

На правах рукописи



Тажиева Светлана Загировна

**ПОДГОТОВКА ВОДЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ ПО РАЗВЕДЕНИЮ РЫБ**

**05.23.04 Водоснабжение, канализация, строительные системы
охраны водных ресурсов**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

09 ДЕК 2015



006644014

Самара – 2015

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Ростовский государственный строительный университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Водоснабжение и водоотведение» ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет»
Серпокрылов Николай Сергеевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Водопользование и экология» ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»
Ким Аркадий Николаевич

кандидат технических наук, генеральный директор группы компаний «Эколог» (г. Самара)
Степанов Александр Сергеевич

Ведущая организация: **ФГБУН «Южный научный центр Российской академии наук»**

Защита состоится 29 декабря 2015 г. в 11 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.213.02 при ФГБОУ ВО «Самарский государственный архитектурно-строительный университет» по адресу: 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 194.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Самарский государственный архитектурно-строительный университет» по адресу: 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 194 и на вебсайте <http://www.samgasu.ru/>.

Автореферат разослан «26» ноября 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.т.н., доцент



А. А. Михасек

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность избранной темы. По данным гидрохимического мониторинга состава вод промышленных комплексов по разведению рыб в последнее время увеличивается содержание концентрации аммонийного азота и аммиака до 10-15 ПДК. Повышение аммонийного азота и аммиака в водах таких предприятий зависит от посадки рыб, продуктов их жизнедеятельности и от их кормления. Немаловажным фактором является активная среда рН, температура и перманганатная окисляемость, которые оказывают влияние на процесс эвтрофирования вод, влияют на продуктивность водоема и характер возникновения заразных болезней у рыб.

Диссертация посвящена научному обоснованию, накоплению и анализу новых фактических результатов, обобщению имеющихся в литературе данных и на этой основе разработке и внедрению в практику стационарных и/или мобильных фильтрующе-водоприемно-очистных устройств с применением цеолитов, что обуславливает **актуальность** темы.

Степень разработанности. Для удаления аммония из вод промышленных предприятий по разведению рыб используются биологические, химические и физико-химические методы, которые разработаны в 80-х годах прошлого века, но применяются в единичных случаях ввиду значительных эксплуатационных затрат. Сорбция на природных цеолитах - сравнительно новая технология очистки вод, опыта применения ее вод рыбоводных комплексов еще нет, а также нет соответствующих технических и технологических решений.

Цель исследования - теоретическое обоснование, разработка и исследование новой технологии подготовки вод рыбоводных предприятий.

Для достижения поставленной цели в работе решали следующие **задачи**.

1. Обоснование требований к качеству воды в бассейнах, прудах и садках предприятий по выращиванию рыб.
2. Проведение экспериментальных исследований и получение показателей

очистки вод рыбоводных предприятий на различных фильтрующих и сорбционных материалах.

3. Разработка фильтрующих водоприемно-очистных устройств в системе подготовки вод рыбоводных заводов.

4. Обоснование комплексного подхода к снижению загрязнения оборотных вод системы водоснабжения рыбоводных заводов азотом аммонийным при сохранении продуктов питания для осетровых пород рыб в очищенных водах.

Основная идея работы состоит в обосновании и разработке стационарных и/или мобильных установок по доведению качества вод промышленных комплексов по разведению рыб до нормативных величин с применением цеолитов.

Объект исследования – система водоподготовки рыбоводных заводов для разведения осетровых пород рыб.

Предмет исследований – процесс очистки воды на рыбоводных заводах применением эффективных фильтрующих и сорбентов.

Научная новизна:

1. Предложены новые принципы формирования и функционирования технологии водообработки промышленных предприятий по разведению рыб.

2. Обоснованы технологические и конструктивные требования к фильтрующим водоприемно-очистным устройствам на базе комплексного радиально-восходящего процесса фильтрования воды промышленных предприятий по разведению рыб.

3. Получены экспериментальные и расчетные зависимости сорбционных характеристик сокирнита от концентрации аммонийного азота

4. Разработаны рекомендации по проектированию фильтрующих водоприемно-очистных устройств с радиально-восходящим потоком воды.

Теоретическая значимость работы:

1. Получены расчетные зависимости процесса сорбции азота аммонийного на цеолитах в технологии водообработки промышленных предприятий по разведению рыб.

2. Разработана методика проектирования установок по очистке вод промышленных предприятий по разведению рыб.

Практическая значимость работы:

1. Предложены стационарные и/или мобильные фильтрующие водоприемно-очистные устройства с применением цеолитов по доведению качества вод промышленных комплексов по разведению рыб до нормативных величин, обладающие патентной чистотой;

2. Разработан технический регламент по эксплуатации фильтрующих водоприемно-очистных устройств с радиально-восходящим потоком воды;

3. Предложен типоряд очистных установок различной производительности для новых технологических схем водообработки и расходов воды.

Методология и методы диссертационного исследования. Для реализации поставленных задач проведены сбор, анализ и обобщение научно-технической литературы, рассматривающей современные методы удаления аммония из воды. Физико-химические методы анализа воды рыбоводных прудов проводились в лабораторных, полупроизводственных и производственных условиях. Обработку экспериментальных данных обработка результатов на ПЭВМ по стандартным программам математической статистики.

Личный вклад автора. Автору принадлежат постановка и реализация задач исследований, проведение анализа научных работ и публикаций, планировании и проведении экспериментальной части работы, разработка и теоретическое обоснование применения стационарных и/или мобильных фильтрующих водоприемно-очистных устройств; обработка и обсуждение результатов исследований.

Положения, выносимые на защиту

1. Фильтрующие водоприемно-очистные устройства в радиально-восходящем режиме движения жидкости с цеолитовой загрузкой являются новыми и перспективными установками очистки вод промышленных

комплексов по разведению рыб.

2. Технологические и конструктивные решения схем водоподготовки рыбоводных заводов определяют состав очищаемых вод и эколого-экономические показатели.

3. Фильтрующее водоприемно-очистное устройство объединяет в себе защиту от попадания молоди и основных загрязнений взвешенных веществ и сорбированных на них загрязнений.

4. Эффективными материалами для очистки вод промышленных предприятий по разведению рыб могут быть природные сорбционные и/ионообменные материалы, в том числе и цеолиты.

5. Применение цеолитов для очистки вод рыбоводных заводов является экономически и экологически целесообразным с и без их регенерации.

Достоверность полученных результатов обоснована применением классических положений теоретического анализа, моделированием изучаемых процессов, планированием необходимого объема экспериментов и подтверждена удовлетворяющей сходимостью полученных результатов, выполненных в лабораторных и опытно-промышленных условиях, с расчетными зависимостями в пределах погрешности $\Delta = \pm 10\%$ при $r = 0,95$.

Апробация результатов. Основные положения, изложенные в диссертационной работе, докладывались и обсуждались на всероссийских и международных научно-практических конференциях в Ростовском государственном строительном университете (Ростов-на-Дону, 2010; 2014), ГАОУ АО ВПО «АИСИ» (Астрахань, 2010–2014), г. Пенза (2011), г. Самара (2013), на студенческой научно-практической конференции в Институте морских технологий Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова, (г. Актау, Республика Казахстан, 2012), Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (Москва, 2012).

Реализация работы. Рекомендации диссертационной работы использованы в ООО «Каспийская рыбопромышленная компания «Юленаст»

и внедрены в схемы водоснабжения и водоотведения муниципальных образований Астраханской области, а также в учебный процесс ГАОУ АО ВПО «Астраханский инженерно-строительный институт». Разработанная технология водоподготовки для рыбоводных заводов Астраханской области получила медаль экспертного совета членов жюри Всероссийского конкурса молодежных проектов выставки «НТТМ-2012». Получен грант в форме субсидии за победу в конкурсе молодежных инновационных проектов Министерства образования и науки Астраханской области и вузов Астраханской области в 2011 г., грант по программе участника молодежного научно-инновационного конкурса («У.М.Н.И.К.-2011»).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 печатных работ, общим объемом 5,65 п. л., в том числе 5 в рецензируемых научных журналах и изданиях, 1 – в журнале, включенном в базу данных Web of Science, 1 патент РФ и 1 заявка на полезную модель, 1 монография.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 162 страницах основного текста; состоит из введения, пяти глав, выводов, списка сокращения, списка литературы и приложений, содержит 22 таблицы, 44 рисунка. Список литературы включает 144 источника.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и задачи работы, изложены научная новизна и практическая значимость, представлены основные положения, которые выносятся на защиту, личный вклад соискателя и сведения об апробации работы.

В первой главе диссертации выполнен анализ литературы, рассмотрены общие вопросы технологии очистки вод рыбоводных заводов, связанные с неудовлетворительным состоянием осетровых рыбоводных хозяйств, что приводит к сокращению выпуска молоди в промысловые водоемы.

Состав поступающей воды из водоемов для рыбоводных хозяйств

Астраханской области и Кубани по азоту аммонийному превышает норматив. Для удаления его используются биологические, химические и физико-химические методы. «Урожайность» рыб (ц/га) при культивировании в емкостях с обновлением качества воды в летний, наиболее критический сезон, не реже 1 раза в 15 суток и без очистки, увеличивается на 40 - 45%.

Сорбция на природных цеолитах - сравнительно новая технология, однако для очистки вод рыбоводных заводов не рассматривалась. Тем более, стоимость цеолитов 1 т - 8000 руб., особенно региональных залежей, позволяет использовать их без регенерации, утилизируя отработанный сорбент в производстве строительных материалов или подсыпки местных грунтовых дорог.

Исходя из сравнительного анализа технической и патентной литературы и технико-экономических показателей целесообразно разработать фильтрующие водоприемно-очистное устройство на базе комплексного радиально-восходящего потока воды рыбоводных производств.

Во второй главе определены и обоснованы исследования, представлены устройства и схемы стационарных и/или мобильных фильтрующих водоприемно-очистных устройств по доведению качества прудовых вод до нормативных величин с применением цеолитов.

На рисунке 1 показана предложенная нами схема обработки вод осетрового рыбоводного завода. Для завода с прямоточным водоснабжением в зависимости от качества воды источника поверхностного водоснабжения очистка может осуществляться непосредственно в водозаборе (рисунок 1, позиция 1) или в специальном сооружении (поз. 2). Используемая в рыбоводных прудах вода (поз. 11) перед сбросом очищается до требуемого качества на стационарных сооружениях.

В качестве объекта исследований были выбраны разработанные варианты стационарных и мобильных фильтрующе водоприемно-очистных устройств.

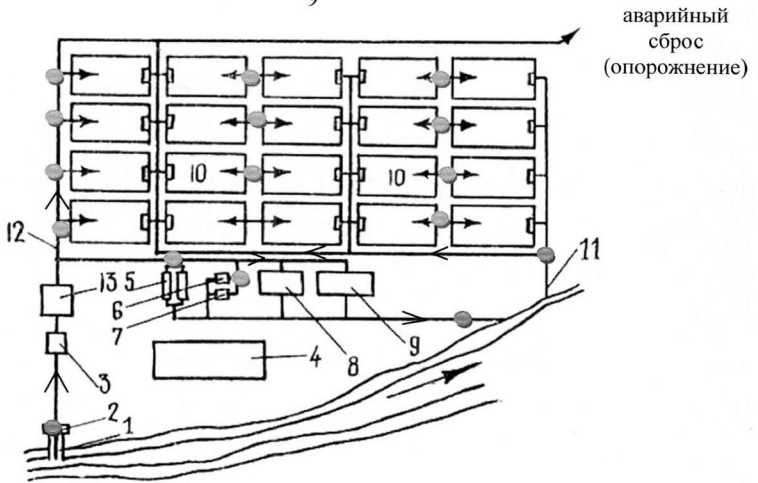


Рисунок 1 – Схема осетрового рыбоводного завода: 1 - водозабор; 2 - насосная станция; 3 - отстойник; 4 - хозяйственный центр; 5 - садки молоди; 6 - инкубационный цех; 7,8 - дафниевые бассейны; 9 - бассейны ВНИРО (личинки и молоди рыб); 10 - пруды; 11 - сбросная сеть; 12 - водоподающая сеть; 13 - напорный бассейн;

- - мобильное фильтрующее водоприемно-очистное устройство;
- - стационарное фильтрующее водоприемно-очистное устройство.

Нами предлагается новый подход к формированию системы водообработки. Забор свежей воды из источника водоснабжения забирать только для пополнения объема испарения и инфильтрации, сброс вод из прудов осуществлять только технологический или аварийный. Тогда с учетом требований ихтиологов о необходимости обновления минимум каждые 14 суток качества воды в искусственном резервуаре для выращивания рыб предлагается организовать обратное водообеспечение рыбоводного завода.

Для этого на выпуске 11 располагается стационарная очистная установка, обеспечивающая очистку оборотных вод до нормативных требований по азоту аммонийному в очищенной жидкости с возвратом их по линии 12 в пруды. Например, примем, что объем каждого из 20 прудов (рисунок 1) равен 1000 м^3 , тогда суточная производительность очистной

установки составит $(20 \times 1000/14) 1430 \text{ м}^3/\text{сут}$, $(60 \text{ м}^3/\text{час})$.

Если принять, что очистку вод 20 прудов производить на мобильной установке в течение 14 суток, то в сутки необходимо обрабатывать $(20/14)$ воду двух прудов (с резервом времени на профилактическое обслуживание и на переезд установки к новому месту обработки вод), т.е. расчетная производительность составит $(2000/24) 83.3 \text{ м}^3/\text{час}$.

Мобильная установка располагается между 4-мя смежными прудами для обработки вод с одной стоянки. Содержащийся в воде питательный зоо- и фитопланктон сразу возвращается в пруд, что сохраняет питание для рыб.

Для реализации новой технологии предложены запатентованные технические решения водоприемно-очистных устройств (рисунок 2). Требуется экспериментально выбрать эколого-экономически целесообразный материал загрузки и определить параметры рабочего режима фильтров для выделения из прудовых вод взвешенных веществ и сорбционного материала для удаления аммонийного азота, при этом последний фактор будет являться доминирующим, как определяющий здоровое развитие поголовья осетров.

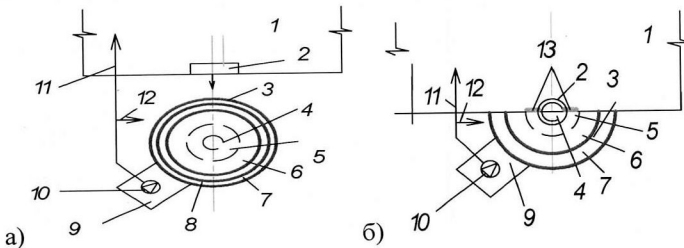


Рисунок 2 – Водоприемно-очистное устройство для рыбоводных акваторий – прудов: *а* - водоприемно-очистное устройство для рыбоводных акваторий в виде цилиндра, расположенное вне акватории; *б* - водоприемно-очистное устройство для рыбоводных акваторий в виде полуцилиндра, расположенное на берегу

Для этого необходимо изучить применение местных региональных цеолитов, с учетом их высокой адсорбционной активности, сравнительно низкой стоимостью и возможной безрегенерационной эксплуатацией, что

обусловлено особенностью строения их кристаллической структуры, поскольку размеры внутренних пор соизмеримы с молекулами аммонийного азота.

В третьей главе представлены схемы экспериментальных установок, методики проведения и обработки результатов лабораторных и полупроизводственных исследований по выбору фильтрующих материалов и определению эффективности очистки модельных и прудовых вод.

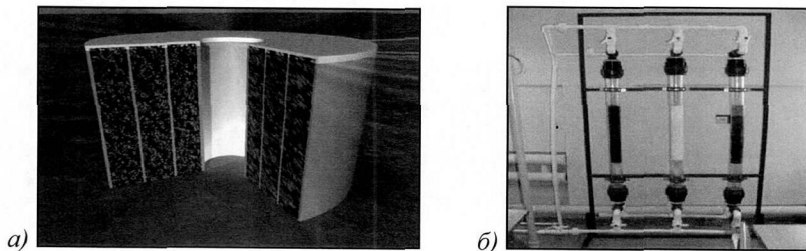


Рисунок 3 – Схемы лабораторных установок: а - по выбору фильтрующих загрузок; б - по определению технологических параметров режима очистки вод

Для определения степени извлечения и емкости сорбентов в динамических условиях раствор загрязняющих веществ ($0.1 - 0.3 \text{ дм}^3/\text{час}$) с фиксированной концентрацией загрязнений пропускали со скоростью $2-5 \text{ мм/мин}$ ($0.33 - 0.83 \text{ мм/с}$) через колонку с сорбентом с определенной высотой слоя ($200 - 500 \text{ мм}$) и определенным размером фракции ($0.8 - 2.5 \text{ мм}$). В фильтрате определяли остаточную концентрацию загрязняющих веществ. На основании полученных данных определяли степень извлечения и строили выходные кривые для определения динамических характеристик процесса адсорбции.

Экспериментально величину адсорбции (A) загрязняющих веществ и степень извлечения (\mathcal{E}) вычисляли по уравнениям:

$$A = (C_{исх} - C) V_{p-pa} / m_{сорб}, \quad (1)$$

$$\mathcal{E} (\%) = (C_{исх} - C) \cdot 100 / C_{исх}, \quad (2)$$

где $C_{исх}$ и C – исходная и равновесная концентрация аммония в растворе,

мг/л; V_{p-pa} – объем раствора, dm^3 ; $m_{сорб}$ – масса сорбента, г.

С использованием уравнения Шилова экспериментально (рисунок 4) при различной толщине слоя сорбента определяли коэффициент задерживающего действия слоя сорбента, потерю времени защитного действия, длину зоны массопередачи, необходимые для расчета процесса.

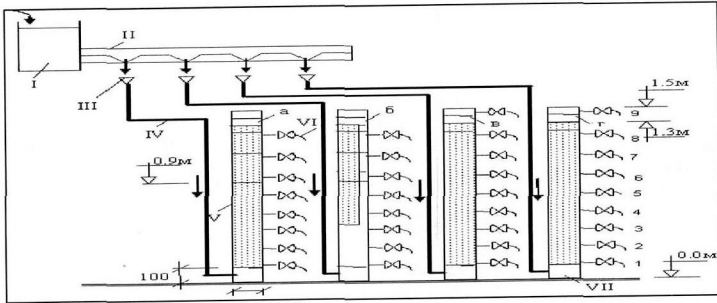


Рисунок 4 – Схема установки по исследованию адсорбентов

аммонийного азота в полевых условиях: I – дозирочный бак;

II – распределительный лоток; III – водослив и воронка; IV – питающий шланг; V – колонка с сорбентом; VI – водоотводящий патрубок; VII – поддон с перфорированной перегородкой; а – клиноптилолит с высотой слоя 0,8 м;

б – катализатор АК-ЦМ с высотой слоя 0,8 м; в – клиноптилолит с высотой слоя 1,2 м; г – катализатор АК-ЦМ с высотой слоя 1,2 м;

1 – 9 – пробоотборники.

В четвертой главе приводятся и анализируются результаты исследований очистки модельных и вод рыбоводных прудов.

Экспериментальные исследования по выбору фильтрующих материалов (таблица 1) показали разную эффективность выделения взвешенных веществ и аммония.

Поскольку задача очистки оборотных вод рыбоводных прудов состоит в обеспечении безкольтмационного выделения аммонийного азота на сорбционных фильтрах при максимально возможном сохранении пищевой базы (в данном случае, взвешенных веществ) с учетом стоимости можно считать, что перечисленным требованиям соответствует слой щебня 0.6 м

двух фракций 20–30 и 40–60 мм.

Таблица 1 - Технологические показатели режимов фильтрования прудовой воды через разные загрузки

Фильтрующий материал фильтра	Щебень	Керамзит	Керамзито - бетон	Резиновая крошка	Пенополистирольные гранулы
Крупность загрузки, мм	20–30 40–60	20–25	20–25	5-6	2-5
Толщина фильтра, м	0,1–0,3 0,1–0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
Пористость, %	48,5–49,8	45,7	–	-	-
Скорость фильтрования, м/ч	45,4	12,9	9,6	3,8	2,0
Э очистки по ВВ, %	75,0	78,1	92,3	94,2	98,1
Эффективность очистки по аммонiu, %	10	14	11	22	28

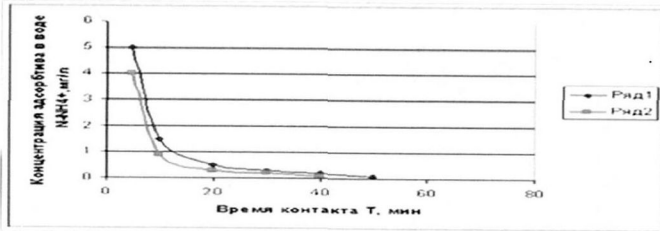
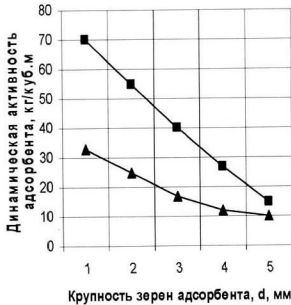
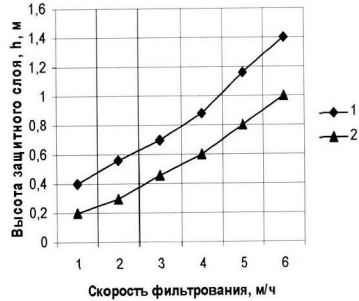


Рисунок 5 – Зависимость остаточной концентрации азота аммония в фильтрате от времени контакта с адсорбентом при скорости фильтрования 2 м/ч: 1 – клиноптилолит, 2 – АК-ЦМ

Для выделения аммония из вод рыбоводных прудов исследовали процессы сорбции на природных материалах (сокирнит, глауконит, где основным компонентом является клиноптилолит), на отходах промышленности (горелые отвальные породы угольных шахт "горелые породы" и отходы обогатительных фабрик угледобычи "ОФ"), а также – на катализаторе АК-ЦМ (г. Ангарск), рисунки 5 - 8.



а)



б)

Рисунок 6 - Исследование процесса сорбции: а) влияние крупности зерен адсорбента на величину динамической активности; б) влияние скорости фильтрования очищаемой воды на величину защитного слоя адсорбента; 1 – клиноптилолит крупностью 1-2 мм, 2 – катализатор АК-ЦМ крупностью 1-2 мм Концентрации в очищенной воде по NH_4^+ не превышали ПДК (рис. 7) при достаточно высокой корреляции ($R = 0.834$).

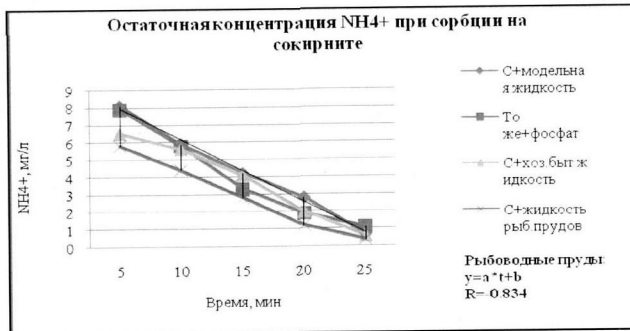


Рисунок 7 – Кинетика остаточных концентраций NH_4^+ в очищенной воде во времени

Получены изотермы адсорбции ионов аммония на клиноптилолите: максимальная величина составляет, $\frac{\text{мг} - \text{экв} \text{NH}_4^+}{\text{г}}$: 0,75 - для модельных растворов и 0,57 - для прудовых вод. Полная сорбционная емкость клиноптилолита в динамических условиях составила, мг NH_4^+ /г: для модельного раствора 12. 0, для прудовых вод - 9,1. Анализ полученных

результатов позволил определить расчетные и эксплуатационные параметры процесса: приоритетным является сорбент - клиноптилолит, поскольку имеет наилучшие показатели динамической емкости; время сорбции - 25 минут, скорость фильтрования - 3.5 - 4 м/час при высоте загрузки 0.8 - 1 м и фракции 1- 2.5мм. Подтверждено, что с изменением pH и температуры азот аммонийный переходит в аммиак, более токсическую для осетров форму. (Исследования проведены на модели водоприемно-очистного устройства в соответствии с заявкой на патент РФ №2015111316/13 от 27.03.2015г. «Водоприемно-очистное устройство для рыбоводных акваторий (прудов), бассейнов, садков»). Рабочей жидкостью являлась прудовая вода Кизанского рыбоводного завода, толщина загрузки составляла 0,1 м, высота 0.5, 0.8, 1.2 м (рисунок 8).

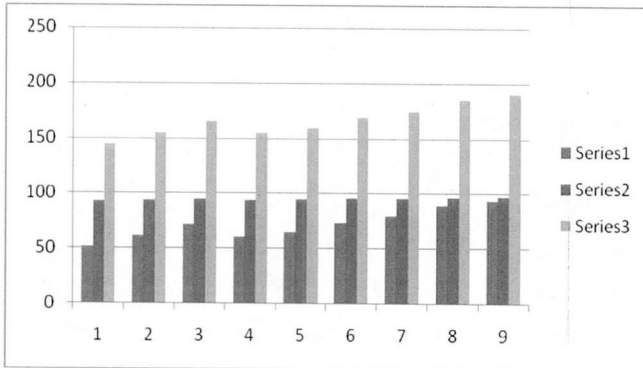


Рисунок 8 – Эффективность очистки прудовых вод по взвешенным веществам и аммонийному азоту при скорости фильтрования 1 - 8 м/ч: ряд 1 - ВВ; ряд 2 - NH_4^+ ; ряд 3 - сумма; 1, 4, 7 - высота загрузки = 0.5 м; 2, 5, 8 – высота загрузки = 0.8 м; 3, 6, 9 - высота загрузки = 1,2 м

Исходя из остаточных концентраций в очищенных водах по взвешенным веществам, для сохранения части продуктов питания в очищенных водах, рекомендуются загрузки фракциями 1.5 - 2.5 мм и 2 - 3 мм, высотой 0,5 и 0,8 м (рисунок 9).

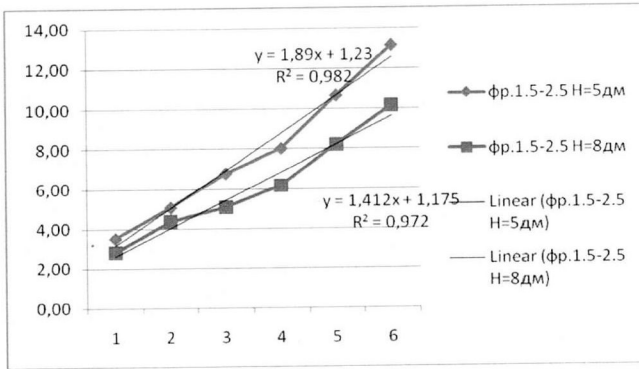


Рисунок 9 – Зависимость остаточных ВВ в очищенных водах, мг/л, от скорости фильтрации при очистке прудовых вод, м/ч: 1 - 1; 2 - 3; 3 - 4; 4 - 5; 5 - 6; 6 - 8 (фракция 1,5-2,5 мм, $H_{загр} = 0,5$ и $0,8$ м)

Расчетные зависимости остаточных концентраций ВВ, мг/л, в зависимости от скорости фильтрации, $x = 1-6$ м/час.

Фракция 2-3 мм:

$$H_{загр} = 0,5 \text{ м: } y = 1,7126x + 3,386, (R^2 = 0,9571) H = 0,5 \text{ м.} \quad (3)$$

$$H_{загр} = 0,8 \text{ м: } y = 1,1629x + 3,7833, (R^2 = 0,9642), H = 0,8 \text{ м.} \quad (4)$$

Фракция 1.5-2.5 мм:

$$H_{загр} = 0,5 \text{ м: } y = 1,89x + 1,23, (R^2 = 0,9828), H = 0,5 \text{ м.} \quad (5)$$

$$H_{загр} = 0,8 \text{ м: } y = 1,4123x + 1,1753, (R^2 = 0,972), H = 0,8 \text{ м.} \quad (6)$$

Полученные зависимости (3-6) с высокими коэффициентами детерминации (более 0,95) указывают на достоверность концентраций и рекомендуются для расчета количества возвращаемого корма в оборотной прудовой воде.

При расчете баланса задержанных и вымытых загрязнений степень изъятия составила: азота аммонийного = 93-97%, ВВ = 52-93%. Оптимальные фракции 1,5-2,5 мм, 2-3 мм; высота 0,5-0,8 м. При этом расход воды на промывку загрузки фильтров составил 0,1–0,2 % от общего.

На основании полученных адсорбционных характеристик аммиака и ионов аммония расчетным путем определили потребность клиноптилолита для их выделения из оборотных прудовых вод (таблица 2).

Таблица 2 – Потребность в цеолите в зависимости от pH и температуры воды для удаления аммиака и аммония, г/мг

pH	Температура воды, °C					
	5	10	15	20	23	25
6,0	0,5	0,06	0,09	0,16	0,19	0,23
6,5	0,16	0,22	3,38	0,5	-	-
7,0	1,53	2,28	3,34	4,84	1,91	2,22
8,0	4,81	7,16	10,44	14,94	18,34	21,03
8,5	12,03	21,88	32,25	44,42	52,75	59,78

Исходя из данных таблицы 2, могут быть получены значения высоты загрузки и времени сорбции для расчета и конструирования водоприемно - очистного устройства.

Проведенные полевые испытания очистки прудовых вод (таблица 3) на модели данного устройства принципиально подтвердили эффективность принятых технологических и конструктивных решений.

Таблица 3 – Показатели очистки прудовой воды по ступеням радиально - восходящего устройства

Наименование	pH	$P-PO_4^{3-}$	$N-NH_4^+$	$N-NO_3^-$	$N-NO_2^-$	BV	$XPK_{\text{бихром}}$
После 1 ступени	7,35	0,43	2,4	0,87	0,055	23,6	44
После 2 ступени	6,8	0,0053	2,1	0,85	0,058	10	20
После цеолита	6,8	0,0042	0,26	0,78	0,064	5,8	15

Усредненные показатели (5 анализов) исходной воды за период испытаний составили, мг/дм³: по взвешенным веществам – от 2 до 184; по фосфатам по P – от 1,5 до 17; по аммонийному азоту по N – от 3,5 до 17; по нитритам по N – от 0,003 до 0,12; по нитратам по N – от 1,2 до 4,5.

Усредненные показатели очищенной сточной воды, сбрасываемой 1 раз в 12 – 14 суток, за период испытаний, мг/дм³: взвешенные вещества - 23; перманганатная окисляемость - 12; БПК₅ - 14; ХПК - 23 м ; фосфаты (по P) - 5,3 ; азот аммонийный - 0.48 , азот нитритов - 0.11 , нитратов - 4.5.

Как показали наблюдения, сорбционная емкость цеолита исчерпывалась на 5 - 6 сутки. После регенерации (2% раствор $NaCl$ и 5% раствор $NaOH$) в течение 20 минут восстанавливали в среднем на 93% первоначальную сорбционную емкость цеолита. Однако требуются длительные

технологические наблюдения, чтобы окончательно сделать вывод, что более целесообразно: замена цеолита или его регенерация.

В пятой главе приведены рекомендации по проектированию и эксплуатации фильтрующих водоприемно-очистных сооружений с радиально-восходящим потоком вод, а также расчеты экономической эффективности внедрения предложенной технологии.

Целью расчета радиальных фильтров для очистки вод рыбоводных предприятий является определение необходимого их количества, наружного и внутреннего диаметров, количества и ширины зон, диаметров трубопроводов подвода и отвода исходных, очищенных и промывных вод, воздуха, размеры лотков и т. д. (рис. 10).

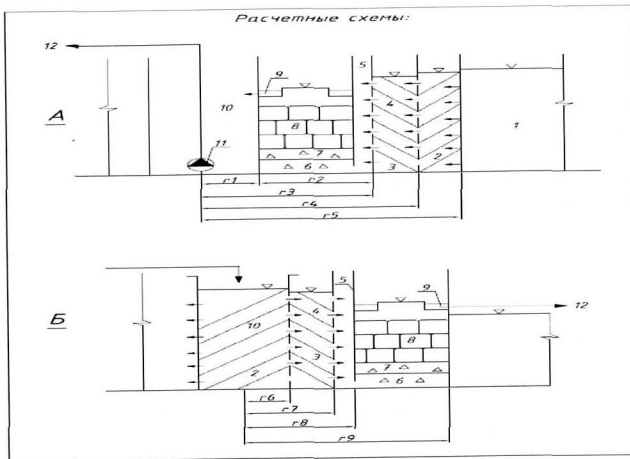


Рисунок 10 – Расчетные схемы радиальных фильтров для очистки вод рыбоводных предприятий

Расчет радиальных фильтров по обработке вод рыбоводных предприятий имеет ряд особенностей, которые определяют иной методологический подход. Принципиальным в нем является не удаление взвешенных веществ, как в большинстве случаев, а минимально возможное их сохранение (для предотвращения коагуляции загрузки цеолитов) в очищенных водах, поскольку данные загрязнения в виде зоо- и фитопланктона являются кормом для рыб в пруду. Расчетным случаем является удаление аммонийного азота из

прудовых вод, причем в течение периода повышенных температур, т. е. июль - август - сентябрь. При этом в зависимости от компоновочного решения фильтровальной установки на объекте - стационарная или мобильная - возможны 2 расчетные схемы с фильтрованием исходной воды (рисунок 10 А) «снаружи - внутрь» и «изнутри - наружу» (рисунок 10 Б).

Последовательность расчета.

Расчет количества удаляемого NH_4^+ :

$$M_{\text{час}} NH_4^+ = Q \times C_{NH_4^+} = Q (C_{NH_4^+ \text{исх}} - C_{\text{ПДК}NH_4^+}), \text{ г/ч.} \quad (7)$$

$Q_{\text{час}}$ – расход обрабатываемой прудовой воды, м³/ч.

1. Устанавливается количество часов работы установки в сутки, час.

2. Количество выделяемого аммонийного азота в сутки:

$$M_{\text{цеол сут}} = M_{\text{час}} NH_4^+ \times n_{\text{час}}, \text{ г/сут} \quad (8)$$

4. Время контакта с цеолитом (ионообмена) – необходимо 25 минут.

5. Восходящая скорость фильтрования (режим сорбции NH_4^+), $V_{\text{восх}} = 2 - 4$ м/ч.

6. Необходимая площадь фильтра, м²: $F_{\text{цф}} = Q/V$, м² (9)

7. Высота сорбционной загрузки в режиме сорбции, м:

$$h^p_c = V_{\text{восх}} / 60 \times 25 \quad (10)$$

8. Необходимое количество цеолита на сезон работы без замены и без регенерации: $M_{\text{цеол сезон}} = M_{\text{цеол сут}} \times 90 / 1000$, кг (11)

9. Объем цеолитовой загрузки: $W_{\text{цеол суммар}} = M_{\text{цеол сезон}} \times \rho / 1000$, м³,

где ρ – насыпная плотность цеолита, кг/м³.

10. Необходимый объем камеры для размещения цеолита, м³: в режиме фильтрования «снаружи – внутрь»:

- диаметр центральной трубы (принимается по расходу обрабатываемой воды, но не менее 700 мм (исходя из удобств обслуживания)

$$D_{\text{цент тр}} = 2 r_1, \quad (12)$$

- площадь камеры, м²: $f_{\text{сорб кам}} = \pi (r_2^2 - r_1^2)$ (13)

- высота цеолитовой загрузки в камере (конструктивная), м:

$$h^p_k = W_{\text{цеол суммар}} / f_{\text{сорб кам}} \quad (14)$$

- сравнивая h^p_c и h^p_k , большее значение принимаем за расчетное.

От данной высоты с учетом потерь напора вычисляются расчетные отметки высотной схемы воды в предшествующих камерах.

11. Общий объем камеры сорбции, m^3 : $W_{\text{кам сорб}} = W_{\text{цеол суммар}} + 0,7 \times f_{\text{сорб кам}}$, где: 0,3 м – защитный слой воды, 0,1 м – высота съемного лотка, 0,3 м – высота слоя щебня, разделяющего камеры.

12. Необходимый объем камеры для размещения цеолита, m^3 : в режиме фильтрования «изнутри – наружу» вычисляется аналогично, кроме площади камеры цеолитовой загрузки:

$$\text{- площадь камеры, } m^2: f_{\text{сорб кам}} = \pi (r_{\text{г}}^2 - r_{\text{с}}^2) \quad (15)$$

Если объем загрузки по расчету недостаточен для обеспечения времени сорбции 25 минут, регулированием положения (тем самым площади цеолитовой загрузки) глухих, не доходящих до дна цилиндрических перегородок, обеспечивается требуемая высота.

13. Дырчатые (щелевые) доходящие до дна цилиндрические перегородки определяют площадь фильтрования, равную цилиндрической поверхности:

$$F_1 = Q_{\text{нас}}/20, m^2, \quad (16)$$

$$F_2 = Q_{\text{нас}}/20, m^2, \quad (17)$$

где F_1 – площадь в плане первой камеры фильтрования с щебнем фракцией 15–20 мм; F_2 – второй по направлению движения воды фильтрующий слой с щебенчатой загрузкой фракцией 5–8 мм; 20 – скорость фильтрования, м/ч.

Ширина кольцевой зоны не менее 30 см (принимать 50 см).

В зависимости от типа (стационарный, мобильный) установку следует изготавливать с учетом требования к габаритам перевозки для всех видов транспорта, можно сделать вывод, что регламентирующими являются требования, предъявляемые железнодорожным транспортом, т.е. $L \times B \times H = 6000 \times 3000 \times 2750$.

Экономические показатели разработанной технологии определим, исходя из данных ихтиологов, что при удалении азота из прудовой воды

«урожайность» рыбы возрастает на 40%. При расчетной плотности посадки мальков в пруды 200 единиц на 1 м², их количество через сезон выращивания, выпускаемое на промышленное производство обычно составляет 100 - 120 ед., т. е. 50 - 60%. В случае выделения азота из воды количество здоровых промышленных особей возрастает до 90%, т. е. до 150 - 180 ед. При стоимости малька массой 10-20 г 25 руб/шт, доход с 1 м² составит (24x50) 1200 руб. При средней мощности одного пруда 20 000 м² годовой доход от внедрения технологии водообработки составит 24 000 000 руб. В очищенных на фильтрах водах будет возвращаться до 7-8% питания для осетровых пород рыб, что снизит стоимость потребных кормов с 70 до 60-63 руб/кг, что также будет создавать дополнительный экономический эффект предприятию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен эколого-экономический анализ схем технологического водоснабжения существующих рыбоводных заводов в Астраханской области, на базе его критических оценок теоретически обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность применения новых сооружений водоподготовки.

2. Получены достоверные расчетные зависимости (коэффициент детерминации (более 0,95)) остаточных кормов в оборотных очищенных прудовых водах, а также расчетная зависимость процесса сорбции аммонийного азота на цеолите. При расчете баланса задержанных и вымытых загрязнений степень изъятия составила: азота аммонийного 93-97%, ВВ 52-93%. Оптимальные фракции 1,5-2,5 мм, 2-3 мм; высота 0,5-0,8 м. При этом расход воды на промывку загрузки фильтров составил 0,1-0,2 % от общего.

3. Предложена новая методика расчета радиальных фильтров по обработке вод рыбоводных предприятий, основанная на максимальном удалении азота аммонийного при возможном сохранении взвешенных веществ для предотвращения кольматации загрузки и обеспечения корма для рыб в пруду.

4. Научно обоснованы и экспериментально подтверждены

технологические и конструктивные требования к фильтрующему водоприемно-очистному устройству на базе комплексного радиально-восходящего потока воды рыбоводных производств (патент на полезную модель № 2480555 РФ «Водозаборно-очистное устройство» от 27.04.2013 г.; заявка на патент РФ № 201511316 от 27.03.2015 г. «Водоприемно-очистное устройство для рыбоводных акваторий-прудов, бассейнов, садков»).

5. Экспериментально получена расчетная зависимость расчета процесса сорбции аммонийного азота на цеолите из вод рыбоводных заводов и разработаны рекомендации по проектированию водоприемно-очистных устройств с радиально-восходящим фильтрованием вод.

6. Расчетный экономический эффект за счет дополнительной реализации осетровых пород рыб с территории прудов 2 га составляет около 24 000 000 руб. в год и на 7-8% сокращаются расходы на корма. Экономически целесообразно применение цеолитов для очистки вод рыбоводных заводов и нерестово-выростных хозяйств с и без регенерации загрузки.

СПИСОК РАБОТ, В КОТОРЫХ ОПУБЛИКОВАНЫ ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных журналах и изданиях

1. Тажиева, С. З. Сравнительная характеристика сорбционных свойств различных цеолитов / С. З. Тажиева // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 8. – С. 54–55.

2. Боронина, Л. В. Многолетние изменения загрязнения морской среды в мелководной зоне западной части северного Каспия / Л. В. Боронина, Г. М. Абдурахманов, А. Ф. Сокольский, Г. Б. Абуова, С. З. Тажиева, А. Р. Салахутдинова, Н. И. Сокольская, Е. А. Сокольская, Н. В. Попова // Юг России: экология, развитие. – 2012. – № 1. – С. 153–157.

3. Боронина, Л. В. Прогноз экологического состояния поверхностных вод Нижневолжского бассейна / Л. В. Боронина, П. Н. Садчиков, С. З. Тажиева, А. Э. Усынина // Юг России: экология, развитие. – 2012. – № 3. – С. 12–15.

4. Боронина, Л. В. Совершенствование технологии экологически безопасного водоотбора и методики расчета / Л. В. Боронина, П. Н. Садчиков, С. З. Тажиева // Гидротехническое строительство. – 2014. – № 5. – С. 37–43.

5. Boronina, L. V. Effectiveness of the Automation Selection of Water Treatment Technology in a Particular Water Source / L. V. Boronina, P. N. Sadchikov, S. Z. Tazhieva, A. E. Usynina, E. V. Moskvichiova // Advanced Materials Research, December 2014. – Vol. 1073–1076. – P. 1039–1042. – Режим доступа: <http://www.scientific.net/AMR.1073-1076.1039>, свободный – Заглавие с экрана. – Яз. англ.

Публикации в других научных изданиях

6. Боронина, Л. В. Ресурсосберегающие технологии очистки питьевой воды: постановка проблемы и региональные особенности путей решения: монография / Л. В. Боронина, Г. Б. Абуова, С. З. Тажиева, А. Э. Усынина; под общ. ред. Л. В. Борониной. –

Волгоград : Волгоградское научное изд-во, 2012. – 252 с., С. 56 –90.

7. Водозаборно-очистное устройство: патент на полезную модель 2480555 Российской Федерации, МПК E02B 5/08 / С. З. Тажиева, Л. В. Боронина, Г. Б. Абуова, Н. В. Зимина. – № 2011113926/13, заявл.08.04.2011; опубл. 27.04.2013, бюл. № 12.

8. Реснянский, В. В. Мониторинг качества воды, используемой на осетровом рыбоводном заводе «Лебязжий» / В. В. Реснянский, С. С. Евсеева, С. З. Тажиева // Модернизация регионов России: инвестиции в инновации: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Астрахань, 2010. – С. 30–32.

9. Тажиева, С. З. К вопросу об очистке производственных сточных вод рыбоперерабатывающих предприятий / С. З. Тажиева // Строительство-2010: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / РГСУ. – Ростов-на-Дону, 2010. – С. 60–61.

10. Боронина, Л. В. Исследование работы катализаторов при обеззараживании природной воды / Л. В. Боронина, С. З. Тажиева, Ю. В. Колодяжев // Инновационные технологии в управлении, образовании, промышленности «АСТИНТЕХ-2011»: материалы Междунар. науч. конф. – Астрахань, 2011. – С. 94–96.

11. Боронина, Л. В. Основные направления повышения эффективности водообеспечения рыбоводных заводов Астраханской области / Л. В. Боронина,

С. З. Тажиева // Научный потенциал регионов на службу модернизации : межвуз. сб. науч. ст. / Астраханский инженер.-строит. ин-т. – Астрахань: АИСИ, 2011. – С. 80–84

12. Боронина, Л. В. Разработка водоприемно-очистных устройств с использованием пенополистирольных фильтров для предварительной очистки и обеззараживания вода малых населенных пунктов и предприятий пищевой промышленности / Л. В. Боронина, С. З. Тажиева, Н. В. Зимина // Молодая мысль: Наука. Техника. Инновации : материалы XIX науч.-практ. конф. молодых ученых, студентов и школьников, г. Астрахань, 25–29 апреля 2011 г. / АИСИ. – Астрахань, 2011. – С. 62–65.

13. Тажиева, С. З. О перспективах применения цеолитов для осветления и обеззараживания воды / С. З. Тажиева // Энергоресурсосберегающие технологии: Наука. Образование. Бизнес. Производство : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Астрахань, 2011. – С. 113–115.

14. Боронина, Л. В. Исследование работы осетровых рыбоводных заводов в Астраханской области / Л. В. Боронина, С. З. Тажиева // Современное состояние водообеспеченности и пути оптимизации хозяйственной деятельности в зоне западно-подступных ильменей : материалы науч.-практич. конф. – Астрахань, 2011. – С. 56–60.

15. Серпокрылов, Н. С. Модернизация технологии очистки воды в рыбоводных комплексах / Н. С. Серпокрылов, Л. В. Боронина, С. З. Тажиева // Строительство – формирование среды жизнедеятельности : сб. трудов XV Междунар. межвуз. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, 25–27 апреля 2012 г. – М. : МГСУ, 2012. – С. 712–714.

16. Боронина, Л. В. Разработка технологии экологически чистого защитно-барьерного водоприемно-очистного комплекса для малых объектов водоснабжения / Л. В. Боронина, Н. С. Серпокрылов, С. З. Тажиева // Вестник Самарского арх.-строит. ун-та. Сер.: Градостроительство и архитектура. – Самара, 2013. – № 4. – С. 19–21.

17. Тажиева, С. З. К вопросу о качестве вод систем оборотного водоснабжения рыбоводных прудов / С. З. Тажиева // Строительство-2014: Проблемы и материалы развития современных инженерно-экологических систем : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / РГСУ. – Ростов-на-Дону, 2014. – С. 295–296.

18. Экологически безопасные технологии для выращивания рыб / С. З. Тажиева [и др.] // Водоснабжение и канализация. – 2014. – № 7–8. – С. 108–113.

11

Подписано в печать 12.11.2015г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать оперативная.
Усл. печ. л. 1,39
Тираж 100 экз. Заказ № 964.

Отпечатано в типографии АНО «Издательство СНЦ»
443001, г. Самара, Студенческий пер., 3А
тел.: (846) 242-37-07