

A-32803

На правах рукописи

Кузнецов Алексей Алексеевич

**РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНОГО ЦЕОЛИТА-  
КЛИНОПТИЛОЛИТА В СОСТАВЕ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ  
РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ И СИБИРСКОГО ОСЕТРА**

03.00.32 - Биологические ресурсы

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

*Кузнецов*

Москва, 2002

Работа выполнена во Всероссийском научно-исследовательском институте пресноводного рыбного хозяйства

Научный руководитель

доктор биологических наук,  
старший научный сотрудник  
Гамыгин Е.А.

Официальные оппоненты

доктор биологических наук,  
профессор Привезенцев Ю.А.

кандидат биологических наук,  
старший научный сотрудник  
Горелов В.К.

Ведущая организация - Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)

Защита состоится "29" марта 2002 г. в 14 часов, на заседании диссертационного совета К'212.122.03 при Московской государственной технологической академии, по адресу: 113149, г. Москва, ул. Болотниковская, д. 15

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московской государственной технологической академии

Автореферат от "25" февраля 2002 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, кандидат биологических наук



Николаева И.Ф.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** В связи со снижением промысла естественных популяций рыб в последние годы усилилось внимание к товарному рыбоводству. В ряду традиционных в товарном рыбоводстве прудовых карповых рыб одно из ведущих мест заняли лососевые и осетровые рыбы, в частности, радужная форель (*Oncorhynchus mikiss*, Walbaum) и сибирский осетр (*Acipenser baeri* Brandt).

Культивирование радужной форели и осетровых рыб получило новый стимул развития, обусловившийся созданием и широким использованием современных полноценных гранулированных комбикормов. При этом стали интенсивно развиваться новые формы товарного рыбоводства, в особенности индустриальные, то есть производство рыбы в небольших рыбоводных емкостях - бассейнах, сетчатых садках, небольших проточных прудах, разнообразных циркуляционных системах и других сооружениях при постоянном интенсивном водообмене и повышенной плотности посадки, позволяющей получать 200 кг/м<sup>2</sup> и более рыбной продукции.

В этих условиях одним из ведущих факторов является качество комбикорма, который должен обеспечить интенсивный рост и развитие рыб при отсутствии естественной кормовой базы, иметь оптимальный баланс основных питательных веществ, в особенности протеина и жира. Комбикорм должен содержать также комплекс биологически активных веществ, минеральных веществ, витаминов и некоторых других, нередко существенно усиливающих эффективность рациона. В связи с этим внимание исследователей в последние годы привлекают минеральные вещества и микроэлементы туфогенного происхождения, относимые геологической классификацией к минералам цеолитово-гейландитового ряда. Многие авторы характеризуют цеолиты в качестве кормовой добавки, способной обеспечить комбикорма минеральными веществами.

Цеолиты представляют собой кристаллические гидроалюмосиликаты каркасного строения, обладающие свойствами тонкопористых молекулярных сит, полярных адсорбентов и ионообменников. Цеолитоносные районы на территории России обнаружены в Сибири, на Кавказе, на Сахалине и Урале. Показано, что добавление в корм цеолитов приводит к ускорению роста, экономии корма, улучшению физиологического состояния теплокровных животных (Водолаженко, 1980; Левчук и др., 1980; Нестеров и др., 1994). Первые работы по испытанию цеолитов в рыбоводстве показали возможность успешного применения их в виде добавки к кормам (Канидьеv, Лабутин, 1985; Таратухин, Шимкульская, 1985; Бескровная и др., 1992). Есть основание надеяться, что использование цеолитов при кормлении рыб может дать существенный положительный эффект.

Выполненные ранее исследования в этом направлении можно охарактеризовать как фрагментарные и не дающие достаточно полной информации по обоснованию применения туфовых цеолитов в составе рыбных комбикормов. В связи с этим нами были выполнены исследования, ставящие целью определение эффективности использования цеолитов в

качестве добавки в комбикорма для некоторых рыб.

**Цель и задачи исследований.** Целью исследований явилось определение рыбоводной и биологической эффективности включения цеолита-клиноптилолита в состав полноценных гранулированных комбикормов, используемых в индустриальном рыбоводстве.

Для выполнения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Установить оптимальную величину добавки цеолита в сухой гранулированный комбикорм для радужной форели и сибирского осетра.
2. Определить эффективность использования рыбами комбикормов, включающих цеолит, и оптимальный режим кормления.
3. Определить влияние цеолита в составе комбикормов на физиологическое состояние рыбы.
4. Определить влияние цеолита на выживаемость и резистентность рыб в условиях стрессовых ситуаций, свойственных предприятиям индустриального типа.
5. Изучить свойства цеолита как стабилизатора качества комбикормов при длительном хранении.
6. Дать практические рекомендации по применению комбикормов с цеолитами для рыб в условиях индустриального рыбоводства.

**Научная новизна.** Впервые исследована эффективность включения природного цеолита-клиноптилолита в полноценные гранулированные комбикорма для сеголетков и годовиков радужной форели и сибирского осетра. Показано, что эффективность применения цеолита как кормовой добавки определяется его свойствами, дозой и продолжительностью воздействия. Цеолит-клиноптилолит в составе комбикорма можно оценить как фактор, стимулирующий рост, развитие и интенсивность обмена веществ. Цеолит аккумулирует влагу, сгущает химус и замедляет движение его по кишечному тракту, этим самым, удлиняя контакт с пищеварительными ферментами и углубляя расщепление белка, жира и углеводов. Форель и осетровые полнее используют комбикорм, быстрее растут, приобретают повышенную устойчивость к заболеваниям, становятся более жизнеспособными, меньше подвергаются расстройствам пищеварения. Под воздействием цеолита существенно улучшается состояние периферической крови радужной форели и сибирского осетра.

В опытах при содержании 3 и 5% цеолита было отмечено повышенное количество гемоглобина и эритроцитов в крови годовиков форели и осетра, а также хорошие индекс и масса печени, индекс и масса порки, индекс жира относительно контроля. При этом кормовой коэффициент комбикормов, содержащих цеолит, был ниже на: 13-15%.

Введение в рыбные комбикорма цеолитов положительно влияет на процесс окисления жира. После шести месяцев хранения комбикорма окисленность жира под воздействием цеолита оказалась вдвое ниже, чем в контроле.

**Практическое значение.** Введение цеолита в комбикорм радужной форели и сибирского осетра активизировало пластический обмен, выразившийся в повышении скорости роста. Эффективность используемого в опытах комбикорма РГМ-5В зависела от дозы вводимого цеолита, длительности применения, условий содержания и индивидуальной массы рыб. Оптимальный уровень цеолита в комбикормах для радужной форели находится в пределах 3-5%, сибирского осетра - 5%. Введение в комбикорм цеолита в количестве 3% оказалось наиболее эффективным для мальков и сеголетков.

При неблагоприятных условиях содержания мальков и сеголетков введение в комбикорм цеолита в количестве 3 и 5% снижает отход и увеличивает скорость роста. Отмечено, что ростостимулирующее и общеукрепляющее организм действие цеолита проявляется в наибольшей мере по достижению молодью массы 1 г и более. Эффект от введения в корм цеолита заметен уже через 1,0-1,5 мес. после начала кормления. При этом у рыб возрастает коэффициент упитанности, улучшается физиологическое состояние. Положительное влияние цеолита было отмечено также при спорадическом поступлении в рыбоводные бассейны паводковых загрязненных вод. Рыба в опытах хорошо справлялась с прессом токсикантов, тогда как в контроле наблюдался отход. В целом кормление радужной форели и сибирского осетра комбикормом, включающим 3, 5 и 8% цеолита, снизило затраты комбикорма, ускорило рост и улучшило физиологическое состояние рыб.

**Апробация работы.** Результаты исследований, выполненных в 1993-1999 гг., были представлены в виде докладов на научных отчетных сессиях Всероссийского НИИ пресноводного рыбного хозяйства, научных коллоквиумах ИТЦ "Акватория" ВНИИПРХ, на Международной научно-практической конференции "Пищевая промышленность на рубеже третьего тысячелетия" (Москва, 2000) при МГА.

**Публикации.** По результатам исследований опубликованы 4 научных работы и 2 находятся в печати.

**Объем и структура диссертации.** Диссертационная работа изложена на 154 с. машинописного текста. Состоит из 4 глав, выводов, содержит 21 таблицу и 6 рисунков. Список литературы включает 320 работ, в том числе 97 иностранных.

## **Глава I. КОМБИКОРМА И КОРМЛЕНИЕ РЫБ. ЦЕОЛИТЫ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И РЫБОВОДСТВЕ (обзор литературы)**

Основой современного товарного рыбоводства является рациональное кормление рыб. В себестоимости производства рыбы комбикорма занимают не менее 50%. Условия индустриального рыбоводства требуют полноценного

питания, то есть комбикорм должен содержать все компоненты питания, необходимые для нормального роста и развития. В процессе обмена веществ главное место отводится протеину, идущему на построение и обновление тканей и органов в течение всей жизни рыб. При оптимальных условиях индустриального рыбоводства уровень белка для интенсивного роста в рационах сеголетков-годовиков радужной форели и сибирского осетра должен составлять 40-45% (Канидьев, Гамыгин, 1979). Пищевая ценность белка определяется его аминокислотным составом. Для рыб обязательно поступление с белковой частью рациона 10 незаменимых аминокислот - аргинина, гистидина, изолейцина, лейцина, метионина, лизина, фенилаланина, треонина, триптофана и валина, синтеза которых у рыб не происходит или идет не достаточно быстро для удовлетворения физиологической потребности. Эффективность использования белков корма на рост находится в тесной взаимосвязи с их энергетической обеспеченностью. При недостаточной энергетической обеспеченности рациона протеин корма используется рыбой для энергетических целей (Гамыгин и др., 1989).

Не менее важное значение, чем протеин в питании рыб, имеет жир, как источник энергии и незаменимый компонент для реализации разнообразных физиологических функций. Сбалансированный комбикорм должен содержать необходимое количество полиненасыщенных жирных кислот, содержащих 20-22 атома углерода с пятью и шестью непредельными связями (Борисочкина, 1976). Характерно, что при чрезвычайной важности жира не желателен его избыток, он может вызвать нарушение различных физиологических функций. При этом оптимальный уровень жира еще не вполне ясен, поскольку зависит не только от видовой принадлежности, возраста и физиологического состояния рыбы, но также от многих факторов среды и обитания. Полагают, что для лососевых рыб необходимо 10-12% (Канидьев, 1984), для осетровых рыб - от 10-12% в ранний постэмбриональный период до 6-8% жира на стадии малька и сеголетка (Мезина и др., 1982; Бондаренко, Бурцев, 1983; Скляров и др., 1984)..

Наиболее доступным и дешевым источником энергии в кормах для рыб являются углеводы. Они подразделяются на простые, не способные к гидролизу, и сложные, гидролизующиеся на простые. Углеводы поступают в комбикорма в основном за счет злаковых, жмыхов и шротов. Рыбы не могут перерабатывать растительные компоненты так же эффективно, как сельскохозяйственные животные. Полагают, что допустимая величина углеводов в лососевых и осетровых кормах составляет 20-25% (Гамыгин и др., 1990).

Успешный перевод рыб с естественной пищи на искусственно приготовленные корма при выращивании индустриальными методами стал возможным лишь в результате определения их потребности в витаминах (Millikin, 1982). Применение витаминных добавок в рационах для различных возрастных групп лососевых и осетровых способствует улучшению их физиологического состояния, темпа роста, снижению отхода и кормовых затрат (Салькова и др., 1989; Скляров, Середа, 1989). Витамины вводят в состав комбикормов в виде премиксов, то есть смеси с наполнителями. В

качестве наполнителя применяют обычно пшеничную муку, мелкие отруби и другие сыпучие компоненты с низкой жирностью. В комбикормах для радужной форели и сибирского осетра успешно применяют премикс ПФ-1В (Канидьеv, Гамыгин, 1976).

Особенно важное значение в условиях индустриального выращивания приобретают минеральные добавки. Вода, прошедшая тепловую обработку в агрегатах тепловых электростанций, имеет измененный гидрохимический состав, что проявляется в образовании труднорастворимых в воде и плохо утилизируемых рыбами путем биосорбции через жабры и покровы тела комплексов макро- и микроэлементов. Недостаточное поступление минеральных веществ вызывает снижение пищевой активности рыб, нередко является причиной развития остеодистрофии, выражающейся в редукции жаберных крышек, искривлении позвоночника, челюстных костей и ребер (Воробьев, 1979).

В настоящее время установлена ориентировочная потребность лососевых и осетровых в минеральных веществах. При широком перечне элементов, обладающих ростостимулирующим действием, наиболее эффективным и удобным на практике оказывается применение комплексных добавок минеральных веществ (Шмаков, Яржомбек, 1985). Однако формирование минеральных добавок-премиксов представляет значительную трудность. В этом отношении вызывают большой интерес природные цеолиты, являющиеся естественными минеральными добавками и обладающие ионообменными и адсорбирующими свойствами.

Природные цеолиты представляют собой минеральные вещества вулканического и осадочного происхождения. Среди них наиболее распространен и изучен цеолит-клиноптилолит (Цицишвили, 1980). Это каркасный алюмосиликат, во внутрикристаллическом пространстве которого размещены катионы щелочных и щелочноземельных металлов, а также молекулы воды. Размеры внутренних пор и полостей цеолита строго определены и находятся в пределах 4 ангстрем. Одним из важнейших свойств цеолитов является легкость катионного обмена, который осуществляется без нарушений кристаллической структуры. Имея строго определенные размеры пор и внутренних полостей, цеолиты обладают молекулярно-ситовыми свойствами, являются хорошим адсорбентом для молекул, особенно полярных, величины которых не превышают размера их пор (Белицкий и др., 1971, 1973; Цицишвили и др., 1976).

Цеолит-клиноптилолит обладает довольно простой структурой:



Природные цеолиты могут катализировать ряд химических реакций. Они нашли применение в различных областях химической технологии, органическом синтезе, для сушки и очистки природных газов и нефтепродуктов и в другом. Перспективной оказалась возможность использования природных цеолитов в кормлении сельскохозяйственных животных. При добавлении в корм домашней птице цеолита-клиноптилолита в количестве 5% отмечали увеличение прироста бройлеров на 10,6% и снижение смертности на 1,8%, повышение яйценоскости кур на 5%,

увеличение прочности яичной скорлупы и снижение боя на 82% (Ловчак и др., 1980).

Накоплен положительный опыт применения цеолитов в свиноводстве (Челишева, 1980; Дьяченко и др., 1984). Добавка природного цеолита в корм улучшает рубцовое пищеварение жвачных животных, способствует увеличению скорости роста и значительно снижает отход потомства (Кареджан и др., 1984).

Как видно, цеолиты в составе кормов для сельскохозяйственных птиц и животных в определенной мере способствуют лучшему усвоению корма, увеличению прироста, повышению выживаемости. В настоящее время нет полного объяснения причин и механизмов действия цеолитов на жизненные функции живых организмов, но, очевидно, эти свойства в определенной мере обусловлены адсорбцией и удерживающей способностью цеолитов. По адсорбционному механизму из желудочно-кишечного тракта идет удаление излишней жидкости, а также вредных газов и эндотоксинов. Подавление действия вредоносных бактерий возможно вследствие изменения концентрации ионов водорода, что обусловлено ионообменными свойствами цеолита (Квашали и др., 1978). Очевидно, под действием цеолита происходит активация пищеварительных ферментных систем, улучшение белкового состава крови (Зубарашвили, 1984).

Немногочисленные работы, проведенные по применению цеолита в качестве добавки к кормам для рыб, дали положительные результаты. Так, отмечено, что цеолиты замедляют, а иногда и приостанавливают окисление жира в составе комбикормов (Лабутин, 1987). Как известно, окисление жира, которым обычно богата рыбная мука, входящая в состав комбикормов, является обычным фактором структурной и химической дестабилизации комбикормов и причиной повышенного отхода рыбы в процессе выращивания (Шабалина, 1978; Князева, 1979). В связи с этим открывается перспектива повышения срока хранения комбикормов, содержащих в своем составе природный цеолит. В отечественной литературе встречаются данные о влиянии цеолита как компонента комбикорма на рыбу. Так, В.А. Таратухин и Л.К. Шимульская (1984) отмечают, что при выращивании двухлетних карпов в садках, установленных в пруду, с добавлением в корм цеолитов, абсолютный прирост массы рыбы был на 7-8% выше, а затраты корма на 16% ниже, чем в контроле.

При индивидуальном выращивании радужной форели, введение в корм 3% цеолитов способствовало увеличению прироста рыб на 22,7% (Лабутин, Канидьев, 1987). Эффективным оказалось применение цеолита в корме для сеголетков карпа массой свыше 1г: при добавлении в корм цеолита в количестве 5% к концу выращивания масса товарных карпов была на 23,4% больше, чем в контроле (Ермакова, Аршавский, 1987). По данным Н.И. Бескровной (1984), введение цеолитов в комбикорм для карпа приводит к повышению скорости роста и улучшению физиологического состояния рыб.

Эти данные, а также некоторые положительные результаты опытов на рыбе являются предпосылкой необходимости проведения исследований по применению природных цеолитов для повышения эффективности кормления

радужной форели и сибирского осетра, в особенности при развитии методов индустриального рыбоводства.

## Глава II. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена в 1993-1999гг. в соответствии с планом научных исследований Научно-технического центра "Акваторм" Всероссийского НИИ пресноводного рыбного хозяйства (ВНИИПРХ). Опытные работы выполнены на экспериментальном форелевом участке ВНИИПРХ (п.Рыбное Дмитровского р-на Московской обл.) и на живорыбном заводе "Осетр" с использованием подогретой воды Конаковской ГРЭС (г. Конаково Тверской обл.). В опытах использовали мальков, сеголетков и годовиков радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) и годовиков сибирского (ленского) осетра (*Acipenser baeri* Brandt).

Опытный форелевый участок ВНИИПРХ оснащен пластмассовыми квадратными бассейнами объемом 0,5-0,96м<sup>3</sup>, опытный осетровый участок Конаковского живорыбного завода - пластмассовыми бассейнами объемом 2м<sup>3</sup> и бетонными бассейнами объемом 8-10м<sup>3</sup>. Водоснабжение форелевого участка ВНИИПРХ обеспечивается ключевыми и ручьевыми источниками и артезианской скважиной, Конаковского живорыбного завода - подогретой технологической водой ГРЭС и водой из Ивановского водохранилища.

В первом этапе исследований выполнены 2 опыта с мальками-сеголетками радужной форели на опытном участке ВНИИПРХ в период с 29 июня по 17 августа 1993г. Во-втором этапе исследований, определяли эффективность введения цеолита в комбикорм для годовиков радужной форели на Конаковском живорыбном заводе в период с 7 января по 10 июня 1994 г. и с 8 января по 11 июня 1995 г. В третьем этапе исследований, определяли эффективность введения цеолита в комбикорм сеголетков-годовиков сибирского осетра в период с 10 октября 1995 г. по 11 марта 1996 г. и с 12 октября 1996 г. по 12 марта 1997 г. Во всех опытах предусматривали определение эффективности введения в комбикорм РГМ-5В (Гамыгин и др., 1989) для рыб цеолита-клиноптилолита в количестве 3, 5 и 8% в составе компонентов комбикорма вместо соответствующего количества пшеницы. Цеолит-клиноптилолит, применявшийся в опытах, относился к Шевартуйскому месторождению (г. Чита) и содержал повышенное количество  $K_2Al_2O_3$  и  $SiO_2$  в стандартной окисной формуле для каркасных алюмосиликатов, обладающих, коалиновым ядром.

Суточную норму кормления определяли по кормовым таблицам ВНИИПРХ в зависимости от температуры воды и массы рыбы (Канидьев, Гамыгин, 1977). Размер крупки и гранул в зависимости от массы рыбы составлял от 1 до 4 мм. В опытах, воду подавали в бассейны с интенсивностью, обеспечивающей полный водообмен за 15 мин. В соответствии с целью опытов начальная масса рыбы составляла от 0,8-1,1 до 46,7 г, начальная плотность посадки - от 70 шт. до 3,7 тыс. шт./м<sup>3</sup>. Температура воды в первом этапе исследований составляла от 15,2 до 17,4°C,

во втором - от 7,2 до 19,6°C, в третьем - от 7,1 до 24,0°C. Уровень растворенного в воде кислорода, а также другие показатели водной среды находились в пределах норм, установленных ОСТом для рыбоводных бассейнов, и специальной инструкцией по химическому анализу воды (Шестерин и др., 1985).

Регулярные химические анализы рыбы и комбикормов проводили по методике М.А. Щербины (1983). Скорость и дифференциацию роста определяли на основании увеличения массы рыб при групповом (через 5-7 дней) и индивидуальном (в начале, середине и конце опыта) взвешивании 20-25 рыб из каждого бассейна (Винберг, 1968).

Общий расход корма, протеина, жира и энергии корма на единицу прироста определяли по современным стандартным методам оценки эффективности кормления, принятым на сессии Европейской международной комиссии по методам кормления рыб (EIFAC, Stavanger, Norway, 1980), а также по методам А.А. Яржомбека с соавторами (1982) и М.А. Щербины (1983).

Гематологический анализ рыб проводили по методике Г.Г. Голодец (1955) и Т.И. Ивановой (1974). Он включал определение содержания гемоглобина и эритроцитов в периферической крови. Сохранность жира в комбикормах под влиянием цеолитов определяли по изменению кислотного и перекисного чисел (Картавцева, 1987) в процессе хранения.

Достоверность результатов исследований оценивали методами биологической статистики (Плохинский, 1961). Вычисляли среднюю арифметическую ( $M \pm m$ ), среднее квадратичное отклонение ( $\delta$ ) и коэффициент вариации ( $C_v$ ). Обозначение периодов и стадий развития рыб принято по Г.В. Никольскому (1974), измерения и морфологическая обработка - по Е.К. Суворову (1948) и И.Ф. Правдину (1966).

Приняты следующие обозначения возрастных групп: "свободный эмбрион" - с момента выклева до начала перехода на смешанное питание, "личинка" - от начала перехода на смешанное питание до полного рассасывания желточного мешка и перехода на активное питание; "малек", "сеголеток" - молодь с дефинитивным строением тела в период до конца первого года жизни; "годовик" - с января до начала вегетационного периода (апрель - май) второго года жизни; "двухлеток" - с начала вегетационного периода (апрель - май) до декабря второго года жизни.

Под названием "корм" мы понимаем все кормовые средства, естественные и искусственные, применяемые с целью питания, роста и развития рыбы; кормосмесь - корм, составленный из сухих мукообразных компонентов по определенному рецепту, пастообразный корм - то же, но замешанное на воде до пастообразной консистенции; комбикорм - то же, но в виде сухих гранул или крупки; гранулы - частицы цилиндрической формы диаметром 3,5 мм и более; крупка - дробленые гранулы диаметром до 3,5 мм, разделенные на фракции разного размера в зависимости от массы рыбы.

## Глава III. РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОРМЛЕНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ И СИБИРСКОГО ОСЕТРА ПРИ ВВЕДЕНИИ В КОМБИКОРМ ЦЕОЛИТОВ

### I. Молодь радужной форели

Введение в комбикорм цеолита-клиноптилолита оказало положительное влияние на скорость роста, жизнедеятельность, физиологическое состояние, упитанность и выживаемость мальков-сеголетков радужной форели. В опыте 1, при введении в комбикорм РГМ-5В 3, 5 и 8% цеолита, за счет равного количества пшеницы, индивидуальный прирост молоди радужной форели составил соответственно 5,5; 5,2 и 4,8 г, тогда как в контроле, на таком же комбикорме без цеолита, значительно меньше - 3,5 г, то есть прирост по отношению к контролю составил соответственно 157,1; 147,4 и 137,1%. Прирост общей биомассы молоди в опытных бассейнах в соответствии с уровнем цеолита 3, 5 и 8% составил 4088; 4698 и 4027 г, в контроле значительно меньше - 3660 г, то есть прирост по отношению к контролю был равен соответственно 111,7; 128,4 и 110,0%.

Молодь в опытах выглядела более упитанной и более активной, чем в контроле. Действительно, длина наибольшего периметра поперечного сечения в опыте была больше, чем в контроле, а коэффициент упитанности составлял, соответственно вариантам опыта, 1,82, 1,73 и 1,69 ед., в контроле - 1,58 ед. (табл. 1.).

Опыт 2, поставленный годом позже, в условиях равных опыту 1, в общем, повторил полученные ранее результаты. При соответствующем уровне цеолита индивидуальный прирост молоди радужной форели составил соответственно 5,6, 5,4 и 4,9 г, в контроле - 2,1 г, прирост общей биомассы молоди в опытных бассейнах составил соответственно 4247, 4449,5 и 3900 г, в контроле - 3660 г.

Молодь в опытах была более упитанной и активной, чем в контроле. Коэффициент упитанности составил 1,88, 1,81 и 1,78 ед., тогда как в контроле - 1,58 ед. Замечено, что скорость роста молоди усиливалась в процессе выращивания, причем наиболее значительно - по достижении массы 3,5-4,0 г. Привлекает внимание существенное повышение эффективности кормления.

При введении в комбикорм РГМ-5В цеолита в количестве 3, 5 и 8% кормовой коэффициент в опыте 1 составил соответственно 1,60; 1,35 и 1,40 ед., тогда как в контроле почти наполовину больше - 2,30 ед., подобные же величины отмечены и в опыте 2. Столь существенная экономия комбикорма позволяет получить большой экономический эффект, поскольку в прудовом и индустриальном рыбоводстве не менее 50% затрат составляет стоимость комбикормов.

Вместе с тем следует отметить более низкую выживаемость опытной молоди. В опыте с уровнем цеолита 5% по сравнению с контролем эта разница была небольшой, тогда как в опытах с уровнем цеолита 3 и 8% - существенной.

Рыбоводно-биологические результаты выращивания мальков-сеголетков радужной форели на комбикорме РГМ-5В с введением цеолита-клиноптилолита

Показатели	Содержание цеолита в комбикорме, %			Контроль РГМ-5В
	3	5	8	
Общая биомасса форели, г				
начало опыта	3775,0	3675,0	3750,0	3100,0
конец опыта	7777,0	8215,0	7777,0	6760,0
Индивидуальный прирост, г	5,5	5,2	4,8	3,5
По отношению к контролю, %	157,1	147,4	137,1	100
Прирост общей биомассы, г	4088,0	4698,0	4027,0	3660
Прирост по отношению к контролю, %	111,7	128,4	110,0	100,0
Длина наибольшего периметра поперечного сечения тела в конце опыта, мм	17,23	17,26	17,24	16,2
Показатель скорости роста, ед.	1,083	1,015	0,948	0,854
Кoeffициент упитанности, ед.				
начало опыта	0,737	0,715	0,732	0,726
конец опыта	1,820	1,730	1,680	1,580
Кормовой коэффициент, ед.	1,60	1,35	1,40	2,30
Выживаемость по отношению к контролю, %*	88,5	98,9	90,9	100
Отход, %	18,4	8,8	16,1	7,7

\* выживаемость в контроле - 92,3%

## 2. Годовики радужной форели

Радужная форель в возрасте 1 года, содержащаяся на Конаковском живорыбном заводе, достаточно четко реагировала на введение в комбикорм цеолита. В опыте 3 при введении в комбикорм РГМ-5ВЦ цеолита в количестве 3, 5 и 8% индивидуальная масса рыбы в конце опыта составила соответственно 244,5; 218,4 и 178,0 г, в контроле - 212,5 г, то есть прирост рыбы был равен 198,0; 166,8 и 153,2 г, в контроле - 154,4 г. Общий прирост массы рыб по отношению к контролю составил соответственно 144,6; 118,8 и 110,5%. Как видно, влияние цеолитов в составе комбикорма на рост годовиков - двухлеток радужной форели оказалось не столь значимым, как для мальков - сеголетков. Затраты комбикорма на единицу прироста в опыте 3 составили соответственно 1,6; 1,9 и 2,2, в контроле - 2,1. Выживаемость рыб в опыте составляла 78,6; 73,6 и 67,8, в контроле - 76,4 (табл. 2).

В опыте 4, дублирующим опыт 3 и поставленным в равных условиях, в общем подтвердились предыдущие результаты. Индивидуальная масса рыб в соответствии с уровнем цеолита составила соответственно 238,1; 217,2 и 178,6 г, в контроле - 214,2 г, индивидуальный прирост - соответственно 196,4; 169,7

и 138,8 г, в контроле - 168 г. Скорость роста рыб была не столь значительной, как скорость роста мальков-сеголетков, учитывая положительное влияние цеолита-клиноптилолита. Прирост массы рыбы в опытах составил 142,6; 112,9 и 91,6 % по сравнению с контролем.

Как видно, при введении в комбикорм цеолита в количестве 8% рыба росла медленнее, чем в контроле без цеолита. Кормовой коэффициент по вариантам опыта был равен соответственно 1,58; 1,90 и 2,20, в контроле - 2,05. Поскольку кормовой коэффициент по вариантам опыта достоверно отражает качество и питательную ценность комбикорма, в опыте цеолит в количестве 8%, очевидно, оказывал ограничивающее действие на питательную ценность комбикорма. Выживаемость рыб в опытах почти не отличалась от контроля.

Некоторые морфофизиологические показатели дают дополнительную характеристику эффективности комбикорма с цеолитом. В результате опытного кормления масса порки, то есть рыб, освобожденных от желудочно-кишечного тракта, который может исказить величину прироста тела под влиянием комбикорма, содержащего цеолит, в конце опыта 3 и 4 в соответствии с уровнем цеолита 3, 5 и 8% в среднем составляла соответственно 208, 199 и 156 г, в контроле - 193 г.

Как видно, наиболее высокий результат был получен при введении в комбикорм цеолита в количестве 3%, несколько меньший - в количестве 5%. При уровне цеолита 8% эффективность комбикорма существенно снижалась. Этот же вывод подтверждает масса печени и масса кишечного жира, хотя последний показатель выражен слабо.

Таблица 2

Результаты выращивания сеголетков-годовиков радужной форели на комбикорме РГМ-5В с цеолитом

Показатели	Содержание цеолита в комбикорме, %			Контроль РГМ-5В
	3	5	8	
Индивидуальная масса рыбы, г:				
начало опыта	46,8	47,2	46,8	46,2
конец опыта	244,5	218,4	178,0	212,5
Общая биомасса рыбы, кг:				
начало опыта	3,28	3,30	3,30	3,24
конец опыта	13,5	11,03	9,53	10,13
Прирост массы рыбы, кг	10,2	7,70	6,25	6,9
Прирост по отношению к контролю, %	144,6	118,8	110,5	100,0
Индивидуальный прирост рыб, г	198,0	166,8	153,2	154,4
Кормовой коэффициент, ед.	1,6	1,9	2,2	2,1
по отношению к контролю, %	80,5	97,4	113,6	100,0
Выживаемость, %	76,8	73,6	67,8	71,4

Таким образом, было показано, что введение в комбикорм цеолита в количестве 3 и 5% вместо равного количества пшеницы способствует

повышению скорости роста и эффективности кормления, а также улучшению физиологического состояния годовиков радужной форели, введение цеолита в количестве 8% вызывает ухудшение этого показателя.

### 3. Годовики - двухлетки ленского осетра

Введение цеолита в комбикорм РГМ-5В оказало существенное влияние на рост, развитие и физиологическое состояние годовиков-двухлетков сибирского осетра. Во всех вариантах опытов 5 и 6, длившихся 152 и 153 дня в осенне-зимний период, темп роста и прирост массы тела был выше, чем в контроле. Причем наиболее значительный результат был получен в опыте с введением цеолита в количестве 5%. Так, индивидуальный прирост осетров при введении в комбикорм 3, 5 и 8% цеолита в опытах 5 и 6 составил соответственно 127,8; 153,6 и 135,7 г, тогда как в контроле - 113,1 г, в опыте 6 - 126; 151 и 135 г, в контроле - 114, г.

Подобным же образом изменялась также и общая биомасса рыб в бассейнах: в соответствии с уровнем цеолита она составила соответственно 190, 206 и 194 кг, в контроле - 179 кг. Обращает внимание более высокий расход комбикорма на единицу прироста осетров — в среднем по опытам он составил соответственно 2,8; 3,1 и 2,8 ед., в контроле - 3,1 ед. Выживаемость рыб в опытах составила 84,2-89,6%, в контроле - 89,2% (табл. 3).

На протяжении опытов рыба была здоровой, активной, четко реагировала на внешние раздражители. Масса порки осетра в опытах 5 и 6 в соответствии с уровнем цеолита 3, 5 и 8% была равна 249; 274 и 243 г, в контроле - 237 г. Как видно, при введении в комбикорм цеолитов рыба росла значительно быстрее, чем в контроле, причем при уровне цеолита 5% конечная масса рыб была на 15-18% больше. Масса печени во всех вариантах опытов была больше, чем в контроле, тогда как балл печени был больше только в опытах с введением 5% цеолита. Индекс печени был достоверно выше в опыте с 3% цеолита.

Как видно, масса печени еще раз подтверждает благоприятное воздействие цеолита на обмен, тогда как балл и индекс печени подтверждают этот же вывод только при уровне цеолита 3 и 5%. Коэффициент упитанности в опытах колебался в пределах 0,61-0,79 ед., в контроле - 0,60-0,69 ед. Существенно выше, чем в контроле он был только в опытах с уровнем цеолита 3%.

Таблица 3

Результаты выращивания годовиков-двухлетков ленского осетра на комбикорме РГМ-5В с цеолитом

Показатели	Содержание цеолита в комбикорме, %			Контроль, РГМ-5В
	3	5	8	
	1300	1300	1300	1300
Индивидуальная масса рыб, г				
начало опыта	164,9	163,4	163,5	163,2
конец опыта	292,7	317,0	299,2	276,6

Общая биомасса осетров, кг				
начало опыта	107,2	106,2	106,3	106,1
конец опыта	190,3	206,1	194,5	179,8
Прирост биомассы рыбы, кг	83,0	99,8	88,3	73,2
Индивидуальный прирост, г	127,8	153,6	135,7	113,1
Прирост биомассы (без отхода), кг	65,82	78,2	71,4	60,0
Прирост по отношению к контролю, %	109,7	130,3	119,0	100,0
Кормовой коэффициент, ед.	2,8	3,1	2,8	3,1
по отношению к контролю, %	90,3	100,0	90,3	100,0
Выживаемость, %	89,5	86,4	84,1	89,1

#### 4. Физиолого-биохимическая характеристика радужной форели и ленского осетра

Степень влияния цеолита-клиноптилолита на физиолого-биохимические свойства радужной форели и осетра может характеризоваться такими показателями как состав крови, состояние внутренних органов, гепатосоматический индекс, индекс жира, индекс порки, биохимический состав тела и величина отхода.

##### 4.1. Состав крови

Комбикорма, включающие цеолит, оказали существенное влияние на физиологическое состояние рыб. В периферической крови сеголетков-годовиков радужной форели при уровне цеолита 3, 5 и 8% в комбикорме РГМ-5В в конце опыта 3 и 4 количество эритроцитов было почти равным и составляло соответственно 1,15; 1,41 и 1,28 млн/мм<sup>3</sup>, в контроле - 1,08 млн/мм<sup>3</sup>.

Как видно, у рыб в опытах отмечено существенное увеличение количества эритроцитов по сравнению с контролем, причем наиболее значительное, на 12-13%, в опыте с уровнем цеолита 5%. В соответствии с повышением количества эритроцитов расширилась обменная функция крови - содержание гемоглобина в вариантах с 3, 5 и 8% цеолита в опытах 3 и 4 составило соответственно 10,5; 11,6 и 10,4 %, в контроле - 8,6 %. Как видно, содержание гемоглобина у рыб в опытах было значительно выше, чем в контроле, причем выделялся также вариант с уровнем цеолита 5% - содержание у рыб гемоглобина было на 13-14% больше, чем в контроле. Очевидно, под влиянием цеолита-клиноптилолита в составе комбикорма существенно улучшились качественные показатели крови и, соответственно этому, физиологическое состояние радужной форели.

Характерной особенностью красной крови молоди осетровых рыб является более низкий уровень форменных элементов по сравнению с лососевыми рыбами (Аминева, Яржомбек, 1984; Лиманский и др., 1984). В периферической крови годовиков сибирского осетра при уровне цеолита в комбикорме РГМ-5ВЦ 3, 5 и 8% в конце опытов 5 и 6 количество эритроцитов было почти одинаковым и составляло соответственно 0,64; 0,72 и 0,71

млн/мм<sup>3</sup>, в контроле - 0,67 млн/мм<sup>3</sup>. Здесь, также как и в предыдущем опыте, максимальное количество эритроцитов отмечено у рыб в варианте опыта с введением в комбикорм 5% цеолита. В вариантах опыта с введением 8% цеолита количество эритроцитов было несколько выше, а в варианте с 3%-ным введением цеолита - ниже, чем в контроле, однако различия были не достоверны.

Содержание гемоглобина в крови годовиков осетра в опытах с введением 3, 5 и 8% цеолита составляло в среднем 3,82; 3,94 и 3,76 %, в контроле - 3,84 %. Как видно, в опытах и контроле различия были небольшими.

#### **4.2. Индекс, масса и балл печени**

Одним из наиболее существенных показателей качества комбикорма является состояние печени по завершению периода кормления. Состояние печени можно оценивать по таким показателям как индекс, масса и балл печени. Индекс печени (гепатосоматический индекс), то есть процентное отношение массы печени к массе тела является надежным показателем качества комбикорма. При введении в комбикорм годовикам радужной форели 3, 5 и 8% цеолита по завершению опытов 3 и 4 индекс печени в среднем составлял 1,80; 1,96 и 2,14%, в контроле - 1,91 %. Результаты ранее выполненных исследований показали, что физиологически полноценная радужная форель, выращенная на сбалансированных по питательным веществам комбикормах, имеет индекс печени в пределах 1,5-2,5. Следует полагать, что индекс печени у годовиков радужной форели как в опытах 3 и 4, так и в контроле показывает нормальное физиологическое состояние рыб (Канидьев, 1984; Гамыгин и др., 1989).

Масса и балл печени являются также весьма значительными показателями качественных свойств комбикормов и состояния выращенной рыбы. Масса печени может значительно увеличиваться при выращивании рыб. Например, при кормлении рыб низкокачественными комбикормами, в особенности перегруженными углеводами, масса печени возрастает вследствие переполнения гликогеном. Вместе с тем умеренное увеличение массы печени, вследствие необходимого запаса гликогена и жира, происходит при кормлении рыб сбалансированными комбикормами. В опыте 3 с введением цеолита в количестве 3, 5 и 8% масса печени составляла соответственно 4,50, 4,30 и 3,60 г, в контроле - 4,0 г, в опыте 4 - 4,30; 4,21 и 3,70, в контроле - 4,07 г. Балл печени в опыте 3 колебался в пределах 3,8-4,50 ед., в опыте 4 - в пределах 3,95-4,50 ед., в контроле - 4,0-4,3 ед. Можно отметить некоторое увеличение массы печени в вариантах опытов с введением в комбикорм 3 и 5% цеолита и некоторое уменьшение - с введением 8% цеолита. Учитывая высокое качество и хороший баланс питательных веществ в комбикорме РГМ-5В, даже небольшое увеличение массы печени за счет накопления энергии следует считать положительным влиянием цеолитов.

При введении в комбикорм РГМ-5ВЦ годовикам сибирского осетра в опытах 5 и 6 цеолита в количестве 3, 5 и 8% по завершении опытов индекс печени был равен соответственно 3,40; 3,25 и 3,33%, в контроле - 3,32%. Как видно, различия в опыте и контроле были небольшими. Определить некоторое

различия можно лишь в варианте с введением цеолита в количестве 3%: здесь индекс печени был равен 3,40%, тогда как в контроле - 3,30-3,34%. Масса и балл печени по вариантам опытов имели некоторые различия - в соответствии с уровнем цеолита масса печени составляла 9,9; 10,5 и 10,0 г, в контроле 9,20 г. Как видно, в опыте у рыб печень была на 0,7-1,3 г тяжелее, чем в контроле, причем наибольшие различия отмечены в опыте с введением в комбикорм 5% цеолита.

Консистенция, цвет печени и количество жировых включений, оцениваемые в баллах, заметно различались. Так, в опыте 5 с введением 3, 5 и 8% цеолита печень имела в среднем оценку, соответствующую 4,2; 4,3 и 4,3 балла, в контроле - 3,8 балла, в опыте 6 - 3,9; 4,0 и 3,9 балла, в контроле - 4,1 балла.

Таким образом, введение в комбикорм цеолитов в количестве 3, 5 и 8% показало небольшое или существенное положительное влияние на структуру и функционирование печени радужной форели и сибирского осетра.

#### **4.3. Коэффициент упитанности**

Коэффициент упитанности годовиков радужной форели в опытах 3 и 4 был одинаков. При введении в состав комбикорма РГМ-5ВЦ цеолита в количестве 3 и 5% коэффициент упитанности был равен в среднем 1,3 ед., при введении 8% цеолита - был равен 1,2 ед., в контроле - 1,3 ед. Как видно, коэффициент упитанности имеет среднюю величину, типичную для сеголетков - годовиков радужной форели. Вместе с тем в опыте с введением 8% цеолита коэффициент упитанности имел минимальную величину - в среднем 1,2 ед. Эта величина получена на сравнительно большом материале, она не может быть случайной. Учитывая наименьший индивидуальный прирост массы рыб с 8% -ным уровнем цеолита, как показано выше, еще раз подтверждается предположение о том, что такой уровень цеолита в комбикорме является избыточным.

Коэффициент упитанности годовиков сибирского осетра, в общем, был вдвое ниже, чем радужной форели. Это соответствует биологическим особенностям рыб. Обращает внимание высокая идентичность коэффициентов упитанности сибирского осетра в опытах 5 и 6, а также в контроле, равная 0,6 ед. Исключение составляет лишь более высокая упитанность осетров - 0,7 ед. - в варианте опыта с 3%-ным уровнем цеолита.

#### **4.4. Химический состав тела сибирского осетра**

Химический состав тела рыб - видовой признак, однако в значительной мере отражающий качественный состав комбикорма и соответствие его состава потребности рыб. Нарушение обмена из-за дисбаланса состава основных питательных веществ нередко приводит к обводненности организма, низкой переваримости и усвояемости корма и неэффективному использованию белка, углеводов, жира и других питательных веществ на рост и развитие рыб (Привольнев, 1965; Такуэти, 1970). При недостатке в организме рыб фосфолипидов затрудняется использование липидов корма в качестве источника энергии, поэтому возрастает расходование белка корма на

энергетические нужды (Таратухин, Шиммельская, 1985), что приводит к накоплению жира и снижению скорости роста (Сергеева, Нефедова, 1987) и даже циррозной дегенерации печени.

Вместе с тем введение в комбикорм радужной форели и сибирского осетра цеолитов и вызванное этим увеличение скорости роста происходило за счет роста органов и тканей, а не за счет обводненности организма. Содержание в теле рыб белка, жира, золы и влаги в опытных вариантах не показало зависимости от уровня цеолита и существенно не отличалось от контроля.

Результаты опытов показали, что введение цеолита в комбикорм сокращает затраты питательных веществ и стимулирует рост радужной форели и сибирского осетра, по-видимому, за счет повышения переваримости и возрастания синтеза белка и жира.

#### **4.5. Отход рыбы**

Во всех опытах отход рыбы был ниже или на уровне контроля и оставался в пределах нормы. Следует также отметить, что в опыте 5 отход почти отсутствовал. В опыте 3 с 3 и 5% цеолита отмечен более низкий отход форели по сравнению с контролем. Очень низкий отход ленского осетра был отмечен в опытах 5 и 6. Можно полагать, что введение в комбикорм цеолита оказывает положительное влияние на жизнеспособность радужной форели и сибирского осетра.

#### **5. Влияние цеолита-клиноптилолита на окисляемость жира комбикормов в процессе их хранения**

В процессе хранения химический состав и качественные свойства комбикормов изменяются под воздействием температуры, влажности воздуха, освещенности и других факторов. Особенно значительно изменяются липидные компоненты комбикормов, гидролитическое расщепление и окисление которых приводит к образованию свободных жирных кислот, перекисей и накоплению токсичных продуктов вторичного окисления, например, альдегидов, кетонов, оксикислот. В конечном итоге корм становится непригодным и его дальнейшее использование ведет к ухудшению физиологического состояния рыбы и к резкому снижению рыбопродуктивных результатов (Картавцева и др., 1986, 1987).

Результаты наших исследований показали, что при хранении комбикормов в тканевых мешках в складском помещении с июля по декабрь 1995 г. кислотное и перекисное числа кормов, как показателей окисленности жира, изменялось относительно контроля. В сентябре произошло резкое увеличение как кислотного, так и перекисного чисел, но уже в октябре было отмечено некоторое снижение их, а затем новое повышение, продолжавшееся до конца года. При введении в комбикорм цеолитов с первого месяца хранения отмечалось достоверное снижение кислотного числа относительно контроля. В сентябре, по истечении 2,5 мес. хранения кислотное число кормов, содержащих 3 и 8% цеолита, составляло 65,4 и 58,0 мг КОН/г жира,

что было соответственно на 9,2 и 19,4% ниже, чем в контроле. В октябре различия составляли 7,6 и 17,5%, а в декабре возросли до 22%.

Перекисное число варьировало за период наблюдений в опытах от 0,20 до 0,46% йода, в контроле - от 0,20 до 0,44 % йода. Однако в конце опыта проявилась устойчивая тенденция снижения перекисного числа в опытах по сравнению с контролем - в ноябре перекисное число в опытах с 3, 5 и 8% цеолита составляло соответственно 0,25, 0,24 и 0,22% йода, в декабре - 0,24, 0,23 и 0,20% йода, тогда как в контроле - увеличилось соответственно до 0,28 и 0,30% йода.

Таким образом, хранение комбикорма, затаренного в тканевые мешки в складском помещении, приводило к относительно медленным отрицательным процессам - окислению находящегося в комбикорме жира. Кислотное число, как показатель окисленности жира в комбикорме РГМ-5ВЦ с 3, 5 и 8% цеолита за 6 мес. хранения повысилось соответственно с 35, 37 и 36 до 70,0; 62,2 и 58,8 мг КОН/г жира, в контроле - с 39 до 81,0 мг КОН/г жира. Как видно, по мере хранения комбикорма окисленность жира возрастала, однако присутствие цеолита в комбикорме сдерживало процесс окисления жира, причем тем значительнее, чем больше уровень цеолита.

#### Глава IV. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты исследований показали целесообразность использования природного минерала цеолита-клиноптилолита в комбикормах РГМ-5ВЦ и других производственных гранулированных комбикормах для радужной форели и осетровых рыб. Эффективность применения цеолита как кормовой добавки определяется его свойствами, дозой и продолжительностью воздействия. Цеолит в составе комбикорма можно оценить как фактор, стимулирующий рост, развитие и интенсивность обмена веществ. Цеолит аккумулирует влагу, стужает химус и замедляет движение его по кишечному тракту, этим самым, удлиняя контакт с пищеварительными ферментами и углубляя расщепление белка, жира и углеводов. Радужная форель и осетровые полнее используют комбикорм, быстрее растут, приобретают повышенную устойчивость к заболеваниям, становятся более жизнеспособными, меньше подвергаются расстройствам пищеварения.

При неблагоприятных условиях содержания мальков и сеголетков форели при введении в комбикорм цеолита в количестве 3 и 5% снижается отход и увеличивается прирост массы рыб. Отмечено, что ростостимулирующее и общеукрепляющее организм действие цеолита проявляется в наибольшей мере по достижении молодью рыб массы 1 г и более. У опытных рыб повышается коэффициент упитанности по сравнению с контролем. Привлекает внимание хорошее физиологическое состояние молоди форели даже при использовании в процессе культивирования прудовой воды и при поступлении паводковых вод в водопроводную систему Конаковского живорыбного завода.

Положительное влияние цеолита в корме проявилось также при эпизодических токсических воздействиях на рыб промысловых сбросных вод

ГРЭС, поступавших в систему водоснабжения завода. Рыба в таких случаях справлялась с прессом токсикантов, чувствовала себя хорошо, и отход не возрастал. За исключением редких эпизодов, в ходе опытов в воде вредные примеси отсутствовали, что способствовало четкости опытов и результатов. При спорадическом появлении в бассейнах загрязненных вод рыба не ощущала отрицательных воздействий, благодаря адсорбирующей способности цеолита корма, удалялась лишняя жидкость и газы из желудочно-кишечного тракта, выводились из кишечного химуса токсиканты (Канидьеv, Лабутин, 1985).

Содержание гемоглобина в крови опытных рыб было значительно больше, чем в контроле, что подтверждается аналогичными данными подобных опытов (Грищенко и др., 1994). Был отмечен хороший индекс печени, индекс жира, индекс порки, упитанность и выживаемость. В опытах при содержании 3 и 5% цеолита в комбикорме было отмечено повышенное количество гемоглобина и эритроцитов в крови годовиков форели, а в вариантах с 5% цеолита в комбикорме у годовиков форели и годовиков-двухлетков ленского осетра индекс и масса печени, индекс и масса порки, индекс жира превосходили контроль. В опыте 3 при введении 3% цеолита в комбикорм и в опыте 4 при введении 3 и 5% цеолита выживаемость была максимальной - превысила контроль соответственно на 7,1%, 7,3 и 8,0%.

Потребление корма во всех опытах зависело от температуры воды. Эпизодическое снижение активности питания форели происходило при поступлении в опытах 3 и 4 мутной воды во время паводкового водозабора. В эти периоды ухудшение качества воды отрицательно влияло на поведение, самочувствие и выживаемость форели, в первую очередь это отражалось на пищевой активности рыб. При этом снижения результатов опытов почти не происходило. Вместе с промывочными водами ГРЭС в воду попадали сульфатионы, карбонатионы, хлоридионы, карбоксилатионы и другие, а также ионы некоторых щелочноземельных металлов и рыба подвергалась их вредному воздействию.

В то же время у рыб в контроле наблюдались гиперфункция желчного пузыря, снижение уровня гемоглобина, болезни печени, расстройства пищеварения, анемия и параличи, изменения пигментации кожи, нарушения обмена веществ. У опытных рыб эти нарушения были выражены слабо, или не проявлялись совсем, что, несомненно, следует объяснить положительным компенсирующим воздействием цеолита, обладающего ионообменной или сорбирующей способностью. Можно также предположить, что введение в комбикорм цеолитов становится причиной значительного снижения уровня нитритов в мышечной ткани рыб (Грищенко и др., 1994), так как не наблюдалось пищеварительных расстройств и возрастала усвояемость корма.

Введение цеолита в комбикорм активизировало пластический обмен у форели, что было отмечено ранее (Бескровная, Калашник, Желтов, 1992). Эффективность применения комбикорма РГМ-5В зависела от дозы вводимого цеолита, длительности применения, условий содержания и величины индивидуальной массы рыб. Оптимальный уровень цеолита в комбикормах для форели находился в пределах 3-5%, а для ленского осетра он составил 5%.

Добавление в комбикорм цеолита в количестве 3% оказалось наиболее эффективным для роста мальков и сеголетков - скорость роста их была значительно выше, чем в контроле. Влияние цеолита на карпа, по данным исследователей, было столь же значительным, как и на форель. При введении в корм цеолита в количестве 3% прирост карпа был выше на 15-25% (Гаратухин, Шимульская, 1984). На эффективность действия цеолитов оказывали существенное влияние возраст и масса рыб, температура и гидрохимические особенности воды, плотность посадки и концентрация цеолита в комбикорме.

Возможность использования цеолита в качестве антиокислителя при длительном хранении комбикормов открывает широкую перспективу. Сохранность качества корма является важным экономическим фактором. Согласно технических условий, кислотное и перекисное числа в продукционных комбикормах не должны превышать соответственно 90 мг КОН/г жира и 0,3% иода. Известно, что качество сырья для изготовления комбикормов, особенно рыбная и мясокостная мука, содержащие значительное количество легкоокисляемого жира, определяют степень окисляющей опасности комбикорма, которая влияет на физиологическое состояние рыб (Лабутин, 1987). Результаты наших опытов показывают, что присутствие цеолита в корме положительно отражается на физиологическом состоянии рыб, улучшает состояние крови, стабилизирует индекс печени, повышает упитанность рыб.

Для молоди наилучшие результаты получены при введении цеолита в комбикорм в количестве 3%, тогда как увеличение уровня его до 5 и 8% дало менее значительный результат. Присутствие цеолита в комбикорме положительно отразилось на содержании сухого вещества форели, указывало на отсутствие обводнения организма и увеличение роста за счет полноценных тканей. Вместе с тем, содержание белка и жира оставалось на уровне контроля. Отход рыбы во всех опытах был в пределах нормы и не превышал контроля. Среди годовиков форели в опытах 3 и 4 в варианте с 5% цеолита отход был меньше, чем в контроле. Физиологическое состояние рыбы зависело от количества в корме цеолита и было лучше, чем в контроле, особенно в вариантах с введением 3 и 5% цеолита, как у форели, так и осетровых.

Таким образом, кормление радужной форели и сибирского осетра комбикормом РГМ-5В с содержанием цеолита в количестве 3, 5 и 8% ускорило рост рыб, снизило затраты корма, улучшило кормовой коэффициент и физиологическое состояние рыбы.

## ВЫВОДЫ

1. Природный минерал цеолит (клиноптилолит), на основании исследований 1993-1999гг, целесообразно использовать в продукционных комбикормах для радужной форели и сибирского осетра в качестве добавки, повышающей эффективность кормления.
2. Рыбоводно-биологическая и экономическая эффективность применения

цеолита в рыбных комбикормах (на примере комбикорма РГМ-5В) зависит от условий выращивания, дозы цеолита и продолжительности кормления.

3. Оптимальная доза цеолита в составе комбикорма, установленная в ходе опытных исследований, для радужной форели в возрасте от малька-сеголетка до годовика - двухлетка составляет 3%, для сибирского осетра - 5% от состава комбикорма.
4. Введение в комбикорм цеолита в количестве 3 и 5% повышает скорость роста, конечную массу рыб, их упитанность и снижает отход по сравнению с комбикормом без цеолита.
5. Положительное действие цеолита в составе комбикорма особенно четко проявляется в неблагоприятных для рыб условиях обитания и при наличии повреждающих факторов абиотической природы.
6. Улучшение общего физиологического состояния годовиков радужной форели и сибирского осетра под влиянием цеолита, подтверждается хорошими гематологическими показателями.
7. Введение в рацион форели и сибирского осетра цеолита повышает резистентность рыб к заболеваниям, улучшает общее физиологическое состояние, увеличивает жизнестойкость, нормализует и катализирует физиологические, биохимические и обменные процессы в организме, положительно сказывается на составе крови и биохимическом составе тела.
8. Присутствие цеолита в составе комбикорма повышает сохранность липидных компонентов, при длительном хранении комбикорма процесс окисления жира проходит медленнее и глубина окисленности сокращается.

**По результатам исследований опубликованы следующие работы:**

1. Кузнецов А.А., Опыт кормления молоди радужной форели кормом РГМ-5ВЦ - Сб. науч. трудов ВЗИП, 71. Современные проблемы аквакультуры. - М.:ВЗИП, 1993. - С. 66-70.
2. Кузнецов А.А., Гамыгин Е.А., Сычев В.Г. Об эффективности использования цеолитов в кормлении двухлетков форели. - Сб. науч. трудов. Бенгос северных морей Евразии (под ред. Кузнецова А.П. и Зезиной О.Н.).-М.:ВНИРО, 1994.-С. 87-90.
3. Кузнецов А.А., Индустриальное культивирование радужной форели и ленского осетра бассейновым способом на комбикорме РГМ-5ВЦ с цеолитовой добавкой. - Тез. докл. на I конгрессе ихтиологов России. - Астрахань.-М.:ВНИРО, 1997.-С. 331-332.
4. Кузнецов А.А., Некоторые физиолого-биохимические особенности ленского осетра, выращиваемого в индустриальных условиях на комбикорме РГМ-5ВЦ. - V Международная научно-практическая конференция. Современные проблемы пищевой промышленности. - М.:МГЗИПП, 1999. - С. 25-29.

МГТА. Заказ 4186. Тираж 100 экз.

