



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водных биоресурсов, аквакультуры и гидрохимии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
бакалавра

На тему: «Оценка качества вод при промышленных методах выращивания объектов аквакультуры»

Направление подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура,
профиль «Управление водными биоресурсами и аквакультура»

Исполнитель Канарь Еванжелина Игоревна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат педагогических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Костецкая Галина Анатольевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий

кафедрой 
(подпись)
кандидат технических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Королькова Светлана Витальевна
(фамилия, имя, отчество)

« 22 » июня 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. ИНДУСТРИАЛЬНОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ	5
1.1. Виды индустриальной аквакультуры	5
1.1.1. Бассейновые хозяйства	6
1.1.2. Садковые хозяйства	8
1.1.3. Установки замкнутого водоснабжения	12
1.2. Качество вод при индустриальной аквакультуре	14
1.2.1. Требования к качеству вод	15
1.2.2. Обеспечение качества вод	18
Выводы по главе 1	22
Глава 2. ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОД ПРИ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ МЕТОДАХ ВЫРАЩИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ	24
2.1. Комплексный подход к оценке состояния вод на объектах индустриальной аквакультуры	25
2.2. Особенности контроля качества вод в хозяйствах различного вида	31
2.3. Технологии оценки качества вод	34
2.3.1. Оценка качества вод по гидрохимическим показателям	34
2.3.2. Оценка качества вод по гидробиологическим показателям ...	40
Выводы по главе 2	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	46
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	48

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. В последние несколько десятков лет в России идет сокращение численности популяций ценных промысловых рыб, что взаимосвязано с активным развитием аквакультуры, которое направлено на организацию товарного рыбоводства, а также на пополнение естественных популяций. В настоящее время увеличение производства пищевой рыбной продукции происходит в основном за счет аквакультуры.

Одним из главных преимуществ индустриальных систем аквакультуры является их высокая производительность и возможность получения продукции значительно быстрее по сравнению с другими методами. В связи с интенсивностью производства, высокой плотностью особей объектов аквакультуры при индустриальных методах выращивания особую важность приобретает вопрос обеспечения качества воды, от чего напрямую будет зависеть объем товарной продукции и ее качество, а также, опосредованно, здоровье людей, употребляющих рыбную продукцию. В этой связи исключительное значение приобретают выбор источника водоснабжения для индустриальных рыбоводных предприятий, организация системы контроля и оценки качества воды, своевременное проведение мероприятий по улучшению состояния производственных вод.

Объект исследования – качество вод при индустриальных методах выращивания объектов аквакультуры.

Предмет исследования – технологии оценки качества вод при индустриальных методах выращивания объектов аквакультуры.

Цель исследования: изучить технологии оценки качества вод при индустриальных методах выращивания объектов аквакультуры.

Задачи исследования:

1. Рассмотреть виды индустриальной аквакультуры;
2. Ознакомиться с обеспечением качества вод при индустриальной аквакультуре;

3. Изучить особенности контроля качества вод в хозяйствах различного вида;

4. Рассмотреть комплексный подход к оценке состояния вод на объектах индустриальной аквакультуры;

5. Изучить технологии и методы оценки качества вод в индустриальных хозяйствах по гидрохимическим и гидробиологическим показателям.

Практическая значимость данной работы, состоит в том, что будут рассмотрены технологии и методы оценки качества вод в индустриальных хозяйствах по гидрохимическим и гидробиологическим показателям, что может быть использовано в рыбохозяйственной деятельности.

Общий объём работы составляет 49 страниц. Работа включает в себя введение, основную часть, представленную двумя главами, выводы к этим главам, заключение и список использованной литературы. Основной текст работы содержит 10 таблиц. Список литературы составляет 21 наименование.

Глава 1. ИНДУСТРИАЛЬНОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ

Индустриальное разведение аквакультурных объектов представляет собой вид деятельности, в котором процесс выращивания и содержания гидробионтов сопровождается высокой интенсификацией производства и управления. Разведение и выращивание рыбы осуществляется в небольших рыбоводных емкостях (садках, бассейнах и др.). Продуктивность в индустриальных системах является наиболее высокой по сравнению с другими видами аквакультуры и достигает уровней в 200 тонн/гектар при выращивании рыбы в садках и бассейнах, а также 1500 тонн/гектар в системах с циркулирующей водой.

Этот уровень производительности достигается за счет высокой плотности посадки (100 кг/кубический метр и выше для тилляпии, клариевых сомов), оптимального температурного режима для роста рыб, рационального кормления и использования высокоэффективных комбикормов, а также применения высокопродуктивных пород и гибридов рыбы [7].

1.1. Виды индустриальной аквакультуры

На территории Российской Федерации существуют различные типы хозяйств индустриального типа, занимающихся производством аквакультурной продукции. В индустриальной аквакультуре используются небольшие рабочие емкости. В зависимости от вида этих емкостей и источников водоснабжения индустриальные рыбоводные хозяйства классифицируют на бассейновые, садковые, системы с оборотным водообеспечением, установки замкнутого водоснабжения (УЗВ). Рассмотрим основные их них.

1.1.1. Бассейновые хозяйства

Разведение рыбы в бассейнах является современной системой управления рыбоводством, где различные виды рыбы, такие как карп, форель, осетровые, сомовые, тиляпия и другие, разводятся в специальных бассейнах с высокой плотностью населения, интенсивным кормлением и хорошей проточностью воды.

Бассейновые хозяйства можно разделить на два типа: тепловодные и холодноводные. Тепловодные хозяйства используют воду из тепловых электростанций, атомных электростанций, гидроэлектростанций и металлургических комбинатов. Холодноводные хозяйства, напротив, используют естественные водные источники, такие как реки, озера и водохранилища [6].

По сравнению с прудовым рыбоводством, бассейновые хозяйства имеют ряд преимуществ. Они позволяют контролировать условия содержания рыбы, регулировать интенсивность и обмен воды, создавать оптимальные температурные и гидрохимические условия для роста рыбы. Бассейновые хозяйства также обеспечивают возможность круглогодичного разведения товарной рыбы и позволяют полную механизацию и автоматизацию процессов рыбоводства. Они также оснащены системой очистки воды и обратного водоснабжения, а также обеспечивают надежный контроль за состоянием рыбы.

Для строительства бассейнов используются различные материалы, такие как металл, стекловолокно, бетон или пластмасса. Существуют разные типы бассейнов, включая круглые, прямоугольные и вертикальные (силосные). Бассейны могут быть размещены как на открытых территориях, так и в закрытых помещениях. Круглые бассейны предпочтительнее прямоугольных, так как они не имеют «мертвых зон», где могут скапливаться отходы и несъеденный корм. Прямоугольные бассейны обладают преимуществом эффективного использования площади, особенно при использовании

вертикальных (силосных) емкостей, которые позволяют увеличить объем воды на ограниченной площади. Силосные емкости имеют цилиндрическую форму с коническим дном, где оседают загрязнения. Очистка осадка и вылов рыбы осуществляются через донные трубопроводы. В силосных емкостях можно разводить форель, карпа, травоядных рыб, тилапию и осетровых [5].

В аквакультуре, особенно в системах бассейнового выращивания рыбы, широко используются методы высокой плотности посадки и интенсивного кормления. В таких системах, продукты обмена веществ рыбы и остатки корма эффективно удаляются из бассейна с помощью постоянного водного потока. Качество воды и интенсивность водообмена играют решающую роль в успешном выращивании рыбы. Для обеспечения поступления свежей воды в систему используются механические системы, включающие водозаборные сооружения, насосные станции, водоподающие и сбросные каналы, а также средства для очистки использованной воды. Рекомендуется использовать систему обратного водоснабжения в бассейновых хозяйствах.

Для обеспечения циркуляции и обогащения воды кислородом применяются специальные устройства, такие как эрлифты, а каждый бассейн оборудован собственной системой циркуляции [9].

Важно отметить, что при выращивании рыбы в бассейнах с высокой плотностью посадки необходимо уделять особое внимание качеству воды. Даже в системах с непрерывным потоком воды и частой заменой, качество воды может изменяться по мере перемещения от одного конца бассейна к другому или от точки подачи воды до центрального слива. Кроме того, следует учитывать, что высокая плотность посадки рыбы увеличивает риск заболеваний и может вызывать стрессовые ситуации. Для эффективной эксплуатации бассейновой системы в таких условиях необходимо иметь опытных и квалифицированных рыбоводов.

Также следует отметить, что пространство не ограничивает рост рыбы, но при выращивании рыбы в бассейнах с высокой плотностью посадки, любой из

параметров качества воды может стать ограничивающим фактором для дальнейшего роста.

Таким образом, применение высокой плотности посадки и интенсивного водообмена позволяет сократить площадь и объемы, необходимые для выращивания рыбы, а также уменьшить протяженность водных сетей. Однако такой подход требует использования высококачественного рыбоводного оборудования.

1.1.2. Садковые хозяйства

Садковое разведение рыбы играет значительную роль в индустриальном рыбоводстве.

В России садковое разведение начало активно развиваться в начале 1950-ых годов. Особенно широкое применение этот метод получил в выращивании молоди и товарной рыбы в садках, установленных в водоемах-охладителях или сбросных каналах ТЭС и АЭС [15].

Основными преимуществами садкового метода являются его простота конструкции и низкие затраты, не требуемые большого капиталовложения. Также садковые хозяйства не требуют механического подвода воды, что снижает эксплуатационные расходы.

Для создания садков используются различные синтетические материалы, а также разработаны разнообразные системы сетчатых садков. Основные требования к объектам выращивания в садках включают их способность быстро адаптироваться к ограниченному объему воды, активное потребление полноценных кормовых смесей, ускоренный рост и развитие при плотной посадке, а также достижение запланированной массы тела в минимальные сроки [16].

Выбор объектов для садкового выращивания зависит от структуры водоема и гидрохимического состава воды. Качество воды формируется взаимодействием различных факторов и экосистемой водоема, поэтому

правильный выбор водоема является ключевым для успешного садкового выращивания. Также необходимо учитывать возможные изменения в экосистеме водоема и реагировать на изменения в местной ихтиофауне и уровне эвтрофирования, связанного с объемом выращиваемой рыбы и органической нагрузкой.

Хотя в настоящее время хозяйства бассейнового типа преобладают, садковый метод выращивания обладает большим потенциалом. Строительство садков происходит быстрее, а их стоимость, в качестве основных активов, ниже стоимости бассейнов.

Проточные водоемы предоставляют оптимальные условия для содержания рыбы в садках, благодаря своей способности поставлять обилие кормовых организмов и быстро удалять метаболические отходы рыб. В сравнении с непроточными водоемами, проточные водоемы позволяют увеличить плотность посадки рыбы в садках [18].

Необходимо выбирать водоемы с чистой водой, поскольку загрязненная вода может негативно повлиять на дыхание молодой рыбы, ее активность при поиске пищи, рост и даже привести к гибели.

При выборе водоемов для рыбоводных целей и установки садковых устройств имеет значение ряд факторов, включая глубину, течение, температуру, содержание кислорода, уровень рН, загрязнение, окисляемость, содержание различных соединений в воде, доступность для подъезда, возможность электроснабжения и наличие береговых площадей.

Качество воды в разные времена года является важным фактором при выборе места размещения садковых хозяйств. Особое значение имеет содержание азота и фосфора, которые существенно влияют на эвтрофикацию водоема, а также уровень кислорода в воде. Водоемы должны обладать хорошим перемешиванием воды или иметь максимально глубокий эпилимнион.

При выборе водоема для размещения садков следует учесть несколько ключевых факторов:

1. Физико-химические и биологические параметры. Водоем должен соответствовать физиологическим потребностям рыбы по физико-химическим и биологическим параметрам. Температурный и кислородный режимы в садках должны быть сопоставимы с режимом водоема;

2. Температура воды. Учитывать температуру, при которой обитает выбранный вид рыбы.

3. Кислородное содержание. Растворенный кислород в воде должен быть не менее 6 мг/л. Низкое содержание кислорода может привести к плохому аппетиту и замедлению роста рыбы;

4. Реакция среды (рН): Активная реакция среды (рН) должна быть ниже 8. Водоемы с интенсивным цветением, которое повышает рН и снижает содержание кислорода, следует избегать;

5. Отсутствие загрязнения: Водоем не должен быть загрязнен ядовитыми веществами, промышленными или бытовыми отходами, а также химикатами, используемыми в сельском и лесном хозяйстве;

6. Контроль и улучшение условий содержания. Важно тщательно контролировать условия содержания и кормления в садках. Использование высококачественных кормов и предотвращение травмирования рыбы во время рыбоводных процессов также играют важную роль.

В садковых сооружениях активное противодействие неблагоприятным факторам, таким как снижение кислорода, вызванное цветением и разложением фитопланктона, а также обрастание садков и нарушение водообмена, является рекомендуемой практикой. Одним из способов предотвратить эти проблемы является использование аэрационных установок [17].

Садки, используемые для выращивания рыбы, подразделяются на две основные группы: пресноводные и морские. В пресноводных водоемах, применяются следующие типы садков: стационарные, плавающие и плавающие садки на понтонах. Каждый из этих типов имеет свои особенности конструкции и может быть использован в различных масштабах.

Стационарные садки устанавливаются на сваях в водоемах с постоянным уровнем воды в течение всего года. Они могут использоваться как летом, так и зимой, даже при наличии льда на водоеме.

Морское рыбоводство является одной из отраслей аквакультуры, которая занимается разведением и выращиванием рыбы в морских и слабосоленых водоемах. В данной области выделяются три основных типа хозяйств: пастбищное, товарное (нагульное) и полносистемное.

Пастбищное морское рыбоводство основывается на искусственном разведении различных видов рыб и выращивании их молоди до достижения жизнеспособной стадии и возраста с использованием естественных пищевых ресурсов, доступных в морских водоемах [16].

Товарное выращивание рыбы в морских условиях в настоящее время осуществляется преимущественно в специальных вольерах. Развитие товарного морского рыбоводства началось около 30 лет назад.

Полносистемные аквакультуры представляют собой наиболее сложный тип хозяйств. Они включают содержание родительских поголовий рыб, выращивание посадочного материала и товарной рыбы, а также контроль и управление на всех стадиях разведения и выращивания. В полносистемных хозяйствах необходимо проводить селекционно-племенную работу с родительскими стадами.

Морские аквакультуры могут иметь различные структуры. Наземные аквакультуры или бассейновые пруды, расположенные на берегу, используют насосы для подачи морской воды. В наземных аквакультурах производится выращивание молоди (посадочного материала) и товарной рыбы. Часто такие хозяйства являются комбинированными, сочетающими в себе элементы наземных аквакультур и прудовых аквакультур. Самыми сложными являются полносистемные хозяйства, где осуществляется полный цикл аквакультуры: получение и инкубация икры, выращивание личинок и мальков, выращивание посадочного материала (годовиков, двух- и трехлетних особей) и получение

товарной продукции. В настоящее время морские аквакультуры наземного типа являются наиболее распространенными [17].

При выборе места для размещения морского садкового хозяйства следует учитывать несколько факторов, таких как температурный режим, погодные условия и гидрологические особенности. Важно выбирать места, защищенные от сильных ветров, чтобы предотвратить заморозки, но при этом обеспечить достаточное содержание кислорода и эффективное удаление остатков корма и экскрементов.

Очень важно выбирать чистую воду без загрязнений фенолами, тяжелыми металлами и другими токсическими веществами, которые превышают допустимые пределы, для садкового хозяйства.

В морских садках условия окружающей среды обычно схожи с естественными условиями. Даже без активного движения воды, обмен веществ между рыбой и окружающей средой происходит благодаря плавательным и дыхательным движениям рыб. Это обеспечивает достаточный уровень кислорода и удаление отходов и остатков корма через ячейки сетки.

1.1.3. Установки замкнутого водоснабжения

Установка замкнутого водоснабжения – это весьма популярный вариант обеспечения доступа к воде. Он позволяет значительно улучшить условия жизни и работы людей, сделав водоснабжение удобным и доступным в любое время.

УВЗ является одним из самых экономичных средств для получения доступа к воде. Создание замкнутой системы начинается с установки водопровода, после чего все соединения герметизируются. Это позволяет сохранить воду без потерь, что важно в условиях меняющихся климатических условий [15].

Плюсы установки замкнутого водоснабжения заключаются в экономии ресурсов и улучшении качества жизни людей. Вода, сохраненная в системе, не

подвергается различным воздействиям окружающей среды, что позволяет обеспечить ее даже в проблемных ситуациях.

Установка замкнутого водоснабжения – это процесс, который требует профессионального подхода. Его проведение должно осуществляться лишь квалифицированными специалистами, которые обладают современным оборудованием и опытом в данной области [8].

Таким образом, установка замкнутого водоснабжения является наиболее удобным и экономичным вариантом обеспечения доступа к воде. Такая система позволяет сохранять воду и обеспечивать ее безопасность.

Важно отметить, что установка замкнутого водоснабжения также имеет экологический аспект. В современном мире, где ресурсы не являются бесконечными, каждый шаг в сторону экономии и сохранения ресурсов имеет большое значение. Закрытая система водоснабжения позволяет сократить потребление воды, что в свою очередь приводит к снижению количества отходов и загрязнений окружающей среды. Кроме того, замкнутая система обеспечивает возможность повторного использования воды, что снижает затраты и уменьшает нагрузку на природные ресурсы.

Также следует учитывать, что установка замкнутой системы водоснабжения может потребовать значительных финансовых затрат и времени на проектирование и монтаж. Поэтому перед принятием решения о установке необходимо провести тщательный анализ не только технических, но и экономических аспектов [14].

Кроме того, установка замкнутой системы водоснабжения должна быть проведена в соответствии со всеми нормативными и законодательными требованиями. Необходимо учитывать гигиенические и санитарные нормы, а также требования по защите от пожара и других аварийных ситуаций.

В заключение, установка замкнутой системы водоснабжения является важным и перспективным шагом в развитии современной инфраструктуры. Она позволяет повысить уровень комфорта и безопасности, снизить затраты на использование ресурсов и защитить окружающую среду.

Кроме того, перед установкой замкнутой системы водоснабжения необходимо учитывать возможные риски, связанные с ее эксплуатацией, такие как возникновение коррозии, засорение и повреждение труб, а также возможность возникновения аварийных ситуаций, износ оборудования и конструкций [8].

Итак, установка замкнутой системы водоснабжения – перспективное решение, которое может обеспечить существенные экономические и экологические преимущества.

1.2. Качество вод при индустриальной аквакультуре

Индустриальная аквакультура является важным источником пищи для человечества, однако ее развитие сопровождается определенными проблемами, связанными с качеством воды.

В процессе производства рыбы и других водных организмов необходимо обеспечивать достаточное количество кислорода и витаминов, а также поддерживать правильный баланс питательных веществ в воде. Одним из основных факторов, влияющих на качество воды в аквакультуре, является использование химических удобрений и пестицидов в сельском хозяйстве, которые могут проникать в воду и негативно влиять на животных.

Другим важным аспектом является выбросы отходов от рыбоводства, таких как фекалии рыб и остатки корма. Органические отходы могут вызывать значительное загрязнение воды и приводить к развитию бактериальных инфекций.

В рамках решения этих проблем в индустриальной аквакультуре используются различные методы, такие как рециркуляция воды, использование биологических фильтров и механическая очистка воды. Эти методы позволяют улучшить качество воды и создать более благоприятные условия для здоровья рыб и других водных организмов.

Важно отметить, что качество воды напрямую определяет качество аквакультурной продукции, а значит, имеет непосредственное влияние на здоровье людей, потребляющих эту продукцию [11].

В последнее время все чаще обсуждаются этические аспекты индустриальной аквакультуры, такие как массовое уничтожение больных и поврежденных рыб, систематическое использование антибиотиков и промышленных кормов, которые могут оказывать негативное влияние на здоровье людей.

1.2.1. Требования к качеству вод

От загрязнений водоемы охраняются в соответствии с «Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения».

Есть параметры вод водоемов, которые должны соответствовать установленным нормированным значениям. Это такие параметры, как запах, привкус, температура воды, окраска, содержание плавающих примесей и взвешенных частиц, значение рН, концентрация и состав минеральных примесей и растворенного в воде кислорода, биологическая потребность воды в кислороде, состав и предельно допустимая концентрация (ПДК) ядовитых и вредных веществ и болезнетворных бактерий [10].

Предельно допустимая концентрация (ПДК) — это концентрация вредных и ядовитых веществ в воде водоема, которая при воздействии на организм человека не вызывает заболеваний и патологических изменений, даже если это воздействие будет в течении длительного времени на ежедневной основе. Также, эта концентрация не должна нарушать биологический оптимум в водоеме.

По своему составу эти вещества разнообразны, поэтому их нормируют по принципу лимитирующего показателя вредности (ЛПВ). ЛПВ — это наиболее вероятное неблагоприятное воздействие выбранного вещества.

Для водоемов ЛПВ разделяют на пять видов: санитарно-токсикологический, общесанитарный, органолептический, токсикологический и рыбохозяйственный [9].

В рыбоводных водоемах не должно быть никаких следов пестицидов, а содержание нефти и нефтепродуктов в эмульгированном состоянии должно быть не более 0,05 мг/л.; для этого необходимо проводить токсикологический анализ, который определит содержание в воде тяжелых металлов, пестицидов и нефтепродуктов. С допустимыми концентрациями тяжелых металлов можно ознакомиться в таблице 1. Если же концентрация превышает, то необходимо выявить источник загрязнения и принять соответствующие меры по его устранению.

Таблица 1 – Норматив ПДК очищенной сточной воды, поступающей в водоем рыбохозяйственного назначения

Наименование показателя	Норматив ПДК очищенной сточной воды, поступающей в водоем рыбохозяйственного назначения
Водородный показатель	рН 6,0-9,0
Нитраты	9 мг/дм ³
Железо	0,1 мг/дм ³
Сульфаты	100 мг/дм ³
Хлориды	300 мг/дм ³
СПАВ	0,5 мг/дм ³
Нефтепродукты	0,05 мг/дм ³
Аммоний (по азоту)	0,4 мг/дм ³
Аммоний-ион	0,5 мг/дм ³
Нитриты	0,2 мг/дм ³
БПК полн.	3 мгО ₂ /дм ³
Фосфат-ион	0,2 мг/дм ³
Фосфаты по(Р)	1-2 мг/дм ³
Щелочность	рН 7-9
Взвешенные вещества	10 мг/дм ³
Алюминий	0,04 мг/дм ³
Барий	0,74 мг/дм ³
Медь	0,001 мг/дм ³
Ртуть	Отсутствие

Свинец	0,1 мг/дм ³
Фенол	0,001 мг/дм ³
Фториды	0,75 мг/дм ³
Хром	0,07 мг/дм ³
Цинк	0,01 мг/дм ³
ХПК	30 мгО ₂ /дм ³

Общие показатели, характеризующие качество воды: жесткость, общая минерализация, солевой состав, температура, прозрачность, вкус, запах, цвет, содержание кислорода, углекислого газа, рН [3].

Рассмотрим некоторые из них.

Температура определяет скорость и характер всех жизненных процессов рыбы. Важнейшими для жизни являются физические свойства воды, которые определяются количеством растворенных солей, а они в значительной мере зависят от температуры. Также температура влияет и на растворение газов в воде. Оптимальные температуры для выращивания рыб приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Оптимальные температуры для выращивания рыб

Группа рыб	Температура активного роста, °С	Виды рыб
I	8-17	Чукучан, голец и паляя, угорь, лосось, форель, белорыбца, нельма, уголь, лосось, хариус, тихоокеанские лососи, храмуля, щука и др.
II	17-26	Стерлядь, русский осетр и бестер, ленский осетр, белуга, севанская форель, шемая, подуст, голавль, судак, усач, серебряный карась, рыбец, вырезуб, линь, сом, лещ
III	25-30	Пиленгас, лобан, сингиль, форелеокунь, белый амур, тилапия, веслонос, канальный сом, сазан и карп, толстолобик, черный амур, буффало, роху, змееголов, колоссома и др.

В аквакультуре диапазон кислотности составляет – 6.5-9.0. У рыб и позвоночных кровь имеет показатель рН 7.4. Рекомендовано поддерживать в прудах диапазон рН, близкий к рН крови рыб, это 7.0-8.0. Если показатель рН будет больше или меньше 5.0, рыба погибнет.

Большое количество различных элементов и минеральных солей, содержится в воде рек, озер, морей и океанов. От количества растворенных солей, воду разделяют на пресную, в которой содержится до 0,5‰, солоноватую, в которой 0,5—25‰, морскую, в которой 25—40‰ и пересоленную, где более 40 ‰. В таблице 3, приведены границы солёности для товарного выращивания некоторых рыб [3].

Таблица 3 – Границы солёности для товарного выращивания некоторых рыб

Группы	Солёность воды, г/л	Виды рыб
1	до 4-6	Караси, линь, карпы, толстолобики, амуры, османы, другие жилые карповые рыбы, а также щука, змееголов, хариусы, налим, стерлядь, веслонос и др.
2	8до 10-12	Лещ, сазан, кутум, шемая и другие полупроходные ленский осетр, карповые рыбы, судак, и др.
3	до 16-1	Пелядь и другие сиговые, форели, канальный сом, осетры, белуга, калуга, некоторые тилляпии и др.
4	до 30-36	Дальневосточные и другие лососи, угорь и др.
5	18-36	Морские рыбы: кефали, камбалы и др.
6	18-36	Эвригалинные осетровые, лососевые, угорь, тилляпии, полосатый окунь, бычки и др.

Необходимые санитарные нормы для рыбохозяйственных водоемов зависят от типа самого водоема, а также от вида рыбы и условий выращивания. Основную же опасность для рыб и водоема, представляют нефтепродукты, смолы и магний

1.2.2. Обеспечение качества вод

Для обеспечения качества вод применяются различные методы очистки, которые можно разделить на 4 группы: физические, химические, физико-химические и биологические.

В промышленных УЗВ чаще всего встречается физические и биологические методы очистки воды. А вот в бассейновых хозяйствах обычно используют только физический метод.

Физический метод, также называемый механическим, занимается удалением твердых отходов из поступающей воды; происходит это путем осаждения, фильтрации и флотации. При выращивании рыб в воду попадают различные загрязнители, такие как продукты метаболизма, остатки корма и экскременты. Нерастворенная в воде часть, образует взвешенные вещества.

В физическом методе очистки воды используются следующие приспособления: обычные отстойники или же их целая система, которые могут быть горизонтальными и вертикальными, полочные отстойники, в которых вода отстаивается и осветляется. Также применяются фильтры грубой и тонкой очистки, которые подразделяются на гравийные, песчаные, диатомовые, фильтры с плавающей загрузкой; иногда применяются еще и центрифуги, гидроциклоны.

В физическом методе есть основной недостаток – невозможность удалить из воды растворимые азотные соединения. Однако их присутствие в системе очистки необходимо.

Физико-химические методы. Используются в пресной, солоноватой и морской воде. К ним относятся адсорбция, ионообмен, ультрафиолетовое облучение, озонирование и др. Данный метод чаще всего используется в системах с небольшим объемом циркулирующей воды.

Растворенное органическое вещество удаляются из воды путем физической адсорбции на активированном угле или пеноотделительных колонках. Удаление растворенных органических веществ в пеноотделительных колонках, может происходить двумя путями:

- 1) поверхностно-активные вещества осаждаются, благодаря физической адсорбции на поверхности воздушных пузырьков в пеноотделительных колонках;

- 2) между поверхностно неактивными и поверхностно-активными веществами могут возникать химические связи и они удаляются вместе.

В этом методе вместе с пеной в пеноотделителях удаляются и взвешенные органические вещества. Также адсорбция не снижает количество аммония в воде пеноотделителей [4].

Ионообмен считается достаточно эффективным при удалении некоторых компонентов из воды. Так, например, применение этого способа позволяет извлечь до 90% аммония из воды. Используется данный метод только в пресной воде.

Дезинфекция – это процесс уничтожения патогенных микроорганизмов химическими и физическими способами. Для этого чаще всего используется ультрафиолетовое излучение и озонирование. Такие процессы снижают численность микроорганизмов, при этом не трогая патогенные организмы, которые обитают непосредственно на животных.

Химические методы включают в себя окисление и коагуляцию органических загрязнений. Для этого можно использовать соединения хлора, гидроокись железа и алюминия, квасцов, озона. Самым сильным техническим средством окисления веществ, содержащихся в воде, является озон. При небольшом проценте водообмена озон является идеальным средством для снижения количества микроорганизмов и устранения проблем с водорослями.

Биологическая очистка. Эта очистка является наиболее распространенной в замкнутых системах, заключается она в утилизации загрязнений с помощью микроорганизмов в процессах минерализации, нитрификации и денитрификации. Биологическая очистка позволяет обеспечить удовлетворительный гидрохимический режим, который очень важен при высоких плотностях посадки с использованием комбикормов. Поэтому эта очистка является важнейшей при эксплуатации установок замкнутого водоснабжения.

Дегазация. Из-за перенасыщения воды газами, в рыбоводных предприятиях индустриального типа, у рыб появляется газопузырьковая болезнь. Вода перенасыщается молекулярным азотом, в отдельных случаях и кислородом.

Чтобы не допускать развития этой болезни, нужно снижать избыток растворенных в воде газов до безопасного уровня. Для этого используют отстаивание, разбрызгивание воды, пропускание ее через систему ступенек или низконапорную аэрацию воздухом [4].

Терморегуляция. Ее используют в инкубационных установках, а также для увеличения темпа роста выращиваемых объектов. Температуру подаваемой воды можно изменять водоохладительными агрегатами или проточными нагревателями. В установках, где невозможно смешивание теплой и холодной воды, передачу тепловой энергии осуществляют теплообменники. Широкое применение в аквакультуре нашли пластинчатые теплообменники. Размер и количество необходимых пластин определяются в соответствии с тепловыми и гидродинамическими требованиями.

Аэрация. Зачастую вода, которая поступает на рыбоводное предприятие, нуждается в насыщении кислородом. Для получения кислорода используют специальные генераторы, работа которых основана на двух принципах:

1. VSA-генераторы кислорода производят кислород при невысоком давлении (около 1,5 бар). Преимуществом этого метода является уменьшение количества технических компонентов и более легкое обслуживание приборов;

2. PSA-генераторы дают кислород при давлении 3-5 бар, при отдаче кислорода давление составляет около 3,5 бар. Используемые в этом методе адсорбционные сита являются полностью регенерируемыми и имеют длительный срок службы [2].

Для насыщения воды кислородом в аквакультуре используются и различные модификации аэраторов, которые применяются как на поверхности водоема, так и на глубине. Если площадь водоема большая, то используются лопастные аэраторы.

Выводы по главе 1

Теоретическое изучение вопроса об индустриальном выращивании объектов аквакультуры позволило сделать следующие выводы:

1. Выделяют три основных вида индустриальной аквакультуры: бассейновое хозяйство, садковое хозяйство и установки замкнутого водоснабжения.

Бассейновые хозяйства позволяют контролировать условия содержания рыбы, регулировать интенсивность и обмен воды, создавать оптимальные температурные и гидрохимические условия для роста рыбы. В таких хозяйствах возможны круглогодичное разведение товарной рыбы и полная механизация и автоматизация процессов рыбоводства. Они также оснащены системой очистки воды и обратного водоснабжения, в них обеспечивается надежный контроль за состоянием рыбы.

Садковые хозяйства играют значительную роль в индустриальном рыбоводстве. Основными преимуществами садкового метода являются его простота конструкции и низкие затраты, не требуются большие капиталовложения. Также садковые хозяйства не требуют механического подвода воды, что снижает эксплуатационные расходы.

Установки замкнутого водоснабжения — эта технология производства гидробионтов обладает большой эффективностью. В течение полугода уже можно получить результат — готовый к употреблению продукт, это будет рыба высокого качества при отсутствии гормонов роста и антибиотиков.

2. В аквакультуре качество воды напрямую определяет качество аквакультурной продукции, а значит, имеет непосредственное влияние на здоровье людей, потребляющих эту продукцию.

Определены параметры вод водоемов, которые должны соответствовать установленным нормированным значениям. Это такие параметры, как запах, привкус, температура воды, окраска, содержание плавающих примесей и

взвешенных частиц, рН, концентрация и состав минеральных примесей и растворенного в воде кислорода, биологическая потребность воды в кислороде, состав и предельно допустимая концентрация ядовитых и вредных веществ и болезнетворных бактерий.

Для обеспечения качества вод применяются различные методы очистки, которые подразделяются на физические, химические, физико-химические и биологические.

Глава 2. ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОД ПРИ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ МЕТОДАХ ВЫРАЩИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ

В индустриальном рыбоводном хозяйстве особое значение придается выбору источника водоснабжения, так как это напрямую влияет на качество жизни и здоровья рыб. В промышленном рыбоводстве особое внимание уделяется качеству воды, по причине того, что растворенные вещества могут попасть в организм рыбы и вызвать определенного рода проблемы. Несмотря на факт того, что при проверке структуры вода не содержит примесей и солей, совсем не означает, что она полностью подходит для биологии рыб. Поэтому для обеспечения качественных характеристик воды в хозяйствах аквакультуры используются специальные методы, такие как подогрев воды, дегазация и насыщение кислородом [5].

При выборе источника воды следует учитывать ежедневный и сезонный температурный и газовый режим, соответствующий потребностям выращиваемых видов рыб. Это особенно важно для промышленных хозяйств, где температурный и газовый режимы регулируются. Подача воды с минимальной коррекцией температуры и газового состава необходима для обеспечения эффективного роста рыбы.

Существует два основных типа источников воды для индустриального рыбоводства: поверхностные и подземные. Однако при выборе источника водоснабжения необходимо рассмотреть все дополнительные факторы, такие как подача воды, ее качество и санитарный статус.

Родниковая и скважинная вода отличаются высокой чистотой, постоянной скоростью потока и другими полезными свойствами, но их температура может быть ниже оптимальной для рыб, что требует дополнительных мер, таких как нагрев или дегазация [3].

В настоящее время наиболее привлекательным вариантом является использование технологических стоков тепловых и атомных электростанций. Использование такой воды может быть эффективным для выращивания

различных видов рыб, как зимой, так и летом после некоторой корректировки. Эти воды нередко рассматриваются как оптимальный источник водоснабжения для рыбоводных предприятий индустриального типа.

2.1. Комплексный подход к оценке состояния вод на объектах индустриальной аквакультуры

Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) разработала Техническое руководство по сертификации аквакультуры. Согласно международным рекомендациям, данное включение должно осуществляться на основе определенных положений, которые регулируют процесс получения качественного продукта и максимизации эффективности производства.

1. Современное аквакультурное производство и торговля продукцией этой отрасли имеют все большую значимость для обеспечения продовольственной и экономической безопасности мирового сообщества. Однако, увеличение масштабов производства аквакультуры приводит к определенным опасениям относительно влияния этой отрасли на окружающую среду, местные сообщества и потребителей. В этой связи, актуальной задачей является разработка мероприятий по обеспечению устойчивого развития аквакультуры, которые будут учитывать потребности и интересы мелкомасштабных аквакультурных хозяйств, не обладающих достаточной ресурсной базой. Также, важной задачей является включение мелких производителей в рыночные цепочки и корпоративную социальную ответственность;

2. Одним из потенциальных инструментов для минимизации возможных негативных последствий аквакультурного производства является система сертификации. Сертификация представляет собой механизм, позволяющий контролировать качество продукции и соответствие ее экологическим, социальным и гигиеническим нормам. Внедрение сертификации в

аквакультурное производство и торговлю может помочь увеличить уровень доверия потребителей к данному типу продукции, а также минимизировать возможные риски отрицательного воздействия на окружающую среду и местные сообщества.

3. Аквакультура как перспективное направление развития рыбоводства все больше привлекает внимание экспертов в сфере здравоохранения и продовольственной безопасности. Сертификация и международные нормы регулирования являются необходимым условием для эффективного функционирования этой отрасли [6].

В связи с этим системы сертификации продукции аквакультуры должны быть основаны на трех компонентах, которые обеспечат эффективную работу данной отрасли. Первым компонентом являются стандарты, которые определяют требования к продукту. Вторым компонентом – аккредитация, которая отвечает за проверку соответствия производителей установленным стандартам. Наконец, сертификация конечного продукта подтверждает соответствие спецификации и отражает коммерческую ценность данной продукции.

Стандарты сертификации продукции аквакультуры представляют минимальные критерии, которые должны учитываться в процессе их разработки. Здоровье животных, условия содержания, качество продуктов питания, безопасность, защита окружающей среды и социально-экономические аспекты являются важными факторами, имеющими отношение к сертификации продукции аквакультуры.

Осуществление этой деятельности должно обеспечивать надлежащие условия для разводимых водных животных, что включает оптимальное и здоровое содержание путем уменьшения нагрузки и ограничения опасности заболеваний водных животных на всех этапах производственного цикла. Для обеспечения правильных условий содержания животных необходимо учитывать только те условия, которые гарантируют сохранение здоровья в соответствии с нынешними и будущими стандартами Всемирной организации по охране здоровья животных (ВООЗЖ). Обеспечение надлежащих условий

содержания включает расчет оптимальной плотности заселения, а также поддержание надлежащей культивационной среды для водных животных. Сам контроль за заболеваниями водных животных должен основываться на активном мониторинге и предотвращении эпидемий. Охрана здоровья животных является главным фактором, обеспечивающим стабильный и прибыльный рост производства в области аквакультуры [12].

Минимальные стандарты, необходимые для разработки требований к здоровью водных животных и создания необходимых условий для схем сертификации продукции аквакультуры, следующие:

1. Важнейшим критерием для охраны здоровья водных животных является разработка соответствующих программ в соответствии с национальным законодательством и нормативными актами. Особое внимание должно быть уделено Техническому руководству Кодекса ведения ответственного рыболовства (КВОР) ФАО и стандартам ВООЗЖ, которые гарантируют безопасность перемещаемых живых особей водных организмов. Оптимальная температура, освещение, питание и уход за животными также критически важны для обеспечения условий, необходимых для сертификации аквакультуры. Кроме того, системы мониторинга, оценки, обучения персонала и регулярные проверки являются необходимыми мерами для обеспечения надлежащего ухода и содержания водных животных;

2. Исследование перемещения водных животных, продуктов животного происхождения и их генетического материала является важной темой современных научных исследований. Во избежание распространения заболеваний среди водных животных и заражения животных патогенными инфекционными заболеваниями необходимо соблюдать соответствующие требования Всемирной организации охраны здоровья животных.

Учитывая особенности разводимых особей, условия среды культивирования должны соответствовать критериям охраны здоровья и надлежащих условий содержания водных животных на всех этапах производственного цикла;

3. В аквакультуре использование ветеринарных препаратов необходимо для профилактики и лечения заболеваний животных. Однако при их использовании необходимо учитывать их эффективность и безопасность для защиты здоровья животных и человека, а также окружающей среды, в дополнение к требованиям действующего законодательства и международных соглашений;

4. При использовании поликультуры или интегрированной мультипитательной аквакультуры с участием различных видов животных необходимо учитывать разнообразие требований к благополучию животных, таких как температура и качество воды. Использование поликультуры должно быть тщательно продумано, чтобы минимизировать распространение болезней между различными видами, при этом следует учитывать те же соображения, что и при раздельном содержании каждого вида;

5. Безопасность и качество пищевых продуктов должны быть обеспечены в аквакультурных хозяйствах; для обеспечения охраны здоровья водных животных в аквакультуре необходимо использовать соответствующие национальные или международные стандарты, включая руководства ФАО/ВОЗ по Кодексу [7].

Были разработаны минимальные критерии требований к безопасности и качеству пищевых продуктов в области сертификации продукции аквакультуры. Согласно этим критериям:

1. Аквакультура является важной отраслью производства продуктов питания, и качество воды, используемой в этой отрасли, имеет принципиальное значение для безопасности и качества выпускаемой продукции. Критерием безопасности является отсутствие опасных для здоровья человека факторов в воде, используемой в производстве. В связи с этим, использование сточной воды в аквакультуре не допускается. В случае применения сточной воды, необходимо соблюдать руководство ФАО по безопасному использованию сточных вод и экскретов;

2. Отдельное внимание уделяется источникам особей-производителей и посадочного материала для разведения. Особое внимание следует уделять качеству источника и необходимости выполнения всех необходимых требований и процедур при использовании особей-производителей и посадочного материала для разведения. Только таким образом можно обеспечить высокое качество продукции, безопасность потребления и защиту здоровья человека;

3. В животноводстве важную роль играют мероприятия и вводимые ресурсы, влияющие на качество и безопасность продуктов питания. Чтобы обеспечить достижение этой цели, необходимо отслеживать и регистрировать эти виды деятельности и вводимые ресурсы. Необходимо учитывать множество факторов, включая источники кормов, посадочный материал, ветеринарные и противомикробные средства, добавки и химикаты.

Для обеспечения контроля деятельности и вводимых ресурсов необходимо регистрировать их источник и тип, концентрацию химических и ветеринарных препаратов, дозы, методы применения и перерывы в использовании. Причины их использования также должны регистрироваться;

4. В аквакультуре важно обеспечить оптимальные условия для выращивания рыбы и высокие стандарты гигиены на ферме и во время технических операций. На фермах аквакультуры необходимо внедрить эффективное управление гигиеной и санитарией, особенно для предотвращения загрязнения водной системы экскрементами и фекалиями животных и людей. Передовые технологии и высокие стандарты гигиены должны быть внедрены на фермах аквакультуры для обеспечения высокой безопасности и качества продукции аквакультуры;

5. В хозяйствах, занимающихся разведением двустворчатых моллюсков, необходимо проводить мероприятия, направленные на предотвращение различных биолого-химических заражений, а также на сокращение биотоксинного загрязнения [21].

Таким образом, аквакультура должна быть развиваема с учетом ее воздействия на окружающую среду и должны быть выработаны строгие правила и политики для защиты экосистемы и снижения экологических рисков.

Вопрос разработки требований в области экологической безопасности является важным аспектом систем сертификации продукции аквакультуры. Существует несколько критериев, которые рекомендуется учитывать в процессе разработки таких требований.

В первую очередь, следует отметить, что необходимо оценить воздействие аквакультурных мероприятий на окружающую среду, с учётом требований национального законодательства. Для обеспечения эффективной оценки, рекомендуется использовать соответствующие методологии.

Кроме того, важным аспектом является регулярный мониторинг состояния окружающей среды как внутри хозяйства, так и за его пределами. Для этого необходимо применять соответствующие методы и вести учётную документацию, содействующую ясному прослеживанию изменений в экологической ситуации.

Немаловажным нюансом в сохранении окружающей природной среды является оценка и смягчение ее воздействия на экосистемы, такие как фауна, флора и среда обитания. Для улучшения состояния окружающей среды и сохранения экологического равновесия необходимо проводить соответствующие мероприятия [5].

При отборе материалов следует уделять внимание питанию экосистем, особенно при использовании материалов из дикой природы, чтобы минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Важным аспектом является создание эффективной инфраструктуры и системы утилизации отходов от деятельности водных хозяйств. Это нужно осуществлять с большой ответственностью, учитывая важность сохранения природного баланса.

Необходимо учитывать и минимизировать отрицательное воздействие на окружающую среду при использовании кормов, кормовых добавок, химических

веществ, ветеринарных препаратов (включая антимикробные препараты), а также при работе с навозом и удобрениями в водных хозяйствах. Это, кроме того, помогает повысить экономическую жизнеспособность таких хозяйств [11].

2.2. Особенности контроля качества вод в хозяйствах различного вида

В современном мире обеспечение безопасности продукции является важнейшей задачей, особенно в сфере продовольственной безопасности. Контроль процесса производства является неотъемлемой частью общего процесса обеспечения безопасности продукции, являясь важным инструментом для обеспечения безопасности и повышения качества продукции. Он позволяет предпринять меры для идентификации и устранения возможных опасностей, а также обеспечить надежность продукции при ее выпуске на рынок.

Эффективная система управления безопасностью производства нужна для обеспечения качества и безопасности продукции аквакультуры. Система управления безопасностью – это совокупность организационных структур, практик и процессов, необходимых для выявления, снижения и устранения опасностей до приемлемого уровня риска. Системы менеджмента безопасности обеспечивают производство безопасной продукции.

В настоящее время организации, работающие в цепях создания и поставок продукции, сталкиваются с высокими требованиями к безопасности продукции. Для решения этой проблемы были разработаны различные стандарты и принципы. Например, стандарт ISO 9001 предназначен для системы управления, а принципы ХАССП представляют собой анализ рисков в производстве. Кроме того, существуют требования к обязательным предварительным мероприятиям, таких как санитарно-гигиенические мероприятия, процедуры ремонта и мойки оборудования и т.д. [6].

Для предприятий пищевой промышленности в России установлены стандарты, которые определяют требования к системам менеджмента

безопасности. Один из таких стандартов – ГОСТ Р 51706.1-2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования», содержащий общие требования к системам качества пищевых продуктов на основе принципов ХАССП.

Еще один действующий стандарт в РФ, определяющий требования к системам менеджмента безопасности пищевых продуктов – ГОСТ Р ИСО 22000-2007. Наличие этих стандартов гарантирует, что компании в пищевой промышленности будут следовать определенным правилам и принципам, которые обеспечат безопасность и качество производимой продукции.

Для разработки программ обязательных предварительных мероприятий необходимо учитывать требования международных и европейских стандартов, а также использовать существующие гигиенические программы и планы производственного контроля [10].

Использование оценки риска при контроле безопасности пищевых продуктов становится сегодня все более распространенным подходом в мировой пищевой промышленности. На сегодняшний день, одним из самых эффективных методов обеспечения безопасности продукции является ХАССП (английская транскрипция НАССР — Hazard Analysis And Critical Control Points), основанный на системном подходе. Концепция данной методики включает в себя идентификацию, оценку и управление опасными факторами, которые могут негативно влиять на безопасность пищевых продуктов, и охватывает все этапы жизненного цикла продукта — от приобретения сырья до потребления конечным пользователем [4].

Для обеспечения качества и безопасности рыбной продукции необходимо не только соблюдать обязательные требования, но и учитывать добровольные сертификационные схемы. Экологическая сертификация является одной из наиболее распространенных схем сертификации и определяет уровень устойчивого использования рыбных ресурсов и учитывает такие экологические вопросы, как защита рыбных ресурсов и воздействие производства на природную среду [3].

Для обеспечения благополучия предприятий, занимающихся рыбоводством, требуется разработка специальных мер по защите водных биоресурсов от различных форм загрязнения. При этом важно учитывать экологическую безопасность технологических процессов, избегать возможного негативного влияния на экосистемы. Производство продукции аквакультуры в России регулируется нормативными актами и законодательством.

В зависимости от вида водопользования существует несколько подходов и методов оценки качества воды. Для оценки состояния поверхностных вод составляются санитарные классификации по степени влияния антропогенных факторов. При этом индекс загрязнения воды (ИЗВ) и удельный комплексный индекс загрязнения воды (УКИЗВ) являются важными показателями [12].

Защита подземных вод является важной составляющей обеспечения экологической безопасности. Гигиеническая классификация состояния подземных вод, содержащаяся в санитарных правилах по охране подземных вод (СП 2.1.5.1059-01), основывается на оценке степени воздействия техногенных факторов на подземные воды (Таблица 4).

Таблица 4 – Гигиеническая классификация подземных вод по степени выраженности влияния техногенного фактора

Степень влияния на качество подземных вод техногенных факторов	Степень загрязнения подземных вод
Допустимое	Периодическое превышение фоновых показателей при их максимальных уровнях на протяжении года ниже гигиенических нормативов
Слабо выраженное	Сохранение тенденции к возрастанию показателей техногенного загрязнения при ежемесячном отборе в течение года. При этом максимальные уровни загрязнения находятся ниже гигиенических нормативов
Предельное	Стабильное превышение фоновых показателей при их максимальных содержаниях на уровне ПДК
Опасное	Стабильное превышение фоновых показателей при их максимальных содержаниях выше ПДК

В промышленных рыбоводческих хозяйствах, использующих воду из подземных источников, необходимо систематически контролировать ее качество на предмет соответствия нормативам.

2.3. Технологии оценки качества вод

Не существует единого показателя, который характеризовал бы весь комплекс характеристик воды, оценка качества воды ведется на основе системы показателей. Технологии оценки качества воды различаются на гидрохимические и гидробиологические. Благодаря этим показателям можно составить полную картину о составе воды.

2.3.1. Оценка качества вод по гидрохимическим показателям

Гидрохимические показатели качества воды играют важную роль в определении ее естественного состояния и могут быть измерены при помощи гидрохимических методов. Эти методы позволяют определить химический состав воды, включая такие показатели, как водородный показатель (рН), растворенный кислород, минерализация и другие. Они представляют собой основные характеристики воды и важны для ее классификации и описания в качестве природного ресурса.

В число гидрохимических показателей качества воды входят как катионы (например, кальций, магний, натрий и калий), так и анионы (например, карбонаты, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды). Также важны данные о биогенных элементах, таких как нитраты, фосфаты, аммоний, нитриты, фториды и железо общее. Они могут быть измерены с помощью лабораторных и полевых методов [20].

В поверхностных водах со значительным содержанием диоксида углерода наблюдается щелочная реакция, а изменения рН тесно связаны с процессами фотосинтеза. Водоросли и другие подводные растения при

поглощении углекислого газа высвобождают ионы OH^- , которые влияют на рН воды [20].

Гумусовые кислоты в почвах также могут служить источником ионов водорода. Гидролиз солей тяжелых металлов также может повлиять на изменение рН, когда значительное количество сульфатов железа, алюминия, меди и других металлов попадают в воду.

В реках величина рН обычно изменяется в пределах от 6,5 до 8,5, что указывает на нейтральную или слабощелочную природу воды. Вблизи болот показатель рН может быть меньше и варьировать от 5,5 до 6,0. В атмосферных осадках концентрация ионов водорода обычно составляет от 4,6 до 6,1. В морских водах значение рН колеблется в диапазоне от 7,9 до 8,3.

Степень кислотности (рН) природных вод подвержена суточным и сезонным изменениям. Зимой, величина рН колеблется от 6,8 до 7,4 для большинства речных вод, а летом - от 7,4 до 8,2. Кроме того, величина рН может зависеть от геологии водосборного бассейна [20].

При проверке качества природной воды важную роль играет измерение значений рН. Методы включают измерение рН и колориметрическое измерение. Измерение рН проводится с помощью рН-метра, который является стационарным лабораторным прибором. Визуальные колориметрические методы, при которых используются портативные тестовые наборы, изменяют цвет раствора на основе реакции индикатора с ионами водорода [20].

Если водоем загрязнен промышленными стоками, которые могут включать сильные кислоты и их соли, рН может упасть ниже 4,5. Часть общей кислотности, которая снижает рН до значения ниже 4,5, называется свободной кислотностью.

Определение кислотности воды важно для анализа воды и проводится путем титрования щелочным раствором. Результат измерения кислотности выражается в грамм-эквивалентах/литр или миллиграмм-эквивалентах/литр. Для титрования используются растворы KOH или NaOH с концентрацией 0,05

или 0,1 грамм-эквивалентов/литр. Кислотность воды определяется на основе количества щелочи, необходимой для нейтрализации воды [20].

Естественная кислотность воды может быть вызвана присутствием органических слабых кислот, таких как гуминовая кислота. Однако загрязнение промышленными стоками и кислотные дожди могут снизить значение pH воды, делая ее более кислотной.

Концепция щелочности описывает способность определенных компонентов в природной или очищенной воде соединяться с равным количеством сильных кислот. Эти составляющие включают сильные щелочи, летучие основания и анионы, которые подвергаются гидролизу в водных растворах с $\text{pH} > 8,5$; летучие и нелетучие слабые основания, и анионы, такие как HCO_3^- , H_2PO_4^- , CH_3COO^- и HS^- , а также анионы гуминовых кислот также могут влиять на щелочность воды.

Щелочность воды определяется путем измерения количества сильной кислоты, необходимой для нейтрализации 1 дм^3 воды. Для природных вод щелочность обычно определяется только наличием углеродных солей кальция и магния, а значение pH воды никогда не превышает 8,3 [2]

В изучении pH пробы воды используют индикаторы, такие как фенолфталеин и метиловый оранжевый.

Индекс загрязнения воды (ИЗВ) и удельный комплексный индекс загрязнения воды (УКИЗВ) являются важными показателями. Для расчета нормированной величины, необходимо разделить соответствующую норму на содержание кислорода в растворе:

$$\text{ИЗВ} = \sum (C_i / \text{ПДК}_i) / 6 ,$$

затем, проводится окончательное вычисление индекса загрязнения водной среды (ИЗВ), используя соотношение, в котором фактическая концентрация каждого вещества (например, БПК₅ и растворенного кислорода) заменяется на нормированную величину, полученную с помощью вышеуказанных методов (Таблица 5) [2].

Таблица 5 – Классификация загрязнения вод по ИЗВ

Класс загрязнения	Характеристика загрязнения	Значение ИЗВ	
		Пресные воды	Морские воды
I	Очень чистая вод	Менее 0,3	Менее 0,25
II	Чистая вода	0,3-1,0	0,25-0,74
III	Умеренно загрязненная вода	1,0-2,5	0,75-1,24
IV	Загрязненная вода	2,5-4,0	1,25-1,74
V	Грязная вода	4,0-6,0	1,75-3,0
VI	Очень грязная вода	6,0-10,0	3,1-6,0
VII	Чрезвычайно грязная вода	Более 10,0	Более 6,0

При осуществлении наблюдения за состоянием вод в настоящее время использует комбинаторный индекс загрязнения воды (КИЗВ) вместо ИЗВ. Расчет этого показателя осуществляется в соответствии с методикой, установленной в РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» [2].

С помощью коэффициента комплексности загрязненности воды можно предварительно оценить ее состояние. Данный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$K_{jj} = (N'_{jj} / N_{jj}) * 100\%$$

где K_{jj} – представляет собой коэффициент комплексности загрязнения воды для j -го створа по результатам анализа на наличие ингредиентов;

N'_{jj} – количество нормируемых ингредиентов, значение которых превышает соответствующие ПДК в f -м результате анализа.

В соответствии с вычислением коэффициента комплексности загрязненности воды были установлены три категории вод: первая категория, где коэффициент от 0 до 10%; вторая категория – от 10 до 40%; третья категория – коэффициент от 40 до 100%. В случае значительного превышения ПДК уровень загрязнения рассматривается как высокий или экстремально высокий (Таблица 6).

Таблица 6 – Критерии определения высокого и экстремально высокого уровней загрязненности воды водных объектов по гидрохимическим показателям

Ингредиенты и показатели качества	Кратность превышения ПДК (k) для случаев	
	Высокого загрязнения	Экстремально высокого загрязнения
1-2-го класса опасности	$3 < k < 5$	$k > 5$
3 -4-го класса опасности (кроме нефтепродуктов, фенолов, Cu и Fe _{общ.})	$10 < k < 50$	$k > 50$
4-го класса опасности (нефтепродукты, фенолы, Cu и Fe _{общ.})	$30 < k < 50$	$k > 50$

Индекс загрязнения воды является основным показателем при оценке степени загрязнения водного объекта. Рассматривая критерии оценки загрязненности воды, выделяют две важных характеристики – повторяемость загрязнения и кратность превышения ПДК [20].

В процессе оценки качества воды необходимо рассмотреть каждый из ее ингредиентов. Для этого проводится оценка повторяемости загрязнения каждого ингредиента и анализируется кратность превышения нормативов. Далее определяется удельный комбинаторный индекс загрязненности воды – УКИЗВ (Таблица 7).

Таблица 7 – Классификация качества воды водотоков по значению УКИЗВ

Загрязненность		Характеристика состояния загрязненности воды
Класс	Разряд	
1		Условно чистая
2		Слабо загрязненная
3	а	Загрязненная
	б	Очень загрязненная
4	а	Грязная
	б	Грязная
	в	Очень загрязненная
	г	Очень загрязненная
5		Экстремально загрязненная

ГОСТ 17.1.2.04-77 определяет нормы таксации водоемов рыбохозяйственного назначения. Оценка степени загрязнения воды

основывается на классах сапробности, которые отражают воздействие на водный объект антропогенных веществ органического и биологического происхождения. При использовании водных объектов в рыбохозяйственных целях следует учитывать указанные классы сапробности.

Исследование включало шесть классов сапробности: ксеносапробность, олигосапробность, бета-мезосапробность, альфа-мезосапробность, полисапробность и гиперсапробность, каждый из которых отражает конкретное состояние воды, начиная от чистой и заканчивая сильно загрязненными водами. Определение класса сапробности производится на основе количественных показателей, таких как содержание растворенного кислорода, прозрачность воды, значения БПК₅ и БПК₂₀, перманганатная окисляемость, содержание биогенных соединений, сероводорода и микробиологических параметров.

Воды, содержащие низкую соленость (до 1,00‰) или имеющие характеристики солоноватых и эстуарных вод (соленость от 1,01‰ до 15,00‰), могут быть классифицированы по значению водородного показателя. Например, воды могут быть разделены на несколько групп в зависимости от их кислотно-щелочных свойств: нормальные (с рН в интервале от 6,5 до 8,5); слабокислые (с рН от 6,4 до 5,0), которые могут быть опасными для рыб при сочетании с повышенным уровнем двуокси углерода и солей железа; кислые (с рН ниже 5,0), которые опасны для рыб в любом случае; слабощелочные (с рН от 8,6 до 9,5), которые могут стать опасными для рыб при длительном воздействии; и щелочные (с рН выше 9,5), которые всегда являются опасными для рыб. Поэтому при изучении состава и характеристик водных систем необходимо учитывать их кислотно-щелочные свойства, так как это может повлиять на условия для существования рыб в данных водных системах.

2.3.2. Оценка качества вод по гидробиологическим показателям

Попадание токсичных веществ в природную среду имеет серьезные последствия для водных экосистем. Оно запускает цепь реакций, как на уровне отдельных организмов, так и на уровне экосистемы в целом. Каждая из этих реакций может быть использована для анализа влияния антропогенного воздействия на экосистему. Изучая эти реакции, можно разработать показатели, отражающие состояние биоты, и ее реакцию на загрязнение. Существует широкий спектр загрязняющих веществ, которые попадают в водоемы и могут оказывать токсическое воздействие на организмы. Это проявляется в таких эффектах, как повышенная смертность, подавление физиологических функций и ингибирование роста. Кроме того, такие вещества могут запускать процессы эвтрофикации, способствующие быстрому размножению биоты. Такая тесная взаимосвязь между состоянием воды и биоценозом привела к оценке качества воды на основе водных биологических показателей [9].

Биологические методы анализа существуют в рамках двух основных направлений – биоиндикация и биотестирование. Первый метод, основанный на гидробиологических показателях, позволяет оценить состояние биоты в условиях загрязнения, в то время как второй, использующий показатели водной токсикологии, позволяет оценить воздействие загрязнения экспериментальным путем, с использованием тест-объектов в лабораторных условиях.

Биоиндикация предоставляет информацию об отклике водной экосистемы на воздействие, тогда как биотестирование характеризует само воздействие на основе использования представительных тест-объектов. Биодиагностика, основанная на этих двух методах, позволяет выявить причины и факторы изменения среды [6].

Направление биоиндикации может быть применено для оценки качества водных объектов в природных условиях. Результирующие данные позволяют установить уровень загрязнения водоемов и определить его причину. Метод

биотестирования, в свою очередь, используется для оценки токсичности веществ в водной среде.

В настоящее время метод оценки качества водной среды является одним из наиболее распространенных и эффективных в мире. Главной целью данного метода является оценка степени загрязненности воды по индикаторным организмам с помощью сапробиологического анализа, который в настоящее время широко используется [17].

Индивидуальный индекс сапробности – численное значение, которое присваивается каждому виду исследуемых организмов и отражает их физиолого-биохимические свойства, позволяющие жить в воде с различной концентрацией органических веществ. Для получения статистически достоверных результатов, в пробе должно быть не менее двенадцати индикаторных организмов с общим числом особей не менее тридцати в поле наблюдения. Приведенная в таблице 8, классификация водных объектов основана на значении индекса сапробности *S*. Этот индекс может рассматриваться как интегральная характеристика состояния водных экосистем [18].

Таблица 8 – Классы качества вод в зависимости от индексов сапробности (Никаноров, 2005)

Уровень загрязненности вод	Зоны сапробности	Индексы сапробности S	Классы качества вод
Очень чистые	ксеносапробная	<0,50	I
Чистые	олигосапробная	0,50-1,50	II
Умеренно загрязненные	α-мезосапробная	1,51-2,50	III
Тяжело загрязненные	(β-мезосапробная	2,51-3,50	IV
Очень тяжело загрязненные	полисапробная	3,51-4,00	V
Очень грязные	полисапробная	>4,00	VI

Водные объекты являются важной частью экосистем и могут участвовать в процессах самоочищения. Для оценки степени загрязнения водных объектов были введены индикаторные виды сапробов. Очень чистые участки водного

объекта характеризуются присутствием α -ксеносапробов. На следующем уровне находятся θ -сапробы (олигосапробы), которые характеризуют чистую воду. На умеренно загрязненных участках водного объекта преобладают ρ -мезосапробы (бета-мезосапробы) и α -мезосапробы (альфа-мезосапробы). Они свидетельствуют о том, что участок воды подвергается умеренному загрязнению [17].

Сильно загрязненные участки воды характеризуются наличием ρ -сапробов (полисапробов). Они являются индикатором высокой степени загрязнения воды и могут свидетельствовать об опасности для живых организмов, включая человека.

Таким образом, используя различные виды сапробов-индикаторов, можно оценить степень загрязнения водных объектов и принимать меры для их защиты и снижения уровня загрязнения. Расчет индекса сапробности по фитопланктону дает представление о качестве водного объекта [12].

Применение олигохетного индекса является ещё одним способом для простой и быстрой оценки качества воды. Он основан на процентном содержании олигохет-индикаторов сильного загрязнения в общем количестве бентосных животных организмов: чем больше доля олигохет в отложениях, тем хуже качество воды (Таблица 9).

Таблица 9 – Классификация качества воды по гидробиологическим показателям

Класс вод	Степень загрязнения воды	Зообентос		Фитопланктон, зоопланктон, перифитон
		Относительная численность олигохет, %	Биотический индекс	Индекс сапробности по Пантле и Букку (в модификации Сладечека)
I	Очень чистая	1-20	10-8	<1
II	Чистая	21-35	7-5	1,1-1,5
IV	Загрязненная	51-65	2-1	2,6-3,5
V	Грязная	66-85	1-0	3,6-4,0
VI	Очень грязная	86-100 или макрозообентос отсутствует	0	>4,0

Еще одним показателем качества воды являются микробиологические показатели. Однако, в ряде современных систем оценки качества природных вод, микробиологические показатели применяются весьма скупо. Результаты анализов микробиологических показателей могут дать дополнительную информацию о состоянии водной экосистемы и уровне ее загрязнения. Однако для более полной оценки необходимо учитывать и другие характеристики водной среды, такие как содержание химических веществ в воде.

Для оценки состояния экосистемы водного объекта по уровню развития бактериопланктона учитывают общую численность микроорганизмов, численность сапрофитной микрофлоры и отношение общей численности к сапрофитной микрофлоре. В системе государственного мониторинга устанавливается уровень загрязненности воды и класс качества водного объекта в зависимости от микробиологических показателей, который представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Классификация качества воды по микробиологическим показателям (РД 52.24.309-2016)

Класс качества воды	Степень загрязненности воды	Микробиологические показатели		
		Общая численность бактерий, млн кл./см ³ (а)	Численность сапрофитных бактерий, млн кл./см ³ (б)	Отношение а:б
I	Условно чистая	ДО 1,0	до 5,0	10 ³
II	Слабо загрязненная	1,1-3,0	5,1-10,0	10 ³ - 10 ²
III	Загрязненная	3,1-5,0	11,0-50,0	менее 10 ²
IV	Грязная	5,1-10,0	51,1-100,0	менее 10 ²
V	Экстремально грязная	Св. 10,0	Св. 100	менее 10 ²

Оценка качества воды, основанная на использовании смешанных систем, является одним из наиболее эффективных методов биологического анализа. Эта методика объединяет в себе принципы оценки по индикаторным организмам и по уменьшению видового разнообразия в условиях загрязнения воды [21].

Выводы по главе 2

1. Поверхностные источники воды содержат большое количество минералов и органических веществ, которые требуют очистки и фильтрации. Кроме того, эти источники воды часто загрязнены различными промышленными и городскими сточными водами, химическими соединениями и удобрениями, что может привести к распространению сине-зеленых водорослей, доминирующих в экосистеме. Эти водоросли могут содержать фенольные соединения, вредные для качества воды.

Таким образом, очистка воды очень важна, поскольку загрязнение воды оказывает негативное воздействие на живые организмы.

В оценке качества воды для промышленной аквакультуры должен быть реализован комплексный подход.

2. В определении экологического состояния вод важную роль играют гидрохимические показатели качества воды. Основные гидрохимические показатели: pH, растворенный кислород, минерализация, общая жесткость, содержание тяжелых металлов и другие.

Классификации загрязненности вод по гидрохимическим показателям основаны на определении комплекса гидрохимических показателей и их сравнения с ПДК.

3. Биологические методы анализа делятся на два основных направления: биоиндикация и биотестирование. Первый метод, основанный на гидробиологических показателях, позволяет оценить состояние биоты в условиях загрязнения, в то время как второй, использующий показатели водной токсикологии, позволяет оценить воздействие загрязнения экспериментальным путем, с использованием тест-объектов в лабораторных условиях. Используя различные виды сапробов-индикаторов, можно оценить степень загрязнения

водных объектов и принимать меры для их защиты и снижения уровня загрязнения.

Таким образом, гидробиологический метод позволяет оценить ответную реакцию биоты на антропогенное воздействие, а вот гидрохимические методы говорят нам об интенсивности антропогенного воздействия на водные объекты по концентрациям отдельных загрязняющих веществ. Следовательно, при оценке качества вод, более целесообразно использовать оба метода. Результаты каждой оценки будут дополнять друг друга и предоставят нам более полную картину о состоянии водных объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время общей тенденцией мирового рыбного хозяйства является увеличение производства пищевой рыбопродукции, что связано с сокращением уловов океанической рыбы и других морепродуктов и критическим состоянием запасов внутренних водоемов. Именно поэтому аквакультура сейчас играет важную роль, по обеспечению продуктом потребителей и пополнением запасов в водоемы.

Различают три вида индустриальной аквакультуры — бассейновые хозяйства, садковые хозяйства и установки замкнутого водоснабжения.

Вода в каждом из этих видов хозяйств должна соответствовать определенному качеству. Качество воды для рыбохозяйственной деятельности регламентируется специальными нормативами. Для обеспечения качества вод в индустриальных рыбоводных хозяйствах применяются различные методы очистки: физические, химические, физико-химические и биологические.

В аквакультуре необходимо контролировать несколько параметров качества воды, чтобы понять актуальные водные условия.

В определении экологического состояния вод важную роль играют гидрохимические показатели качества воды. Основные гидрохимические показатели: рН, растворенный кислород, минерализация, общая жесткость, содержание тяжелых металлов и другие.

Классификации загрязненности вод по гидрохимическим показателям основаны на определении комплекса гидрохимических показателей и их сравнения с ПДК.

Биологические методы анализа делятся на два основных направления: биоиндикация и биотестирование. Первый метод, основанный на гидробиологических показателях, позволяет оценить состояние биоты в условиях загрязнения, в то время как второй, использующий показатели водной токсикологии, позволяет оценить воздействие загрязнения экспериментальным путем, с использованием тест-объектов в лабораторных условиях. Используя

различные виды сапробов-индикаторов, можно оценить степень загрязнения водных объектов и принимать меры для их защиты и снижения уровня загрязнения.

Некоторые выводы о качестве воды можно сделать, наблюдая за поведением рыб – активностью и глубиной плавания, ускорением и кормлением. За поведением рыб можно следить, например, с помощью меток акустического ускорения и компьютерного зрения. Это может быть ценным дополнением к режиму мониторинга с более традиционными параметрами.

Таким образом, гидробиологический метод позволяет оценить ответную реакцию биоты на антропогенное воздействие, а вот гидрохимические методы говорят нам об интенсивности антропогенного воздействия на водные объекты по концентрациям отдельных загрязняющих веществ. Следовательно, при оценке качества вод, более целесообразно использовать оба метода. Результаты каждой оценки будут дополнять друг друга и предоставят нам более полную картину о состоянии воды при индустриальной аквакультуре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алабастер Дж., Ллойд Р. Критерии качества воды для пресноводных рыб. Москва : Легкая и пищ. пром-ть, 1984. С. 344.
2. Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. 385с.
3. Белоусов А.Н., Воронков В.Б., Глибко О.Я. и др. Практическое руководство по разработке и применению мер по сохранению водных биологических ресурсов в целях возмещения вреда при ведении хозяйственной и иной деятельности. Москва : Эдитус, 2016. 256с.
4. Белоусов А.Н. Проблемы искусственного воспроизводства рыб. Москва, 2001. С.11 - 20.
5. Власов В.А. Рыбоводство: учебное пособие 2-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2012. 352с.
6. Григорьев С.С., Седова Н.А. Индустриальное рыбоводство : В 2 ч. Ч. 1. Биологические основы и основные направления разведения рыбы индустриальными методами : Учебное пособие для студентов специальности 110901 «Водные биоресурсы и аквакультура». Петропавловск — Камчатский: КамчатГТУ, 2008. 186 с.
7. Индустриальная аквакультура [Электронный ресурс]. ФГБНУ «Всероссийский научно-исслед. ин-ут рыбного хозяйства и океанографии», 2023 Режим доступа: <http://aquacultura.org/technology/industrialnaya-akvakultura/> (дата обращения: 30.04.2023).
8. Индустриальная УЗВ-аквакультура – новый тренд развития «зеленого» рыбоводства [Электронный ресурс] // Рыболовство и рыбоводство, 18.02.2022. Режим доступа: https://www.magazine.fish/publikatsii/akvakultura/industrialnaya_uzv_akvakultura_novyy_trend_razvitiya_zelenogo_rybovodstva/ (дата обращения: 02.05.2023).

9. Козлов В.И., Никифоров-Никишин И.А., Бородин А.Л. Аквакультура. Москва : «Колос», 2006. 445с.
10. Козлов В.И. Справочник фермера-рыбовода. Москва: ВНИРО, 1998. 447с.
11. Лукин А.А. Рыбохозяйственные исследования на водных объектах Европейской части России : сборник научных работ, посвященный 100-летию ГосНИОРХ. Санкт-Петербург, 2014. 283с.
12. Мирошникова Е.П. Основы аквакультуры. Оренбург: ОГУ, 2010. 206с.
13. Моисеев П.А., Кариевич А.Ф., Романычева О.Д. и др. Морская аквакультура. Москва : Агропромиздат, 1985. 253с.
14. Моружи И.В., Моисеев Н.Н., Пищенко З.А. Рыбоводство. Москва : Колос, 2010. 360с.
15. Орлов Ю.И., Рыбоводные установки: современное состояние. Москва, 1990. 84с.
16. Пономарев С.В., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А. Индустриальное рыбоводство. Москва : Колос, 2006. 320с.
17. Пономарев С.В., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А. Индустриальное рыбоводство. 2-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург : Лань, 2013. 416с.
18. Пономарев, С.В., Баканева Ю.М., Федоровых Ю.В. Аквакультура. Москва : МОРКНИГА, Ч. 1, 2016. 438с.
19. Пономарев С.В., Лагуткина Л.Ю. Фермерское рыбоводство. Москва : Колос, 2008. 346с.
20. Поляков Г.Д. Пособие по гидрохимии для рыбоводов. Москва : Пищепромиздат, 1950. 87с.
21. Плиева Т.Х. Рыбные ресурсы в природопользовании. Москва : ФГБОУ ВО РГАЗУ, 2016. 112с.