гомеостаз.

Название «щитовидная железа» заимствовано у высших позвоночных, как такого органа у костистых рыб нету. Щитовидная железа костистых рыб не имеет собственной оболочки – это скопление фолликулярных клеток, которые расположены в свободном состоянии. Они могут располагаться либо одиночно,

либо быть немного разбросанными вкраплениями в подглоточной соединительной ткани вдоль брюшной аорты. Иногда фолликулярные клетки встречаются в структуре почки, еще реже рядом с сердцем. В отличие от костистых рыб, щитовидная железа хрящевых и двоякодышащих имеет собственную капсулу вокруг фолликулярных клеток (Рис. 2).

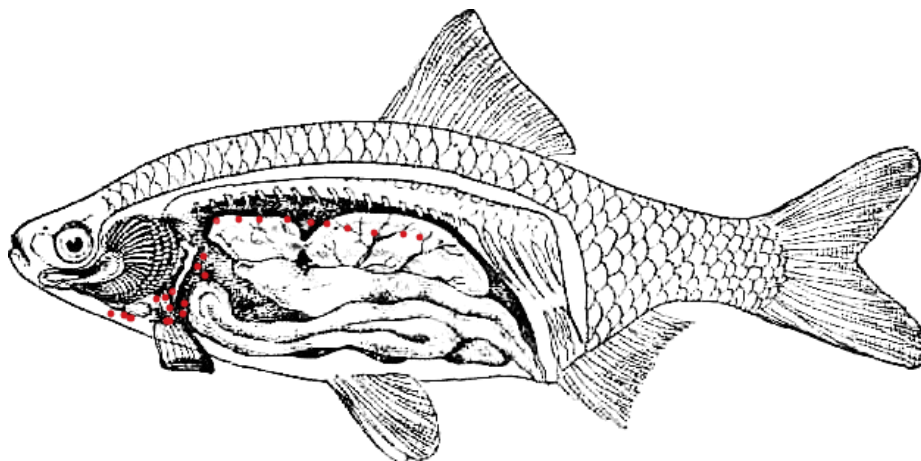


Рис. 2. Основные места возможного расположения тиреоидных фолликул.

Фолликулярные клетки густо оплетены сосудистой сетью, благодаря чему происходит их обильное кровоснабжение. Эти клетки состоят из слоя тиреоцитов; полость заполнена густым коллоидным раствором. В них происходит синтез трех гормонов –  $T_2$  (дийодтирозин),  $T_3$  (трийодтиронин),  $T_4$  (тироксин).

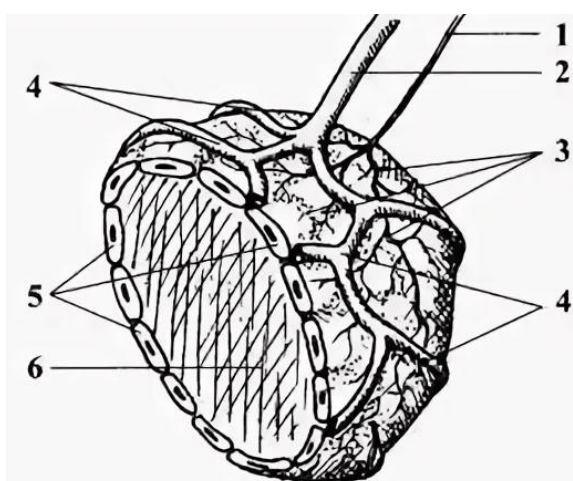


Рис. 3. Строение фолликулярной клетки (по А. В. Ушакову, 2008): 1 – нерв, 2 – сосуд, 3 – нервная сеть, 4 – капиллярная сеть, 5 – тиреоциты, 6 – коллоидный раствор.

Работа щитовидной железы находится под контролем гипоталамо-гипофизарной системы. При снижении секреции гормонов щитовидной железы усиливается выработка гипофизарного тиреотропного гормона (тиреотропин, ТТГ) и его выброс в кровь. Тиреотропин стимулирует выработку тироксина, влияя на скорость иодирования тирозина. Усиление секреции же передней долей гипофиза тиреотропина, регулируется, так называемым, рилизинг-гормоном гипоталамуса – тиреолиберин (нейропептид). Взаимосвязанная работа и секреция гормонов данных органов контролируется гипоталамо-гипофизарной системой.



Рис. 4. Регуляция работы щитовидной железы гипоталамо-гипофизарной системой.

Симптоматика при дефиците йода проявляется обычно в виде замедления метаболизма, темпов роста и снижения резистентности к заболеваниям. При недостатке йода нарушается деятельность щитовидной железы, при этом соединительная ткань ее разрастается, образуя зоб. Появление зоба у лососевых при дефиците йода было описано впервые около 100 лет тому назад. Хищные рыбы более склонны к образованию зоба, чем другие.

Йод легко поступает через жабры рыб из воды и активно извлекается из пищи в пищеварительном тракте. Морская вода содержит значительно больше йода, чем пресная, поэтому морские рыбы обычно не страдают от его дефицита. В пресных водах содержание йода может быть минимальным, поэтому пресноводные рыбы больше зависят от источника йода в корме. В качестве минимального рекомендован уровень йода от 2,5 до 3 г/кг корма. Введение в состав корма богатых йодом морских растений (например, бурые водоросли накапливают йода в сотни и тысячи раз больше, чем его содержится в морской воде) может полностью удовлетворить потребности рыб в этом элементе.

Опасаться избытка йода не следует, так как животный организм устойчив к его высокому содержанию [35].

В 1914 году Д. Марин установил, что «между недостаточностью поступления йода с пищей и водой, и гипофункцией щитовидной железы есть взаимосвязь» [50]. При этом из-за дефицита йода может образовываться зоб, вследствие нарушения работы щитовидной железы. Йод также склонен к кумуляции в организме, причем его количество в организме зависит от видовых, возрастных и физиологических особенностей. Так эфиопскими учеными было проведено несколько исследований по оценке аккумуляции йода в теле морских и пресноводных видов рыб. Результаты показали, что у пресноводных видов содержание йода в мышцах в 5-10 раз меньше по сравнению с морскими видами.

Таким образом потребность рыб в йоде весьма высока. Его дефицит вызывает множество проблем с развитием рыб, из-за чего нарушается цикл воспроизводства на предприятиях. Особенно сильно нуждаются в поступлении йода молодь и пресноводные рыбы, обитающие в районах с низким содержанием этого элемента (Рис. 5).



Рис. 5. Степени тяжести природного йоддефицита в регионах РФ.

### 3.3. Рецептуры йодных добавок

На сегодняшний день в отечественной аквакультуре существует не так много вариаций йодных добавок, и они имеют одну общую цель – устранение йоддефицита в организме рыб, в целях бесперебойного синтеза тиреоидных гормонов, а именно тироксина и трийодтиронина.

Первоначально, еще в конце XIX века, при обнаружении гипертрофии щитовидной железы у лососевых рыб использовали простейший метод лечения – орошение корма йодидом калия. Это соединение известно еще с 1820-х годов. Его получали путем взаимодействия йода с гидроксидом калия в присутствии различных восстановителей (муравьиная кислота, перекись водорода) или растворения йода в растворе гидроксида калия с аммиаком.

Йодид калия при попадании в организм рыб в тиреоцитах под действием тиреопероксидазы окисляется до элементарного йода и включается в процесс синтеза тиреоидных гормонов.

Йодистый калий используется до сих пор, в кормах дозировка составляет в среднем 0,6-1,1 мг/кг корма. Соединение выпускается под разными названиями и служит для разных целей. Например, «Йодиол» – препарат, содержащий йод, соединенный с поливиниловым спиртом и йодид калия. Он используется в аквариумистике для повышения содержания йода в воде и в качестве антисептического средства, которое стимулирует иммунитет рыб. В данном случае рыбы получают данный элемент осмотическим путем через жабры; при контакте со слизистыми высвобождается свободный йод. Рекомендуемая дозировка 1 мл на 10 л воды.

Перспективным направлением в кормовой промышленности считается использование водорослей. Из них производят водорослевую муку, которая обладает связующими свойствами. Наиболее питательной является хлорелла (*spp. Chlorella*), которая богата углеводами, содержит большое количество белка (до 42%) и йода. «Для повышения питательной и биологической ценности комбикорма в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» была разработана линия с вводом суспензии зеленых и сине-зеленых микроводорослей (в частности, *Chlorella* и *Spirulina*) при гранулировании комбикормов для различных видов животных». Данная суспензия является кладезем аминокислот, минеральных солей и витаминов [17].

Помимо зеленых и сине-зеленых водорослей используют бурые водоросли, например, ламинарию, способную накапливать йод в сотни и тысячи раз больше, чем его содержится в морской воде.

Водоросли способны полностью удовлетворить потребность рыб в этом элементе и опасаться избытка этого элемента не стоит, потому что организм рыб устойчив к переизбытку йода [35].

Проблема заключается в том, что водорослевую муку в корма добавляют в небольших количествах (около 1-3%) и в регионах, дефицитных по йоду, потребности в элементе могут не удовлетворяться. К тому же водорослевая мука трудноперевариваема и много йода может выходить в неизменном виде. Поэтому для решения данной проблемы перед отечественными предприятиями

стояла задача создать йодсодержащую добавку, в которой йод находился бы в безопасной и легкоусвояемой форме. Одной из таких добавок стал препарат «ОМЭК», выпускаемый ООО «Биоамид» в городе Саратов.

Решение оказалось несложным – соединение йода с органическими соединениями, в первую очередь с аминокислотами. Одним из способов стал соединение йода с аминокислотами дрожжей (в результате автолиза белков, они разрушаются до свободных белков). Аминокислота быстро абсорбируется из желудочно-кишечного тракта и позволяет йоду в дальнейшем быстро включиться в метаболические процессы. К тому же безопасность йода в виде комплекса с аминокислотой выше по сравнению с «неорганикой» – йодистым калием, что позволяет не беспокоиться о возможной передозировке микроэлементом.

Препарат «ОМЭК-1» содержит кормовые дрожжи, где йод соединен с их белковой частью ковалентным соединением. Помимо усвояемости, комплексное соединение с йодом повышает его устойчивость к внешним факторам, йод более стабилен [26].

Из новейших разработок компании – это препарат «ОМЭК-7М». Это комплексная кормовая добавка с 7-ю микроэлементами в составе (медь, цинк, кобальт, марганец, йод, железо, селен). Добиться такого результата помогла L-аспарагиновая кислота. Микроэлементы-металлы соединены с ней и находятся в форме аспарагинатов, не взаимодействуют друг с другом и быстро усваиваются организмом [25].

Сегодня лидером по выпуску специализированных йодных добавок для рыб является фирма ООО «А-БИО». Для рыб производитель рекомендует 3 добавки – «Абиопептид», «Ферропептид» и «Абиотоник».

Добавка «Абиопептид», сама по себе, не является йодсодержащим препаратом – это кормовая добавка, которая служит для активизации белкового обмена у сельскохозяйственных животных и содержит гидролизат соевого белка. Однако многие исследователи в своих работах используют добавку «Абиопептид с йодом» того же производителя, но на официальном сайте нет ни



одного упоминания про данную добавку [30]. Вероятно, имеет место быть вариант внесения в «Абиопептид» йодогоргоновой кислоты.

«Ферропептид» является добавкой для восполнения дефицита микроэлементов. Основные действующие вещества – это йод в виде йодогоргоновой кислоты (3,5-дийод-L-тирозин), трёхвалентное железо в виде комплекса с декстрином (олигосахарид) и остальные микроэлементы (марганец, цинк, селен и т. д.).

Все элементы быстро всасываются из ЖКТ и депонируются в печени, устраняя дефицитное состояние. В результате применения «Ферропептида» увеличиваются среднесуточные привесы, повышается резистентность организма и активизируются обменные процессы.

Оптимальным способом введения добавки на крупных комплексах является ее введение непосредственно в комбикорма (премиксы) на комбикормовых заводах или в кормоцехах хозяйств. Но производитель также допускает орошение и замачивание корма непосредственно перед кормлением. Используют добавку в период активного роста рыб и для устранения дефицита конкретных микроэлементов. Рекомендуемая суточная доза – 0,001 л/кг массы рыбы при замачивании или 8 л/тону корма при производстве комбикорма [12].

Препарат «Абиотоник» является расширенной версией «Ферропептида». Помимо микроэлементов в добавку включены витамины и гидролизат растительного белка, включающие многие незаменимые аминокислоты. Йод также находится в форме йодогоргоновой кислоты.

Применяют «Абиотоник» при несбалансированном кормлении, стрессах, в период интенсивного роста и репродуктивных процессов. Он укрепляет иммунитет и неспецифическую резистентность организма, улучшает аппетит, способствует повышению усвояемости кормов [11].

Способ введения идентичен «Ферропептиду», хотя производитель дает нормы ввода только для замачивания – 0,5-1 мл/кг массы тела рыбы.

Многие исследователи предлагают использование добавок для птиц в кормлении рыб. В таком случае важна корректировка дозирования добавки с

перерасчетом на рыб. Далее приведем пример-рекомендацию по использованию йодной добавки для человека «Абиойод» в рыбоводной практике.

«Абиойод» – это компонент пищевой продукции (пищевой ингредиент) – жидкий микроэлементный концентрат – предназначен для введения в состав пищевых продуктов с целью обогащения их йодом. Йод в «Абиойоде» находится в прочном соединении с аминокислотой – тирозином. Благодаря прочности этого соединения йод теряет свойство летучести, – главный свой недостаток, отчего и возникает его дефицит в природе, и приобретает свойство термостабильности. Соединение выдерживает температуру, не распадаясь, до 200°C. «Абиойод» – водный раствор, содержащий элементоорганическое соединение йода – йодогоргоновую кислоту (3,5-дийод-L-тирозин), в свободном виде с рН раствора = 10 [10].

В 1 литре препарата содержится 10 г. йода. Необходимо разбавить раствор перед орошением или замачиванием корма в соответствии с потребностями рыб (2,5-3 мг/кг массы рыбы).

На данный момент разнообразие специализированных йодных добавок для рыб невелико. Данная проблема решается тем, что многие йодные добавки для сельскохозяйственных животных универсальны и их можно применять в рыбоводстве всего лишь корректируя концентрацию и дозировку препарата, причем некоторые производители в инструкциях к препаратам сразу пишут рекомендации к конкретным видам по разбавлению препарата до оптимальных концентраций, что избавляет от необходимости проводить расчёты [11, 12].

### **3.4. Анализ натуральных экспериментов по внесению йодсодержащих добавок в рацион рыб**

Цель большинства исследований по внесению балансирующих добавок в рацион рыб сводится к одному – выявить целесообразность их использования, опираясь на полученные в результате исследований показатели среднесуточного, относительного и абсолютного приростов, а также вычислить процент выживаемости особей.

То же самое относится и к йодсодержащим добавкам. Эффективность подтверждается экспериментально с помощью нескольких групп особей одного вида методом аналогов. Берут определенное количество особей и разделяют их на несколько групп, одна из которых будет контрольной, а остальные – опытными. Все группы кормят одинаковым кормом, с той разницей, что опытные вкупе с основным рационом (ОР) получают ту или иную добавку. В нашем случае это йодсодержащий препарат. Обязательными условиями являются соблюдение режима и нормы кормления, а также контроль идентичного состояния среды.

В начале эксперимента считают среднюю массу одной рыбы в каждой из групп. Далее ежедневно проводят взвешивание на протяжении всего эксперимента, чтобы в конце установить значение среднесуточного прироста массы. По завершении опыта устанавливается конечная средняя масса каждой группы, что позволит рассчитать абсолютный и относительный прирост. Все показатели сравниваются и делается вывод о целесообразности использования конкретной добавки в кормлении.

Проблемой изучения влияния йодсодержащих добавок на рост и развитие рыб занимались такие исследователи, как И. В. Поддубная, П. С. Тарасов, Р. В. Масленников, А. А. Карасев и др. П. С. Тарасов изучал влияние добавки «Абиопептид с йодом» на ленского осетра в условиях УЗВ, Р. В. Масленников исследовал воздействие добавки «ОМЭК-Ј» на развитие и товарные качества ленского осетра при садковом выращивании, А. А. Карасев в своей работе провел исследование влияния добавки «Абиопептид с йодом» на карпа в садках. За основу анализа взята именно научная работа И. В. Поддубной «Научно-практическое обоснование использования йодсодержащих кормовых добавок в товарном рыбоводстве», потому что в данной работе автор опирается на полученные результаты исследований выше перечисленных учёных, систематизирует и дополняет их, проводя собственные эксперименты по внесению йодсодержащих добавок в рацион различных видов рыб и на основе своих результатов выводит оптимальные дозировки йодсодержащих препаратов

для каждого исследуемого вида [14, 20, 29, 38]. И. В. Поддубная провела несколько подробных экспериментов по внесению двух типов йодных добавок, а именно «ОМЭК-Ј» и «Абиопептид с йодом» в рацион нескольким видам рыб, что позволит сравнить данные препараты, выявив на какой вид рыбы оказывается более положительный эффект (табл. 4). Также представляется возможным оценить в целом, в каких условиях рыбоводства добавки раскрывают свой потенциал.

Таблица 4

#### Общее представление о проводимых опытах

Вид рыбы	Препарат	Вид рыбоводства
Ленский осётр ( <i>Acipenser baeri Brandt</i> )	«ОМЭК-Ј»	Садковое; УЗВ
	«Абиопептид с йодом»	Садковое; УЗВ
Карп обыкновенный ( <i>Cyprinus carpio</i> )	«Абиопептид с йодом»	Садковое
2-х летки		
3-х летки		
Радужная форель ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	«ОМЭК-Ј»	Бассейновое (опыт в лотках)

Имея представление о том, какие опыты проводились, можно поставить несколько задач:

1. Сравнить эффективность препаратов «ОМЭК-Ј» и «Абиопептид с йодом» на примере ленского осетра в двух разных условиях выращивания;
2. Выявить, на кого из двух видов – карпа или ленского осетра добавка «Абиопептид с йодом» оказывает наибольшее положительное влияние в условиях садкового выращивания;
3. Определить, в каком случае добавка «ОМЭК-Ј» дает больший положительный эффект на два различных вида (ленский осетр и радужная форель), в двух разных типах интенсивного рыбоводства (бассейновое и УЗВ).

Для того, чтобы сравнить два разных препарата, а именно «Абиопептид с йодом» и «ОМЭК-Ј», стоит учесть, что в этих добавках используется схожая методика «доставки» йода в организм, но различаются при этом сами соединения. Исследователь также установил оптимальные нормативы внесения добавки для каждого из трёх видов рыб [29].

Оптимальная дозировка препаратов для ленского осетра:

- 0,2 мг/кг массы рыбы («Абиопептид с йодом» 1 мл),
- 0,2-0,3 мг/кг массы рыбы («ОМЭК-Ј»).

Оптимальная дозировка препарата для карпа:

- 0,2 мг/кг массы рыбы («Абиопептид с йодом» 1 мл).

Оптимальная дозировка препарата для радужной форели:

- 0,3 мг/кг массы рыбы («ОМЭК-Ј»).

Проанализировать проводимые эксперименты с ленским осетром позволит их разделение, для удобства, на 4 группы, включая упоминание необходимой информации об эксперименте (табл. 5).

*Таблица 5*

#### Дополнительные сведения об экспериментах

Название эксперимента	Средняя начальная масса подопытных рыб, г	Продолжительность эксперимента, дней
«Абиопептид с йодом» (садки)	372	112
«ОМЭК-Ј» (садки)	370	112
«Абиопептид с йодом» (УЗВ)	130,5	329
«ОМЭК-Ј» (УЗВ)	644,3	98

Для сравнения эффективности 2 препаратов в кормлении ленского осетра необходимо воспользоваться диаграммами (Рис. 6, 7).

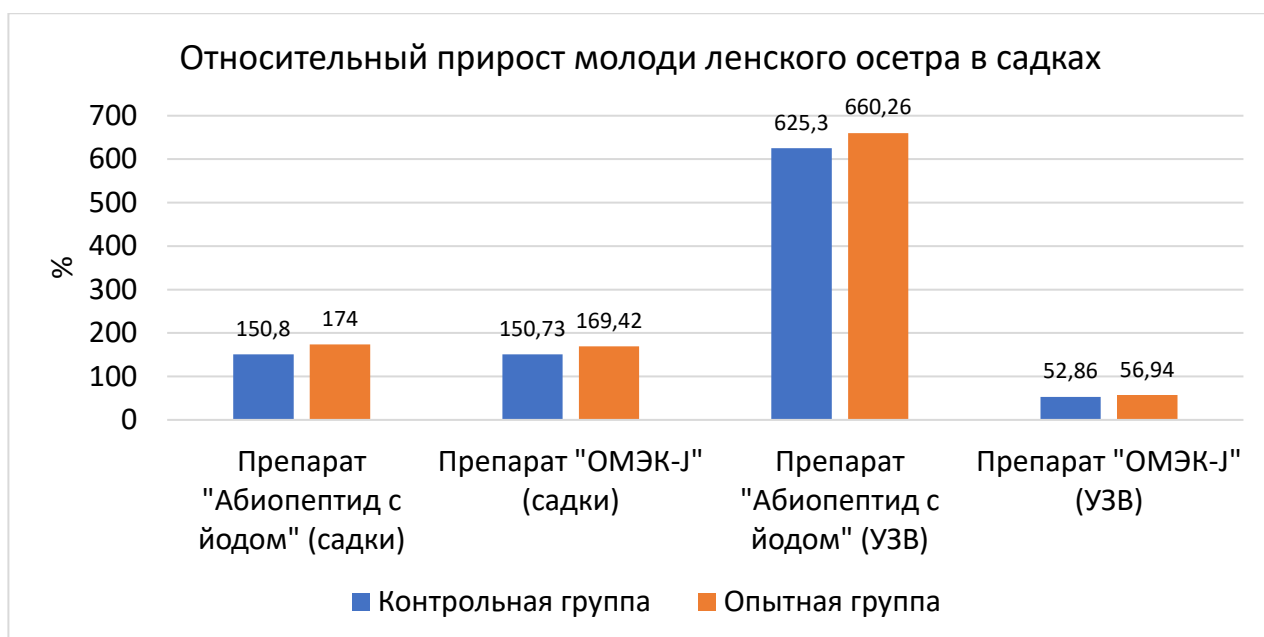


Рис. 6. Гистограмма относительного прироста (%) рыб за время экспериментов с использованием двух видов добавок.

На диаграмме видно, что использование добавок увеличивает относительный прирост рыб за отведенное время экспериментов. Сильный отрыв группы ««Абиопептид с йодом» (УЗВ)» обусловлен длительностью проводимого эксперимента.

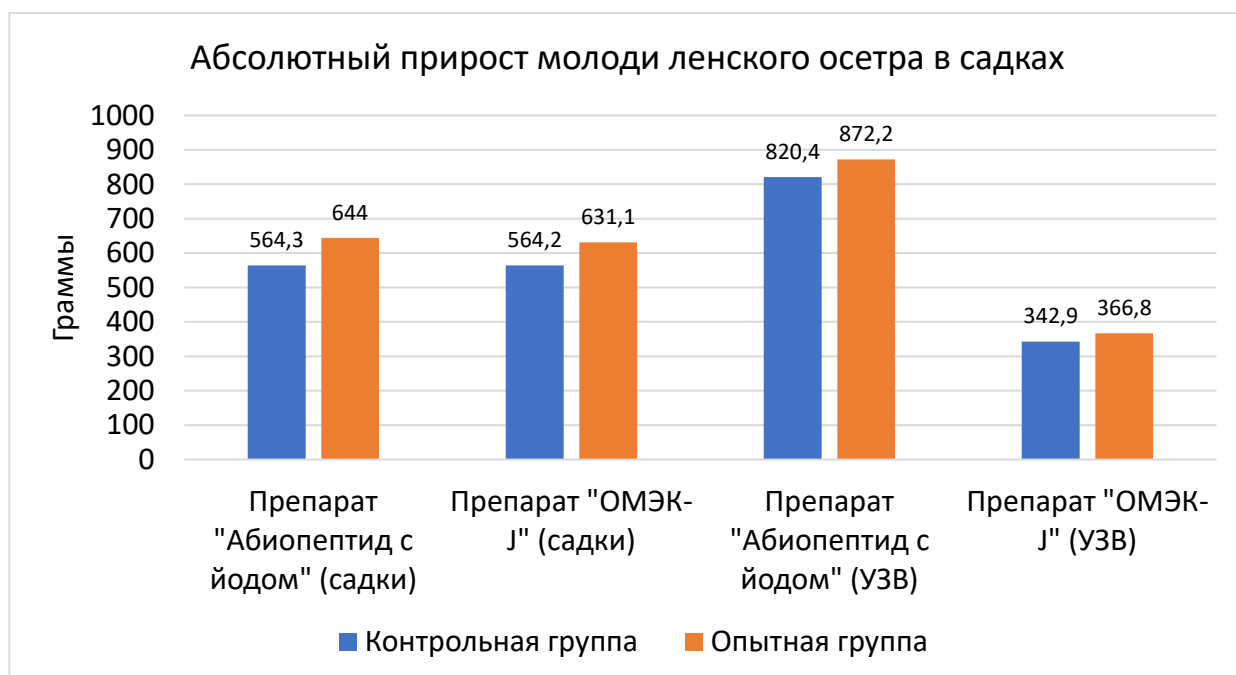


Рис. 7. Гистограмма абсолютного прироста (г) рыб за время экспериментов с использованием двух видов добавок.

Выражение результатов экспериментов через показатели абсолютного прироста более показательны и понятны без проведения дополнительных расчетов. Разница между двумя группами представлена в табл. 6.

*Таблица 6*

**Разница абсолютного прироста между опытными и контрольными группами ленского осетра**

<b>Название эксперимента</b>	<b>Разница в абсолютном приросте, г</b>	<b>Разница в абсолютном приросте, %</b>
«Абиопептид с йодом» (садки)	79,7	12,4
«ОМЭК-Ј» (садки)	66,9	10,6
«Абиопептид с йодом» (УЗВ)	51,8	6
«ОМЭК-Ј» (УЗВ)	23,9	6,52

Как видно из данных таблицы, применение йодсодержащих добавок в обоих видах рыбоводства даёт положительный эффект, а результаты эксперимента «Абиопептид с йодом» (садки) демонстрируют наибольшую разницу между опытной и контрольной группой в абсолютном приросте. Можно сделать вывод, что добавка «Абиопептид с йодом» более предпочтительна для ленского осетра по сравнению с препаратом «ОМЭК-Ј». Также можно предположить, что применение добавок в садковом рыбоводстве по результатам экспериментов имеет преимущество перед выращиванием в установках замкнутого водоснабжения.

Увидев, какие показатели прироста ленского осетра дает применение «Абиопептида с йодом» в садках, возникает необходимость сравнить их с результатами опыта на обыкновенном карпе в аналогичных условиях и выявить на прирост кого из этих двух видов рыб препарат оказывает более положительное влияние.

У обоих видов совпадает оптимальная дозировка препарата (0,2 мг/кг массы тела) и качество воды соответствовало нормам ОСТ 15.372-87, оптимальное для каждого вида. Масса подопытных видов различалась в среднем

приблизительно на 70 грамм; чтобы средняя масса была максимально одинаковой в эксперименте участвовали трёхлетки карпа (табл. 7).

Таблица 7

### Начальные данные о проводимых экспериментах

Вид рыбы	Количество рыб в контроле и опыте, шт	Средняя начальная масса, г	Длительность экспериментов, дней
Ленский осётр ( <i>Acipenser baeri</i> <i>Brandt</i> )	210	370	112
Карп обыкновенный ( <i>Cyprinus carpio</i> )	600	445	112

Теперь можно сравнить показатели относительного и абсолютного приростов, опираясь на результаты проведенных опытов (Рис. 8, 9).

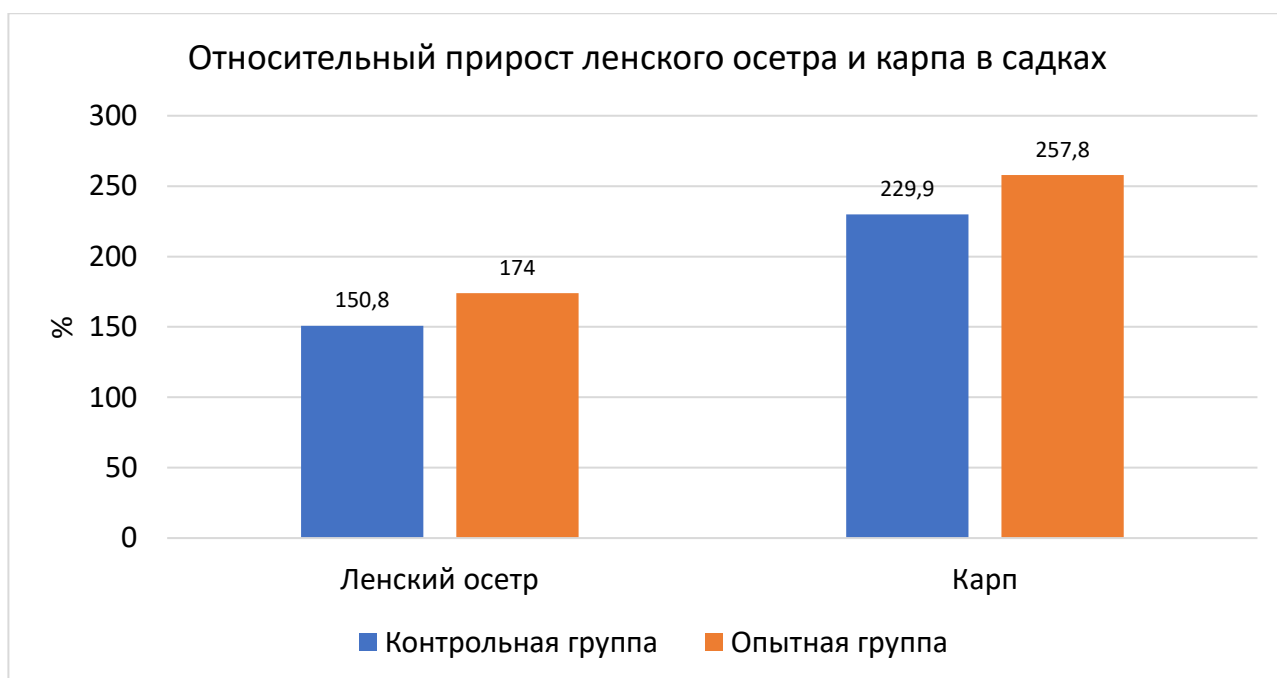


Рис. 8 Гистограмма относительного прироста (%) рыб за время экспериментов с использованием добавки «Абиопептид с йодом».

Данная гистограмма показывает нам что темпы прироста у трёхлеток карпа почти на 34% выше по сравнению с годовиками ленского осетра.



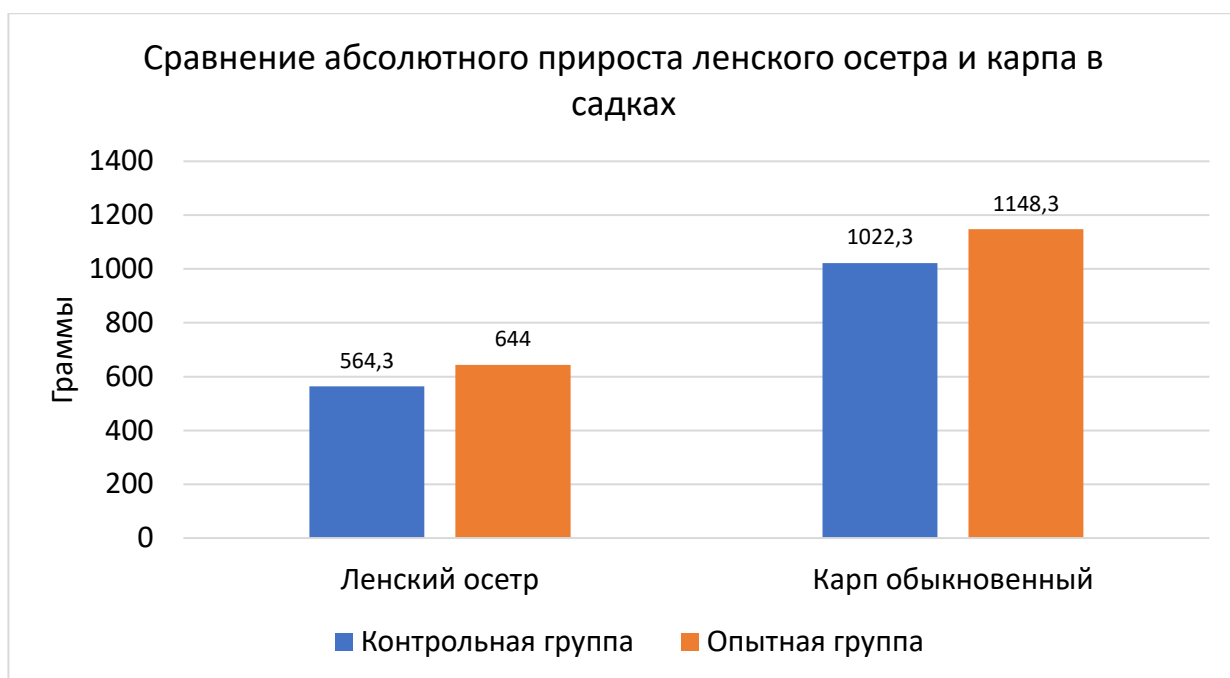


Рис. 9. Гистограмма абсолютного прироста (г) рыб за время экспериментов с использованием добавки «Абиопептид с йодом».

Разница в приросте у ленского осетра составила 79,7 грамм за 112 дней эксперимента, у карпа – 126 грамм за то же время. Несмотря на то, что по весовым значениям карп набрал на 46,3 грамма больше, чем осетр за то же время, в процентах мы получаем, что с использованием добавки карп набрал на 11% больше веса по сравнению с контрольной группой, а опытная группа осетра набрала на 12,4% больше веса в сравнении с контрольной.

Соответственно, можно сказать, что применение добавки «Абиопептид с йодом» даёт положительные результаты и её использование целесообразно как при выращивании ленского осетра, так и карпа.

Изучив опыт использования добавки «Абиопептид с йодом» и сделав соответствующие выводы, необходимо также изучить эффективность препарата «ОМЭК-1». Данную добавку проанализируем на примере двух разных видов, в двух разных условиях выращивания, а именно ленском осетре в УЗВ и радужной форели в лотках (бассейновое выращивание). Дозировка добавки для обоих видов – 0,3 мг/кг массы рыбы. Гидрохимические показатели воды находились в норме, соответствующей каждому виду. Но здесь стоит отметить одну важную

деталь – кардинальное отличие гидрохимического состава воды в УЗВ и в лотках, с постоянной водоподачей. Для понимания представим таблицу, где будет сравнение гидрохимических показателей проб воды; все результаты были получены исследователем [29].

Таблица 8

**Сравнение гидрохимических показателей проб воды (по И. В. Поддубной)**

Показатели	УЗВ	Лотки (бассейновое выращивание)	ОСТ 15.372-87	
			Ленский осетр (УЗВ)	Радужная форель (бассейновое выращивание)
Кислород O <sub>2</sub> , мг/л	6,10	9,0-11,0	Не менее 6,00	Не менее 9,00
pH	7,80	7,0-7,5	7,00–8,00	-  -
Цветность, градус	20,00	20,0	30,00	-  -
Азот аммонийных соединений, мг/л	0,24	0,30	0,50	-  -
Азот нитритов, мг/л	0,003	0,02	0,02	0,05
Азот нитратов, мг/л	0,11	0,5	1,00	-  -
Хлориды, мг/л	28,20	–	20,00–35,00	–
Железо, мг/л	0,35	0,1	0,50	0,1
Фосфаты (PO <sub>4</sub> ), мг/л	0,21	0,1	0,30	0,3
Кальций (Ca <sup>2+</sup> ), мг-экв/л	2,01	0,1	1,80–2,10	–
Жесткость общая, мг-экв/л	3,70	9,0	3,00–4,00	8,0-12,0

Важно отметить, что источник водообеспечения лотков с микижей – это артезианская скважина, вода из которой бедна большинством химических

соединений и элементов. Ключевым моментом являются синергисты йода. На его усвояемость влияют некоторые соединения – это витамины С, В, а также такие химические элементы как селен и кальций. В данном случае мы видим, что вода в УЗВ с ленским осетром содержит кальция существенно больше по сравнению с водой в лотках у форели. Это говорит о том, что у осетра усвояемость йода может быть выше, чем у форели.

Остальные необходимые сведения представлены в табл. 9.

Таблица 9

#### Начальные данные о проводимых экспериментах

Название рыбы	Количество рыб в контроле и опыте, шт	Средняя начальная масса, г	Продолжительность опыта, дней
Ленский осётр ( <i>Acipenser baeri</i> <i>Brandt</i> )	250	644,3	98
Радужная форель ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	620	3	168

Теперь можно сравнить показатели относительного и абсолютного приростов, опираясь на результаты проведенных опытов (Рис. 10, 11).

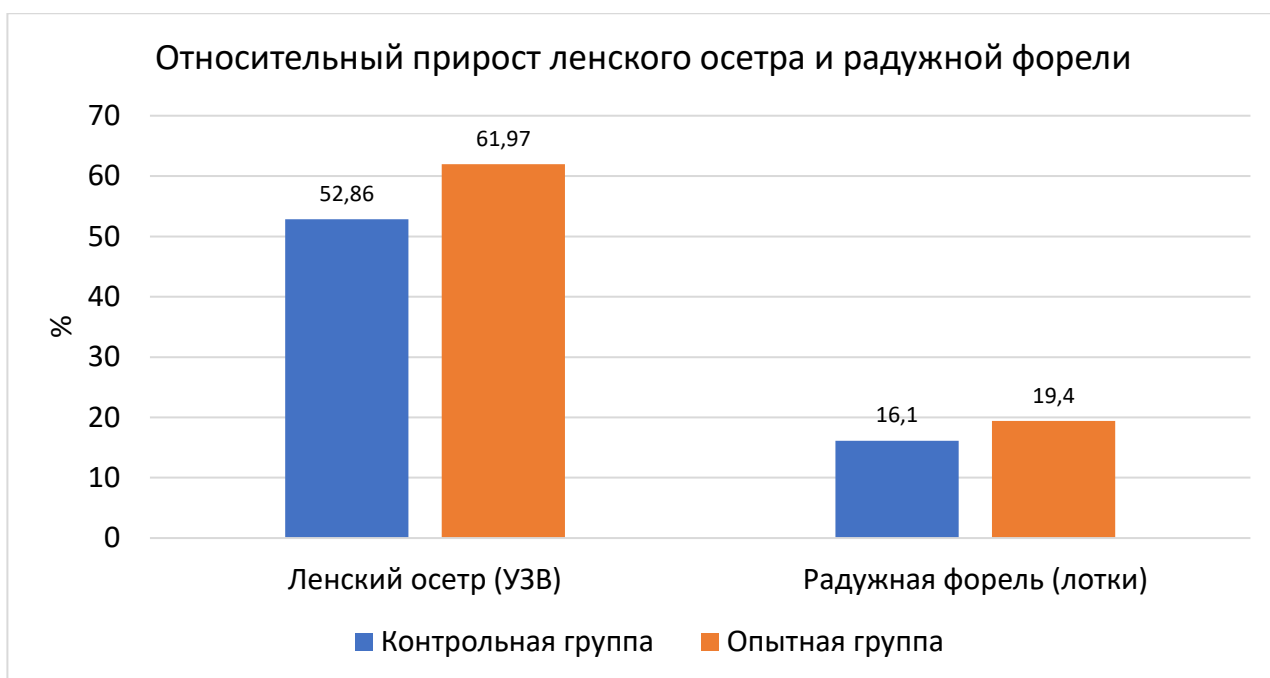


Рис. 10. Гистограмма относительного прироста (%) рыб за время экспериментов с использованием добавки «ОМЭК-Ј».

По данной гистограмме мы видим, что разница между относительным приростом «опыта» и «контроля» за время экспериментов у осетра и форели, на первый взгляд, существенно выше у ленского осетра, однако в процентном соотношении получается, что прирост опытной группы форели выше (17%), чем у осетра (14,7%).

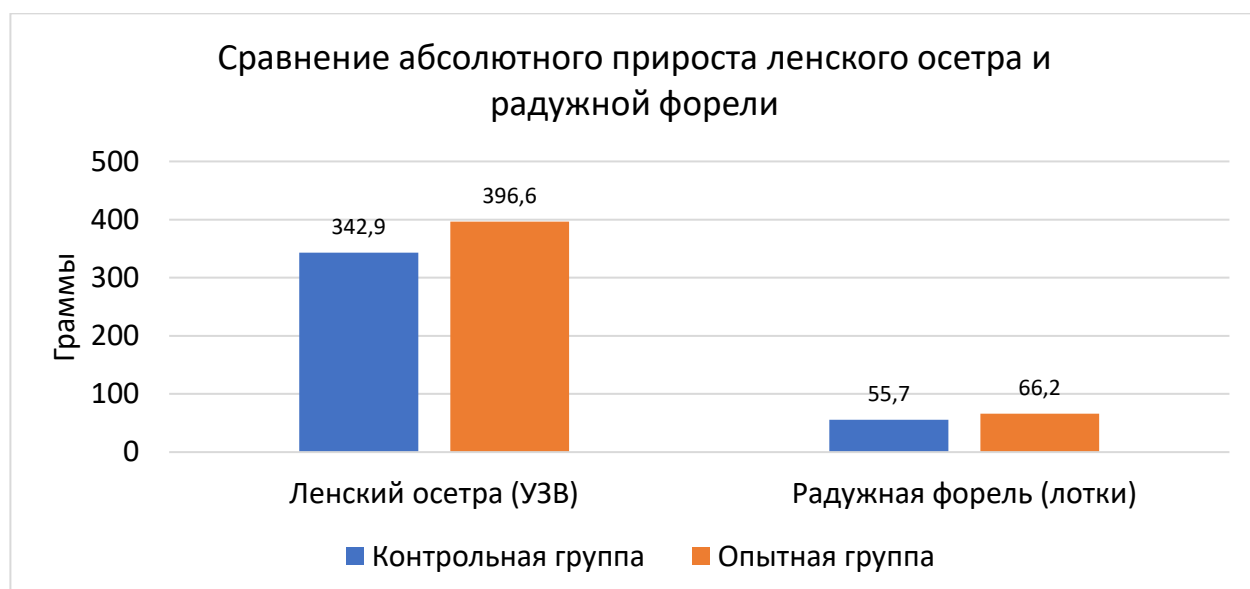


Рис. 11. Гистограмма абсолютного прироста (г) рыб за время экспериментов с использованием добавки «ОМЭК-Ј».

Получаем, что разница в приросте у ленского осетра составила 53,7 грамм за 98 дней эксперимента, а у форели – 10,5 грамм за 168 дней. В процентном соотношении опытная группа радужной форели набрала на 15,86% больше веса, в сравнении с результатом у ленского осетра – 13,54%. Опыт с форелью проводился в артезианской воде, которая по результатам гидрохимического анализа содержит в разы меньше синергиста йода (кальция), следовательно, можно сказать, что использование добавки «ОМЭК-Ј» предпочтительнее для данного представителя семейства лососевые. Также можно предположить, что разница в форме действующего вещества (йодогоргоновая кислота у «Абиопептида с йодом» и соединение йода с белковой частью хлебопекарных дрожжей) тоже оказывает влияние на индивидуальную усвояемость йода.

Подводя итог анализа научной работы И. В. Поддубной, можно сказать, что вне зависимости от вида и условий выращивания, применение йодсодержащих добавок оказывает положительное воздействие на динамику роста и развития рыб. В результате сравнений было выявлено, что использование добавки «Абиопептид с йодом» даёт больший прирост массы ленского осетра, по сравнению с препаратом «ОМЭК-Ј». Дальнейшее рассмотрение «Абиопептида с йодом» показало, что его применение с идентичными методами выращивания оказывает примерно одинаковый положительный эффект и ленского осетра, и на карпа. С незначительно меньшими результатами свою эффективность также показала добавка «ОМЭК-Ј». Её использование целесообразно как для ленского осетра, так и для радужной форели.

## Заключение

На данный момент в результате чрезмерного антропогенного воздействия наблюдается тенденция к понижению численности запасов многих промысловых рыб. В связи с этим для повышения эффективности и интенсификации рыбоводства применяются различные кормовые добавки, включающие в себя незаменимые аминокислоты, макро- и микроэлементы, витаминные комплексы и жирные кислоты. Йод – один из микроэлементов, который также жизненно необходим рыбам и играет важную роль в обмене веществ, напрямую воздействуя на их рост и развитие.

В ходе решения поставленных задач:

1. Изучены общие сведения об онтогенезе рыб, что позволило сделать вывод о важности кормовых компонентов в питании рыб для нормального развития организма.
2. На основе анализа компонентов кормов и биологически активных добавок, применяемых в рыбоводстве, и обзора известных классификаций добавок к кормам, сделано предположение, что они подразделяются на 4 основных типа: балансирующие, ферментные, лечебно-профилактические и «технические» добавки.
3. В результате обобщения сведений о потребностях рыб в витаминах и минеральных веществах, отмечена большая роль йода в регуляции обмена веществ у рыб.
4. Рассмотрение рецептур йодсодержащих препаратов разных поколений, позволило выделить добавки с неорганическим и органическим йодом, различающиеся по биодоступности, устойчивости действующего вещества и токсичности.
5. На основе анализа натуральных экспериментов по внесению йодсодержащих добавок в рацион представителям семейств осетровых, лососевых и карповых сделаны выводы о пользе и целесообразности использования йодных препаратов в рыбоводстве. Отмечена положительная динамика набора массы, а также высокая

эффективность при применении данных добавок, особенно для ленского осетра.

В ходе проведенного исследования было отмечено, что использование йодных препаратов для рыб значительно безопаснее по сравнению с человеком – организм рыб устойчивее к передозировке йодом. Однако, на практике важно точно соблюдать дозировки препаратов, так как конечный продукт может быть употреблен человеком в пищу.

Таким образом, применение в рыбоводстве йодсодержащих добавок открывает широкие перспективы для улучшения эффективности роста и развития рыб и интенсификации рыбоводства. В конечном результате использование подобных препаратов косвенно решает проблемы йоддефицита у населения, поэтому использование йодных добавок в регионах с проблемой дефицита данного элемента особенно актуально.

Несмотря на существующие исследования, вопросы о роли йода в организме рыб, его дозировки в рационе с учетом видовых, возрастных особенностей и внешних условий среды в настоящее время продолжают вызывать интерес исследователей и проведение экспериментов по внесению йодсодержащих добавок в рацион рыбам остается важной и востребованной необходимостью.

## Список использованной литературы

1. Балтабаев У. Н. Виды связывающих веществ, используемых при производстве гранулированных комбикормов // European research. – 2016. – №4. – С. 55-57.
2. Бельмер С. В., Гасилина Т. В., Малкоч А. В. Пребиотики в питании: физиологическое значение. Лекции по педиатрии. Том 7. Диетология и нутрициология. Под ред. В. Ф. Демина, С. О. Ключникова, Ю. Г. Мухиной. М.: РГМУ, 2007. – С. 120-125.
3. Виноградов В.Ю., Ерохина Л.В. Эффективность кормления карпа гранулированными кормами // Всесоюзное совещание по биологическим основам прудового рыбоводства. Тезисы докладов. М., 1960. С. 53-58.
4. Голубкина Н. А. Аккумуляция йода и селена морской рыбой / Н. А. Голубкина, С. А. Хотимченко, Е. Г. Кекина, В. И. Баранов // Пищевая промышленность. - М.: Пищевая промышленность. – 2009. – № 5. – С. 8-9.
5. Григорьев С. С. Индустриальное рыбоводство: В 2 ч. Ч. 2. Интенсивное разведение рыбы в индустриальных условиях: Учебное пособие для студентов специальности 110901 «Водные биоресурсы и аквакультура» очной и заочной форм обучения / С. С. Григорьев, Н. А. Седова. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2008. – 162 с.
6. Дислер Н. Н., Резниченко П. Н., Соин С. Г. Теория экологических групп рыб // Теоретические основы рыбоводства. М.: Наука, 1965. С. 119-128.
7. Еремеева Е. Ф., Смирнов А. И. Теория этапности развития и ее значение в рыбоводстве. – В кн.: Теоретические основы рыбоводства, М., 1965. С. 129-138.
8. Звягинцева М.Ю., Беляев А.Г. Сравнение методов выявления бактерий рода *Salmonella* в мясе и мясной продукции согласно ГОСТ и при помощи экспресс-теста Singlepath – salmonella // В сборнике: Поколение будущего: взгляд молодых ученых сборник научных статей 4-й международной молодежной научной конференции: в 3 томах. 2016. С. 357-360.



9. Зименс Ю. Н. Эффективность использования йодированных дрожжей в кормлении ленского осетра / Зименс Ю. Н., Васильев А. А., Акчурина И. В., Поддубная И. В., Семькина А. С. // Аграрный научный журнал, 2014. № 10. С. 20-23.
10. Инструкция к препарату «Абиойод<sup>®</sup>» [Электронный ресурс] // А-БИО URL: <https://a-biohuman.ru/Абиойод/> (дата обращения: 25.05.2022).
11. Инструкция к препарату «Абиотоник<sup>®</sup>» [Электронный ресурс] // А-БИО URL: <https://a-bio.ru/catalog/abiotonik/> (дата обращения: 25.05.2022).
12. Инструкция к препарату «Ферропептид<sup>®</sup>» [Электронный ресурс] // А-БИО URL: <https://a-bio.ru/catalog/ferropeptid/> (дата обращения: 25.05.2022).
13. Канидъев А.Н., Гамыгин Е.А. О повышении эффективности искусственного разведения лососевых рыб // Итоги науки и техники «Зоология позвоночных». Т. 10. М.: ВИНТИ АН СССР, 1979. С. 108-151.
14. Карасев А. А. Рост, развитие и товарные качества карпа при выращивании в садках с использованием добавки «Абиопептид с йодом»: автореф. дисс. на соис. уч. ст. канд. с.-х. наук: Саратов, 2016. – 16 с.
15. Карзинкин Г.С. Использование радиоактивных изотопов в рыбном хозяйстве. – М.: Пищепромиздат, 1962. – 71 с.
16. Кашин В. К. Биогеохимия, физиология и агрохимия йода / В. К. Кашин. - Л.: Наука, 1987. – 290 с.
17. Коноваленко Л. Ю., Мишуоров Н. П., Пономарев С. В., Федоровых Ю. В. Технологии производства кормов для аквакультуры: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 80 с.
18. Крыжановский С. Г. Эколого-морфологические закономерности развития карповых, вьюновых и сомовых рыб. – Вып. 1. изд. – М.: Тр. ИМЖ АН СССР, 1949. – 331 с.
19. Маликова Е. М. К разработке метода ускоренного выращивания на рыбободных заводах молоди лосося до покатной стадии // Рыбохозяйственные исследования в бассейне Балтийского моря. Сб. 3. – Рига: Звайгзне, 1967. – С. 146-193.

20. Масленников Р. В. Влияние йодированных дрожжей на рост, развитие и товарные качества ленского осетра при выращивании в садках: дисс. на соис. уч. ст. канд. с.-х. наук: Саратов, 2015. – 130 с.
21. Масловская А.А. Биохимия гормонов: пособие для студентов педиатрического, медико-психологического, медико-диагностического факультетов и факультета иностранных учащихся /А.А. Масловская. – 6-е изд. – Гродно: ГрГМУ, 2012. – 44 с.
22. Металлов Г. Ф. Влияние препарата Е-селен на рост и физиологические показатели гибрида русский осетр × ленский осетр / Г.Ф. Металлов, В.А. Григорьев, А. В. Ковалёва, О. А. Левина, М. Н. Сорокина // Вестник южного научного центра Том 9. – 2013. – № 2 С. 57-67.
23. Мясников Г. Г. Корма и технология кормления рыб: курс лекций – Горки: БГСХА, 2020. – 221 с.
24. Никольский Г. В. Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов. – 2-е, переработанное и дополненное изд. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 444 с.
25. «ОМЭК-7М» [Электронный ресурс] // Кормовые добавки ООО «Биоамид» URL: [https://bioamid.com/activity/agricultural\\_industry/](https://bioamid.com/activity/agricultural_industry/) (дата обращения: 25.05.2022).
26. «ОМЭК-Ј» [Электронный ресурс] // Кормовые добавки ООО «Биоамид» URL: [https://bioamid.com/activity/agricultural\\_industry/](https://bioamid.com/activity/agricultural_industry/) (дата обращения: 25.05.2022).
27. Орлинский Б. С. Добавки и премиксы в рационах / Б. С. Орлинский. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 173 с.
28. Поддубная И. В. Кормление рыб: краткий курс лекций для студентов III курса направления подготовки 35.03.08 «Водные биоресурсы и аквакультура». - Саратов: ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2016. – 91 с.

29. Поддубная И. В. Научно-практическое обоснование использования йодсодержащих кормовых добавок в товарном рыбоводстве: дисс. на соис. уч. ст. док. с.-х. наук: Саратов, 2018. – 375 с.

30. Препараты по видам животных [Электронный ресурс] // А-БИО URL: <https://a-bio.ru/catalog/products.php> (дата обращения: 25.05.2022).

31. Распоряжение Правительства Российской Федерации «Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» от 26.11.2019 № 2798-р [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. - 28.11.2019 г. - № 0001201911280005

32. Росрыболовство подготовило предложения по мерам поддержки развития отечественного производства рыбных кормов [Электронный ресурс] // Росрыболовство URL: <https://fish.gov.ru/news/2022/03/15/rosrybolovstvo-podgotovilo-predlozheniya-po-meram-podderzhki-razvitiya-otechestvennogo-proizvodstva-rybnyh-kormov/> (дата обращения: 05.06.2022).

33. Сергеева Н. Т. К вопросу о минеральном составе корма РГМ-5В для форели, выращиваемой в установке с замкнутым водоснабжением // Сборник научных трудов «Вопросы физиологии и биохимии питания рыб» Вып. 52. – М.: ВНИИПРХ, 1987. – С. 18-28.

34. Сергеева Н. Т. Физиолого-биохимические основы повышения эффективности питания радужной форели (*Salmo gairdneri* Rich) в аквакультуре: автореф. дисс. на соис. уч. ст. д-ра биол. наук: М., 1989. – 51 с.

35. Скляр В. Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре. – М.: Изд-во ВНИРО, 2008. – 150 с.

36. Суховерхов Ф. М. Влияние солей кобальта на рост карпа / Ф. М. Суховерхов, Р. В. Крымова, В. Г. Фарберов // Рыбоводство и рыболовство. – 1961. – № 1. – С. 18-26.

37. Суховерхов Ф. М. Исследования по улучшению качественного состава кормов для карпа. Методы его кормления // Труды ВНИИПРХ «Вопросы прудового рыбоводства». Т. XVIII. – М.: Пищепромиздат, 1971. – С. 36-46.

38. Тарасов П. С. Продуктивность и товарные качества ленского осетра в установке замкнутого водоснабжения при скармливании добавки «Абиопептид с йодом»: дисс. на соис. уч. ст. канд. с.-х. наук: Саратов, 2016. – 167 с.
39. Ушаков А. В. Восстановление щитовидной железы. Руководство для пациентов. - М.: Клиника Доктора Ушакова, 2008. – 352 с.
40. Шабалина А. А. Влияние хлористого кобальта на развитие и рост радужной форели (*Salmo irideus* Gib.) / А. А. Шабалина // Известия ГосНИИОРХ «Физиология рыб в связи с акклиматизацией и рыборазведением». – 1964. –Т. 58. – Л. – С. 139-149.
41. Шабалина А. А. К вопросу о применении хлористого кобальта в прудовом рыбоводстве / А. А. Шабалина // Рыбохозяйственное изучение внутренних водоемов. – 1968. – № 1. – С. 40-42.
42. Шкурина Ю. А., Шкурин И. Г. Использование пробиотиков и пребиотиков в рационе КРС // Научный журнал молодых ученых. – 2018. – №3. – С. 17-20.
43. Шульгина Л. В. Антибиотики в объектах аквакультуры и их экологическая значимость. Обзор / Шульгина, Л. В., Якуш Е. В., Шульгин Ю. П., Шендерюк В. В., Чукалова Н. Н., Бахолдина Л. П. // Известия ТИНРО. – 2015. – №181. – С. 216-230.
44. Щербина А. Н., Гамыгин Е. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. – М.: Изд-во ВНИРО, 2006. – 360 с.
45. Щербина М. А., Чяпулис Р. Я., Гамыгин Е. А. Питание и рост молоди карпа (*Cyprinus carpio* L.) в зависимости от источника фосфора в рационе // Корма и кормление в аквакультуре. Информационный сборник. Вып. 3. – М.: ЦНИИТЭИРХ., 2000. – С. 1-25.
46. Kaushik S. Protein nutrition and metabolism in fish / S. Kaushik // Protein metabolism and Nutrition. Proceedings of the 7. Intern. Symp., Vall de Santarew (PRT). – 1995. – 05. – P. 47-56.
47. Lall S. P. Minerals in finfish nutrition / S. P. Lall // Finfish nutrition and Fish Feed Technology. Heinemann, Berlin. – 1979. – Vol. 1. – P. 75-87.

48. Lall S.P. The minerals // Fish nutrition (ed. Halver J.E.) San Diego ect: Acad. Press. Inc., 1989. P. 219-257.
49. Lovell R. T. Selenium in fish feeds: nutritional, environmental and legal aspect // Aquaculture Mag. – 1996. – №1, V. 22. – P. 76-81.
50. Marine D.J. Further observation and experiments on goitre (so called thyroid carcinoma) in brook trout (*Salvelinus fontinalis*) // III Its prevention and cure. J. Exper. Med., 8, 1914. – P. 46-54.
51. Ogino C., Chiou J. Y. Mineral requirements in fish II: Magnesium requirement of carp // Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. – 1976. – №42. – P. 71-75.
52. Ogino C. The present situation of studies on nutrition / C. Ogino // Proceeding of the Seventh Japan-Soviet Joint Symp. On aquacult. Tokai University Tokyo. – 1979. – P. 11-18.
53. Robinson E. H. Channel catfish nutrition / E. H. Robinson // Rev. Aquat. Sci. – 1989. – V. 1. – Iss.3. – P. 365-391.
54. Satoh S. Effects on growth and mineral composition of carp on deletion of trace elements or magnesium from fish meal diet / S. Satoh, H. Yamamoto, T. Takeuchi, T. Watanabe // Nippon Suisan Gakkaishi. – 1983. – 49. – P. 431-435.
55. Sugiura S. H. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feed / S. H. Sugiura, F. M. Dong, C. K. Rathbone, R. W. Hardy // Aquaculture. – 1998. – V. 159. – №3, 4. – P. 177-202.
56. Watanabe T. Trace, minerals in fish nutrition / T. Watanabe, V. Kirov, S. Satoh // Aquaculture. – 1997. – V. 151. – № 1-4. – P. 185-207.