

БЛАЖКО Сергей Иванович

**РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ
ВОД ДЛЯ МАЛЫХ ОБЪЕКТОВ**

Специальность 05.23.04 - Водоснабжение, канализация, строительные
системы охраны водных ресурсов

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург
2009

Диссертация выполнена в ГОУ ВПО «Пензенской государственной
университет архитектуры и строительства»
на кафедре водоснабжения и водоотведения

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор
Андреев Сергей Юрьевич

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор
Аюкаев Ринат Исхакович
кандидат технических наук
Анисимов Юрий Петрович

Ведущая организация – ФГУ «15ЦНИИ Минобороны России»,
Московская область

Защита состоится « 27 » октября 2009 г. в 14.00 часов на заседании
совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.223.06 при
ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-
строительный университет» по адресу: 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я
Красноармейская ул., 4, зал заседаний.

Факс (812) 316-58-72

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке
СПбГАСУ.

Автореферат разослан “ _____ ” сентября 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент

В.Ф. Васильев

Общая характеристика работы

Актуальность темы. В последние годы с ростом строительства коттеджных поселков, баз отдыха, санаториев и других объектов с сезонным (периодическим) пребыванием людей возросла потребность в возведении локальных очистных сооружений малой производительности.

Типовые решения не обеспечивают требуемую степень очистки сточных вод, крайне критичны к режиму неравномерного поступления стоков. Они не рассчитаны на перерывы в подаче сточных вод.

Надежность работы малых очистных сооружений должна обеспечиваться простотой их устройства и эксплуатации, так как обслуживание производится в большинстве случаев малоквалифицированным персоналом.

Комбинированная технология очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, предусматривающая использование методов коагуляции, нитрификации на аэрируемых биофильтрах и каталитического окисления органических загрязнений, позволяет обеспечить высокую надежность работы малых очистных сооружений и требуемое качество очистки сточных вод.

Данная диссертационная работа проводилась в соответствии с комплексной федеральной программой «Экология и природные ресурсы России» (2002–2010 гг.) и программой социально-экономического развития Пензенской области на 2002–2010 гг., в которых важное место отведено совершенствованию функционирования и повышению экономичности систем водоотведения.

Цель работы заключается в разработке и исследовании комбинированной технологии очистки хозяйственно-бытовых сточных вод малых объектов, предусматривающей использование методов коагуляции, нитрификации на аэрируемых биофильтрах и каталитического окисления органических загрязнений.

Задачи исследования:

1. Анализ работы существующих сооружений очистки хозяйственно-бытовых сточных вод малых населенных пунктов.
2. Экспериментальные исследования влияния режимов обработки сточных вод на эффективность процесса очистки.

3. Экспериментальные исследования влияния катализаторов на процессы доочистки сточных вод.

4. Разработка рекомендаций по расчету и проектированию устройств, входящих в предлагаемую технологическую схему очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

Научная новизна работы состоит:

– в разработке и экспериментальном исследовании новой комбинированной технологии очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, предусматривающей их коагуляцию, нитрификацию на аэрируемых биофильтрах и каталитическое окисление;

– в получении математических зависимостей, адекватно описывающих процессы обработки хозяйственно-бытовых сточных вод методами коагуляции, нитрификации на аэрируемых биофильтрах и каталитической деструкции;

– в определении рациональных режимов комбинированной очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

Практическая значимость диссертации:

– предложена и апробирована в промышленных условиях новая комбинированная технология очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, предусматривающая их коагуляцию, нитрификацию на аэрируемых биофильтрах и каталитическое окисление органических загрязнений;

– разработаны рекомендации к проектированию и расчету устройств, входящих в предлагаемую технологическую схему очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

Практическая реализация. Комбинированная технология очистки хозяйственно-бытовых сточных вод внедрена на канализационных очистных сооружениях п. Вазерки, Бессоновского района, Пензенской области производительностью $100 \text{ м}^3/\text{сут}$. Производственное внедрение технологии глубокой доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод методом каталитического окисления произведено на канализационных очистных сооружениях войсковой части 45108, г. Кузнецк-12, Пензенской области производительностью $2800 \text{ м}^3/\text{сут}$. Подтвержденный годовой экономический

эффект от внедрения предложенной технологии составил более 270 тыс. руб. в ценах 2008 года.

Апробация работы и публикации. По материалам диссертации опубликованы 11 работ (в том числе 1 статья в журнале, рекомендованном ВАК). Получен патент «Способ перемешивания жидкости», регистрационный номер RU 2 356610, опубликовано бюл.№15 27.05.2009 г. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на 8 Всероссийских и международных конференциях в г.г Москве, Пензе, в 2005-2008 гг.

Методы исследований. В диссертации проводились теоретические и экспериментальные исследования, включающие работу с моделями и натурными установками, а так же использовались стандартные методы математического моделирования и проведения химических анализов.

Достоверность полученных результатов оценена с помощью современных математических методов обработки экспериментов. При постановке экспериментов использованы общепринятые методики, оборудование и приборы. Экспериментальные данные, полученные на моделях, соответствуют результатам, полученным на промышленных установках.

На защиту выносятся:

- результаты экспериментальных исследований влияния режимов обработки сточных вод на эффективность процесса очистки;
- результаты экспериментальных исследований влияния катализаторов на процессы доочистки сточных вод;
- рекомендации по проектированию и расчету устройств, входящих в предлагаемую технологическую схему комбинированной очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 145 страницах машинописного текста, включает 13 таблиц, 52 рисунка и состоит из введения, 5 глав, основных выводов, библиографического списка использованной литературы из 116 наименований и 2 приложений.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, определены цель работы, приведены основные положения диссертации: научная новизна, практическая значимость, данные о внедрении и апробации результатов работы.

В первой главе приведен аналитический обзор технологических и конструктивных решений, используемых для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на сооружениях малой производительности. Рассматриваются источники образования, состав и свойства хозяйственно-бытовых сточных вод малых и средних населенных пунктов. Выполнен анализ конструктивных решений установок биологической очистки сточных вод малых населенных пунктов. Приводится обзор схем физико-химической очистки сточных вод малых населенных пунктов. Анализируются современные реагенты (коагулянты и флокулянты), используемые для физико-химической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

Вторая глава посвящена анализу и выбору основных направлений исследований. Первичное отстаивание позволяет удалить из хозяйственно-бытовых сточных вод 20-26% органических загрязнений и 55-72% взвешенных веществ.

Предварительная коагуляционная обработка дает возможность увеличить эффект задержания органических загрязнений в процессе отстаивания до 75-87%, а эффект удаления взвешенных веществ до 80-92%.

Оставшиеся после первой ступени физико-химической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод загрязнения целесообразно удалять методом каталитического окисления кислородосодержащими соединениями хлора с последующим фильтрованием через зернистую загрузку. В качестве кислородосодержащего соединения хлора предлагается использовать гипохлорит натрия, получаемый методом электролиза раствора поваренной соли.

Совместное применение катализаторов (солей двухвалентного железа) и электрогенерированного окислителя (гипохлорита натрия) позволяет эффективнее

использовать окислительную мощность окислителя, достичь глубокой минерализации органических веществ и обеспечить полное их дехлорирование.

Использование комбинированной системы пневматического перемешивания сточных вод, сочетающей мелкопузырчатые диспергирующие элементы с крупнопузырчатыми эрлифтами может, позволить существенно интенсифицировать процесс коагуляционной очистки.

Третья глава посвящена лабораторным исследованиям коагулирования и флокулирования хозяйственно-бытовых сточных вод. Объектом исследования служили сточные воды, поступающие на канализационные сооружения п.Вазерки, Бессоновского района, Пензенской области. Целью проведения лабораторных исследований обработки коагулянтами хозяйственно-бытовых сточных вод, являлось установление влияния режимов обработки и дозы коагулянта на эффективность очистки. В качестве коагулянтов использовались сульфат алюминия (СА) (технический очищенный) и полиоксихлорид алюминия (ПОХА) «АКВА-АУРАТ 30. Коагулянты дозировались по массе товарного продукта. В качестве флокулянтов использовались полиакриламид технический марки АК631 и катионный сополимер акриламида марки АК636Р, КП-555.

Исследования проводились на установке «Капля», состоящей из шести стаканов вместимостью 1 литр и шести мешалок с общим электроприводом, позволяющим менять число оборотов мешалок.

Моделирование технологического процесса хлопьеобразования проводили в лабораторной установке комбинированного пневматического перемешивания сточных вод. Установка имела две рабочие зоны. В эрлифтной зоне осуществлялось интенсивное макромасштабное перемешивание сточных вод крупными пузырьками воздуха, в зоне микромасштабного перемешивания поддерживался противоток всплывающих мелкодисперсных пузырьков воздуха и нисходящего потока жидкости.

В сточных водах определялись концентрации взвешенных веществ, ХПК, БПК₅, аммонийного азота, фосфатов, а так же объем образующего осадка.

Результаты экспериментальных исследований влияния доз реагентов при коагуляционной обработке хозяйственно-бытовых сточных вод в установке «Капля» и установке для пневматического перемешивания на концентрацию органических загрязнений (БПК₅) представлены в виде графиков (рис. 1, 2).

Полученные данные позволили сделать вывод о том, что зависимости концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, прошедших коагуляционную обработку, от концентраций коагулянта могут быть выражены в виде:

$$C = K_1 \cdot K_2 \cdot C_0,$$

где C_0 и C – соответственно концентрации загрязняющих веществ в сточных водах до и после коагуляционной обработки; K_1 – коэффициент, учитывающий повышение эффективности очистки при пневматическом перемешивании сточных вод; K_2 – коэффициент, учитывающий зависимость концентрации загрязняющих веществ в обрабатываемых сточных водах от дозы коагулянта.

Для концентрации взвешенных веществ в сточных водах обработанных СА при дозе $D_{\text{са}} = 40\text{--}240$ мг/л:

$$K_2 = 18,276 \cdot D_{\text{са}}^{-0,965}$$

в сточных водах обработанных ПОХА при дозе $D_{\text{поха}} = 20\text{--}120$ мг/л:

$$K_2 = 81,9 \cdot D_{\text{поха}}^{-1,689}$$

Величина коэффициента $K_1 = 0,91$.

Для ХПК в сточных водах обработанных СА при дозе $D_{\text{са}} = 40\text{--}240$ мг/л:

$$K_2 = 3,211 \cdot D_{\text{са}}^{-0,333}$$

в сточных водах обработанных ПОХА при дозе $D_{\text{поха}} = 20\text{--}120$ мг/л:

$$K_2 = 3,261 \cdot D_{\text{поха}}^{-0,419}$$

Величина коэффициента $K_1 = 0,92$.

Для БПК₅ в сточных водах обработанных СА при дозе $D_{\text{са}} = 40\text{--}240$ мг/л:

$$K_2 = 5,267 \cdot D_{\text{са}}^{-0,482}$$

в сточных водах обработанных ПОХА при дозе $D_{\text{поха}} = 20\text{--}120$ мг/л:

$$K_2 = 5,367 \cdot D_{\text{поха}}^{-0,623}$$

Величина коэффициента $K_1 = 0,94$.

Для фосфатов в сточных водах обработанных СА при дозе $D_{ca} = 40\text{--}240$ мг/л:

$$K_2 = 2,12 \cdot D_{ca}^{-0,229}$$

в сточных водах обработанных ПОХА при дозе $D_{поха} = 20\text{--}120$ мг/л:

$$K_2 = 2,093 \cdot D_{поха}^{-0,305}$$

Величина коэффициента $K_1 = 0,94$.

В результате проведенных исследований установлено что ПОХА является более эффективным коагулянтом СА.

Использование пневматического перемешивания в процессе хлопьеобразования позволяет повысить эффективность коагуляционной очистки сточных вод на 4–7 %.

Метод коагуляционной обработки сточных вод не позволяет эффективно удалять ионы аммония (эффект очистки не превышает 23 %).

При коагуляционной обработке сточных вод с использованием ПОХА и флокулянта КП-555 содержание взвешенных веществ снижается на 91,3 %; ХПК на 55 %; БПК₅ на 69 %; фосфатов на 51 %.

Применение ПОХА взамен СА позволяет уменьшить объем образующегося в процессе коагуляционной обработки хозяйственно-бытовых сточных вод осадка с 4,2 до 2,2 %.

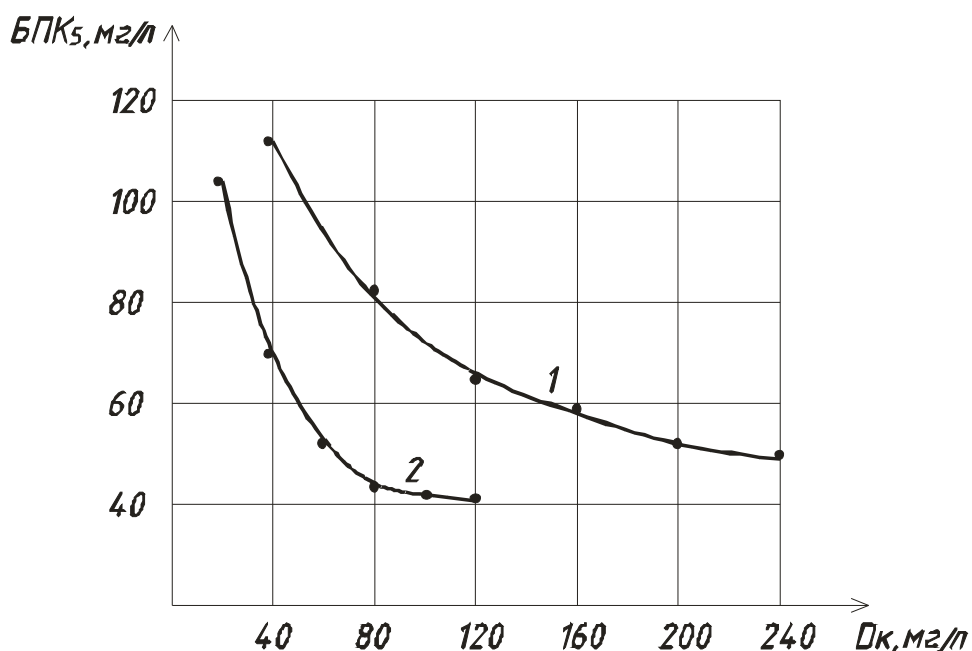


Рис. 1. Результаты экспериментальных исследований влияния доз реагентов при коагуляционной обработке хозяйственно-бытовых сточных вод в установке «Капля» на концентрацию органических загрязнений (БПК₅):
 1 – коагулянт сульфат алюминия, флокулянт полиакриламид (1 мг/л);
 2 – коагулянт – полиоксихлорид алюминия (ПОХА), флокулянт – КП-555.

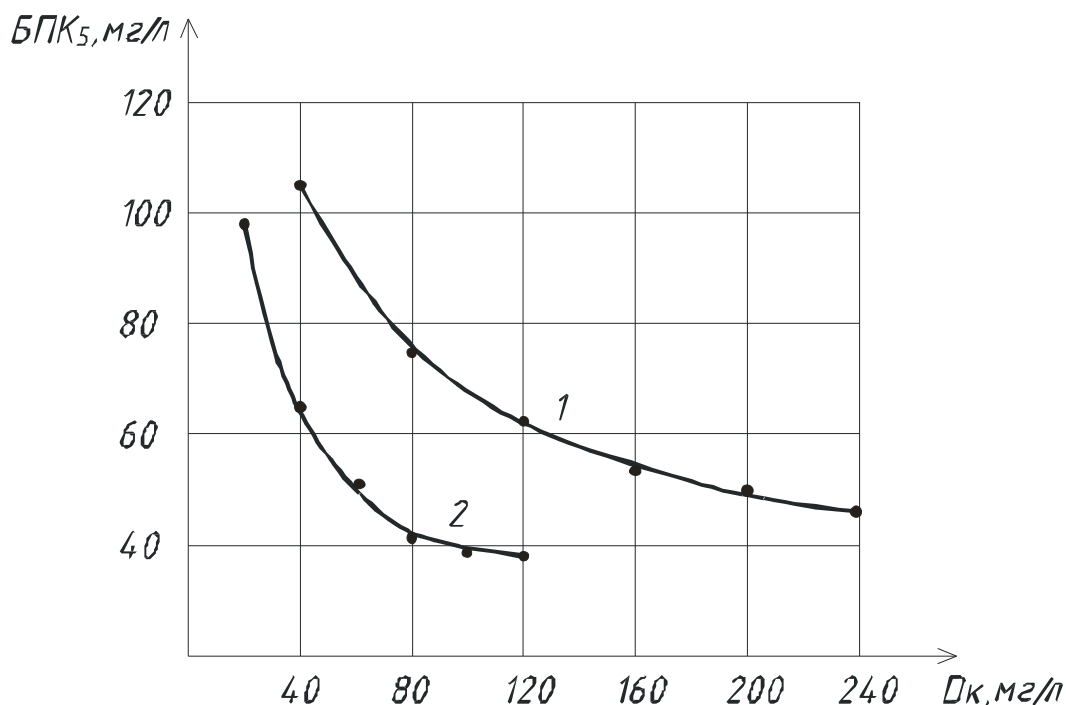


Рис. 2. Результаты экспериментальных исследований влияния доз реагентов при коагуляционной обработке хозяйственно-бытовых сточных вод в установке для пневматического перемешивания на концентрацию органических загрязнений (БПК₅):
 1 – коагулянт сульфат алюминия, флокулянт полиакриламид (1 мг/л);
 2 – коагулянт – полиоксихлорид алюминия (ПОХА), флокулянт – КП-555.

В четвертой главе представлены экспериментальные исследования процесса глубокой доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод методом каталитического окисления. Исследования проводились на полупроизводственной установке производительностью 0,2 м³/ч, смонтированной на территории канализационных очистных сооружений п. Вазерки. Установка включала в себя модельный отстойник с камерой хлопьеобразования, оснащенной системой комбинированного пневматического перемешивания; модельный биофильтр-нитрификатор; контактный резервуар; фильтр с каркасно-засыпной загрузкой; реагентное хозяйство. В отстойнике

осуществлялась коагуляционная обработка сточных вод, позволяющая удалить мелкодисперсные и коллоидные загрязнения. Необходимость использования биофильтра-нитрификатора с плавающей загрузкой из пенополистирола была обусловлена незначительным эффектом снятия аммонийного азота методом коагуляции. Биофильтр-нитрификатор был предназначен для окисления солевого аммония сточных вод до нитритов и нитратов. В контактном резервуаре происходило обеззараживание сточных вод электрохимически генерированным раствором гипохлорита натрия, каталитическое окисление оставшихся трудноокисляемых органических загрязнений активным хлором с использованием железного купороса, дехлорирование сточных вод и глубокое удаление фосфатов.

Окончательная доочистка сточных вод происходила на фильтре с каркасно-засыпной загрузкой, имеющим каркас из гравия крупностью 50-70 мм в поры которого засыпался песок диаметром 1,2-1,6 мм.

На первом этапе исследований проводилось изучение влияния величины гидравлической нагрузки $q_{(s)}$ ($\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$) на эффективность очистки сточных вод. В очищенных сточных водах определялись концентрация ионов аммония, нитритов, нитратов, ХПК, БПК₅.

Результаты экспериментальных исследований представлены в виде графиков (рис. 3,4.).

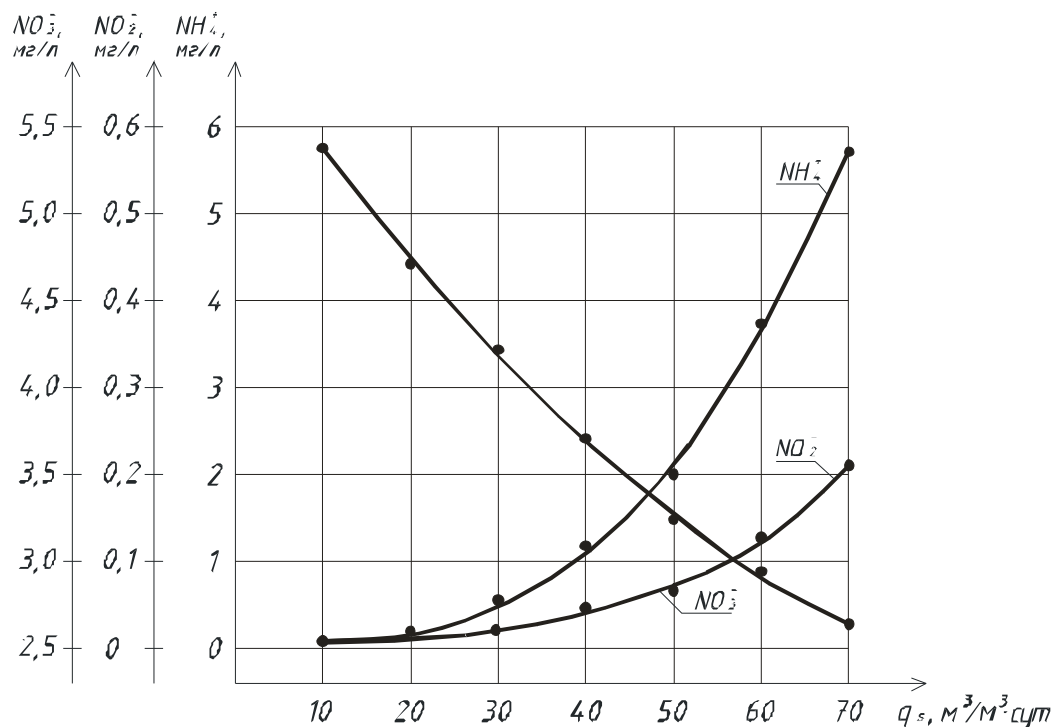


Рис. 3. Результаты экспериментальных исследований зависимостей концентрации азота аммонийного, нитратов, нитритов в сточных водах на выходе с биофильтра-нитрификатора от величины гидравлической нагрузки q_s .

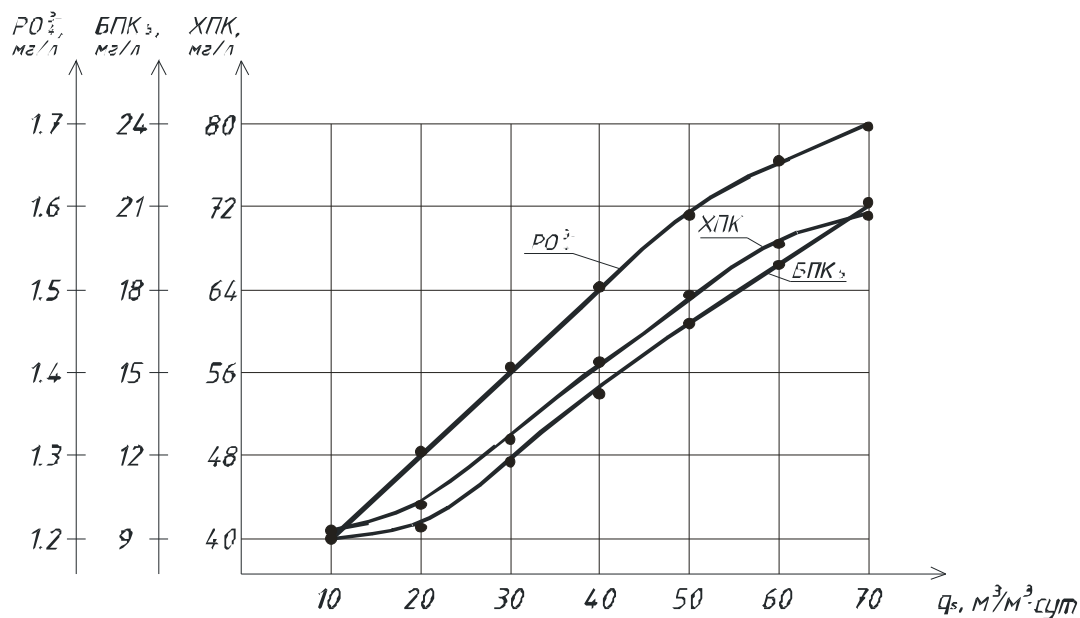


Рис. 4. Результаты экспериментальных исследований зависимостей концентрации фосфатов, ХПК, БПК₅ в сточных водах на выходе с биофильтра-нитрификатора от величины гидравлической нагрузки q_s .

На втором этапе исследований проводилось изучение влияния величины концентрации гипохлорита натрия в контактном резервуаре на эффективность очистки при скорости фильтрования сточных вод через каркасно-засыпной

фильтр $V_{\phi}=2$ м/ч. Гипохлорит натрия нарабатывался из раствора поваренной соли в электролизере с нерастворимыми электродами (ОРТА).

Результаты экспериментальных исследований влияния концентрации активного хлора в контактном резервуаре на концентрацию органических загрязнений (ХПК, БПК₅) в сточных водах на выходе с каркасно-засыпного фильтра представлены в виде графиков (рис. 5).

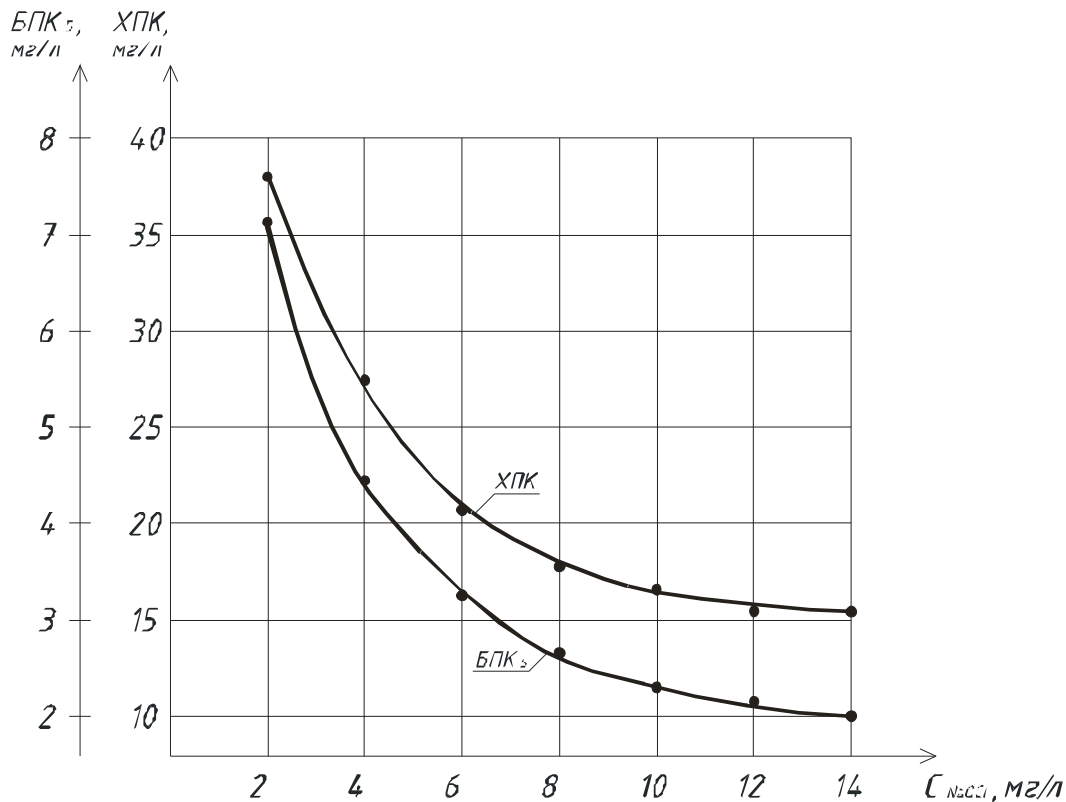


Рис. 5. Результаты экспериментальных исследований зависимостей концентрации органических загрязнений (ХПК, БПК₅) в сточных водах на выходе с фильтра при скорости фильтрования $v_{\phi} = 2$ м/ч от величины концентрации гипохлорита натрия в контактном резервуаре.

В результате обработки экспериментальных данных получены математические зависимости описывающие технологию комбинированной очистки хозяйственно-бытовых сточных вод:

- изменение концентрации ионов аммония на выходе с биофильтра-нитрификатора

$$C_{\text{NH}_4^+} = C_{\text{NH}_4^+}^0 \cdot 2,062 \cdot 10^{-6} \cdot q_s^{2,945},$$

где $C_{\text{NH}_4^+}^0$ – концентрация ионов аммония на входе в биофильтр-нитрификатор, мг/л; q_s – гидравлическая нагрузка на биофильтр-нитрификатор, $\text{м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{сут})$;

-изменение ХПК на выходе с биофильтра-нитрификатора

$$C_{\text{ХПК}} = C_{\text{ХПК}}^0 \cdot 0,157 \cdot q_s^{0,381},$$

где $C_{\text{ХПК}}^0$ – ХПК на входе в биофильтр-нитрификатор, мг/л;

- изменение БПК₅ на выходе с биофильтра-нитрификатора

$$C_{\text{БПК}_5} = C_{\text{БПК}_5}^0 \cdot 0,047 \cdot q_s^{0,670},$$

где $C_{\text{БПК}_5}^0$ – БПК₅ на входе в биофильтр-нитрификатор, мг/л;

-изменение концентрации фосфатов на выходе с биофильтра-нитрификатора

$$C_{\text{PO}_4^{3-}} = C_{\text{PO}_4^{3-}}^0 \cdot 0,380 \cdot q_s^{0,213},$$

где $C_{\text{PO}_4^{3-}}^0$ – концентрация фосфатов на входе в биофильтр-нитрификатор, мг/л;

-изменение концентрации ХПК на выходе с каркасно-засыпного фильтра

$$C_{\text{ХПК}} = C_{\text{ХПК}}^0 \cdot 1,331 \cdot C_{\text{NaOCl}}^{-0,522},$$

где $C_{\text{ХПК}}^0$ – концентрация ХПК в сточных водах на входе в контактный резервуар, мг/л; C_{NaOCl} – концентрация гипохлорита натрия в контактном резервуаре

$C_{\text{NaOCl}} = 2\text{--}14$ мг/л;

-изменение концентрации БПК₅ на выходе с каркасно-засыпного фильтра

$$C_{\text{БПК}_5} = C_{\text{БПК}_5}^0 \cdot 1,279 \cdot C_{\text{NaOCl}}^{-0,709},$$

где $C_{\text{БПК}_5}^0$ – концентрация БПК₅ в сточных водах на входе в контактный резервуар, мг/л;

-изменение концентрации фосфатов на выходе с каркасно-засыпного фильтра

$$C_{\text{PO}_4^{3-}} = C_{\text{PO}_4^{3-}}^0 \cdot 0,755 \cdot C_{\text{NaOCl}}^{-1,179},$$

где $C_{\text{PO}_4^{3-}}^0$ – концентрация фосфатов в сточных водах на входе в контактный резервуар, мг/л.

Проведенные эксперименты показали что использование биофильтра-нитрификатора позволяет эффективно снижать концентрацию ионов аммония.

При гидравлической нагрузке на биофильтр-нитрификатор $20 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$ концентрация загрязняющих веществ в сточных водах на выходе снижается по показателям: азот аммонийный – в 73 раза; ХПК – 2,2 раза; БПК₅ – 2,9 раза.

Каталитическая обработка сточных вод с использованием гипохлорита натрия и железного купороса с последующим фильтрованием на каркасно-засыпном фильтре позволяет уменьшить концентрацию загрязняющих веществ в очищенных сточных водах по показателям: ХПК – в 2,5 раза; БПК₅ – 4 раза; фосфатам – 20 раз; взвешенным веществам – 19 раз.

Для предлагаемой комбинированной технологии очистки хозяйственно-бытовых сточных вод рекомендуются следующие технологические показатели:

- гидравлическая нагрузка на биофильтр-нитрификатор $20 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$;
- удельный расход воздуха подаваемый на биофильтр-нитрификатор $5 \text{ м}^3/\text{м}^3$;
- концентрация гипохлорита натрия в контактном резервуаре 10 мг/л;
- концентрация железного купороса в контактном резервуаре 30 мг/л;
- скорость фильтрования сточных вод через каркасно-засыпной фильтр 2 м/ч.

В пятой главе приводятся результаты практического внедрения предлагаемой технологии на канализационных очистных сооружениях п. Вазерки, Бессоновского района, Пензенской области производительностью $100 \text{ м}^3/\text{сут}$ и канализационных очистных сооружениях воинской части 45108 Кузнецк-12 Пензенской области производительностью $2800 \text{ м}^3/\text{сут}$.

До реконструкции на канализационных очистных сооружениях п. Вазерки функционировала стандартная схема биологической очистки сточных вод в аэротенках смесителях с доочисткой на скорых песчаных фильтрах. Ввиду крайней неравномерности притока сточных вод и частых перебоев с подачей электроэнергии все попытки вырастить активный ил в аэротенках окончились неудачей. Сточные воды не проходили биологическую очистку. Механическая очистка сточных вод в отстойниках и скорых песчаных фильтрах не позволила получать требуемого качества сточных вод. С целью повышения эффективности работы канализационных очистных сооружений было предложено провести их реконструкцию с использованием комбинированной

схемы очистки сточных вод. Технологическая схема реконструкции очистных сооружений п. Вазерки представлена на рис. 6.

В процессе реконструкции вторичный вертикальный отстойник был переоборудован в отстойник с камерой хлопьеобразования (22). Перед отстойником был смонтирован смеситель (26), где происходило смешение сточных вод с коагулянтом (АКВА-АУРАТ 30), подаваемым насосом дозатором (18).

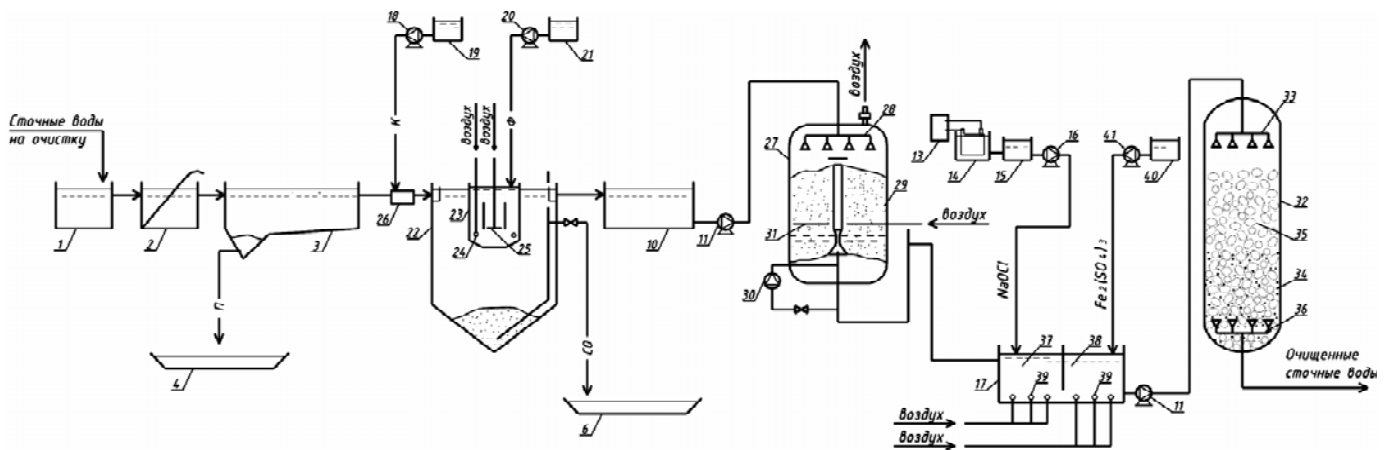


Рис. 6. Технологическая схема канализационных очистных сооружений п.Вазерки:

1 – камера гашения напора; 2 – решетки; 3 – песколовки; 4 – песковые площадки; 5 – первичный вертикальный отстойник; 6 – иловые карты; 7 – аэротенк-вытеснитель; 8 – механические аэраторы; 9 – вторичный вертикальный отстойник; 10 – сборный резервуар блока глубокой доочистки сточных вод; 11 – насос; 12 – скорый песчаный фильтр; 13 – выпрямительное устройство; 14 – электролизер; 15 – расходный бак гипохлорита натрия; 16 – насос дозатор гипохлорита натрия; 17 – контактный резервуар; 18 – насос дозатор коагулянта; 19 – расходный бак коагулянта; 20 – насос дозатор флокулянта; 21 – расходный бак флокулянта; 22 – отстойник с камерой флокуляции; 23 – камера флокуляции; 24 – система тонкого диспергирования воздуха; 25 – воздухораспределительная система эрлифтной зоны; 26 – смеситель; 27 – биофильтр-нитрификатор; 28 – распределительная система биофильтра-нитрификатора; 29 – загрузка из гранул пенополистирола; 30 – рециркуляционный насос; 31 – воздухораспределительная система; 32 – каркасно-засыпной фильтр; 33 – распределительная система каркасно-засыпного фильтра; 34 – песчаная загрузка; 35 – гравийный каркас; 36 – сборная система каркасно-засыпного фильтра; 37 – контактное отделение; 38 – каталитическое отделение; 39 – система барботирования

контактного резервуара; 40 – расходный бак железного купороса; 41 – насос-дозатор железного купороса.

Для интенсификации процесса хлопьеобразования в камеру хлопьеобразования (23) насосом дозатором (20) подавался флокулянт (КП-555). После первой ступени физико-химической очистки сточные воды самотеком поступали в сборный резервуар блока глубокой доочистки (10). Из сборного резервуара (10) сточные воды насосом (11) подавались в распределительную систему (28) биофильтра-нитрификатора (27). Для создания аэробных условий в толщу загрузки через воздухораспределительную систему (31) подавался воздух от высоконапорного вентилятора. С биофильтра-нитрификатора сточные воды самотеком поступали в контактный резервуар (17). Контактный резервуар, поделенный перегородкой на два отделения, был оборудован системой пневматического перемешивания (39). Насосом дозатором (16) в контактное отделение (37) резервуара подавался раствор гипохлорита натрия. Гипохлорит натрия приготавливался из раствора поваренной соли в электролизере с нерастворимыми электродами. В каталитическое отделение (38) насосом дозатором (41) дозировался раствор сульфата железа. В процессе химического взаимодействия не прореагировавшего в контактном отделении гипохлорита натрия с сульфатом железа происходило каталитическое окисление оставшихся органических загрязнений и полное дехлорирование сточных вод. Сточные воды из контактного резервуара (17) насосом (11) перекачивались в каркасно-засыпной фильтр (32).

В процессе фильтрования сточных вод в порах гравийного каркаса (35) и песчаной загрузки (34) происходило задержание образовавшейся в каталитическом отделении (38) гидроокиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и скоагулированных неокислившихся загрязнений. Очищенные сточные воды собирались сборной системой (36) и сбрасывались в р.Сура.

Результаты внедрения комбинированной технологии очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на канализационных очистных сооружениях п. Вазерки представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты внедрения комбинированной технологии очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на канализационных очистных сооружениях п.Вазерки

Показатели	Концентрация в сточных водах, поступающих на КОС, мг/л	Концентрация в сточных водах на выходе из отстойников, мг/л	Эффективность коагуляционной очистки сточных вод, %	Концентрация в сточных водах на выходе с биофильтра-нитрификатора, мг/л	Эффективность очистки сточных вод на биофильтре-нитрификаторе, %	Концентрация в сточных водах на выходе с каркасно-засыпного фильтра, мг/л	ПДК установленные для р. Суры, мг/л	Эффективность каталитической очистки сточных вод, %	Общий эффект очистки сточных вод, %
1. Взвешенные вещества	$\frac{96-118}{104}$	$\frac{8,1-10,2}{8,5}$	91,8	$\frac{19,2-24,8}{21,2}$	-	$\frac{1,5-2,4}{1,8}$	20	91,5	98,3
2. ХПК	$\frac{198-236}{216}$	$\frac{74-89}{79}$	63,4	$\frac{31,2-36,5}{34,7}$	56,1	$\frac{16,5-19,1}{17,8}$	20	48,7	91,8
3. БПК ₅	$\frac{85-136}{116}$	$\frac{40-51}{48}$	58,6	$\frac{12,5-14,1}{13,5}$	71,9	$\frac{2,1-2,8}{2,6}$	3	80,7	97,8
4. NH_4^+	$\frac{8-12,5}{10,2}$	$\frac{7,4-11,2}{9,1}$	10,8	$\frac{0,12-0,32}{0,18}$	98	$\frac{0,09-0,18}{0,12}$	0,4	33,3	98,8
5. NO_2^-	0	0	-	0,014	-	0,010	0,08	-	-
6. NO_3^-	0	0	-	4,6	-	4,6	9	-	-

7. PO_4^{3-}	$\frac{3,2-5,1}{4,1}$	$\frac{1,4-2,2}{1,7}$	58,5	$\frac{0,61-1,2}{0,66}$	61,2	$\frac{0,02-0,08}{0,06}$	0,2	90,9	98,5
-----------------------	-----------------------	-----------------------	------	-------------------------	------	--------------------------	-----	------	------

Примечание: в знаменателе показано среднее значение рассматриваемого показателя.

Технология доочистки сточных вод методом каталитической деструкции была реализована на очистных сооружениях войсковой части №45108, г.Кузнецк-12, Пензенской области.

Биологическая очистка сточных вод на канализационных очистных сооружениях войсковой части №45108 осуществлялась в аэротенках, построенных в соответствии с ТП 902-03-15.

В связи с уменьшением расхода сточных вод, подаваемых на канализационные очистные сооружения, с проектных 4200 м.куб./сут до 2800 м.куб. /сут эксплуатировались только две секции блока емкостей из четырех существующих.

Технологическая схема реконструкции канализационных очистных сооружений войсковой части №45108, г.Кузнецк-12, Пензенской области представлена на рис.8.

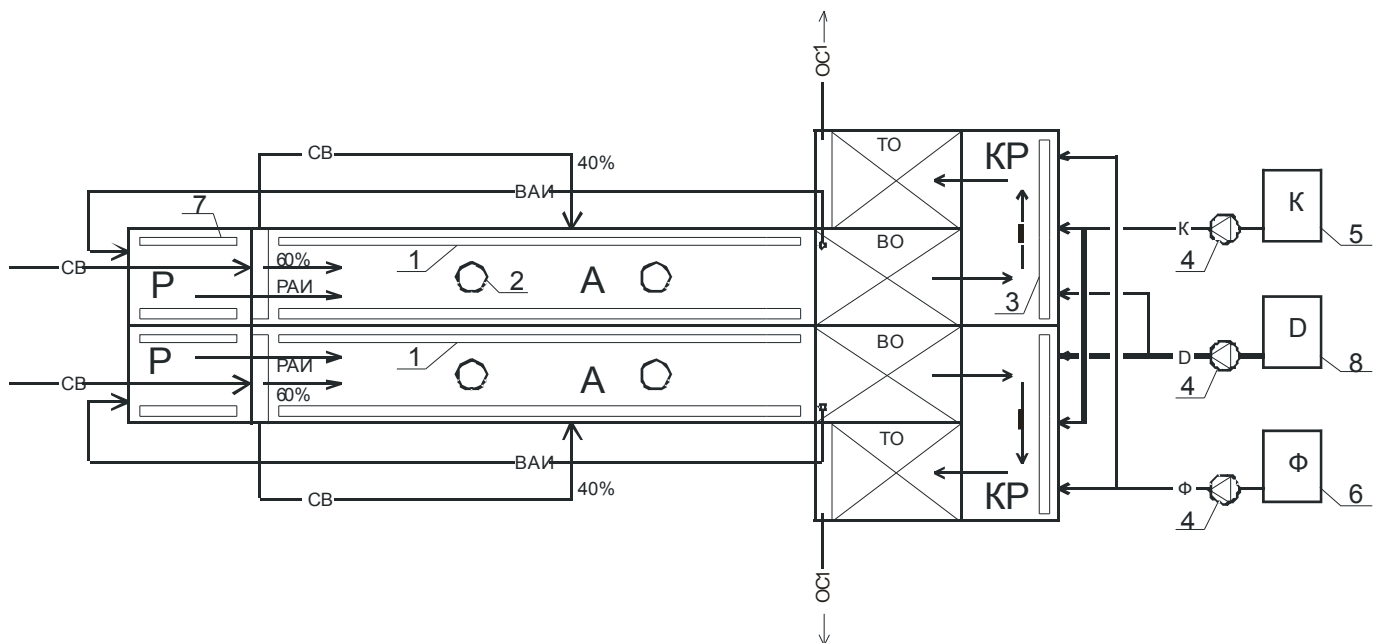


Рис. 8. Технологическая схема реконструкции канализационных очистных сооружений В/ч №45108 г. Кузнецк-12 Пензенской области: 1 – система аэрации аэротенка; 2 – вихревое перемешивающее устройство; 3 – система аэрации контактных резервуаров; 4 – насосы-дозаторы; 5 – расходный бак коагулянта (катализатора); 6 – расходный бак флокулянта; 7 – система аэрации регенератора; 8 – расходный бак гипохлорита натрия; А – аэротенк; Р – регенератор; ВО – вторичные отстойники; ТО – третичные отстойники; КР – контактные резервуары; ОС – биологически очищенные сточные воды; ОС1 – сточные воды после доочистки;

ВАИ – возвратный активный ил; РАИ – регенерированный активный ил; К – коагулянт (катализатор); Ф – флокулянт; D – дезинфектант (гипохлорит натрия)

Концентрацию активного хлора в контактном резервуаре увеличили до 10 мг/л. В середину контактного резервуара подавался катализатор (железный купорос). В процессе взаимодействия активного хлора с катализатором происходило полное дехлорирование сточных вод. Активного хлора в сточных водах на выходе из третичного отстойника не обнаружено.

Результаты, полученные от внедрения технологии глубокой доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод методом каталитического окисления на канализационных очистных сооружениях воинской части № 45108 г. Кузнецк-12, Пензенской области представлены в таблице 2.

В пятой главе также приведены методики расчета устройств, входящих в предлагаемую технологическую схему, а так же рекомендации к проектированию.

Таблица 2

Результаты внедрения технологии глубокой доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод методом каталитического окисления на канализационных очистных сооружениях воинской части №45108 г. Кузнецк-12 Пензенской области

Показатели	Концентрация в сточных водах поступающих на КОС, мг/л	Концентрация в сточных водах на выходе с КОС до проведения реконструкции, мг/л	Эффективность очистки сточных вод до проведения реконструкции, %	Концентрация в сточных водах на выходе с КОС после проведения реконструкции при коагуляционной обработке, мг/л	Эффективность очистки сточных вод на КОС после проведения реконструкции при коагуляционной обработке, %	Концентрация в сточных водах на выходе с КОС после проведения реконструкции при каталитической обработке, мг/л	Эффективность очистки сточных вод на КОС после проведения реконструкции при каталитической обработке
1 Взвешенные вещества	$\frac{110-142}{125}$	$\frac{28-44}{36}$	71,2	$\frac{7-16}{9,4}$	92,5	$\frac{6-12}{8,2}$	93,4
2. ХПК	$\frac{224-256}{248}$	$\frac{41-59}{54}$	78,2	$\frac{36-46}{41}$	83,5	$\frac{30-38}{34,2}$	86,2
3. БПК ₅	$\frac{131-162}{147}$	$\frac{14-24}{19}$	87,1	$\frac{7-16}{9}$	93,0	$\frac{4,1-6,4}{5,1}$	96,5

4. NH_4^+	$\frac{9,1-12,6}{11,5}$	$\frac{2,9-5,9}{5,1}$	55,7	$\frac{0,8-2,4}{1,7}$	85,2	$\frac{0,6-1,9}{1,2}$	89,6
5. NO_2^-	0	$\frac{0,4-1,2}{0,8}$	-	$\frac{0,3-0,9}{0,6}$	-	$\frac{0,1-0,4}{0,32}$	-
6. NO_3^-	0	$\frac{1,8-3,4}{2,6}$	-	$\frac{3,4-5,2}{4,1}$	-	$\frac{3,5-5,3}{4,3}$	-
7. PO_4^{3-}	$\frac{3,9-5,8}{5,0}$	$\frac{3,1-4,2}{3,6}$	28,0	$\frac{0,03-0,10}{0,08}$	98,4	$\frac{0,02-0,07}{0,04}$	99,2

Примечание: в знаменателе показано среднее значение рассматриваемого показателя.

Основные выводы

1. Из анализа отечественных и зарубежных литературных источников следует, что наиболее перспективным направлением повышения надежности и устойчивости работы канализационных очистных сооружений малой производительности в условиях значительной нестационарности режима притока сточных вод является использование физико-химических методов очистки.

2. Предложена новая комбинированная технология очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, предусматривающая их коагуляционную обработку, проведение нитрификации на аэрируемых биофильтрах и глубокую каталитическую доочистку с использованием сульфата железа и электрохимически генерированного гипохлорита натрия.

3. Экспериментально доказана высокая эффективность метода каталитической доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод с использованием сульфата железа и электрохимически генерированного гипохлорита натрия, позволяющего не только провести глубокое окисление оставшихся загрязнений, но и осуществить полное дехлорирование сточных вод.

4. Получены математические зависимости, адекватно описывающие процессы коагуляционной обработки сточных вод сульфатом и полиоксихлоридом алюминия, а также математические зависимости описывающие процессы каталитической доочистки сточных вод с использованием электрохимически генерированного гипохлорита натрия и сульфата железа.

5. Технология комбинированной очистки хозяйственно-бытовых сточных вод внедрена на канализационных очистных сооружениях п. Вазерки, Бессоновского района, Пензенской области производительностью 100 м³/сут. Промышленное внедрение технологии комбинированной очистки позволило достичь качества очищенных сточных вод необходимое при их сбросе в водоём рыбохозяйственного водопользования и обеспечить концентрации содержащихся в них загрязнений на уровне: взвешенные вещества – 2,1–2,8 мг/л, NH_4^+ – 0,09–0,18 мг/л, ХПК – 16,5–19,1 мг/л, БПК₅ – 2,1–2,8 мг/л, PO_4^{3-} – 0,02–0,08 мг/л.

6. Технология глубокой доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод методом каталитического окисления внедрена на канализационных очистных сооружениях войсковой части №45108 г. Кузнецк-12 Пензенской области производительностью 2800 м³/сут. Промышленное внедрение технологии глубокой доочистки позволило снизить концентрации загрязняющих веществ на выходе с очистных сооружений по показателям: взвешенные вещества – в 4,4 раза; ХПК – в 1,6 раза; БПК₅ – в 3,7 раза; NH_4^+ – в 4,3 раза; PO_4^{3-} – в 90 раз.

7. Подтвержденный среднегодовой экономический эффект от внедрения технологии комбинированной очистки хозяйственно-бытовых сточных вод канализационных очистных сооружений п. Вазерки составил более 270 тыс. руб. в ценах 2008 года.

Основные положения и результаты диссертационной работы изложены в следующих публикациях:

1. Блажко, С.И. Использование метода коагулирования для очистки сточных вод малых населенных пунктов [Текст] / С.И. Блажко, В.С. Ивановский, А.И. Стребежев // Научно-технический сборник. – Балашиха: ВТУ при Спецстрое России, 2006. – Вып. 13.

2. Блажко, С.И. Комбинированная технология физико-химической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод [Текст] / С.И. Блажко, С.Ю. Андреев

/ Экология и безопасность жизнедеятельности: сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конференции. – Пенза: МНИЦ ПГСХА, 2005.

3.Блажко, С.И. Технология двухступенчатой физико-химической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод как альтернатива сооружениям биологической очистки [Текст] / С.И. Блажко, С.Ю. Андреев, Б.М. Гришин // Известия высш. учеб. заведений. Строительство. – Новосибирск, 2007.

4.Блажко, С.И., Использование комбинированной технологии для очистки сточных вод кондитерской фабрики [Текст] / С.И. Блажко, С.Ю. Андреев, А.М. Исаева // Актуальные проблемы современного строительства: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конференции. – Пенза: ПГУАС, 2007.

5.Исследования процессов осветления сточных вод станций мойки автомобилей [Текст] / С.И. Блажко [и др.] // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы современного строительства», Пенза, ПГУАС, 2005 г.

6.Исследование каталитического дехлорирования как завершающего этапа обработки сточных вод [Текст] / С.И. Блажко [и др.] // Проблемы энергосбережения и экологии в промышленном и жилищно-коммунальных комплексах: сб. статей VII Междунар. науч.-практ. конференции. – Пенза: ПГУАС, НОУ «Приволжский дом знаний», 2006.

7.Оптимизация режима добавления реагентов как способ интенсификации предварительной обработки городских сточных вод [Текст] / С.И. Блажко [и др.] // Информационный бюллетень «Строй-инфо» №11, Самара, 2006 г.

8.Исследование процессов осветления сточных вод станций мойки автомобилей [Текст] / С.И. Блажко [и др.] // Актуальные проблемы современного строительства: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конференции. – Пенза: ПГУАС, 2005 г. .

9. Блажко, С.И. Использование метода коагулирования для очистки сточных вод малых населенных пунктов [Текст] / Сб. статей III Всероссийской

научно-практической конференции «Окружающая среда и здоровье», Приволжский дом знаний, Пенза, 2006 г.

10. Технологическая схема для интенсификации очистки сточных вод станций мойки автомобилей [Текст] / С.И. Блажко [и др.] // Сб. статей VI Международной научно-практической конференции «Проблемы энергосбережения и экологии в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах», Пенза, ПГУАС, Приволжский дом знаний, 2005 г.

11. Использование метода каталитического окисления органических загрязнений для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод [Текст] / С.И. Блажко [и др.] // Проблемы энергосбережения и экологии в промышленном и жилищно-коммунальном хозяйстве: сб. тр. IX Междунар. науч.-практ. конференции, Пенза, 2008 г.

***Примечание. Жирным шрифтом выделены работы в изданиях, рекомендованных ВАК**

**РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ
ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ МАЛЫХ
ОБЪЕКТОВ**

Блажко Сергей Иванович

Автореферат

Подписано к печати Формат 60×84 1/16

Бумага офсетная. Печать офсетная. Объем 1 усл.- печ. л.

Тираж 100 экз. Заказ № 85. Бесплатно.

Издательство