

УДК 628.356.5 (574) (043)

На правах рукописи



КОЛПАКОВА ВАЛЕНТИНА ПАВЛОВНА

**Совершенствование технологии и техники очистки сточных вод
с учетом производственных особенностей Восточного Казахстана**

05.23.04 – Водоснабжение, канализация, строительные системы
охраны водных ресурсов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Республика Казахстан
Алматы, 2010

Работа выполнена в Казахском Национальном Техническом университете им. К.И.Сатпаева

Научный консультант: доктор технических наук, профессор
М.М.Мырзахметов

Официальные оппоненты: доктор технических наук
И.А. Абдурасулов

доктор технических наук
А.А. Ауланбергенов

доктор технических наук
А.Н. Ким

Ведущая организация: Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауезова,
г. Шымкент

Защита состоится 27 декабря 2010 года в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 14.61.25 при Казахском Национальном Техническом университете им. К.И.Сатпаева по адресу: 050013, г.Алматы, ул.Сатпаева, 22, факс 8(7272) 92-60-25.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казахского Национального Технического университета им. К.И.Сатпаева.

Автореферат разослан «27» ноября 2010 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



М.Т.Жараспаев

ВВЕДЕНИЕ

В Восточно-Казахстанской области расположено большое количество предприятий горно - рудной промышленности, от деятельности которых образуются хозяйственно – бытовые и производственные стоки. Хозяйственно-бытовые стоки этих предприятий в своем составе содержат ионы тяжелых металлов. Сброс таких, недостаточно очищенных сточных вод, оказывает отрицательное воздействие на природные водные источники. В связи с чем, остро стоит вопрос об использовании таких технологий очистки сточных вод, при сбросе которых были бы обеспечены природоохранные нормативы.

Общая характеристика работы. Работа посвящена вопросам совершенствования технологии и техники очистки сточных вод с учетом производственных особенностей Восточного Казахстана. В ходе выполнения научно-исследовательских работ теоретически обоснована возможность эффективной очистки биологически очищенных сточных вод после аэротенков или биофильтров в осветлителях со взвешенным слоем осадка, сформированным из хлопьев активного ила или биоплёнки. Экспериментально установлены, изучены и подтверждены в производственных условиях технологические показатели новых конструкций осветлителей со взвешенным слоем осадка для очистки биологически очищенных хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод предприятий Восточного Казахстана.

Актуальность проблемы. В принятых в последние годы нормативных документах по экологической безопасности Республики Казахстан «Концепция экологической безопасности Республики Казахстан на 2004-2015 годы», «Водный кодекс» (2003г.), «Экологический кодекс» (2006г.) особое внимание уделяется вопросам внедрения новых технологий при строительстве и реконструкции сооружений по очистке сточных вод населённых пунктов, промышленных предприятий, с целью повышения экологической безопасности при сбросе очищенных сточных вод в природные водные источники или на рельеф местности.

Отличительной чертой городских сточных вод и хозяйственно - бытовых сточных вод промышленных предприятий Восточного Казахстана, является наличие в их составе специфических загрязнений, которые не всегда поддаются удалению с помощью традиционных способов очистки сточных вод.

При этом показатели осветления воды не удовлетворяют современным требованиям сброса сточной воды в поверхностные водные источники и вызывают необходимость доочистки воды после вторичных отстойников. На большинстве очистных станций концентрация взвешенных веществ на выходе из вторичных отстойников составляет до 25-30 мг/л, по БПК₅ более 15 мг/л, эффект очистки сточных вод колеблется в пределах от 56 до 85%.

Доочистку воды можно проводить на песчаных фильтрах и микрофильтрах, где достигается высокий эффект осветления воды: концентрация взвешенных веществ снижается до 5-8 мг/л, а БПК₅ до 6 - 10 мг/л. Однако, используемые сооружения сложны по конструкции, требуют

значительных затрат на строительство и эксплуатацию, большого количества воды для промывки фильтрующих загрузок.

В этой связи, вопросы улучшения качества очищаемой воды при минимальных затратах и проблемы интенсификации процессов осветления сточных вод с учётом производственных особенностей Восточного Казахстана, приобретают особую актуальность. Улучшение технико-экономических характеристик интенсификации процесса осветления воды путём использования осветлителей со взвешенным слоем осадка, сформированным из хлопьев активного ила или биоплёнки, содержащие ионы тяжелых металлов позволяет обеспечить высокий эффект осветления, сравнимый с процессом фильтрации воды.

Положительное решение данного вопроса позволяет исключить загрязнение природных поверхностных водных источников при сбросе очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод.

Исходя из необходимости установления эффективного режима очистки и подготовки рекомендаций по проектированию и эксплуатации осветлителей со взвешенным слоем осадка для очистки хозяйственно-бытовых стоков, содержащие в своем составе ионы тяжелых металлов, была проведена настоящая работа в составе научно-технической программы «Научно-техническое обеспечение развития промышленности РК на 2002-2006 г.г.»

Целью работы является совершенствование технологии и техники очистки сточных вод с учетом производственных особенностей Восточного Казахстана для обеспечения требуемого качества очищенной воды соответствующей природоохранным нормативам.

На основании поставленной цели принято решение следующих задач:

- анализ современного состояния и изучения способов отделения активного ила, биоплёнки и загрязнений во взвешенном слое осадка, под действием коагулирующей способности ионов тяжелых металлов;

- теоретическое исследование процессов коагуляции и флокуляции, протекающих во взвешенном слое осадка при очистке биологически очищенных сточных вод;

- опытно - экспериментальные исследования по определению основных технологических параметров и зависимостей, влияющих на эффективность осветления сточных вод во взвешенном слое осадка;

- разработка методики расчета осветлителей со взвешенным слоем осадка для доочистки биологически очищенных сточных вод предприятий Восточного Казахстана;

- установление рациональных новых модификаций конструкций осветлителей со взвешенным слоем осадка для очистки биологически очищенных сточных вод предприятий Восточного Казахстана;

- определение технико-экономических показателей применения осветлителей со взвешенным слоем осадка на станциях аэрации и биофильтрации.

Научная новизна работы:

- обоснована технология очистки биологически очищенных городских и производственных сточных вод в осветлителях со взвешенным слоем осадка в условиях Восточного Казахстана;

- установлены экспериментальные зависимости параметров, определяющих эффективность очистки воды во взвешенном слое осадка;

- разработана математическая модель процесса, протекающего при очистке биологически очищенных сточных вод во взвешенном слое осадка;

- выявлены технологические и конструктивные параметры осветлителей со взвешенным слоем осадка для очистки биологически очищенных сточных вод;

- созданы новые конструкции осветлителей со взвешенным слоем осадка (получено А.С. № 1511219 от 1989г., А.С. № 1583364 от 1990г.);

- разработана методика расчета осветлителей со взвешенным слоем осадка для очистки биологически очищенных сточных вод с учетом полученных закономерностей, определяющих эффективность очистки сточных вод.

Научные положения, выносимые на защиту:

- теоретическое обоснование технологии очистки биологически очищенных городских и производственных сточных вод предприятий Восточного Казахстана в осветлителях со взвешенным слоем осадка за счёт коагулирующей способности ионов тяжелых металлов;

- математическая модель процессов, протекающих при очистке биологически очищенных сточных вод во взвешенном слое осадка;

- технологические и конструктивные параметры осветлителей со взвешенным слоем осадка для очистки биологически очищенных сточных вод;

- методика расчета основных параметров осветлителей со взвешенным слоем осадка при очистке биологически очищенных сточных вод во взвешенном слое осадка.

Апробация практических результатов работы. Основные результаты работы и практические результаты, полученные при выполнении работы докладывались и обсуждались на региональных, республиканских и международных научных и научно-практических конференциях: на научно-технической конференции «Проблемы научно-технического прогресса в развитии региона и отраслей народного хозяйства» (г.Усть-Каменогорск, УКСДИ, 1988г.); на Межреспубликанской конференции «Интенсификация процессов обработки питьевой, сточных вод и осадка» (г. Волгоград, ВолГИСИ, Волгоградский дом науки и техники, 1990г.); на Всесоюзной научно-технической конференции «Человек – труд – экология» (г. Волгоград, ВолГИСИ, Волгоградский дом науки и техники, 1990г.); на научно-технической конференции межрегионального общественного комитета в защиту Иртыша «Актуальные проблемы охраны окружающей среды и природопользования Прииртышья» (г.Усть-Каменогорск, 1990г.); на научно-технической конференции «Передовой опыт проектирования, строительства и эксплуатации локальных очистных сооружений на предприятиях» (г.Санкт-Петербург,

1992г.); на Республиканской научно-технической конференции (г. Алматы, 1993г.); на научно-практическом выездном семинаре 1 международного альянса «Невада – Семипалатинск» (п.Новая Бухтарма, 1993г.); на научно-техническом семинаре «Строительство в прибрежных курортных регионах» (г.Сочи, СИКДиТ, 1996г.); на 1-ой Международной научно-технической конференции «Проблемы комплексного освоения рудных и нерудных месторождений Восточно-Казахстанского региона» (г.Усть-Каменогорск, ВКГТУ им.Д.Серикбаева, 2001г.); на II-ой Центрально-азиатской международной конференции «Водные ресурсы: потенциал, использование, технология и экология» (г.Алматы, 2001г.); на Международной научно-практической конференции «Техника и технологии для защиты окружающей среды» (г.Усть-Каменогорск, ВКГТУ, 2005г.); на Международной научно-практической конференции «Архитектура и строительство в новом тысячелетии» (г.Алматы, КазНТУ им.К.И.Сатпаева, 2008г.); на Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы горно-металлургического комплекса Казахстана» (г.Караганда, КарГТУ, 2009г.); на Международной студенческой научно-практической конференции «Студенческое научное творчество: международное партнерство и перспективные технологии» (г.Усть-Каменогорск, КАСУ, 2010г.); на X Республиканской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых ВКГТУ им Д. Серикбаева «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана» (г.Усть-Каменогорск, 2010г.); Международная конференция «Жилищно-коммунальное хозяйство Республики Казахстан: проблемы решения и перспективы» (г.Алматы, 2010г.).

Связь диссертации с планами НИР. Настоящие исследования были выполнены в соответствии с планами научно-исследовательских работ научно-производственной лаборатории «Водных проблем» Восточно-Казахстанского государственного технического университета им.Д.Серикбаева: «Разработка реактора с псевдооживленным слоем и исследование очистных сооружений п.Новая Бухтарма», «Разработка рекомендаций по проектированию очистных сооружений зоны отдыха на Бухтарминском водохранилище», «Разработка сооружений биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод Бухтарминского гидроэнергетического комплекса» ТОО «Казцинк», «Разработка осветлителя для отделения биоплёнки после капельных биофильтров очистных сооружений УК ТМК», «Разработка сооружений биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод Малеевского рудника» Зыряновского горно-обогачительного комплекса ТОО «Казцинк», «Разработка сооружений биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод рудника «40-лет ВЛКСМ» Риддерского горно-обогачительного комплекса ТОО «Казцинк».

Практическая ценность работы. Разработанные и освоенные научно-технологические основы исследования по осветлению биологически очищенных сточных вод с учетом производственных особенностей Восточного Казахстана в осветлителях со взвешенным слоем осадка позволяют получить воду с высокой степенью очистки, сравнимую с показателями доочистки воды

на песчаных фильтрах, исключив из схемы очистки вторичные отстойники и сооружения по доочистке.

Разработанная методика расчета осветлителей со взвешенным слоем осадка для осветления биологически очищенных сточных вод с учетом производственных особенностей Восточного Казахстана и с учетом полученных закономерностей, определяющих эффективность очистки сточной воды, использована инженерно-техническими работниками проектных и научно-исследовательских организаций при проектировании новых и реконструкции эксплуатируемых очистных сооружений станций аэрации и биофильтрации, а также в ВУЗе при преподавании дисциплин «Техника и технология очистки воды», «Промышленное водоснабжение».

Результаты работы внедрены в проекты и в производство, акты внедрения результатов исследований прилагаются.

Публикации. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований, составляющие содержание диссертационной работы освещены в 52 научных трудах, из которых 10 изложены в материалах Международных научно-практических конференций, 8 статьи опубликованы в зарубежных изданиях, 10 - написаны единолично, 10 статьи опубликованы в 6 изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОиН РК.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 разделов, заключения и списка использованных источников из 176 наименований и 10 приложений. Работа изложена на 201 страницах компьютерного набора, иллюстрирована 57 рисунками и 37 таблицами.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определены цель и задачи исследований, научная новизна, представлены основные защищаемые научные положения, апробация практических результатов работы, связь диссертации с планами научно-исследовательских работ, практическая ценность работы, количество публикаций, структура и объём работы.

В первом разделе представлен литературный обзор по вопросам осветления сточных вод на станциях биологической очистки, который показал, что методы и сооружения для осветления биологически очищенной сточной воды после аэротенков и биофильтров являются важнейшей составляющей частью в технологической цепочке биологической очистки сточных вод. Интенсификация работы этих сооружений повышает эффективность работы очистной станции в целом.

Наибольшее применение из способов осветления биологически очищенных сточных вод после аэротенков и биофильтров с целью отделения из воды хлопьев активного ила или биоплёнки, имеет гравитационный способ, который осуществляют путем отстаивания во вторичных отстойниках разных конструктивных модификаций. Преимуществом вторичных отстойников

является простота в эксплуатации, низкая стоимость, но, как правило, при этом не достигается требуемый эффект осветления воды, удовлетворяющий природоохранным нормативам на сбросе. Это обуславливает необходимость устройства дополнительных сооружений по доочистке биологически очищенной сточной воды, которые приводят к значительному увеличению как капитальных, так и эксплуатационных затрат.

Одним из путей интенсификации процесса осветления сточных вод является использование осветлителей со взвешенным слоем осадка с применением современных технологий. В данной области отмечены работы – Д.М.Минц, А.Т.Дёмина, Г.Г.Первов, В.А.Клячко, И.Э.Апельцин, А.Я. Шур, С.М.Шифрин, С.И.Цитович, Г.Г.Шигорин, А.А.Бондарев, И.В.Скирдов, Е.Ф.Кургаев, В.И.Калицун, В.С.Шевцов, М.М. Мырзахметов, И.А. Абдурасулов, У.А. Соатов. Данный технологический способ позволяет усовершенствовать технико-экономические характеристики процесса осветления сточной воды: значительно интенсифицировать процесс очистки воды от взвешенных веществ, БПК, повысить эффект осветления и производительность сооружений, обеспечивая экономичность системы очистки в целом.

В литературном обзоре рассмотрены состав и свойства активного ила аэротенков и биологической пленки биофильтров. Проведен анализ существующих методов для осветления биологически очищенных сточных вод после аэротенков и биофильтров. Рассмотрены современные разработки конструкций по осветлению сточных вод: модификации осветлителей и комбинированные сооружения.

Приведенные литературные данные о возможности осветления сточных вод во взвешенном слое осадка и результаты проведенного анализа состава и свойств активного ила и биологической пленки, показавшие их схожесть, позволили сделать вывод о целесообразности проведения исследований по осветлению биологически очищенной сточной воды после аэротенков и биофильтров в осветлителях со взвешенным слоем осадка за счёт коагулирующей способности ионов тяжелых металлов.

Во втором разделе представлено математическое и физико-химическое моделирование процесса осветления сточной воды после аэротенков и биофильтров во взвешенном слое активного ила или биоплёнки.

Под математическими моделями осветления сточной воды понимают основные закономерности и связи, присущие данным процессам. Это могут быть формулы или уравнения, наборы правил или соглашений, выраженные в математической форме. Математическое моделирование позволяет прогнозировать качество воды, оценивать антропогенную нагрузку на природные водные комплексы и проводить контроль за сбросами сточных вод с городских очистных сооружений и промышленных предприятий. Математические модели качества воды строятся в зависимости от того, какие источники загрязнения действуют на природный водный источник при сбросе сточных вод.

Наиболее распространенными методами оценки параметров зависимостей являются: метод наименьших квадратов и его модификации; метод

экспоненциального сглаживания; метод вероятностного моделирования и метод адаптивного сглаживания. В работе рассмотрены стационарные и нестационарные стохастические модели прогнозирования и область их применения.

Для физико-химического моделирования процессов в водных объектах в первую очередь необходим следующий набор физико-химических констант: термодинамические константы; кинетические константы; константы сорбции; константы и данные по тепломассопереносу.

Проведение исследований для изучения процессов протекающих в водной среде, создание моделей и определение физических, химических и биологических характеристик водных объектов являются первоочередными задачами, без решения которых невозможно прогнозирование природных и техногенных процессов в водных объектах. Все это связано с решением сложных и объемных научных задач, которые не имеют однозначного ответа. В соответствии с концепцией организации мониторинга природных водных объектов, прежде всего, интересует математическая модель воздействия опасных загрязняющих веществ на водные объекты. В качестве таких объектов в рассматриваемом случае выступает биоценоз водного объекта, а точнее водный объект как гомеостат - самоорганизующаяся система, способная, благодаря адаптационным механизмам поддерживать физические и химические параметры, определяющие жизнедеятельность системы рек (например р.Ульба, р.Иртыш, Бухтарминское водохранилище Восточно-Казахстанской области), меняться в сравнительно узких пределах.

Была проведена обработка экспериментальных исходных данных зависимости $C_{\text{взв.сл}} = f(V_{\text{восх}})$ методом наименьших квадратов. При этом задача свелась к решению системы линейных уравнений $(m+1) - i$ -го порядка. Если ввести обозначение:

$$[X^k] = \sum_{i=1}^n X_i^k; [X^k y] = \sum_{i=1}^n X_i^k y_i, \quad (1)$$

то она запишется в виде (при $k=0,1;\dots;m$)

$$\begin{aligned} na_0 + [x]a_1 + \dots + [x^m]a_m &= [y]; \\ [x]a_0 + [x^2]a_1 + \dots + [x^{m+1}]a_m &= [xy]; \\ &\dots \\ [x^m]a_0 + [x^{m+1}]a_1 + \dots + [x^{2m}]a_m &= [x^m y]. \end{aligned} \quad (2)$$

Система (2) называется нормальной системой. Ее можно сокращенно записать в виде:

$$\sum_{k=0}^m [x^{i-k}] a_k - [x^i y] \quad i = 0;1;\dots;m. \quad (3)$$

Матрица этой системы симметричная, поэтому она всегда имеет решение, которое можно найти методами Крамера или Гаусса.

В результате выполненных расчётов получились следующие зависимости:

- 1) Линейная функция $y = 12,1512 - 6,6189 x$;
- 2) Логарифмическая функция $y = - 0,4318 + 12,0538 \ln x$;
- 3) Дробно-рациональная функция $y = 1 / 12,1512 - 6,6189 x$;
- 4) Показательная функция $y = 2,9015 e^{-1,3375 x}$;
- 5) Степенная функция $y = 1,4869 x^{-1,4956}$;
- 6) Параболическая функция $y = 25,0689 - 31,2402 x + 10,5366 x^2$.

Далее в полученные зависимости были подставлены фактические значения $V_{\text{восх.}}$.

Метод наименьших квадратов состоял в вычислении коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 функции $y = f(x, a_0, a_1, a_2)$, при которых сумма квадратов отклонений вычисленных значений функции от исходных является минимальной. Из полученных в результате обработки аппроксимирующих функций, окончательно выбиралась функция по наименьшей сумме квадратов отклонений S .

В результате обработки экспериментальных данных зависимости $C_{\text{взв.сл}} = f(V_{\text{восх}})$ была выбрана следующая функция:

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 \quad (4)$$

Для данной функции $S = 5,0725$ – наименьшая из всех полученных функций. Тогда функция с коэффициентами $a_0 = 25,0689$, $a_1 = - 31,2402$ и $a_2 = 10,5365$ примет вид:

$$y = 25,0689 - 31,2402 x + 10,5366 x^2 \quad (5)$$

Статистическая обработка была проведена и для зависимости $C_{\text{ос}} = f(V_{\text{восх}})$, для которой выбрана эмпирическая формула:

$$y = 8,1233 - 12,8898 x + 6,9203 x^2 \quad (6)$$

Для зависимости $C_{\text{ос}} = f(H_{\text{взв. сл.}})$ выбрана следующая эмпирическая формула:

$$y = 6,5608 - 6,9193 x + 2,0080 x^2 \quad (7)$$

Далее оценили полученные модели, путём определения погрешностей моделирования. Используя метод дисперсионного анализа, выяснили пригодность полученных моделей. В качестве критериев, оценивающих качество модели, целесообразно воспользоваться четырьмя показателями:

абсолютной погрешностью ($S_{\text{ост}}$), коэффициентом детерминации (D), индексом корреляции (I) и критерием Фишера ($F_{\text{расч}}$).

Дисперсии можно определить по формулам:

$$S^2_{\text{сум}} = \frac{\sum (Y_{\phi} - Y_{\text{ср}})^2}{n - 1} \quad (8)$$

$$S^2_{\text{мод}} = \frac{\sum (Y_{\text{м}} - Y_{\text{ср}})^2}{v - 1} \quad (9)$$

$$S^2_{\text{ост}} = \frac{\sum (Y_{\phi} - Y_{\text{м}})^2}{n - v} \quad (10)$$

Абсолютная погрешность составит:

$$S_{\text{ост}} = \sqrt{S^2_{\text{ост}}} \quad (11)$$

Коэффициент детерминации:

$$D = 1 - \frac{S^2_{\text{ост}}}{S^2_{\text{сум}}} \quad (12)$$

Индекс корреляции:

$$I = \sqrt{D} \quad (13)$$

Критерий Фишера:

$$F_{\text{расч}} = \frac{S^2_{\text{мод}}}{S^2_{\text{ост}}} \quad (14)$$

$F_{\text{расч}}$ сравнивается с критическим значением F_k , которое определяется по таблице F-критерия с учетом принятого уровня значимости $L=0,05$ (для вероятности 0,95) и числа степеней свободы.

Для зависимости $C_{\text{взв.сл}} = f(V_{\text{восх}})$ совокупность исходных данных Y_{ϕ} имеет 17 степеней свободы ($n = 17$) – по числу наблюдений; совокупность расчётных данных $Y_{\text{т}}$ имеет 3 степени свободы ($v = 3$) – по числу коэффициентов в формуле модели; совокупность $Y_{\text{ср}}$ имеет 1 степень свободы.

Для зависимости $C_{\text{ос}} = f(V_{\text{восх}})$ совокупность исходных данных Y_{ϕ} имеет 14 степени свободы ($n = 14$) – по числу наблюдений; совокупность расчётных данных $Y_{\text{т}}$ имеет 3 степени свободы ($v = 3$) – по числу коэффициентов в формуле модели; совокупность $Y_{\text{ср}}$ имеет 1 степень свободы.

Для зависимости $C_{oc} = f(H_{взв. сл.})$ совокупность исходных данных Y_f имеет 19 степени свободы ($n = 19$) – по числу наблюдений; совокупность расчётных данных Y_t имеет 3 степени свободы ($v = 3$) – по числу коэффициентов в формуле модели; совокупность Y_{cp} имеет 1 степень свободы.

Оценка достоверности моделей приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка достоверности моделей

Зависимости	Абсолютная погрешность $S_{ост}$	Коэффициент детерминации D	Индекс корреляции I	F-критерий Фишера	Нормальное значение критерия
$C_{взв.сл} = f(V_{восх})$	0,6019	0,9585	0,979	186,21	4,54
$C_{oc} = f(V_{восх})$	0,3243	0,9769	0,9884	276,604	4,75
$C_{oc} = f(H_{взв.сл.})$	0,2501	0,9732	0,9865	328,714	4,45

Так как индекс корреляции больше 0,7 и фактические значения F-критерия Фишера превышают критические значения во много раз, то все модели можно признать технологичными, то есть пригодными для прогнозирования физико-химических процессов очистки сточных вод и удовлетворяющими условиям физико-химического моделирования.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что построенные модели отображают технологические процессы от которых зависит эффективная работа осветлителя со взвешенным слоем осадка для отделения хлопьев активного ила или биоплёнки из сточных вод, прошедших очистку в аэротенках или биофильтрах.

В третьем разделе описаны результаты опытно-экспериментальных исследований работы осветлителя со взвешенным слоем осадка, сформированным из хлопьев активного ила при очистке сточных вод после аэротенков и хлопьев биоплёнки при очистке сточных вод после биофильтров, содержащих ионы тяжелых металлов. Исследования проводились на реальных сточных водах очистных сооружений предприятий Восточно-Казахстанской области с целью определения основных технологических параметров, влияющих на эффективность осветления сточных вод.

Схема опытно – экспериментальной установки изображена на рисунке 1. Исследования проводились в широком диапазоне изменения основных технологических параметров работы осветлителя со взвешенным слоем осадка – скорости восходящего потока воды, высоты взвешенного слоя и защитной зоны над ним, концентрации хлопьев активного ила или биоплёнки во взвешенном слое, илового индекса.

На опытно - экспериментальной модели осветлителя со взвешенным слоем осадка были изучены следующие вопросы:

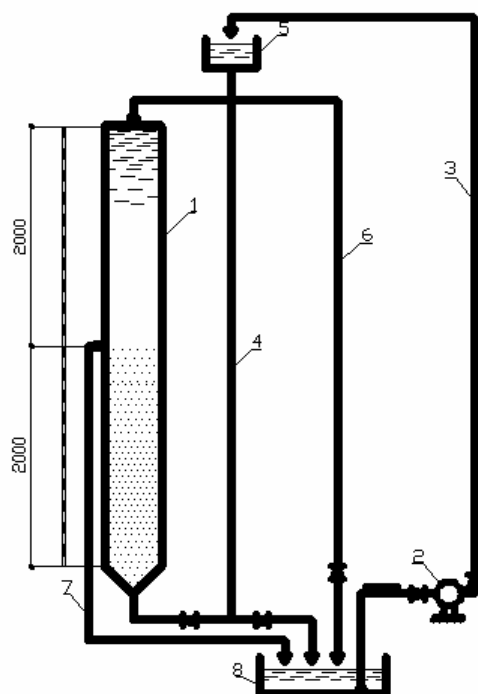
- формирование взвешенного слоя активного ила или биоплёнки;
- зависимость концентрации активного ила или биоплёнки во взвешенном слое ($C_{взв.сл}$, г/л) от высоты взвешенного слоя ($H_{сл}$, м);
- зависимость концентрации активного ила или биоплёнки во взвешенном

слое ($C_{\text{взв.сл}}$, г/л) от скорости восходящего потока воды ($V_{\text{восх}}$, мм/с);

- зависимость остаточного содержания взвешенных веществ в осветленной воде ($C_{\text{ос}}$, мг/л) от скорости восходящего потока воды ($V_{\text{восх}}$, мм/с);

- зависимость высоты взвешенного слоя ($H_{\text{сл}}$, м) от скорости восходящего потока воды ($V_{\text{восх}}$, мм/с).

Кроме выше перечисленных зависимостей, характеризующих работу осветлителей со взвешенным слоем активного ила или биоплёнки, были определены характеристики биологически очищенной воды после аэротенков и капельных биофильтров и направляемой в осветлитель - концентрация растворённого кислорода, содержание NH_3 , NO_2 , NO_3 , окисляемость, БПК₅, ХПК. Данные показатели определялись также и в осветленной воде после осветлителей со взвешенным слоем осадка. Периодически проводилось микроскопирование осадка взвешенного слоя, а также определялась его зольность. В ходе исследований, концентрация взвешенных веществ, хлопьев активного ила или биоплёнки в поступающей в осветлитель воде находилась в пределах 20-60 мг/л, что обуславливает устойчивую работу осветлителя со взвешенным слоем осадка.



1 – осветлитель, 2 – насос, 3, 4 – трубопроводы подачи исходной воды, 5 – стабилизатор расхода, 6 – сброс осветленной воды из осветлителя, 7 – осадкоотводящий трубопровод, 8 – канал

Рисунок 1 – Схема опытно - экспериментальной установки

Фотографический снимок опытно - экспериментальной установки представлен на рисунке 2.

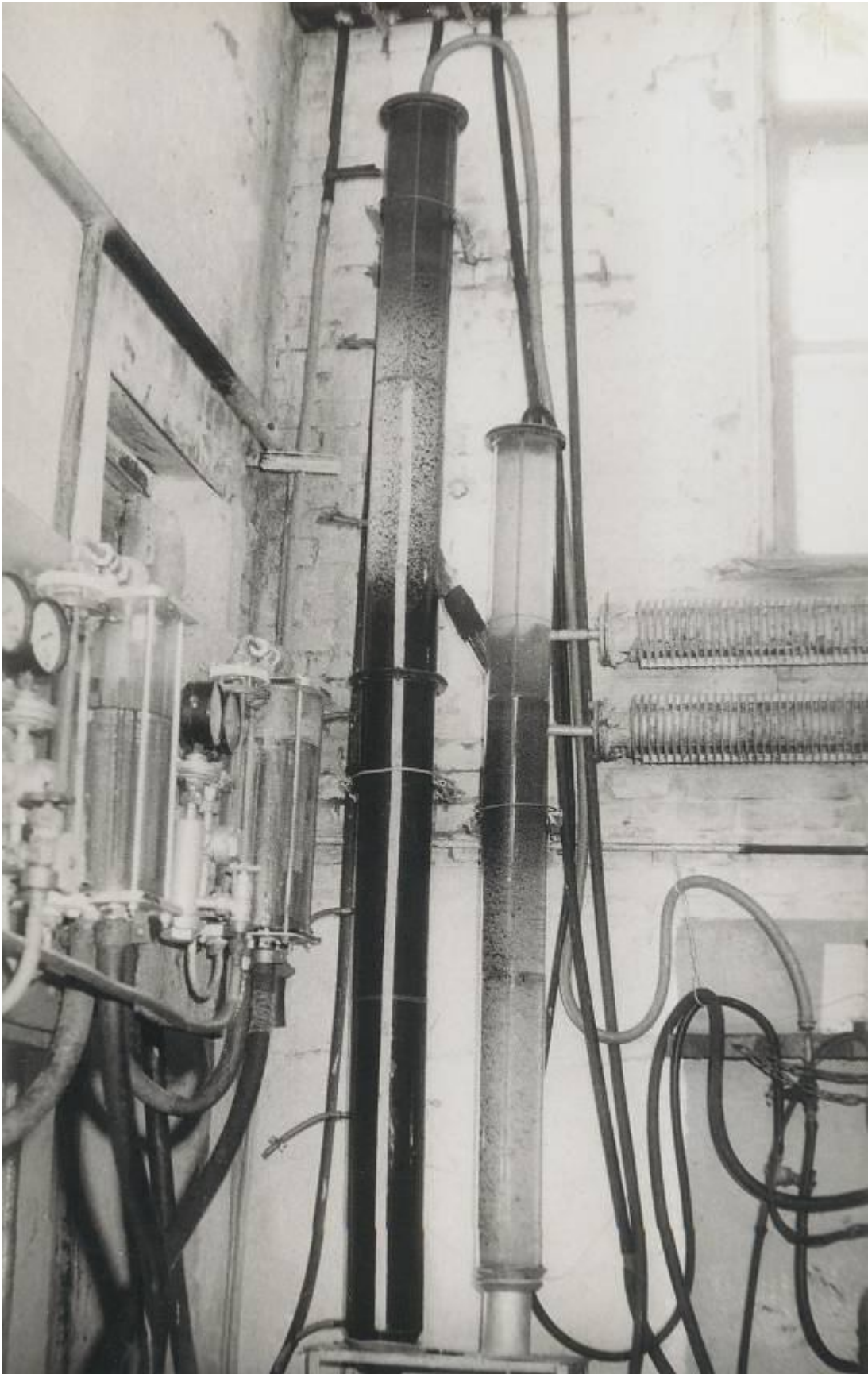


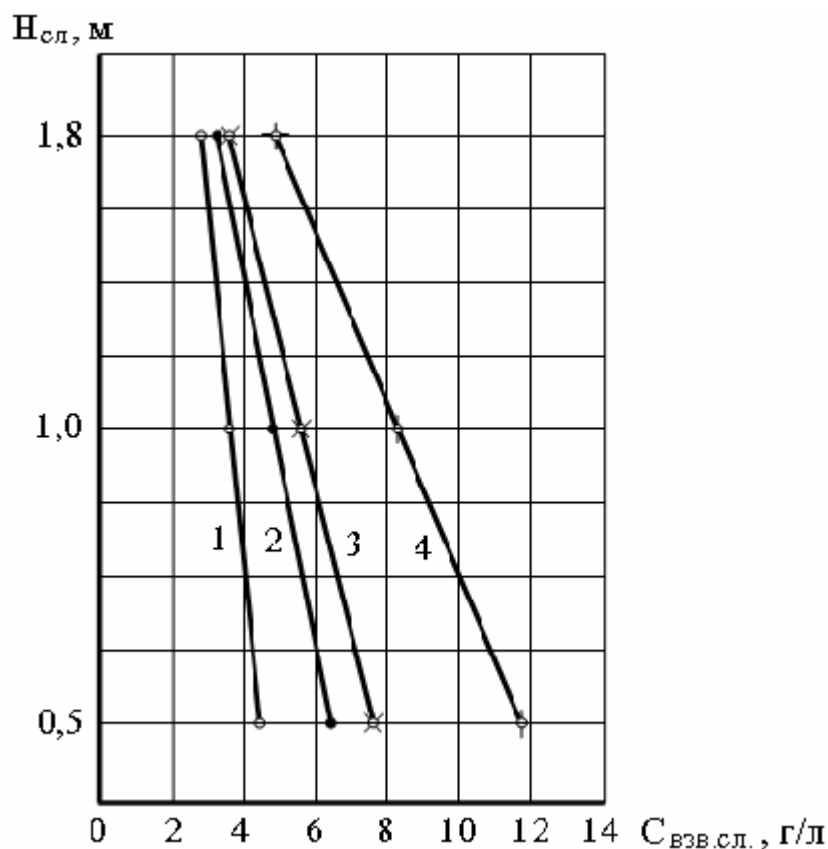
Рисунок 2 – Общий вид опытно - экспериментальной установки

При этом динамическое равновесие взвешенного слоя сохранялось в

широком диапазоне изменения скорости восходящего потока воды в зоне осветления ($V_{\text{восх}}$) от 0,6 до 1,8 мм/с, концентрация взвеси в осветленной воде ($C_{\text{ос}}$) составляла 3-10 мг/л.

Получены экспериментальные графические зависимости изменения концентрации хлопьев активного ила или биоплёнки во взвешенном слое ($C_{\text{взв.сл}}$) по высоте взвешенного слоя ($H_{\text{сл}}$), показаны на рисунке 3.

График показывает о незначительном расхождении в распределении концентрации хлопьев активного ила или биоплёнки по высоте взвешенного слоя осветлителя при неизменном качестве поступающей в осветлитель воды и постоянном расходе, то есть при одном и том же значении скорости восходящего потока воды ($V_{\text{восх}}$). Меньшие значения концентрации хлопьев активного ила или биоплёнки отмечаются в верхней части взвешенного слоя, так как здесь концентрируются более легкие хлопья, с малой гидравлической крупностью.



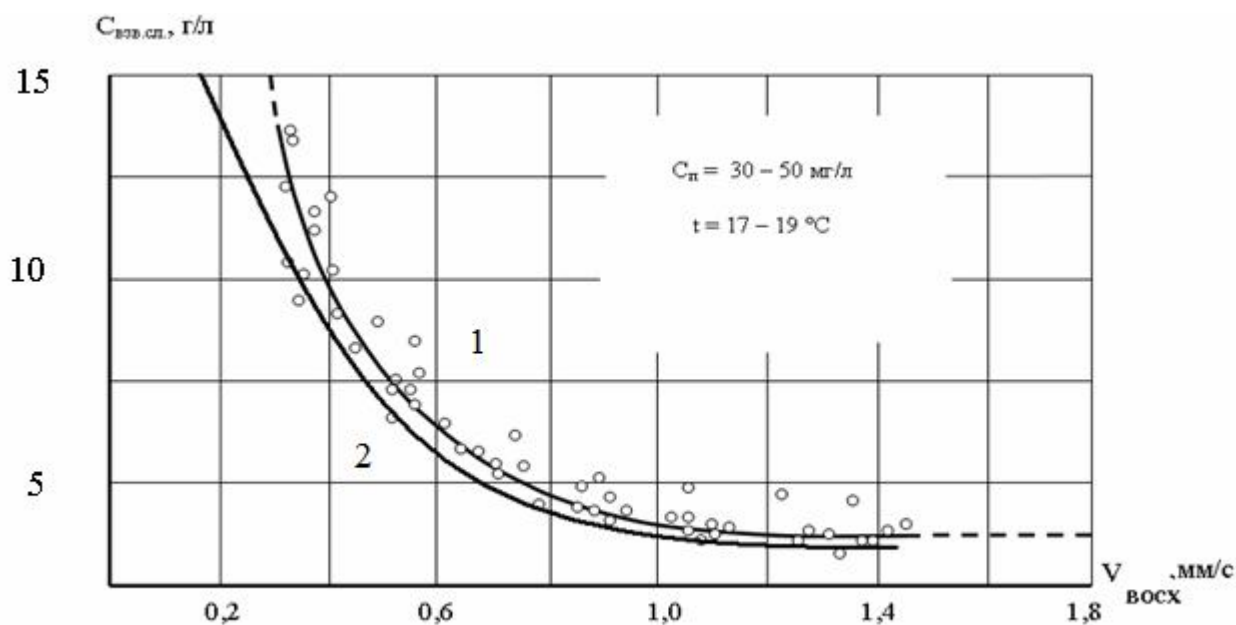
1 – распределение концентрации биоплёнки по высоте взвешенного слоя ($C_{\text{взв.сл}}$) при $V_{\text{восх}} = 1,45$ мм/с; 2 – распределение концентрации биоплёнки по высоте взвешенного слоя ($C_{\text{взв.сл}}$) при $V_{\text{восх}} = 1,27$ мм/с; 3 – распределение концентрации хлопьев активного ила по высоте взвешенного слоя ($C_{\text{взв.сл}}$) при $V_{\text{восх}} = 0,99$ мм/с; 4 – распределение концентрации биоплёнки по высоте взвешенного слоя ($C_{\text{взв.сл}}$) при $V_{\text{восх}} = 0,76$ мм/с.

Рисунок 3 – График изменения ($C_{\text{взв.сл}}$) по высоте взвешенного слоя ($H_{\text{сл}}$)

Увеличение массовой концентрации в нижней зоне осветлителя по сравнению с верхней, происходит за счет скопления в этой области более

крупных хлопьев и примесей. Взвешенные в потоке хлопья движутся непрерывно, хаотически, но весь взвешенный слой в целом находится в состоянии динамического равновесия, обусловленного равенством скорости восходящего потока воды и средней скорости осаждения хлопьев.

По итогам исследований построен график зависимости средней (по высоте) концентрации хлопьев активного ила или биоплёнки ($C_{\text{взв.сл.}}$) от скорости восходящего потока воды ($V_{\text{восх}}$), который представлен на рисунке 4. Из графика следует, что с увеличением скорости восходящего потока воды ($V_{\text{восх}}$) во взвешенном слое концентрация ($C_{\text{взв.сл.}}$) уменьшается и, наоборот значительно увеличивается при уменьшении скорости восходящего потока воды ($V_{\text{восх}}$).



- 1 - для взвешенного слоя, сформированного из хлопьев активного ила;
2 - для взвешенного слоя, сформированного из хлопьев биоплёнки.

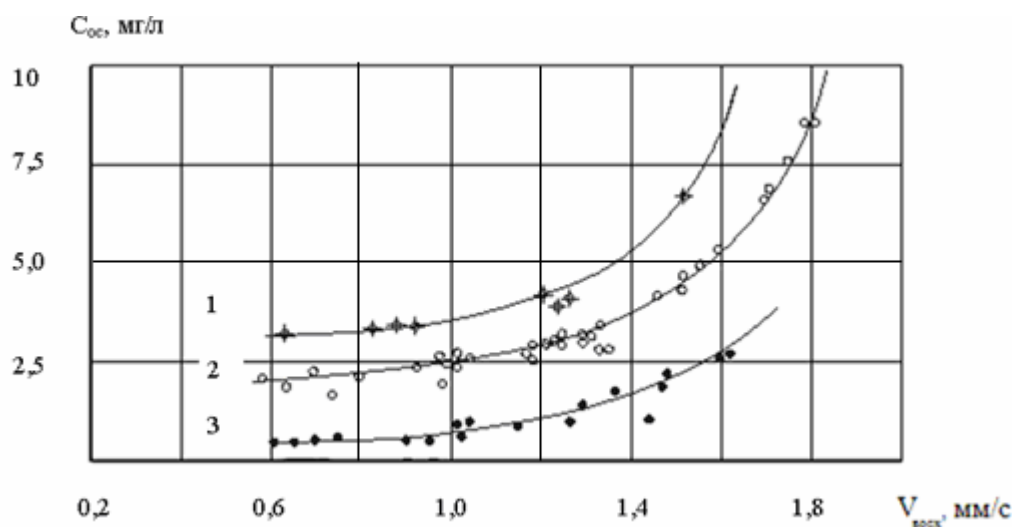
Рисунок 4 – График зависимости концентрации активного ила или биоплёнки во взвешенном слое $C_{\text{взв.сл}}$ от скорости восходящего потока воды $V_{\text{восх}}$

Опытно-экспериментальными исследованиями установлено, что динамическое равновесие взвешенного слоя осадка сохраняется в довольно широком диапазоне изменения скорости восходящего потока воды в зоне осветления, а именно, от 0,5 до 1,8 мм/с. При скорости менее 0,5 мм/с хлопья осаждаются на дно осветлителя и уплотняются, при этом, концентрация во взвешенном слое ($C_{\text{взв.сл.}}$) составляет 7г/л и более. Верхним пределом существования взвешенного слоя, является такая скорость восходящего потока воды, при превышении которой, слой взвешенного осадка размывается и частицы взвешенного слоя выносятся с потоком осветляемой воды. В данных исследованиях пределом этой скорости, была скорость равная 1,8 мм/с. При

скорости $V_{\text{восх}} = 1,8$ мм/с и более, $C_{\text{взв.сл}}$ составляла 1,0 – 2,5 г/л и менее. При изменении скорости восходящего потока воды от 0,5 до 1,8 мм/с концентрация ила во взвешенном слое находилась в пределах от 8,0 до 2,5 г/л (концентрация активного ила во взвешенном слое ($C_{\text{взв.сл}}$) составляет от 6,0 до 1,0 г/л, а концентрация биоплёнки от 8,0 до 2,5 г/л). Кривая $C_{\text{взв.сл}} = f(V_{\text{восх}})$ при увеличении скорости восходящего потока воды от 0,5 до 1,2 мм/с круто ниспадает, а при увеличении $V_{\text{восх}}$ от 1,2 до 1,8 мм/с переходит в пологую линию, приближаясь к горизонтальной прямой. При $V_{\text{восх}}$ более 1,8 мм/с концентрация во взвешенном слое приближается к концентрации взвешенных веществ в поступающей сточной воде, то есть $C_{\text{взв.сл}} \approx C_{\text{п}}$.

Одним из основных параметров, по которому оценивалась эффективность осветления биологически очищенной сточной воды после аэротенков и биофильтров в осветлителях со взвешенным слоем осадка была остаточная концентрация взвешенных веществ в осветленной воде ($C_{\text{ос}}$).

Получены экспериментальные зависимости концентрации взвешенных веществ в осветленной воде ($C_{\text{ос}}$) от скорости восходящего потока воды ($V_{\text{восх}}$), то есть $C_{\text{ос}} = f(V_{\text{восх}})$, представленные на рисунке 5, 6. Исследования проводились при изменении скорости восходящего потока воды ($V_{\text{восх}}$) в диапазоне от 0,5 до 2,0 мм/с, при высоте взвешенного слоя осадка ($H_{\text{сл}}$) от 1 до 2 м.

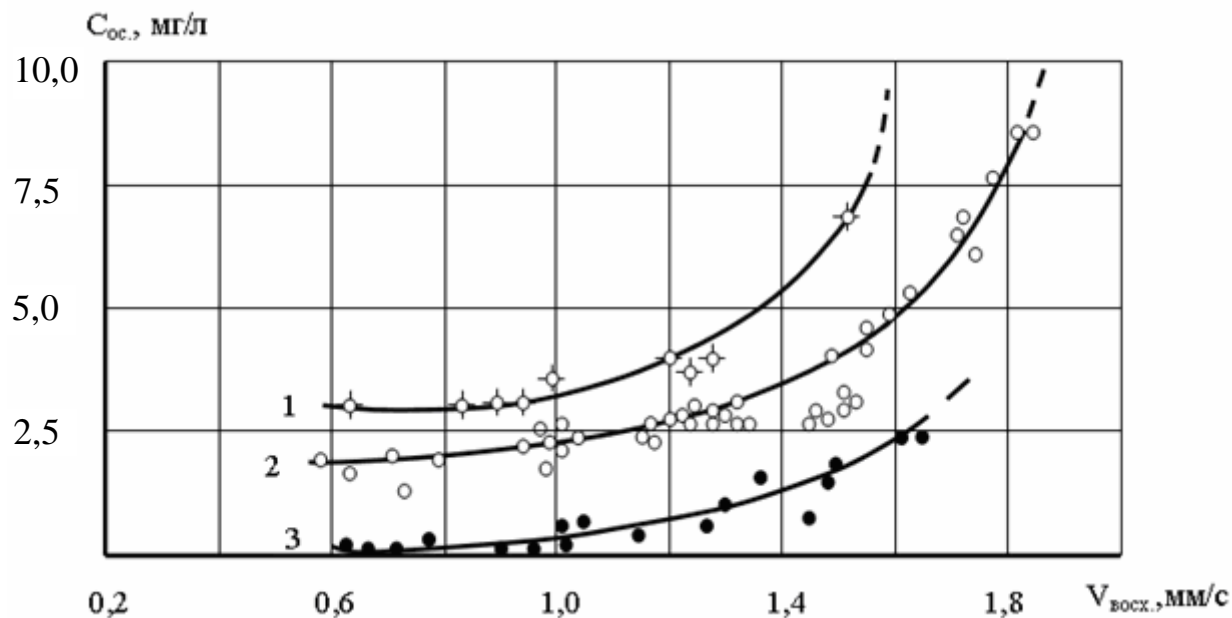


1 – при высоте взвешенного слоя 0,5-1 м; 2 – при высоте взвешенного слоя 1-1,8 м; 3 – при высоте взвешенного слоя 1-1,8 м и при установившемся режиме работы.

Рисунок 5 – Зависимость ($C_{\text{ос}}$) от скорости восходящего потока воды ($V_{\text{восх}}$) при осветлении в осветлителях со взвешенным слоем активного ила

Анализируя полученные графики можно отметить, что при изменении скорости восходящего потока воды ($V_{\text{восх}}$) от 0,6 до 1,8 мм/с, остаточная концентрация взвешенных веществ в осветленной воде ($C_{\text{ос}}$) после ее прохождения через взвешенный слой активного ила или биоплёнки составляет 3-10 мг/л, что в несколько раз меньше, чем после простого отстаивания

биологически очищенной сточной воды после аэротенков или биофильтров во вторичных отстойниках.



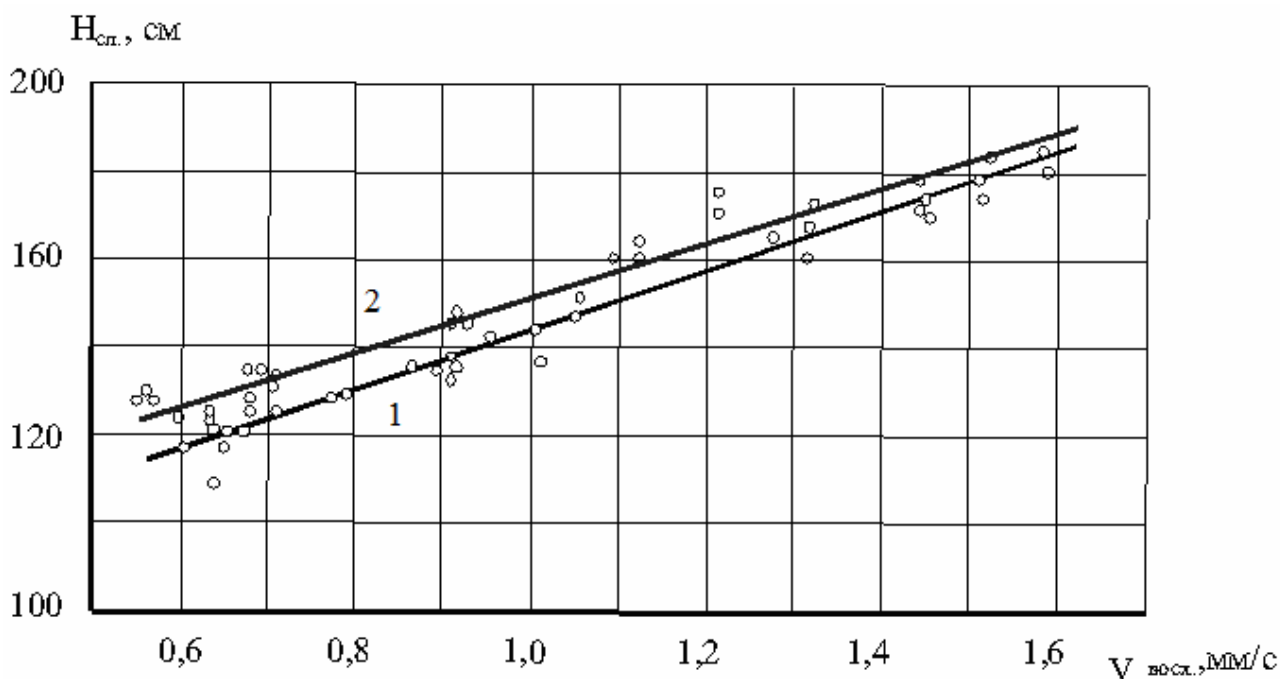
1 – при высоте взвешенного слоя 0,5-1 м; 2 – при высоте взвешенного слоя 1-1,8 м; 3 – при высоте взвешенного слоя 1-1,8 м и при установившемся режиме работы.

Рисунок 6 – Зависимость (C_{oc}) от скорости восходящего потока воды ($V_{восх}$) при осветлении в осветлителях со взвешенным слоем биоплёнки

Из графиков также видно, что при возрастании скорости восходящего потока воды ($V_{восх}$) концентрация взвешенных веществ в осветленной воде (C_{oc}) также возрастает. На основе графиков, определяющих зависимость $C_{oc} = f(V_{восх})$ можно сделать вывод, что наименьшее количество взвешенных веществ в осветленной воде, прошедшей через осветлитель со взвешенным слоем активного ила или биоплёнки можно обеспечить при скорости восходящего потока воды $V_{восх}$ от 0,6 до 1,2 мм/с. Сходимость кривых зависимостей $C_{oc} = f(V_{восх})$ при осветлении в осветлителях со взвешенным слоем активного ила или биоплёнки при одинаковом диапазоне изменения высоты взвешенного слоя осадка говорит о схожести физических процессов протекающих во взвешенном слое осадка, сформированным из хлопьев активного ила и биоплёнки.

Получены экспериментальные зависимости высоты взвешенного слоя осадка ($H_{сл}$) от скорости восходящего потока воды ($V_{восх}$), то есть $H_{сл} = f(V_{восх})$, представленные на рисунке 7.

Анализируя график зависимости высоты взвешенного слоя ($H_{сл}$) от скорости восходящего потока воды ($V_{восх}$), то есть $H_{сл} = f(V_{восх})$, можно сделать вывод, что с увеличением скорости восходящего потока воды прямо пропорционально увеличивается и высота взвешенного слоя осадка.

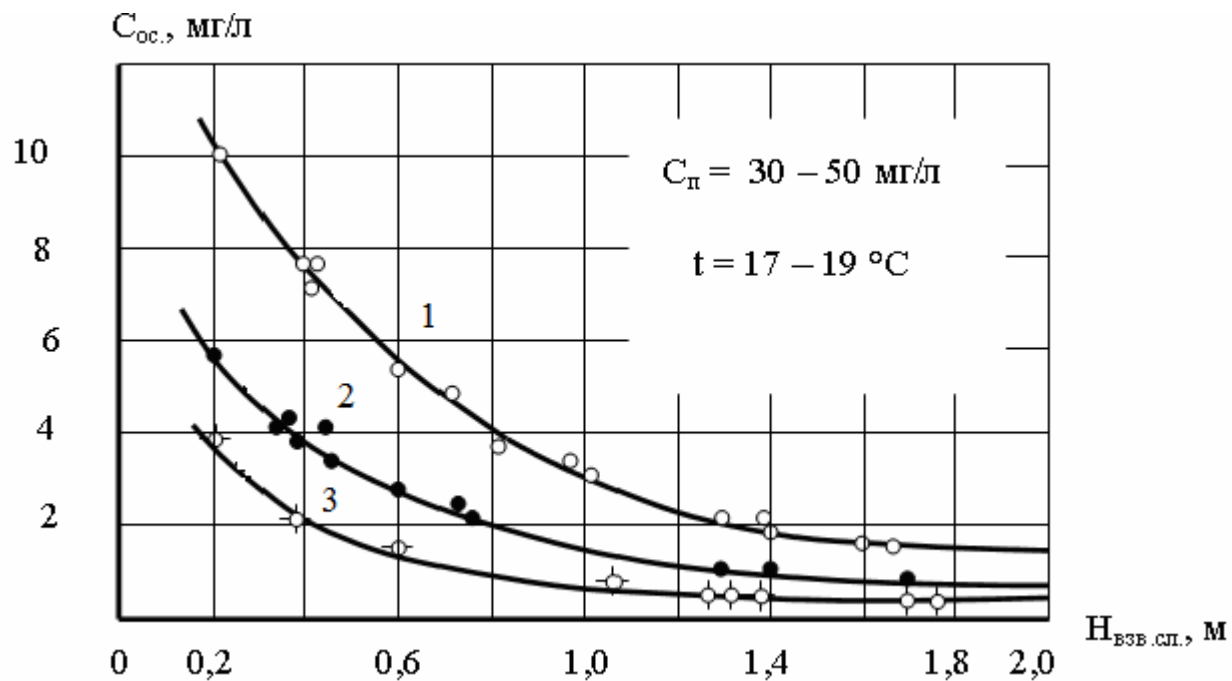


- 1 - для взвешенного слоя, сформированного из хлопьев активного ила;
 2 - для взвешенного слоя, сформированного из хлопьев биопленки.

Рисунок 7 – График зависимости высоты взвешенного слоя ($H_{сл}$) от скорости восходящего потока воды ($V_{восх}$)

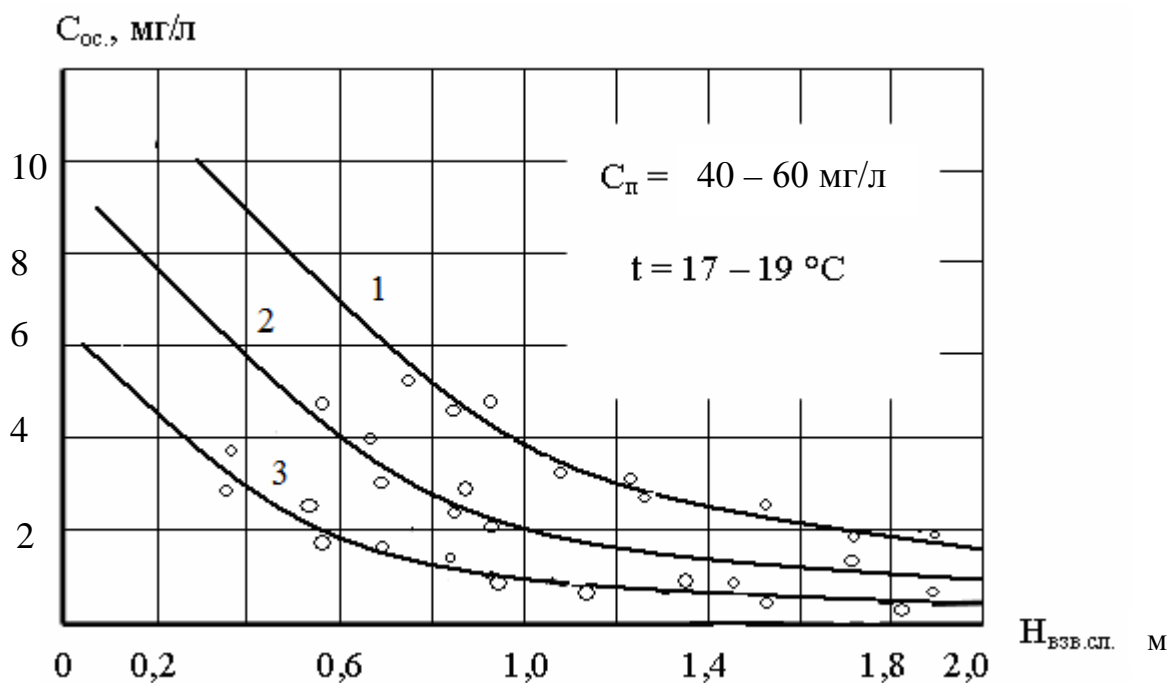
По данным лабораторных исследований построены графики зависимости остаточной концентрации взвешенных веществ в осветленной воде ($C_{ос}$) от высоты взвешенного слоя в осветлителе ($H_{взв.сл}$), то есть $C_{ос} = f(H_{взв.сл})$, изображенные на рисунках 8, 9. Из графиков зависимости $C_{ос} = f(H_{взв.сл})$ видно, что чем больше высота взвешенного слоя осадка при определенных значениях скорости восходящего потока воды, тем меньше остаточная концентрация взвешенных веществ ($C_{ос}$) в осветленной воде, а именно, при $H_{взв.сл}$ от 0,6 до 1,8 м, $C_{ос}$ колебалась в пределах от 2,5 до 0,5 мг/л при $V_{восх} = 0,53$ мм/с, от 3,0 до 1,0 мг/л при $V_{восх}$ от 0,95 до 1,13 мм/с и от 5,2 до 2,0 мг/л при $V_{восх}$ от 1,54 до 1,6 мм/с. При $H_{взв.сл}$ более 1,8 м, происходит вынос взвеси в осветленную воду, то есть $C_{ос}$ возрастает до 10 мг/л и более, что также подтверждается предыдущими данными. При уменьшении высоты взвешенного слоя с 0,6 до 0,2 м наблюдается повышенный вынос взвеси в осветленную воду при определенных значениях скорости восходящего потока воды. Так, при $V_{восх} = 0,53$ мм/с, $C_{ос}$ повышается с 1,5 до 3,8 мг/л, при $V_{восх}$ от 0,95 до 1,13 мм/с $C_{ос}$ с 3,0 до 5,8 мг/л, при $V_{восх}$ от 1,54 до 1,6 мм/с $C_{ос}$ - с 5,5 до 10,0 мг/л при осветлении сточной воды в осветлителях со взвешенным слоем биоплёнки.

При осветлении сточной воды в осветлителях со взвешенным слоем активного ила при $V_{восх} = 0,53$ мм/с, $C_{ос}$ повышается с 1,8 до 4,0 мг/л, при $V_{восх}$ от 0,95 до 1,13 мм/с $C_{ос}$ с 3,0 до 6,0 мг/л, при $V_{восх}$ от 1,54 до 1,6 мм/с $C_{ос}$ - с 6,0 до 10,0 мг/л.



1 – при $V_{восх.}=1,54-1,6$ мм/с; 2 – при $V_{восх.}=0,95-1,13$ мм/с;
3 – при $V_{восх.}=0,50-0,53$ мм/с

Рисунок 8 – График зависит ($C_{ос.}$) от ($H_{взв.сл.}$) при освещении воды в осветителях со взвешенным слоем биоплёнки



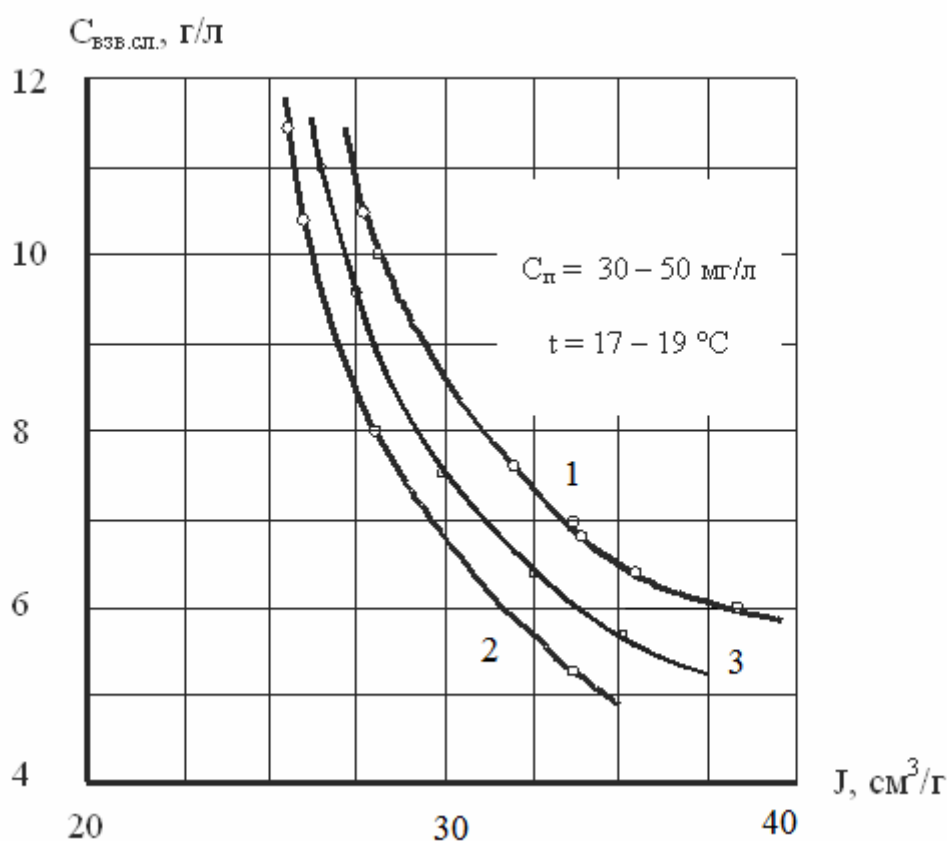
1 – при $V_{восх.}=1,54-1,6$ мм/с; 2 – при $V_{восх.}=0,95-1,13$ мм/с;
3 – при $V_{восх.}=0,50-0,53$ мм/с

Рисунок 9 – График зависит ($C_{ос.}$) от ($H_{взв.сл.}$) при освещении осветителях со взвешенным слоем активного ила

Анализируя графики $C_{oc} = f(V_{восх})$ и $C_{oc} = f(H_{взв.сл})$ можно сделать вывод, что наименьшее количество взвешенных веществ в осветленной воде, прошедшей через осветлитель со взвешенным слоем активного ила или биопленки можно обеспечить при скорости восходящего потока воды $V_{восх}$ от 0,6 до 1,4 мм/с и высоте взвешенного слоя осадка $H_{взв.сл}$ от 1,2 до 1,8 м.

При значениях высоты взвешенного слоя менее 0,4 м наблюдается уплотнение взвешенного слоя в нижней части осветлителя, что может негативно сказаться на работе сооружения, то есть это приводит к образованию каналов в уплотненном слое осадка, а соответственно, к значительному проскоку взвеси в осветленную воду, что подтверждается и данными графика.

На рисунке 10 представлен график зависимости концентрации хлопьев активного ила и биоплёнки во взвешенном слое $C_{взв.сл}$ (усреднённые значения по высоте взвешенного слоя) от средней величины илового индекса.



1 – для взвешенного слоя, сформированного из хлопьев биоплёнки при $V_{восх} = 0,66$ мм/с; 2 – для взвешенного слоя, сформированного из хлопьев активного ила при $V_{восх} = 0,78$ мм/с; 3 – для взвешенного слоя, сформированного из хлопьев биоплёнки при $V_{восх} = 0,95$ мм/с;

Рисунок 10 – Зависимость ($C_{взв.сл}$) от илового индекса (J)

Хорошо оседающим считается ил с иловым индексом не более 100-200 см³/г. Ил, глубоко минерализованный, имеет иловый индекс в пределах 60-90 см³/г. В неблагоприятных условиях, при резкой перегрузке или недогрузке ила, или резком изменении температуры, состава стоков ил может «вспухать». «Вспухший» ил имеет иловый индекс более 150-200 см³/г. Такой ил плохо

оседает и отделяется от воды, а также выносится с очищенной водой из сооружений. Вследствие чего снижается эффект очистки сточной воды. В то же время «вспухший» ил, обладая очень развитой поверхностью эффективно может очищать воду. В процессе исследований величина илового индекса находилась в пределах 20 – 40 см³/г, что говорит о глубоко минерализованном иле, обладающем хорошей способностью к осаждению.

Иловый индекс незначительно изменяется по высоте взвешенного слоя и имеет наименьшее значение в нижней зоне модели осветлителя и большее значение в верхней зоне при определенном значении скорости восходящего потока воды ($V_{\text{восх}}$).

Анализ опытно - экспериментальных данных позволил сделать вывод об эффективности осветления биологически очищенных сточных вод, содержащие ионы тяжелых металлов в осветлителях со взвешенным слоем активного ила или биоплёнки. При этом обеспечивается высокий эффект осветления воды, сравнимый с эффектом доочистки на песчаных фильтрах. При осветлении биологически очищенных сточных вод после биофильтров во взвешенном слое биоплёнки – концентрация взвешенных веществ в осветленной воде ($C_{\text{ос}}$) находится в пределах 3-8 мг/л при оптимальных скоростях восходящего потока воды ($V_{\text{восх}}$) от 0,6 до 1,8 мм/с, а при осветлении биологически очищенных сточных вод после аэротенков во взвешенном слое активного ила концентрация взвешенных веществ в осветленной воде ($C_{\text{ос}}$) находится в пределах – 3-9 мг/л при оптимальных скоростях восходящего потока воды в пределах ($V_{\text{восх}}$) от 0,6 до 1,8 мм/с.

По результатам опытно - экспериментальных исследований была проведена обработка данных с использованием математического аппарата планирования эксперимента.

В ходе исследований получены графические экспериментальные зависимости: $C_{\text{взв.сл}} = f(V_{\text{восх}})$, $C_{\text{ос}} = f(V_{\text{восх}})$, $C_{\text{ос}} = f(H_{\text{взв.сл}})$.

При обработке данных зависимостей необходимо получить эмпирическую формулу вида:

$$Y = f(x, A_1, A_2, \dots, A_m), \quad (15)$$

значения которой (y) при $x = x_i$ по возможности незначительно отличались бы от измеренных значений y_i ($i = 1, 2, \dots$).

A_1, A_2, \dots, A_m - коэффициенты аппроксимации, оптимальное количество которых зависит от набора исходных данных (x_i, y_i), от количества экспериментальных точек (n), от вида аппроксимирующей функции $f(x)$.

В общем случае, при условии монотонности функции $f(x)$, то есть при $x_i = x_{i+1} - x_i > 0$ и постоянном знаке приращения $y_i = y_{i+1} - y_i$ ($i = 1, 2, \dots, n - 1$) в качестве эмпирической формулы используется формула вида:

$$Y = f(x, A_1, A_2, A_3), \quad (16)$$

содержащая коэффициенты A_1 , A_2 и A_3 и отвечающая следующим зависимостям:

1. Линейная функция - $y = A_1 + A_2 \cdot x$
2. Параболическая функция - $y = A_1 + A_2 \cdot x + A_3 \cdot x^2$
3. Логарифмическая функция - $y = A_1 + A_2 \cdot \ln(x)$
4. Дробно-рациональная функция - $y = 1 / (A_1 + A_2 \cdot x)$
5. Показательная функция - $y = A_1 \cdot A_2^x$
6. Степенная функция - $y = A_1 \cdot x^{A_2}$
7. Гиперболическая функция - $y = A_1 + A_2 / x$
8. Дробно-рациональная функция - $y = x / (A_1 \cdot x + A_2)$

В ходе работы выполнено построение модели процесса осветления биологически очищенной сточной воды во взвешенном слое активного ила или биоплёнки при помощи корреляционно-регрессионного анализа.

По методу наименьших квадратов были исследованы все вышеперечисленные кривые и выявлены наиболее приближенные линии к фактическим данным.

В результате обработки экспериментальных исходных данных зависимости $C_{\text{взв.сл}} = f(V_{\text{восх}})$ была получена следующая функция:

$$Y = A_1 + A_2 \cdot X + A_3 \cdot X^2 \quad (17)$$

Для которой $S = 5,072$ – наименьшая из всех полученных функций. Тогда, функция с коэффициентами $A_1 = 25,0689$, $A_2 = -31,2402$ и $A_3 = 10,5366$ примет вид:

$$Y = 25,0689 - 31,2402 \cdot X + 10,5366 \cdot X^2 \quad (18)$$

Таким образом, полученную графическую зависимость $C_{\text{взв.сл}} = f(V_{\text{восх}})$ можно записать эмпирической формулой:

$$C_{\text{взв.сл}} = 25,0689 - 31,2402 \cdot V_{\text{восх}} + 10,5366 \cdot V_{\text{восх}}^2 \quad (19)$$

Аналогичная обработка была проведена для зависимости $C_{\text{ос}} = f(V_{\text{восх}})$ для которой выбрана эмпирическая формула:

$$Y = A_1 + A_2 \cdot X + A_3 \cdot X^2 \quad (20)$$

По методу МНК в результате КРА (раздел 2) получена следующая зависимость:

$$Y = 8,1233 - 12,8898 \cdot X + 6,9203 \cdot X^2 \quad (21)$$

то есть.:

$$C_{oc} = 8,1233 - 12,8898 \cdot V_{восх} + 6,9203 \cdot V_{восх}^2 \quad (22)$$

При $H_{взв.сл} = 1-1,8$ м и в диапазоне изменения скорости $V_{восх}$ от 0,6 до 1,7 мм/с.

Для зависимости $C_{oc} = f(H_{взв.сл})$ выбрана следующая эмпирическая формула:

$$Y = 6,5608 - 6,9193 \cdot X + 2,0080 \cdot X^2 \quad (23)$$

Тогда, данную зависимость можно описать по формуле при $V_{восх} = 0,95-1,13$ мм/с:

$$C_{oc} = 6,5608 - 6,9193 \cdot H_{взв.сл} + 6,9203 \cdot H_{взв.сл}^2 \quad (24)$$

Значения определяемые по полученным зависимостям показывают сходимость с результатами, полученными при опытно-промышленных и производственных условиях.

В четвёртом разделе приведены рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации осветлителей со взвешенным слоем осадка для осветления сточных вод после аэротенков и биофильтров очистных сооружений Восточного Казахстана.

Целью разработки новых конструкций осветлителей со взвешенным слоем активного ила или биоплёнки было повышение эффективности осветления биологически очищенных сточных вод, с учетом производственных особенностей Восточного Казахстана и обеспечение устойчивой и надёжной работы сооружений при наличии колебаний расходов сточных вод, характерных для этих станций.

При проектировании новых конструкций осветлителей со взвешенным слоем осадка, рекомендуемых для отделения активного ила или биоплёнки, учитывалось следующее:

- путь хлопьев из зоны хлопьеобразования до зоны взвешенного осадка, должен быть по возможности коротким, простым и на этом пути не должно быть резких поворотов и высоких местных скоростей в соплах и отверстиях распределительных труб;

- равномерный отвод избытка осадка из верхней зоны взвешенного слоя в зону осадкоуплотнения;

- во взвешенном слое не должны образовываться «мертвые» застойные зоны осадка;

- во избежание залёживания осадка при его оседании угол наклона стенок рабочей зоны, где формируется взвешенный слой, должен быть не менее 50-60°;

- располагать зону осадкоуплотнителя с учётом удобства его очистки и удаления осадка;

- устройство осветлителя должно исключать возможность подсоса воздуха и обеспечивать возможность выделения его из воды;
- распределение поступающей в осветлитель воды должно быть равномерным по всей площади осветлителя;
- сбор осветлённой воды должен быть равномерным по всей площади осветлителя.

Новые конструкции осветлителей со взвешенным слоем осадка внедрены на очистной станции биофильтрации п. Новая Согра, куда поступают сточные воды от поселка и титано-магниевого комбината, на очистных станциях аэрации «Малеевский рудник» Зыряновского горно-обогатительного комплекса ТОО «Казцинк», на руднике «40-лет ВЛКСМ» Риддерского горно-обогатительного комплекса ТОО «Казцинк» г.Риддер, на Бухтарминской гидро-энергетической станции ТОО «Казцинк», на цементном заводе п.Новая Бухтарма.

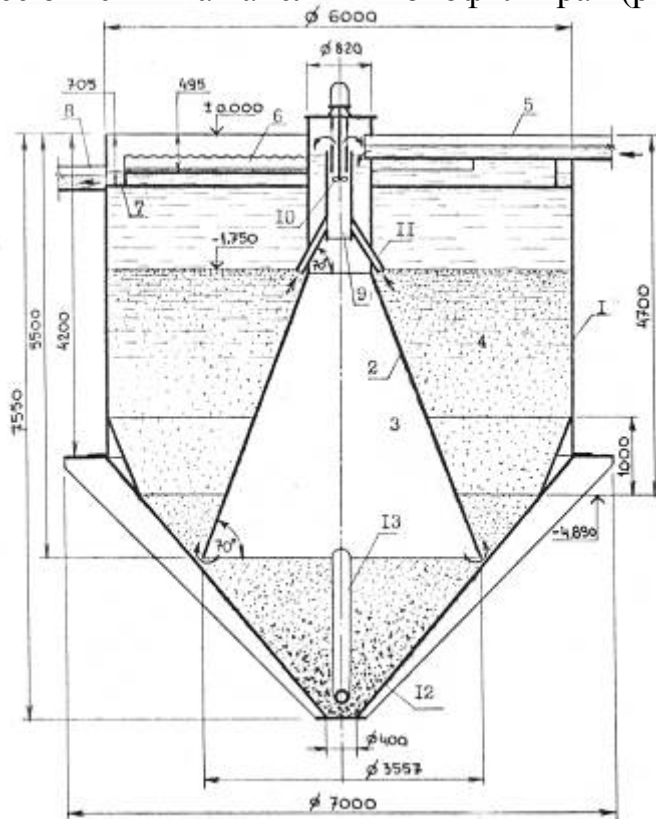
Новые конструкции осветлителей со взвешенным слоем осадка рассчитаны на разную пропускную способность и разный физико-химический состав сточных вод.

Разработанные, внедрённые в производство и успешно зарекомендовавшие себя в эксплуатации новые конструкции осветлителей со взвешенным слоем осадка могут быть внедрены и на других станциях аэрации или биофильтрации.

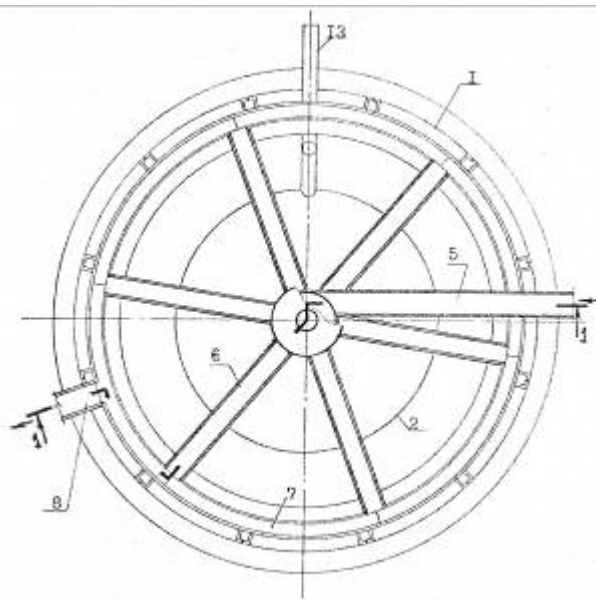
С учётом специфических свойств сточных вод прошедших очистку на биофильтрах и базируясь на основные положения проектирования осветлителей со взвешенным слоем осадка, изложенные в выше приведённых работах, для отделения нерастворённых примесей, хлопьев активного ила и избыточной биоплёнки из сточной воды после аэротенков и биофильтров на кафедре «РИВВБ и ТГС» ВКГТУ им.Д.Серикбаева были разработаны две новые конструкции осветлителей со взвешенным слоем осадка, защищенные авторскими свидетельствами (А.С. № 1583364, А.С. № 1511219). В данных конструкциях система распределения воды по площади осветлителя, конструкция осадкоуплотнителя, устройства для отвода осадка и другие элементы осветлителя исключают зашламливание сооружения осадком, залёживание и последующее загнивание биоплёнки взвешенного слоя, обеспечивая при этом устойчивую и надёжную работу осветлителя. Две конструкции (пример одной из них представлен на рисунке 10) построены на станции биофильтрации Усть-Каменогорского титано-магниевого комбината (УК ТМК) производительностью - 10 тыс. м³/сут, рассчитанные на полную биологическую очистку. На очистные сооружения поступают бытовые сточные воды от п. Новая Согра, п. Солнечного и УК ТМК. Качество воды, поступающей на очистку характеризуется следующими показателями: концентрация взвешенных веществ - (100 - 160)мг/л, БПК₅ - (50 - 110)мг/л, растворённый кислород - (0,7 - 1,7) мг/л, окисляемость - (25 - 75) мг/л, минерализация - (500 - 350)мг/л, рН - (7,0 - 8,0), температура - (16 - 19)°С. Общий эффект механической очистки составляет 83-86%, биологической - 83-87%. После полной биологической очистки концентрация взвешенных веществ составляет (30 - 50) мг/л, БПК₅ - (17

- 28) мг/л. Сброс сточных вод после очистки осуществляется в малообеспеченную р. Маховка, которая является правым притоком р. Ульба. Поэтому, к качеству воды, сбрасываемой с данной очистной станции, предъявляются высокие природоохранные нормативные требования, которые существующие сооружения не обеспечивают. Поэтому для их очистки была рекомендована новая технология очистки воды в осветлителях со взвешенным слоем осадка после её очистки на капельных биофильтрах (рисунок 11).

а)



б)



а - разрез; б - план

Рисунок 11 – Схема промышленного образца осветлителя новой конструкции, построенного на станции биофильтрации УК ТМК

Применение данной технологии очистки сточной воды для достижения высокого качества очищенной воды позволяет исключить из технологической схемы вторичные отстойники и дополнительные сооружения по доочистке.

Данные по физико-химическому составу воды по результатам эксплуатации новых разработанных конструкций сооружений биологической очистки воды, включающих в себя осветлители со взвешенным слоем осадка для отделения хлопьев активного ила или биоплёнки в сравнении с традиционной технологией очистки сточной воды, осуществляемой во вторичных отстойниках после очистки в аэротенках или на биофильтрах, приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Данные по физико-химическому составу воды

После вторичных отстойников, мг/л						После осветлителей, мг/л					
NH ₃	NO ₂	NO ₃	Взв. в-ва	БПК ₅	Окис-ть	NH ₃	NO ₂	NO ₃	Взв. в-ва	БПК ₅	Окис-ть
18,2	0,3	3,9	23	15,4	8,4	15,3	0,18	4,4	14	9,4	6,4
10,2	0,23	5,8	20	16,0	7,5	9,7	0,1	5,3	10,2	10,7	6,2
20,9	-	-	17	10,2	7,3	18,9	0,55	6,9	8	6,9	6,1
18,7	-	-	18	5,0	-	17,9	0,3	5,85	9,8	1,4	-
12,3	0,29	4,4	22	6,3	-	11,3	0,09	4,3	8,1	6,0	-
9,7	0,05	4,4	26	7,9	13,5	8,3	0,04	4,0	5	5,5	11,6
13,5	0,07	3,4	25	7,6	-	9,7	0,04	-	13	3,8	-
8,2	0,32	7,6	27	15,9	10,7	6,6	0,29	5,5	13	12,8	8,8
9,9	0,14	6,3	24	10,15	5,6	8,4	0,11	6,1	6,0	8,3	1,1
12,6	0,24	5,3	24,4	17,2	11,2	7,1	0,18	5,3	13,8	10,1	8,9
11,1	0,18	5,1	25	16,5	8,5	10,1	0,14	5,53	5,5	8,9	7,4
12,6	0,29	5,5	26,2	18,5	12,8	7,1	0,24	5,3	5,4	6,0	10,8

Гидробиологический анализ биоценоза осадка взвешенного слоя представляется такими микроорганизмами как: *Colpidium colpoda*, *Paramecium candatum*, *Opercularia glomerata*, *Aspidisca*, *Rotaria rotatoria*, *Opercularia coaretata*, *Allosoma*, *Telotroch*, *Zionotus*, *Vorticella convalaria*.

Хлопья средней и крупной величины, плотные, быстро оседают, надильная вода прозрачная. Состояние видов активное, подвижное.

Параметры эффективной эксплуатации осветлителей со взвешенным слоем активного ила или биоплёнки по данным эксплуатации построенных

сооружений: при увеличении скорости V_{BOCX}^B от 0,8 до 1,2 мм/с, концентрация $C_{взв.сл}$ уменьшается незначительно, и при снижении V_{BOCX}^B менее 0,8 мм/с, $C_{взв.сл}$ резко увеличивается; концентрация $C_{взв.сл}$ имеет меньшее значение от 1,5 до 5 г/л в верхней зоне взвешенного слоя и большее 8 - 30 г/л в нижней зоне при определённых значениях V_{BOCX}^B ; наименьший вынос взвеси с осветлённой водой $C_{oc} = 5 - 7$ мг/л достигается при изменении скорости V_{BOCX}^B от 0,2 до 0,6 мм/с (на уровне верха взвешенного слоя), при высоте взвешенного слоя до 2,5 м; БПК₅ в осветлённой воде в большинстве случаев снижается до 6 - 9 мг/л.

Внедрение новой технологии и техники при очистке сточных вод на очистных станциях с учетом производственных особенностей Восточного Казахстана обеспечивает экологическую безопасность при сбросе сточных вод в водотоки в данном регионе.

Произведен расчет основных конструктивных параметров разработанных конструкций осветлителей со взвешенным слоем осадка для очистки биологически очищенных сточных вод.

Расчет конструкций производится: по заданной их производительности; по физико-химическим показателям качества воды после полной биологической очистки (концентрация взвешенных веществ составляет 20-60 мг/л, БПК₅ – 16-18 мг/л); по результатам проведённых опытно - экспериментальных исследований, а именно - скорость восходящего потока в зоне осветления принята от 0,6 до 1,2 мм/с, высота слоя взвешенного осадка от 1,2 до 1,8 м.

В пятом разделе выполнена технико-экономическая оценка эффективности применения осветлителей со взвешенным слоем осадка на очистных станциях, обеспечивающих степень осветления воды, сравнимую с качеством воды после доочистки на песчаных фильтрах.

Технико-экономическая оценка произведена путем сравнения с традиционно принимаемой схемой осветления сточных вод после сооружений биологической очистки во вторичных отстойниках и последующей доочисткой на песчаных фильтрах.

Произведен расчет экономической оценки ущерба от загрязнения водных ресурсов по двум вариантам: по первому варианту - осветление воды после аэротенков и биофильтров во вторичных отстойниках с доочисткой на песчаных фильтрах; по второму варианту – осветление воды после аэротенков и биофильтров в осветлителях со взвешенным слоем осадка.

Соответственно оценка экономического ущерба составляет: по первому варианту $U_1=5\ 565\ 364$ тенге/год, по второму варианту $U_2=3\ 264\ 356$ тенге/год.

Рассчитан ожидаемый экономический эффект от использования осветлителя со взвешенным слоем осадка для осветления биологически очищенных сточных вод на очистных станциях.

Для производительности очистной станции 10 тыс. м³/сут экономический эффект составляет 630,4 тыс.тенге в год, предотвращенный ущерб годовой равен 2 301 тыс.тенге/год.

Заключение

Основные результаты, выводы и рекомендации выполненных исследований заключаются в следующем:

1. Анализ литературных данных показал, что в настоящее время в практике очистки сточных вод отделение хлопьев активного ила или биопленки осуществляют в основном гравитационным способом во вторичных отстойниках разных конструкций, но в большинстве случаев они не обеспечивают требуемое качество осветления воды, удовлетворяющее природоохранным нормативам при их сбросе в водные источники или на рельеф местности. Интенсифицировать процесс осветления воды и улучшить технико-экономические характеристики процесса очистки биологически очищенных сточных вод после аэротенков или биофильтров можно за счёт применения новых технологий в осветлении воды, путём пропуска её через взвешенный слой осадка, сформированного из хлопьев активного ила или биопленки.

2. Разработанная математическая модель процесса осветления биологически очищенных сточных вод в осветлителях со взвешенным слоем осадка адекватно отражает реальную связь технологических и технических параметров разработанной технологии очистки биологически очищенной сточной воды в осветлителях со взвешенным слоем осадка.

3. Получены при опытно-экспериментальных исследованиях зависимости ряда факторов, влияющих на эффективность осветления сточных вод во взвешенном слое осадка, а именно зависимость концентрации во взвешенном слое от скорости восходящего потока воды $C_{\text{взв.сл}} = f(V_{\text{восх}})$. Выявлено, что с увеличением скорости, концентрация активного ила или биопленки во взвешенном слое осадка уменьшается, и в среднем равна 5-15 г/л при уменьшении скорости с 1,9 до 0,5 мм/с. Получены экспериментальные зависимости изменения концентрации активного ила или биопленки во взвешенном слое по его высоте $C_{\text{взв.сл}} = f(H_{\text{сл}})$, изменения илового индекса по высоте взвешенного слоя $J = f(H_{\text{взв.сл}})$ и концентрации активного ила или биопленки во взвешенном слое от илового индекса $C_{\text{взв.сл}} = f(J)$.

Установлено, что концентрация активного ила или биопленки во взвешенном слое медленно снижается от низа взвешенного слоя до его верха и это снижение составляет 30-50% на всю высоту взвешенного слоя; иловый индекс незначительно возрастает по высоте взвешенного слоя снизу вверх и в среднем изменяется от 15 до 50 см³/г; с увеличением илового индекса концентрация активного ила или биопленки взвешенного слоя уменьшается, так при увеличении илового индекса с 26 до 35 см³/г, концентрация уменьшается с 11 до 5 г/л.

4. Получены опытно - экспериментальные зависимости концентрации взвешенных веществ в осветлённой воде от скорости восходящего потока воды $C_{\text{ос}} = f(V_{\text{восх}})$ и от общей высоты взвешенного слоя активного ила или биопленки $C_{\text{ос}} = f(H_{\text{взв.сл}})$. Результаты исследований показали, что при увеличении скорости с 0,6 до 1,4 мм/с концентрация взвеси в осветлённой воде

изменяется от 2 до 6 мг/л при изменении высоты взвешенного слоя от 1 до 1,8 м, а БПК₅ изменяется в пределах 5,6 - 8,3 мг/л.

6. Получены эмпирические формулы для функций: $C_{\text{взв.сл}} = f(V_{\text{восх}})$ - раздел 3, формула 19; $C_{\text{ос}} = f(V_{\text{восх}})$ – раздел 3, формула 22; $C_{\text{ос}} = f(H_{\text{взв.сл}})$ - раздел 3, формула 24.

7. Гидробиологический анализ биоплёнки взвешенного слоя позволил сделать вывод, что биоплёнка взвешенного слоя по своим качествам похожа на активный ил взвешенного слоя в осветлителях, находятся в жизнеспособном состоянии и активно участвуют в процессах биохимического окисления загрязняющих веществ. Хлопья средней и крупной величины, плотные, быстро оседают, надильная вода прозрачная. Состояние видов активное, подвижное.

8. Полученные опытно-экспериментальные данные позволили сделать вывод о целесообразности осветления биологически очищенных сточных вод после аэротенков и биофильтров с целью отделения хлопьев активного ила или биоплёнки в осветлителях со взвешенным слоем.

При этом обеспечивается высокий эффект осветления воды, сравнимый с эффектом доочистки на песчаных скорых фильтрах, а именно, концентрация взвешенных веществ в осветлённой воде находится в пределах от 2 до 6 мг/л, БПК₅ в пределах от 5 до 8 мг/л. Качество воды с такими показателями удовлетворяет природоохранным нормативным требованиям.

9. На основании опытно-экспериментальных исследований для отделения нерастворённых примесей, хлопьев активного ила или биоплёнки из сточной воды после аэротенков и капельных биофильтров, разработано семь новых конструкций осветлителей со взвешенным слоем активного ила или биоплёнки разных конструктивных модификаций и на разную производительность. Данные конструкции построены и успешно эксплуатируются для очистки сточной воды предприятий Восточного Казахстана с учетом производственных особенностей. При этом ликвидируется отрицательное воздействие на природные водные источники при сбросе воды с полученным высоким качеством очистки.

На конструкции получено: А.С. № 1511219, А.С. № 1583364.

Разработанные, внедрённые в производство и успешно зарекомендовавшие себя в эксплуатации новые конструкции осветлителей со взвешенным слоем осадка могут быть внедрены и на других станциях аэрации или биофильтрации.

10. Испытания в промышленных условиях новых конструкций осветлителей со взвешенным слоем активного ила или биоплёнки в период с 1990 по 2010 г.г. на очистных станциях предприятий Восточного Казахстана подтвердили результаты исследований, полученные на модели осветлителя.

11. Произведен расчет экономической оценки ущерба от загрязнения водных ресурсов по двум вариантам: первый вариант - осветление воды после аэротенков и биофильтров во вторичных отстойниках с доочисткой на песчаных фильтрах; второй вариант – осветление воды после аэротенков и биофильтров в осветлителях со взвешенным слоем осадка. Соответственно оценка экономического ущерба составляет: $U_I = 5\ 565\ 364$ тенге/год,

$U_2 = 3\ 264\ 356$ тенге/год.

Рассчитан ожидаемый экономический эффект от использования осветлителя со взвешенным слоем осадка для осветления биологически очищенных сточных вод на очистных станциях. Для производительности очистной станции 10 тыс. м³/сут экономический эффект составляет 630,4 тыс.тенге в год, предотвращенный ущерб годовой равен 2 301 тыс.тенге/год.

Оценка полноты решений поставленных задач. Поставленная цель достигнута и задачи исследований решены. Результаты выполненных работ доведены до внедрения.

Разработка рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов. Исследования по применению технологии очистки биологически очищенных хозяйственно-бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод, выполненные на примере очистки сточных вод объектов Восточно-Казахстанской области, могут быть адаптированы к применению на других очистных станциях при очистке аналогичных сточных вод в ходе их реконструкции, увеличения пропускной способности или нового строительства. Для широкого внедрения на практике рекомендуются научно обоснованные мероприятия по расчёту сооружений – осветлителей со взвешенным слоем осадка. Предлагаемая технология и техника очистки биологически очищенных сточных вод после аэротенков или биофильтров использована инженерно-техническими работниками проектных и научно-исследовательских организаций при проектировании новых и реконструкции эксплуатируемых сооружений, а также в ВУЗах.

Оценка технико-экономической эффективности внедрения. Рассчитан ожидаемый экономический эффект от использования осветлителя со взвешенным слоем осадка для осветления биологически очищенных сточных вод на очистных станциях канализации. Для производительности очистной станции 10 тыс. м³/сут экономический эффект составляет 630,4 тыс. тенге в год (в ценах 2001 г.), предотвращенный ущерб годовой равен 2301 тыс. тенге/год.

Оценка технико-экономического уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в данной области. Достаточно высокий уровень выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в данной области характеризуется научной новизной результатов исследований по применению осветлителей со взвешенным слоем осадка для очистки биологически очищенных сточных вод предприятий Восточного Казахстана с учетом производственных особенностей и новыми техническими решениями, имеющими патентную чистоту.

Список опубликованных работ по теме диссертации

- 1 Шевцов В.С., Колпакова В.П. Техничко-экономическое обоснование использования осветлителя со взвешенным слоем активного ила. // Проблемы научно-технического прогресса в развитии региона и отраслей народного хозяйства: материалы научно-технической конференции. - Усть-Каменогорск, 1988. – С. 171-172.
- 2 Рамазанов А.М., Сулейменов И., Шевцов В.С., Колпакова В.П., Лагутина В.С. Разработка осветлителя для отделения биопленки после капельных биофильтров очистных сооружений УК ТМК. // Деп. во ВЦНТИ – М., 1988.- № 01880015579
- 3 Шевцов В.С., Колпакова В.П., Гуменникова Л. Осветлитель со взвешенным слоем осадка // КазНИИТИ при Госплане Каз.ССР. – Алматы, 1989, информ. Листок № 89-21. – 3с:ил.
- 4 А.С. № 1511219/ СССР. Осветлитель. // Калицун В.И., Шевцов В.С., Колпакова В.П.; опубл.1989, Бюл. № 36.-3с:ил.
- 5 Шевцов В.С., Колпакова В.П. Применение осветлителей со взвешенным слоем активного ила на станциях биофильтрации. //Материалы Межреспубликанской конференции «Интенсификация процессов обработки питьевой, сточных вод и осадка». - Волгоград, ВолГИСИ, Волгоградский дом науки и техники, 1990. – С.88-90.
- 6 Шевцов В.С., Колпакова В.П. Осветлитель со взвешенным слоем активного ила // Каталог научно-технических достижений в строительстве Алма-Ата, Гос. Строительных комитет Каз.ССР, Республиканское правление ВНТО стройиндустрии, ЦКТИ «Казстройпроект», 1990. – С. 123.
- 7 Шевцов В.С., Колпакова В.П. Внедрение осветлителя новой конструкции на станции биофильтрации. // Материалы Всесоюзной научно-технической конференции «Человек – труд – экология». – Волгоград, Государственный комитет охраны природы СССР, ВолГИСИ, Волгоградский дом науки и техники, 1990. – С.130-132.
- 8 Шевцов В.С., Колпакова В.П. Новые сооружения для биологической очистки сточных вод. // Материалы научно-технической конференции межрегионального общественного комитета в защиту Иртыша «Актуальные проблемы охраны окружающей среды и природопользования Прииртышья».- Усть-Каменогорск, 1990. – 220-221.
- 9 Шевцов В.С., Колпакова В.П. Комбинированные сооружения для биологической очистки сточных вод, включающие в себя биореактор с псевдооживленным слоем носителя активной биомассы и осветлитель. // Сборник «Инновации. Коммерческая информация ЦНИИ «Румб». - Ленинград, №1, 1990. – 2с.
- 10 Шевцов В.С., Колпакова В.П. Осветлитель со взвешенным слоем активного ила для осветления биологически очищенных сточных вод станции аэрации. // Сборник «Инновации. Коммерческая информация ЦНИИ «Румб».- Ленинград, № 1, 1990. – 3с..

- 11 А.С. № 1583364 . СССР. Осветлитель // Калицун В.И., Шевцов В.С., Колпакова В.П., Сулейменов И.; опубл. 1990, Бюл. № 29. – 3с:ил.
- 12 Шевцов В.С., Колпакова В.П. Новые сооружения для биологической очистки сточных вод. // КазНИИТИ при Госплане Каз.ССР. – Алматы, 1991, информ. Листок, вып. 3. – 3с:ил.
- 13 Шевцов В.С., Рамазанов А.М., Колпакова В.П., Лагутина В.С. Интенсификация процессов биологической очистки сточных вод в сооружениях с псевдооживленным слоем // Деп. Во ВЦНТИ – М., 1991, № 01.86.020105.
- 14 Шевцов В.С., Рамазанов А.М., Колпакова В.П., Лагутина В.С. Разработка реактора с псевдооживленным слоем и исследование его работы на очистных сооружениях п. Новая Бухтарма // Деп. Во ВЦНТИ – М., 1991, № 01.89.0035641.
- 15 Шевцов В.С., Колпакова В.П., Лагутина В.С. Рекомендации по очистке сточных вод зоны отдыха на Бухтарминском водохранилище // Деп. Во ВЦНТИ – М., 1991, № 01910020683.
- 16 Шевцов В.С., Колпакова В.П., Лагутина В.С. Разработка рекомендаций по интенсификации работы вторичных отстойников Левобережной станции аэрации г. Усть-Каменогорск // Деп. Во ВЦНТИ – М., 1991, № 01910020680.
- 17 Шевцов В.С., Колпакова В.П., Результаты опытно-промышленных испытаний новой конструкции осветлителя со взвешенным слоем активного ила. // Материалы научно-технической конференции «Передовой опыт проектирования, строительства и эксплуатации локальных очистных сооружений на предприятиях». - Санкт-Петербург, 1992. – 150с.
- 18 Шевцов В.С., Колпакова В.П., Лагутина В.С. Очистка бытовых сточных вод малых населенных мест и баз отдыха. // КазНИИТИ при Госплане Каз.ССР –Алматы, 1992, инф. Листок № 143-92. – 3с:ил.
- 19 Шевцов В.С., Колпакова В.П., Лагутина В.С. Разработка технологической схемы очистки сточных вод баз отдыха на Бухтарминском водохранилище. // Материалы XXXII научно-технической конференции “Проблемы научно-технического прогресса в развитии региона отраслей народного хозяйства» часть 2, УК СДИ - Усть-Каменогорск, 1993. – С.35-37.
- 20 Шевцов В.С., Колпакова В.П., Лагутина В.С. Интенсификация работы вторичных отстойников Левобережной станции аэрации. // Материалы XXXIII научно-технической конференции УК СДИ - Усть-Каменогорск, 1993. – С.22-24.
- 21 Шевцов В.С., Колпакова В.П., Лагутина В.С. Очистка бытовых сточных вод и использование их в технологии производства цемента. // Материалы Республиканской научно-технической конференции. - Алматы, 1993. – 72с.
- 22 Шевцов В.С., Колпакова В.П., Лагутина В.С. Новые сооружения для биологической очистки вод. // Материалы научно-практического выездного семинара 1 Международного антиядерного альянса «Невада – Семипалатинск» - Алматы, 1994. – 54с.

23 Шевцов В.С., Колпакова В.П., Лагутина В.С. Новые сооружения для биологической очистки сточных вод. // КазГОСИНТИ, ВК ЦНТИ – Алматы, 1993, информ. Листок №49-93. – 4с:ил.

24 Калицун В.С., Шевцов В.С. Осветление воды после биофильтров // Журнал «Водоснабжение и санитарная техника» № 10 – Москва, 1994.

25 Калицун В.И., Шевцов В.С. Разработка осветлителя со взвешенным слоем для осветления воды после биофильтров // Сборник научных трудов СИКДиТ. – Сочи, 1995. – 54с.

26. Шевцов В.С., Колпакова В.П. Глубокая очистка сточных вод в биологических реакторах со взвешенным слоем активной биомассы. // Материалы научно-технического семинара «Строительство в прибрежных курортных регионах» СИКДиТ - Сочи, 1996. – 78с.

27 Колпакова В.П., Лагутина В.С., Акименко Н.Ю. Реконструкция водоотводящих сетей и очистных сооружений хозяйственно-бытовых сточных вод п.Опытное поле. // Материалы XXXIV научно-технической конференции ВКТУ «Проблемы научно-технического прогресса в развитии региона и отраслей народного хозяйства». - Усть-Каменогорск, 1997. – С.69-70.

28 Колпакова В.П. Опыт проектирования, строительства и эксплуатации высокоэффективных сооружений биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод. // Материалы XXXIV научно-технической конференции ВКТУ им. Д. Серикбаева «Проблемы научно-технического прогресса в развитии региона и отраслей народного хозяйства». - Усть-Каменогорск, 1997. – С.70-71.

29 Колпакова В.П. Реконструкция канализационных очистных сооружений хозяйственно-бытовых сточных вод с использованием осветлителей со взвешенным слоем осадка. // Материалы XXXV научно-технической конференции ВКТУ им. Д. Серикбаева «Проблемы научно-технического прогресса в условиях развития рыночной экономики». - Усть-Каменогорск, 1997. – 90с.

30 Колпакова В.П. Очистка хозяйственно-бытовых сточных вод Бухтарминского гидроэнергетического комплекса. // Материалы XXXVI научно-технической конференции ВКТУ им. Д. Серикбаева «Казахстан 2030: региональные проблемы научно-технического прогресса». - Усть-Каменогорск, 1998. – 79с.

31 Колпакова В.П. Установки для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод объектов малой производительности. // Материалы XXXVII научно-технической конференции ВКТУ им. Д. Серикбаева «Казахстан 2030: углубление реформ и проблемы научно-технического прогресса». - Усть-Каменогорск, 1999. – 77с.

32 Колпакова В.П., Кузубова Г.Г., Акименко Н.Ю. Решение проблемы очистки сточных вод Малевского рудника. // Материалы докладов научно-технического семинара «Строительство в прибрежных курортных регионах», СИКДиТ - Сочи, 1996. – 96с.

33 Колпакова В.П. Особенности проектирования малых очистных сооружений хозяйственно-бытовых сточных вод в современных условиях. // Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева № 2. - Усть-Каменогорск, 2001. – С. 98-100.

34 Колпакова В.П., Булавкина Т.А. Высокоэффективные технологии по очистке хозяйственно-бытовых сточных вод рудников Восточно-Казахстанской области. // Материалы 1-ой Международной научно-технической конференции «Проблемы комплексного освоения рудных и нерудных месторождений Восточно-Казахстанского региона», ВКГТУ. – Усть-Каменогорск, 2001. – 58с.

35 Колпакова В.П. Очистка хозяйственно-бытовых сточных вод. // Книга. II Центрально-азиатская Международная конференция «Водные ресурсы: потенциал, использование, технология и экология» – Алматы, 2001. – 72с.

36 Колпакова В.П., Лагутина В.С., Акименко Н.Ю., Кузубова Г.Г. Экологические аспекты очистки сточных вод промышленных предприятий Восточного Казахстана. // Материалы I Республиканской научно-практической конференции. – Усть-Каменогорск, 2001. – 66с.

37 Колпакова В.П. Интенсификация процессов биологической очистки сточных вод. // Вестник ВКГТУ имени Д.Серикбаева № 1. - Усть-Каменогорск, 2001. – С.103-107.

38 Колпакова В.П., Давыдов Ю.Ф., Видищева Г.Г., Акименко Н.Ю. Экологические аспекты очистки бытовых и промышленных сточных вод, сбрасываемых в бассейн реки Иртыш. // Материалы Международной конференции по проблемам рек Обь-Иртышского бассейна, фонд Сороса-Казахстан. - Усть-Каменогорск, 2003. – С.43-45.

39 Колпакова В.П. Биологические способы очистки сточных вод. // Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева.№ 3 - Усть-Каменогорск, 2005. – С.104-108.

40 Колпакова В.П. Применение осветлителей со взвешенным слоем осадка для биологической очистки сточных вод. // Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева № 4.- Усть-Каменогорск, 2007. – С.96-98.

41 Колпакова В.П. Опыт эксплуатации осветлителей со взвешенным слоем осадка на очистных сооружениях хозяйственно-бытовых сточных вод рудника «Алтайский». // Вестник КазНТУ им.К.И.Сатпаева. - Алматы, 2008. – С.65-67.

42 Колпакова В.П. Осветление хозяйственно-бытовых сточных вод горно- металлургических предприятий. // Научные труды. КарГТУ. - Караганды, 2009. - С. 279-282.

43 Мырзахметов М. М., Колпакова В.П. Очистка хозяйственно-бытовых сточных вод в осветлителях со взвешенным слоем осадка. // Журнал «Наука и новые технологии» № 4. - Бишкек, Кыргызская Республика, 2009. – С.18-20.

44 В.Колпакова Очистка сточных вод в осветлителях со взвешенным слоем осадка на Бухтарминской ГЭС Восточно-Казахстанской области. // Научный журнал МОиН РК «Поиск» № 1. – Алматы, 2009. – С.134-137.

45 Колпакова В.П., Онтаева Д.Ж, Экологическая оценка очистки воды в осветлителях со взвешенным слоем осадка. // Сборник докладов Международной студенческой научно-практической конференции «Студенческое научное творчество: международное партнерство и

перспективные технологии», КАСУ , часть 6. - Усть-Каменогорск, 2010. с. 21-22.

46 Колпакова В.П., Онтаева Д.Ж. Разработка конструкции осветлителя со взвешенным слоем осадка для очистки сточных вод. // Материалы X Республиканской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана», ВКГТУ. – Усть-Каменогорск, 2010, с. 136-137.

47 Колпакова В.П. Исследование работы осветлителя со взвешенным слоем осадка для очистки сточных вод. // Вестник Национальной Академии наук РК № 1 . – 2010. – С.89-90.

49 Колпакова В.П. Опыт эксплуатации по отделению биоплёнки во взвешенном слое осадка. //Вестник Национальной Академии наук РК № 1 . – 2010. – С.91-92.

50 Колпакова В.П. Очистка городских сточных вод в осветлителях со взвешенным слоем осадка. // Международная конференция «Жилищно-коммунальное хозяйство Республики Казахстан: проблемы решения и перспективы», г.Алматы – 2010.

51. Колпакова В.П. Опыт применения осветлителей со взвешенным слоем осадка для очистки городских сточных вод. // Известия научно-технического общества «КАХАК».- 2010. № 5(30) – С.127- 129.

Тұжырым

Колпакова Валентина Павловна

Шығыс Қазақстан өндіріс орындарының ерекшеліктерін ескере отырып сарқынды суды тазарту техникасы мен технологиясын жетілдіру

05.23.04-Сумен жабдықтау, канализация, су ресурстарын қорғаудағы құрылыс жүйесі

Зерттеу нысаны шаруашылық-тұрмыстық және осыған ұқсас өндірістік сарқынды сулардың құрамы бойынша биологиялық тазартылған технологиялық және техникалық тазарту салалары.

Жұмыс мақсаты табиғатты қорғау мөлшерін қанағаттандыруарлық тазаланған судың сапасын алу мақсатында Шығыс Қазақстанның өндірістік ерекшеліктерін ескере отырып сарқынды суды тазарту техникасы мен технологиясын жетілдіру.

Зерттеу әдістері және әдістемелігі. Әдеби шолу ғылыми-зерттеу жұмыстарының тақырыптарына жасалынған талдаулар негізінде жүргізілген. Теориялық шолу болжам әдістерімен және сарқынды суды тазалау процестерін технологиялық моделдеу принциптерін пайдалану арқылы жасалынған. Сарқынды суды тазалаудың негізгі технологиялық параметрлері арнайы тұрғызылған қабырғаларда тәжірибе жүргізу жолымен орнатылды.

Жұмыс нәтижелері. Диссертация алдына зерттеу тапсырмаларын шешу мақсаты қойылған. Орындалған жұмыс нәтижелері енгізілуге дейін жеткізілді. Белсенді лай немесе биоқабыршықты үлпектер бөлімшесіне арналған қалдықтың қалқымалы қабатымен (зертханалық және өндірістік зерттеу нәтижелері бойынша графиктер жасалынды: $C_{\text{мөл}}=f(V_{\text{өр}})$, $C_{\text{қал.қаб.}}=f(V_{\text{өр.}})$, $C_{\text{қал.қаб.}}=f(N_{\text{қаб}})$, $J= f(N_{\text{қаб}})$, бұдан басқа келесі көрсеткіштердің анықталуы мен фаза бөлімі шегінің кинетикалық қисығының төмендеуінің графигін тұрғызу: NH_3 , NO_2 , NO_3 , БПК₅, қышқылдығы, күлдену, ХПК, қалқыма қабатты биоқабыршықтың микро көшірмесі) бірге тұндырғыштың тиімділігін қабылдауда теориялық және эксперименталды зерттеуді орындау; сарқынды суларды биологиялық тазалауға арналған ғимараттың жаңа құрылымын әзірлеу, оларды өндіріске енгізуімен бірге қалдықтың қалқымалы қабатын мөлдірету және өзіне аэрация аймағын қосуды; теориялық және экспериментік мәліметтер барысында оларды талдаумен бірге өндірістік жағдайындағы қабылданған мәліметтер мен жаңа ғимаратқа апробация жүргізу, сонымен қатар Шығыс Қазақстанның өндірістік ерекшелігін ескере отырып сарқынды суды биологиялық тазарту технологиясының қабылданған мәліметтеріне техникалық-экономикалық негіздеме жасалды.

Құрылымдық негізі, технологиялық және техникалық пайдалану сипаттамалары. Эксперименталдық және әдеби мәліметтерді қалқымалы белсенді лай қабатымен немесе биоқабыршықты тұндырғыштағы биологиялық тазартылған сарқынды судың мөлдірлену тиімділігі туралы қорытынды жасауға

қолданылды. Қалқымалы қабаттағы белсенді лай немесе биоқабыршық концентрациясы 12-ден 3г/л аралығында өрлеу ағысы жылдамдығының өзгерісі кезінде 0,6-дан 1,8 мм/с болатыны анықталды. Қалқыма қабаттың динамикалық тепе-теңдігі мөлдірлену аймағындағы өрлеу ағысы жылдамдығының өзгерісі диапазонында 0,6- дан 1,8 мм/с дейін қалқыма қабаттың биіктігінің өзгеруі кезінде 1-ден 2 м-ге дейін сақталады. Осы кезде құмды сүзгідегі жете тазалау әсерімен салыстырмалы, суды жоғары мөлдірлету әсерімен қамтамасыз етілді. Мөлдірлетілген судағы қалқыма заттың концентрациясы 3-10 мг/л шегінде, БПК₅ – 5-10 мг/л су ағысының оңтайлы жылдамдығы кезінде 0,6-дан 1,8 мм/с дейін болады. Қалқыма қабат төменнен жоғарыға биіктігі бойынша лай индексі белгісіз көтеріледі және орташа 15-тен 50 см³/г дейін өзгертін болады; лай индексінің көтерілуімен бірге қалқыма қабаттағы белсенді лай немесе биоқабыршықтардың қауыз концентрациясы төмендейді, лай индексінің көтерілу кезінде 26-дан 35 см³/г дейін, 11-ден 5 г/л дейін концентрациясы төмендейді.

Мөлдіреткіштегі тазартылған су шығынының ауытқуына рұқсат етіледі. Осы ауытқушылық өрлеу су ағысы (0,6-1,8 мм/с) жылдамдығының оңтайлы шекті ауытқуын ескереді.

Өндіріске енгізу дәрежесі. Қалдықтың қалқыма қабатымен бірге мөлдіреткіш ғимаратының жаңа конструкциясы титан-магнит комбинаты мен кенттің сарқынды сулары қабылданатын Жаңа Согра кентінің биосүзгіш тазалау бекетіне енгізілген, «Малеевский рудник» аэрация тазалау бекетіне, Зырян «Казцинк» ТБК ЖШС, «40-лет ВЛКСМ» кеніші, Риддер «Казцинк» ТБК ЖШС, Риддер қаласы, Бұқтырма СЭС «Казцинк» ЖШС, Жаңа Согра кентіндегі Жаңа Бұқтырма цемент зауыты, сонымен қатар Д.Серікбаев атындағы ШҚМТУ Сәулет-құрылыс факультетінің «САБТП ж ЖГЖ» кафедрасының оқу үдерісіне енгізілді.

Өндіріске енгізу бойынша немесе ғылыми-зерттеу жұмыстарының қорытындысына ұсыныстар. Қалдықты қалқыма қабатпен бірге мөлдіреткіштің жаңа құрылымы, биосүзгілер немесе басқа аэрация бекеттеріне енгізуге болатындығына өзін ойдағыдай танытып үлгерді және өндірісте әзірленіп, енгізілді.

Қолдану саласы. Осы жұмыстың нәтижесінде жете тазарту мәселелерін бір уақытта шешу және суды мөлдірету үдерісінің техникалық-экономикалық сипаттамаларын жетілдіре отырып, қалдықтың қалқыма қабатымен мөлдіреткіште жаңа тазалау технологиясын қолдану арқылы мөлдірлетілген биологиялық тазарған сарқынды суларға арналған тазалау бекеттеріне қолдануға болады.

Экономикалық тиімділігі немесе жұмыстың маңыздылығы. Жұмысты орындау барысында канализациялық тазалау бекетіндегі қалқыма қабатты қалдықты мөлдіреткіштерге қолданылатын техникалық-экономикалық көрсеткіштері анықталды. Өнімділігі 10 мың м³/тәулік тазалау бекетінің экономикалық тиімділігі жылына 630,4 мың теңгені құрады (2001ж. баға бойынша), жылдық зияны 2 301 мың теңге болды.

Зерттеу нысанын дамыту туралы алдын ала болжау. Шығыс Қазақстан облысындағы сарқынды суларды тазарту мысалында орындалған, оларды қайта құру, өткізу қабілетін арттыру немесе жаңа құрылыс барысында сарқынды суды баламалы тазарту кезінде басқа тазалау бекетінде қолдануға болатын шаруашылық-тұрмыстық және осыған ұқсас құрамында өндірістік сарқынды сулары бар биологиялық тазартылған тазалау технологиясын қолдану бойынша зерттеу.

ҒЗЖ жоспарларымен диссертация байланысы. Зерттеу Д.Серікбаев атындағы ШҚМТУ «Су мәселелері» ғылыми-өндірістік зертханасында ғылыми-зерттеу жұмысы жоспарына сәйкес орындалды.

Summary

Kolpakova Valentina Pavlovna

Improvement of Technology and Technique of Waste Water Treatment Adjusted for Production Peculiarities of East Kazakhstan

05.23.04 - Water Supply, Sewerage, Construction Systems of Water Resources Protection

The object of the research is the area of technology and technique of treatment biologically treated economic-domestic and close to them industrial waste water.

The goal of the research is the improvement of the technology and technique of waste water treatment adjusted for the peculiarities of East Kazakhstan with getting water treatment high effect.

Method and methodology of carrying out of work. The literary review is spent on the basis of spent research works on a theme. Theoretical preconditions were developed with use of principles modeling of technological processes of sewage treatment and forecasting methods. The basic technological parameters on clearing were established by carrying out of experiences at specially constructed stands.

The results of the work. The put goal have been achieved. I have carried out theoretical and experimental studies on the effectiveness of the clarifier with the sludge blanket use for separating the flakes of activated sludge or biofilm (upon the results of laboratory and industrial research the diagrams $C_{oc}=f(V_{BOCX})$, $C_{B3B.CJL}=f(V_{BOCX})$, $C_{B3B.CJL}=f(H_{CJL})$, $J= f(H_{CJL})$ have been drawn, as well as, the kinetics curves of lowering the interface boundary; and the indices NH_3 , NO_2 , NO_3 , BPK_5 , oxidability, ash content chemical oxygen demand, microscopy of sludge blanket have been determined); developed new structures for biological treatment of waster water which include the zones of aeration and the clarifier with the sludge blanket with the commissioning; carried out the testing of new structures and got the data under production conditions with the analysis of their similarity with theoretical end experimental data as well as with the feasibility study for the use of the given technology of treating biologically treated waste water adjusted for the industrial peculiarities of East Kazakhstan.

Major constructive, technological, and operational characteristics. Experimental and literature data have let come to the conclusion about the effectiveness of biologically treated water defecation in clarifiers with the activated sludge blanket or biofilm. It has been revealed that the concentration of the activated sludge or biofilm in the sludge blanket are within the range of 12 to 3 g/l at upstream rate change from 0.6 up to 1.8 mm/s. The dynamic balance of the sludge blanket is kept within the range of upstream rate change in the zone of defecation from 0.6 up to 1.8 mm/s at the alteration of the sludge blanket height from 1 up to 2 m. Thus we provide the high effect of water defecation comparable with the effect of aftertreatment on sand filters. Notably, the concentration of suspended particles in

clarified water is within the range of 3-10 mg/l, БПК₅ – 5-10 mg/l at optimal upstream rates from 0.6 up to 1.8 mm/s. Sludge index slightly grows in the height of sludge blanket from the bottom up and changes average from 15 up to 50 sm³/g; with the growing sludge index the concentration of activated sludge or the sludge blanket biofilm decreases; at the sludge index growing from 26 to 35 sm³/g the concentration decreases from 11 down to 5 g/l.

Treated in the clarifier water consumption is allowed. This change is conditioned by optimal allowed water upstream rate (0.6-1.8 mm/s).

The degree of implementing.

The new structures of clarifiers with the sludge blanket have been implemented on the biofiltration treatment plant in Novaya Sogra, where waste water from the village and titanium-magnesium plant come; on aeration treatment plants “Maleevskiy Mine” of Zyryanovsk ODC of JSC “Kazzink”, mine “40 Let VLKSM” of Ridder ODC of JSC “Kazzink”, Ridder; Bukhtarminskaya Power station of JSC “Kazzink”, Cement Production Plant in Novaya Bukhtarma village; and they have been introduced in the training process of the Department of Architecture and Civil Engineering in D. Serikbaev EKSTU on the sub-department “RUWAB and HGS .

Recommendations for implementation or the results of implementing the research. Developed introduced into industry and successfully shown during operation, the new structures of clarifiers can be implemented at other plants of aeration or biofiltration.

Application area. The results of the given work can be used at treatment plants for defecation of biologically treated waste water with the use of the new technology of defecation in clarifiers with the sludge blanket, which allows to improve engineering-and-economical performance of the water defecation process and to solve the problem of water aftertreatment at the same time.

Economic efficiency or significance of the work. In the process of work engineering-and-economical performance of the clarifiers with the sludge blanket use at the treatment plants has been determined. At the capacity of a treatment plant 10 thous. m³/day the saving rate is 630.4 thousand tenges a year (prices of 2001); averted loss is 2,301 thousand tenges a year.

Predictive suppositions about development of the research object. The studying the use of the technology of treatment biologically treated economic-domestic and similar in composition industrial waste water, carried out on the example of treating waste water of East Kazakhstan oblast objects, may be adjusted for the use at other treatment plants during the treatment of analogous waste water during their reconstruction, capacity increase or new construction.

The connection of the Dissertation with research. The research has been done according to the plan of research work of scientific production laboratory of “Water Problems” of D. Serikbaev East Kazakhstan State Technical University.

Подписано в печать 26.11.2010 г.
Формат издания 60?84 1/16. Бумага офсетная.
Объем 2,63 п.л. Тираж 100 экз. заказ № 958
Отпечатано в типографии КазНТУ
г. Алматы, ул. Ладыгина, 32