

На правах рукописи

Литманова Наталия Леонидовна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ЛОКАЛЬНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ
ПРЕДПРИЯТИЙ**

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

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук**

Санкт – Петербург 2006

Работа выполнена на кафедре водоснабжения Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета.

Научный руководитель: **доктор технических наук, профессор
Феофанов Юрий Александрович**

Официальные оппоненты: **доктор технических наук, профессор
Мишуков Борис Григорьевич**
**доктор технических наук, ст. науч. сотрудник
Мачигин Валерий Сергеевич**

Ведущая организация: **ЗАО «ПИ Ленводоканалпроект»**

Защита состоится 13 марта 2007 г. в 13 часов 30 мин на заседании диссертационного совета Д 212.223.06 при ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по адресу: 190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, ауд. 206. Тел/факс (812) 316-58-72, E-mail: rector@spise.spb.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет». Отзывы на реферат (в двух экземплярах, заверенных печатью) просим направлять по адресу: 190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4.

Автореферат диссертации размещен на официальном сайте Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета www.spbgasu.ru.

Автореферат разослан « » _____ 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

В.В.Дерюгин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Предприятия молочной промышленности являются одними из крупных потребителей пресной воды и источниками образования значительных объемов сточных вод. Удельный расход стоков молочных заводов составляет в среднем 5-7 м³ на 1 тонну перерабатываемого молока, но зачастую, особенно на заводах с устаревшей технологией, этот показатель значительно выше.

Сточные воды молокоперерабатывающих заводов содержат высокие концентрации органических загрязнений (жир, белок, лактоза), загрязнены также неорганическими соединениями, и синтетическими поверхностно — активными веществами (моющие вещества). Состав и концентрация загрязнений сточных вод зависят от профиля и производительности предприятий.

Для обработки стоков молочных заводов применяются различные методы, выбор которых зависит от количества и характеристики загрязнений сточных вод, а также условий их сброса, устанавливаемых природоохранными органами и коммунальными организациями водопроводно-канализационного хозяйства. В соответствии с существующими требованиями стоки молокоперерабатывающих предприятий перед их сбросом в городскую канализацию или на собственные сооружения биологической очистки необходимо подвергать локальной очистке.

Локальные очистные станции молзаводов должны быть компактны, просты и надежны в работе, обеспечивая требуемую степень очистки сточных вод. Для этой цели получила распространение коагуляция с последующим отстаиванием или флотацией, однако ее применение на молзаводах выявило ряд недостатков: высокие дозы традиционных видов коагулянтов, необходимость корректировки рН среды, нестабильность процесса коагуляции и, как результат, недостаточная степень снижения

концентрации органических загрязнений. Связано это с неоднородностью состава сточных вод молокоперерабатывающих заводов, объединяющих, как правило, стоки от разных производств молочных продуктов. В ходе технологического процесса переработки молока происходят изменения структуры его компонентов, что отражается на взаимодействии их с добавляемым коагулянтом.

Учитывая, что на многих молокозаводах очистные станции либо отсутствуют, либо работают малоэффективно, вопрос организации эффективной локальной очистки становится весьма актуальным.

Возникает необходимость более глубокого изучения механизма процесса коагуляции сточных вод отдельно по различным видам производств молочных продуктов, применения новых видов коагулянтов, совершенствования технологии процесса локальной очистки указанных видов стоков.

Работа выполнялась по плану НИР Министерства сельского хозяйства РФ совместно с Всероссийским институтом молочной промышленности (ВНИМИ), по Международной программе: INTAS 00-493 совместно с Британским Университетом (г. Лондон), Венгерским университетом (г. Мишкольц), институтом коллоидной химии и химии воды НАН Украины.

Целью настоящего исследования является совершенствование технологических схем локальной очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий с применением новых видов коагулянтов.

Для достижения указанной цели в ходе работы были поставлены следующие задачи:

- провести анализ литературных данных о современном состоянии вопроса локальной очистки стоков молочных производств, а также о новых перспективных коагулянтах;

- изучить механизм коагуляции при очистке сточных вод молзаводов с применением оксохлорида алюминия (ОХА);
- провести сравнение эффективности использования оксохлорида алюминия (ОХА) с традиционным широко используемым коагулянтом - сульфатом алюминия (СА);
- установить факторы, оказывающие влияние на эффективность удаления загрязнений из исследуемых сточных вод;
- определить оптимальные условия протекания процесса очистки в зависимости от вида технологического процесса производства и ассортимента выпускаемой продукции;
- разработать технологические схемы локальной очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий;
- разработать рекомендации по расчету и проектированию сооружений локальной очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий;
- провести производственные испытания локальной очистки сточных вод молзавода по рекомендуемой технологической схеме.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- изучен механизм коагуляции сточных вод молочного завода с применением коагулянта ОХА;
- выявлен новый показатель (относительное количество жира – ОКЖ), характеризующий особенности состава сточных вод предприятий молочной промышленности и влияющий на величину эффективности коагуляционной очистки;
- определена закономерность влияния этого показателя (ОКЖ) на степень очистки сточных вод предприятий молочной промышленности;
- получена математическая зависимость для определения эффективности очистки сточных вод для различных видов

производств молокоперерабатывающих предприятий в зависимости от дозы коагулянта ОХА и показателя ОКЖ.

Практическая значимость. Проведенные исследования показали, что новый коагулянт - ОХА может с успехом применяться для очистки стоков молочных заводов, и имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционным коагулянтом - СА. Определены оптимальные условия локальной очистки сточных вод предприятий молочной промышленности с применением ОХА в зависимости от состава стоков.

Предложены технологические схемы локальных очистных станций молочных заводов и выявлены оптимальные условия проведения процесса коагуляционной очистки сточных вод с учетом специфики их состава, которые обеспечивают высокую эффективность рекомендуемого способа и позволяют осуществлять требуемую степень локальной очистки стоков.

Разработаны рекомендации по расчету и проектированию локальных очистных сооружений для молочных заводов разного профиля.

На защиту выносятся:

- результаты лабораторных исследований очистки модельных сточных вод производств разных молочных продуктов, с применением коагулянта - ОХА;
- модель процесса коагуляции сточных вод молокоперерабатывающего предприятия с применением ОХА;
- закономерности влияния показателя ОКЖ, характеризующего особенности состава сточных вод разных видов молочных производств, на степень очистки сточных вод;
- разработанные технологические схемы локальной очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий;
- математическая зависимость для определения эффективности коагуляционной очистки с использованием ОХА от состава обрабатываемых стоков и дозы вводимого коагулянта;

- результаты полупроизводственных исследований;
- результаты производственных испытаний.

Апробация работы и публикации. Изложенные в диссертационной работе материалы докладывались и обсуждались на ежегодных научно—технических конференциях профессорско—преподавательского состава Санкт—Петербургского государственного архитектурно—строительного университета (СПбГАСУ) (1994-2005 гг.), на ежегодных научно—технических конференциях молодых ученых (аспирантов, докторантов) и студентов СПбГАСУ “Актуальные проблемы современного строительства” (1998-2000 гг. и 2004-2005 гг.) и на 2-ой международной конференции “Interfaces against pollution” (Мишкольц, Венгрия, 2002).

Основные результаты и положения исследований изложены в 6 публикациях. Отправлена заявка на получение патента РФ на способ очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 164 страницах машинописного текста и состоит из введения, 6 глав, общих выводов, списка литературы из 80 наименований, содержит 19 таблиц, 25 рисунков, а также приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрывается актуальность проблемы, обоснованы научная новизна и практическая ценность работы для решения вопросов очистки сточных вод молочных заводов.

В первой главе приведен анализ литературных данных, характеризующих сточные воды молокоперерабатывающих предприятий и физико-химические методы, применяемые для их очистки. Рассмотрены существующие современные технологии мойки оборудования, являющейся основным источником образования сточных вод. Представлены данные о составе и концентрации загрязнений в молочных стоках. Отмечены недостатки существующих физико-химических методов и схем, предлагаемых для локальной очистки сточных вод на предприятиях молочной промышленности. Анализ литературных источников показал, что возможности физико-химических методов могут быть расширены с применением перспективного, но пока малоиспользуемого для очистки стоков оксохлорида алюминия (оксихлорида алюминия - ОХА). Обобщены литературные сведения о состоянии алюминия в водных растворах в зависимости от дозы и вида реагента, кислотности среды и присутствующих ионов.

Во второй главе описаны программа и методика проведения исследований. Объектами исследования служили стоки от разных молочных производств, которые были смоделированы водными растворами выпускаемых молочных продуктов с добавлением моющих веществ. В качестве коагулянта применялись 1%-ные (по Al_2O_3) растворы ОХА с модулем основности 5/6 и СА.

Сравнительная оценка эффективности коагуляции в опытах производилась по степени удаления органических веществ и снижении ХПК в исследуемых объектах. Содержание органических веществ определяли по стандартным методикам (потери при прокаливании сухого остатка и ХПК) в

исходных растворах и пробах после обработки коагулянтом и часового отстаивания.

Для определения электрокинетического потенциала частиц молока в модельных растворах при разных дозах ОХА применялся метод микроэлектрофореза.

Содержание остаточного алюминия определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-сорбционного спектрометра МГА-915.

В третьей главе приведены и проанализированы результаты лабораторных исследований по реагентной очистке модельных сточных вод в зависимости от разных доз ОХА и СА. Изменение степени очистки модельных стоков разного состава от величины pH при добавлении ОХА дозой $30 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ (по Al_2O_3) показано на рис.1. Характерным признаком всех испытанных модельных растворов молочных продуктов, влияющим на величину эффективности реагентной очистки (рис.1), является количественное соотношение содержащихся в них компонентов: жира и белка. В связи с этим был введен показатель, названный относительным количеством жира (ОКЖ), который определяется как массовое отношение жира к белку, содержащихся в растворе. В рассматриваемом ряду модельных стоков ОКЖ возрастает от первого образца к последнему (табл. 1). По мере увеличения ОКЖ повышалось максимальное значение эффективности очистки при равных дозах коагулянта.

Этому явлению дано следующее объяснение. Молоко состоит из нескольких фаз, среди которых наиболее значимыми являются коллоидный раствор молочного белка и эмульсия жировых шариков. Устойчивость

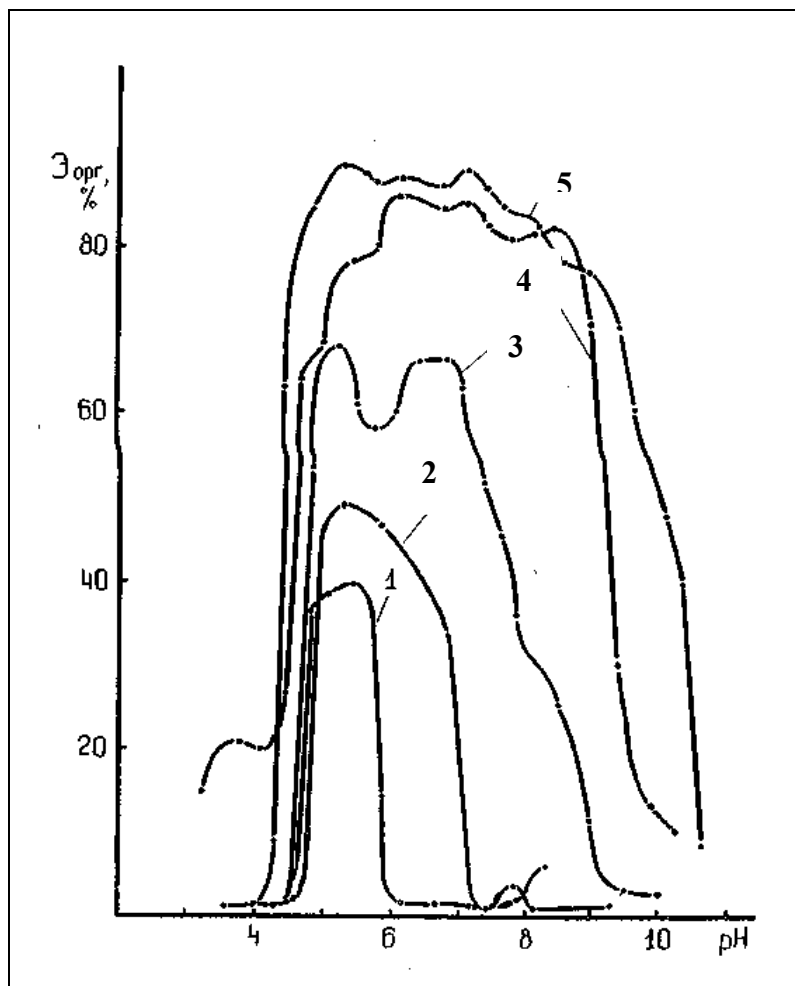


Рис. 1. Зависимость эффективности удаления органических веществ $\mathcal{E}_{орг}$ (%) от величины pH при дозе ОХА $30 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ (по Al_2O_3) для модельных растворов, содержащих:
 1- обезжиренное молоко,
 2 – молоко (жирность 3,5%),
 3 – сливки (жирность 11%),
 4 – сметану,
 5 – сливки жирность 33%

Таблица 1
 Значения относительного количества жира (ОКЖ) исследованных
 модельных сточных вод

	Модельный раствор	ОКЖ
1.	3%-ный раствор обезжиренного молока	0,17
2.	3%-ный раствор нежирного кефира	0,33
3.	1%-ный раствор молока жирностью 3,5%	1,25
4.	0,9%-ный раствор сливок жирностью 11%	3,6
5.	1%-ный раствор сметаны	7,1
6.	1,1%-ный раствор сливок жирностью 33%	13,2

коллоидного раствора определяется соотношением сил межмолекулярного притяжения и электростатического отталкивания между дисперсными частицами, образованными молекулами белка. Стабильность эмульсии молока обусловлена особыми свойствами поверхности жировых шариков. Они окружены оболочкой, в состав которой входят слои из

фосфолипидно-протеинового комплекса и оболочечного белка. Следовательно, стабильность молока (и растворов этого продукта) определяется физико-химическими свойствами белков, находящихся и в коллоидной системе и в жировой эмульсии.

Подавляющая часть молока в ходе переработки подвергается гомогенизации, при которой размеры жировых шариков уменьшаются, а площадь их поверхности существенно возрастает. В результате недостаток оболочечного материала компенсируется адсорбцией молекул белка из плазмы. Адсорбция сопровождается разворачиванием пептидных цепей белка с высвобождением дополнительных активных функциональных групп. Это приводит к повышению реакционной способности белка, оставшегося в коллоидной форме и образовавшего новую оболочку вокруг жировых шариков. В результате интенсифицируется его взаимодействие с добавленным коагулянтном.

Чем больше показатель ОКЖ молочного продукта, прошедшего гомогенизацию, тем значительнее вышеописанные изменения в общем объеме протеиновых образований и тем эффективнее очистка модельного стока. Таким образом, показатель ОКЖ характеризует для продуктов из гомогенизированного молока степень активности белка, как присутствующего в оболочке жировых шариков, так и находящегося в коллоидной форме.

Присутствие коагулянтов повышает эффективность удаления органических веществ и расширяет границы зон pH , в которых происходит коагуляция, одновременно смещая их в область более высоких значений pH по сравнению с кислотной коагуляцией (без добавления коагулянта). При использовании СА для очистки сточных вод от производства молочных продуктов исходные значения pH заключены в достаточно узкие интервалы, расположенные в сильнощелочных областях. Это приводит к определенным трудностям при коагуляционной очистке в условиях потока,

когда кислотность (щелочность) поступающих сточных вод может резко меняться. Для ОХА такие интервалы значительно шире, что упрощает процесс дозирования кислоты или щелочи и повышает надежность процесса очистки.

Установлено, что увеличение содержания в стоках одного и того же загрязняющего молочного продукта (в пределах концентраций реально возможных для такого рода сточных вод) практически не влияет на результативность их очистки методом коагуляции, независимо от вида используемых коагулянтов. Экспериментально подтверждено, что разная консистенция молочных и кисломолочных продуктов, обусловленная конформационными изменениями макромолекул белка, сопровождающиеся уменьшением растворимости и возникновением сетки – каркаса геля, так же не влияет на степень коагуляционной очистки.

Изучение механизма коагуляции при очистке модельных сточных вод с применением ОХА было проведено на 1%-ом растворе молока. Зависимость эффективности удаления органических примесей ($\mathcal{E}_{орг}$) от величины pH при добавлении разных доз коагулянта показана на рис.2. Наблюдаемая коагуляция этого раствора с максимальной эффективностью удаления органических веществ 60% при дозе ОХА $180 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ (по Al_2O_3) при $pH=8,4$ и 48% при дозе ОХА $60 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ (по Al_2O_3) в области pH 5.5-7.5 (рис.2, кривые 2 и 3) вызвана снижением до 0 величин электрокинетических потенциалов частиц системы в указанных диапазонах pH (рис. 3, кривые 2 и 3). Эти данные свидетельствуют о преимущественно нейтрализационном механизме процесса коагуляции молочных стоков.

В ходе эксперимента выяснилось, что коагуляция загрязнений без добавления коагулянта в присутствии моющих веществ для всех модельных растворов молочных продуктов протекает примерно в одном и том же узком интервале pH – изоэлектрическая точка - (4,5-5). Эффективность такой коагуляции составляет 38-40%.

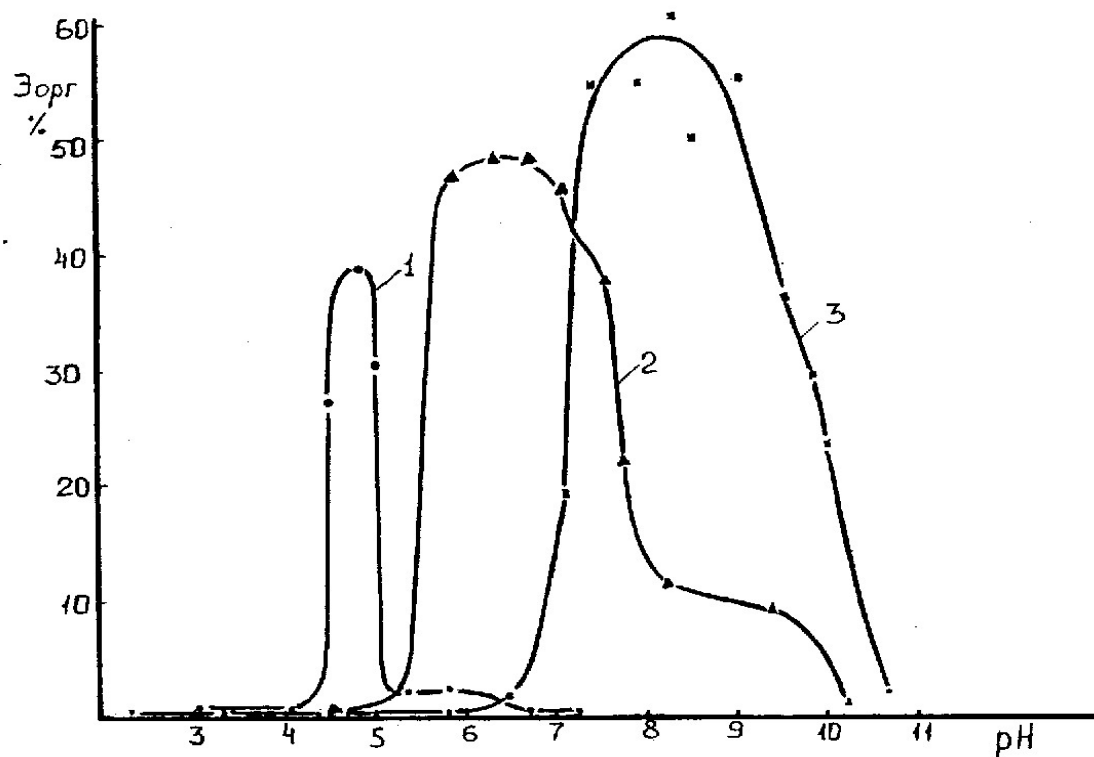


Рис. 2. Зависимость эффективности удаления органических веществ из модельного молочного раствора $\mathcal{E}_{орг}$ (%) от pH среды при дозе ОХА ($\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$) по Al_2O_3 : 0(1); 60(2); 180(3)

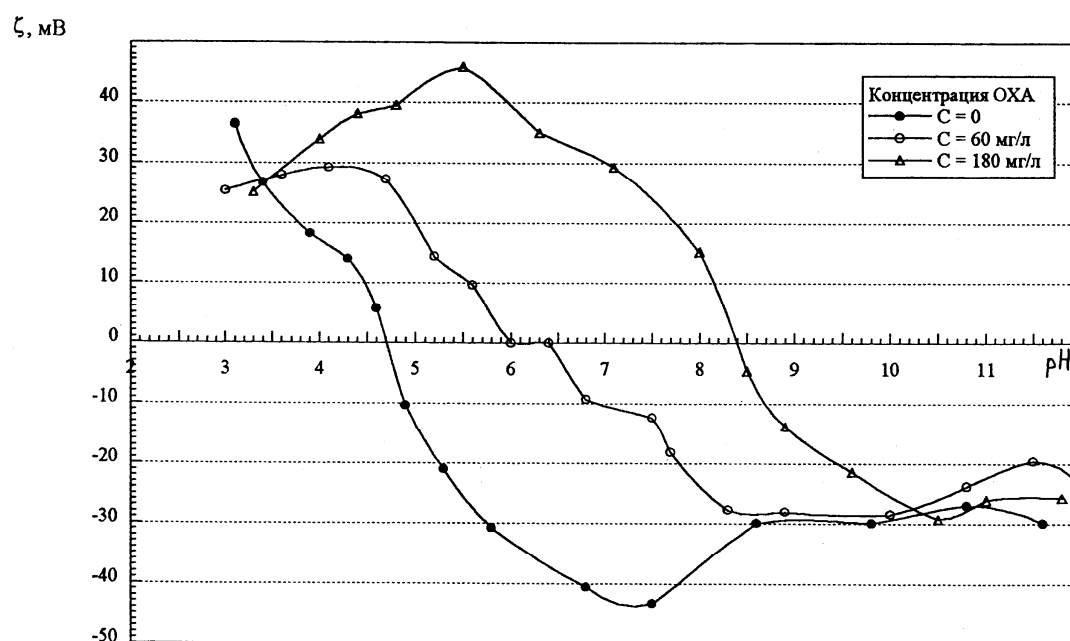


Рис. 3. Зависимость ξ -потенциала от pH частиц молока в присутствии ОХА. Концентрация молока 1%.

Определено влияние дозы и вида коагулянта на величину остаточного алюминия в модельных сточных водах цехов переработки молока. Установлено, что обработка сточных вод ОХА дает более низкое содержание остаточного алюминия по сравнению с СА при равных дозах коагулянта (по Al_2O_3).

В четвертой главе представлены результаты экспериментов по очистке сточных вод на полупроизводственной установке в проточных условиях с применением флотации, проведенные на растворах, моделирующих стоки цехов переработки молока и производства сливок, сметаны и кефира. В качестве коагулянтов применялись ОХА и СА.

Результаты работы полупроизводственной установки показали преимущество использования ОХА в качестве коагулянта перед флотацией по сравнению с СА. На рис. 4 приведена зависимость эффективности очистки по ХПК от дозы коагулянта (ОХА) при разных значениях ОКЖ обрабатываемых молочных сточных вод. Математическая обработка

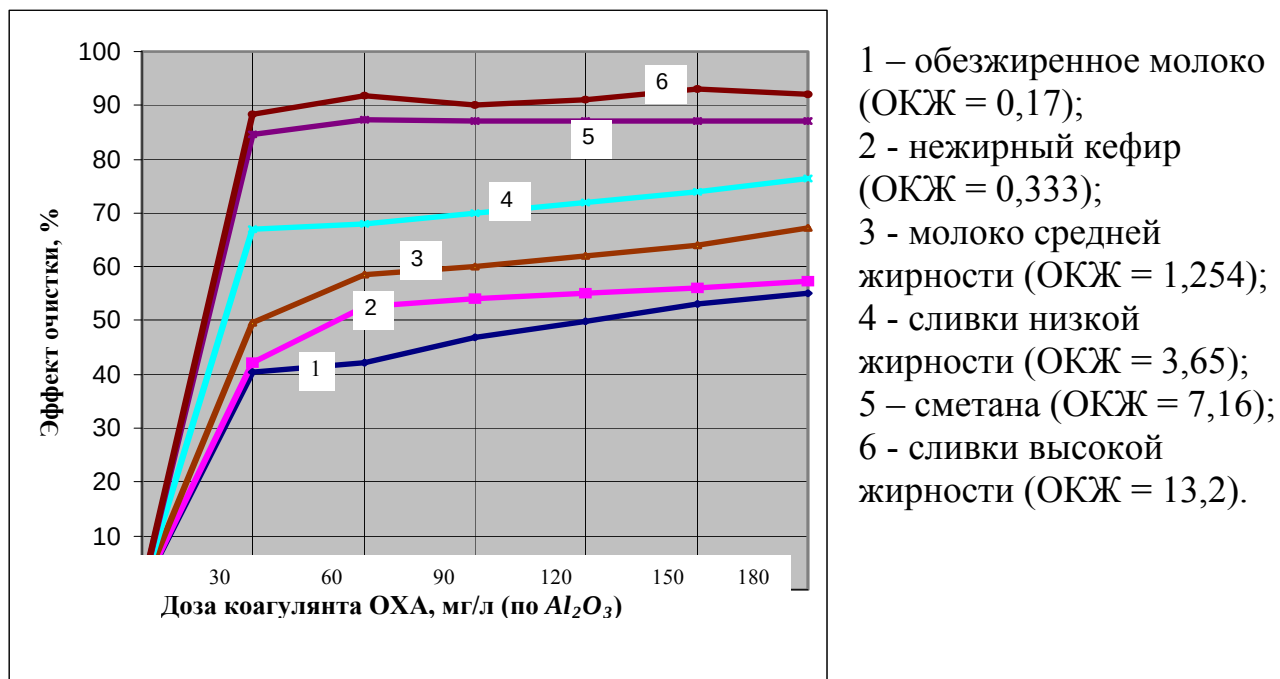


Рис. 4. Зависимость эффективности очистки (по ХПК) модельных вод молзавода от дозы коагулянта ОХА.

полученных экспериментальных данных проводилась с помощью компьютерной программы Table Curve 3Dv2. Полученное уравнение регрессии, адекватно описывающее зависимость эффективности очистки по ХПК от дозы коагулянта и показателя состава сточных вод (ОКЖ), имеет вид:

$$\mathcal{E} = 33,19 + 2,37 \cdot \ln(D - 25) + 14,5 \cdot \text{ОКЖ}^{0,5} \quad (1)$$

Данная формула справедлива в области значений D от 30 до 180 $\text{мг} \cdot \text{л}^{-1}$ и ОКЖ от 0,17 до 13,2 (во всем диапазоне выпускаемой молочной продукции). Поверхность отклика, отображающая полученную эмпирическую зависимость, изображена на рис. 5.

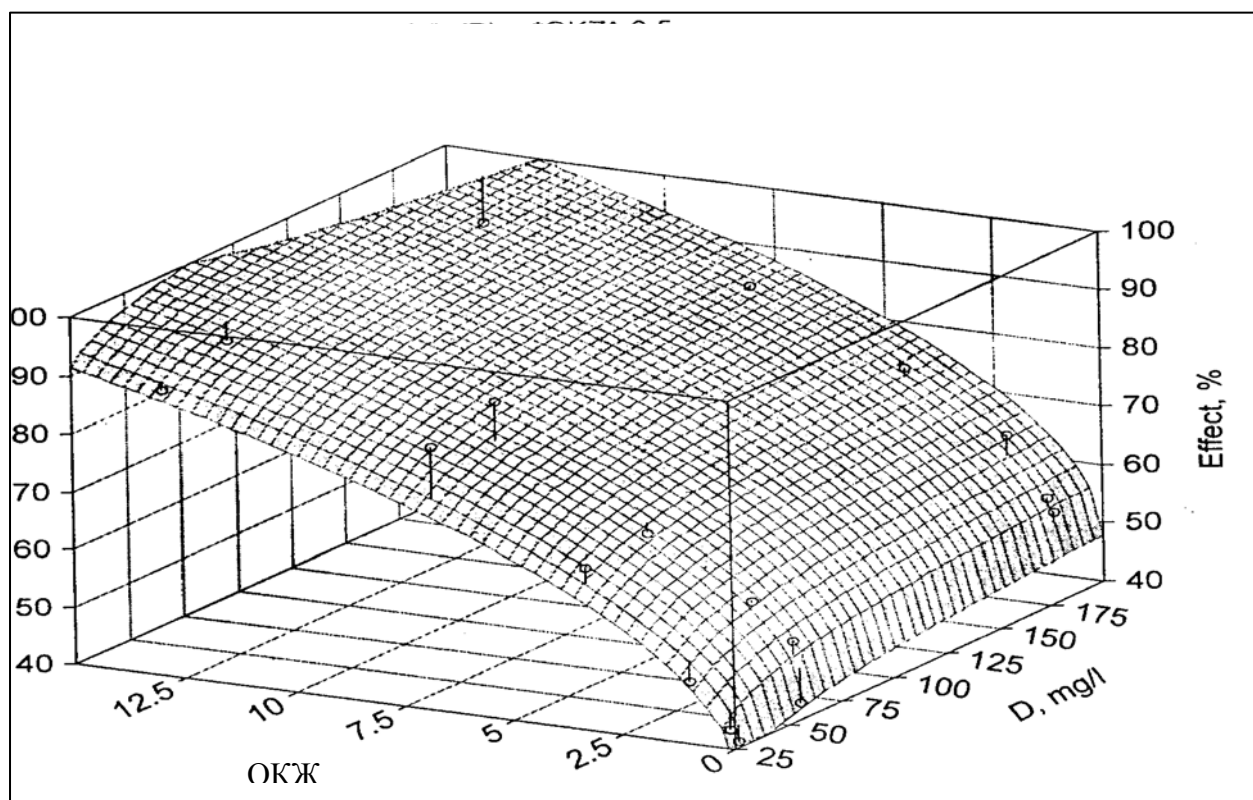


Рис. 5. Зависимость эффективности реагентной очистки от дозы (D) и состава сточных вод

В пятой главе представлены результаты промышленных испытаний, которые проводились на очистных сооружениях молочного комбината «Петмол». При реконструкции очистных сооружений молочного комбината «Петмол» в Санкт-Петербурге были использованы рекомендации, разработанные на основании проведенных исследований. Технологическая схема очистных сооружений молкомбината «Петмол» после реконструкции показана на рис. 6. Корректировка pH стока производится путем ввода реагентов (кислоты или щелочи в зависимости от исходной pH) в нескольких точках по ходу движения воды с автоматическим регулированием дозы реагентов в нейтрализаторе, который разделен перегородками на три секции. Перемешивание воды с реагентами в секциях обеспечивается сжатым воздухом. На выходе сточных вод из каждой секции установлены pH -метры, определяющие необходимость последующей корректировки pH и автоматически устанавливающие дозу реагента. На выходе из нейтрализатора в воду вводится раствор коагулянта, а в трубопроводе, подающем сток во флотатор, происходит смешивание этих сред. После двухступенчатой флотации и отстаивания очищенная вода сбрасывается в городской коллектор, а часть очищенной рециркулируемой воды забирается рециркуляционными насосами и подается в напорный бак – сатуратор, где происходит растворение воздуха в рециркулируемой воде (рис. 6).

В качестве реагентов используются кислота серная техническая, едкий натр, коагулянты – ОХА или СА. Эффективность работы очистных сооружений оценивалась по результатам анализов сточных вод, выполненных районной СЭС, департаментом окружающей среды и систем качества ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» и аналитическим центром ОАО «Топр».

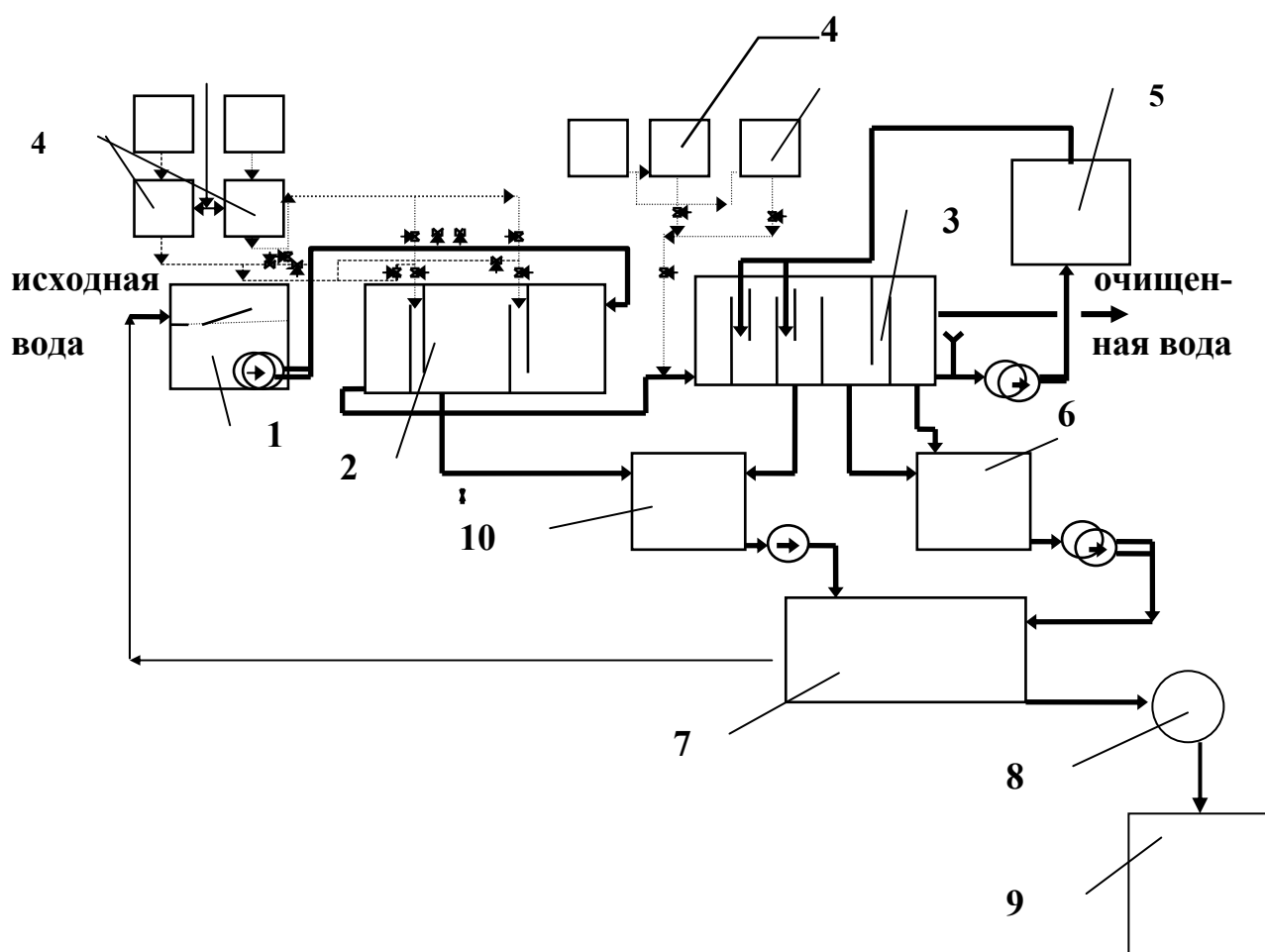


Рис. 6. Технологическая схема очистных сооружений молкомбината Петмол”.

1-приемный колодец, 2-нейтрализатор, 3-флотатор, 4-реагентное хозяйство, 5-сатуратор, 6-накопитель пены, 7-осадкоуплотнитель, 8-вакуум-фильтр, 9- бункер для осадка, 10-накопитель осадка.

В зависимости от состава сточных вод, который определялся показателем ОКЖ, были подобраны оптимальные дозы коагулянта. При промышленных испытаниях эффективность очистки в среднем по ХПК составила 63%, по жирам – 87%, по взвешенным веществам – 78,1%. Анализ результатов показал тесную корреляцию расчетных и экспериментальных значений эффективности очистки стоков по ХПК (отклонения находятся в пределах $\pm 10\%$).

Качество очищенной воды соответствовало установленным требованиям.

Экономия средств на предприятии за счет сокращения платежей за сброс сточных вод за год составила **43,6 млн рубля.**

В шестой главе изложены рекомендации для проектирования локальных очистных сооружений молзаводов с применением метода коагуляции для обработки стоков. Учитывая значительные различия в параметрах процесса реагентной очистки сточных вод многопрофильных молокоперерабатывающих заводов, технология их обработки может быть организована по одному из следующих режимов:

1. Периодический режим, при котором очистка сточных вод от разных производств осуществляется на локальных очистных сооружениях предприятия поочередно, создавая определенные оптимальные условия обработки стоков, требуемые для сточных вод этого производства.

2. Периодический режим, при котором на очистку поступает смесь сточных вод от разных производств (рис. 7).

3. Проточный режим, при котором очистные сооружения работают на протоке. Схема работы станции по этому режиму показана на рисунке 8.

В первом случае при наличии на молочном заводе, оборудованном центральной моечной станцией (ЦМС), необходимо соответствующим образом организовать промывку оборудования и трубопроводов по графику поочередно для разных производств. Сточная вода от определенного производства сбрасывается на локальные очистные сооружения, где автоматически производится корректировка pH и дозирование коагулянта. Все этапы очистки: регулирование величины pH до оптимальных значений, коагуляция, флотация, сбор пены и сброс очищенной воды – осуществляется в реакторе - накопителе и проводятся автоматически по заранее составленной программе.

Вторая схема предполагает поступление на очистную станцию смеси сточных вод от различных производств по известному графику (возможно целевое планирование для получения определенной смеси с целью достижения определенного эффекта очистки) (рис.7). Зная заранее, стоки каких производств предполагается объединить, выбираются оптимальные условия очистки (табл. 2) по величине ОКЖ образовавшейся смеси. Показатель ОКЖ смеси будет определяться по формуле

$$ОКЖ_{см} = \frac{\sum_1^n Ж_i V_i}{\sum_1^n B_i V_i}, \quad (2)$$

где

$Ж_i$ и B_i - содержание жира и белка в сточных водах i -того производства, $мг \cdot л^{-1}$; определяется аналитически в пробе воды из усредненного стока всего процесса мойки оборудования определенного цеха, или для конкретного вида производства определяется расчетом;

V_i - объем сточных вод, поступающих от i -того производства, л.

Для смешения требуется усреднитель контактного типа (не меньше двух). Затем усредненные по составу сточные воды поступают в реактор, в котором проходят через те же этапы очистки, что и в предыдущем варианте.

Проточный режим рекомендуется для очистки сточных вод на крупных предприятиях, а также на молзаводах, специализирующихся на выпуске одного вида продукции или нескольких видов молочных продуктов с близкими значениями ОКЖ. В состав очистных сооружений должны входить усреднители, нейтрализаторы и флотаторы проточного типа (рис. 8).

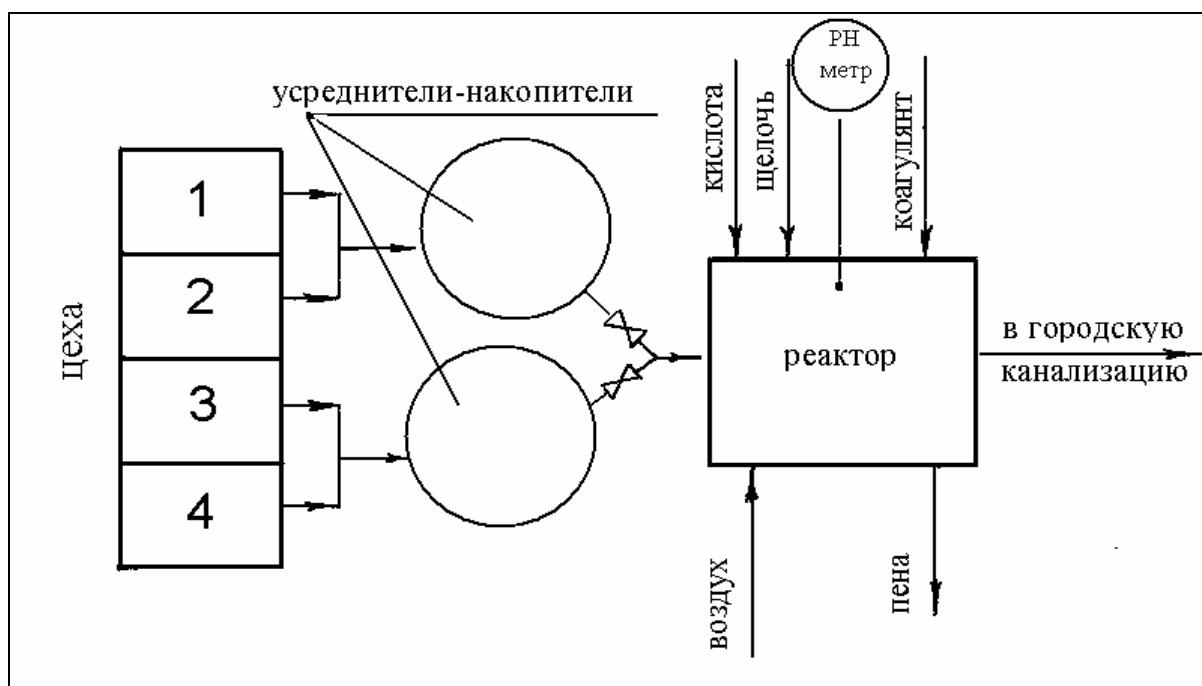


Рис.7. Схема работы локальных очистных сооружений в периодическом режиме при поступлении смеси сточных вод от разных производств

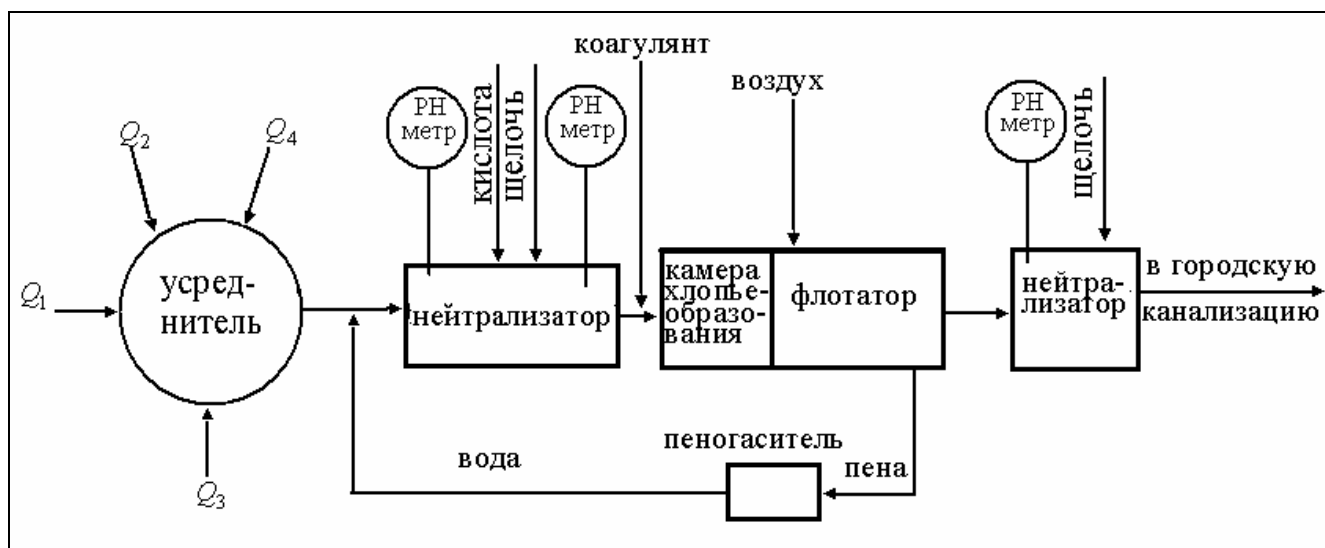


Рис. 8. Схема локальных очистных сооружений проточного типа

Таблица 2

Рекомендуемые оптимальные дозы ОХА и диапазоны pH для очистки
сточных вод молочных производств

Вид производства	ОКЖ	Оптимальные значения pH	D_k	$\mathcal{E}_{\text{хлор}}, \%$
1. Обезжиренное молоко	0,17	5,7-7,5	120	53
2. Нежирный кефир	0,33	6,2-7,15	60	52
3. Молоко средней жирности	1,25	6,5-8,0	60	58
4. Сливки низкой жирности	3,6	5,5-8,0	30	67
5. Сметана	7,1	6,0-9,0	30	84
6. Сливки высокой жирности	13,2	6,0-9,0	30	88

Для локальной очистки Санкт-Петербургским архитектурно-строительным университетом (кафедра водоснабжения) и Всероссийским научно-исследовательским институтом молочной промышленности разработана конструкция усреднителя - отстойника проточного (непрерывного) типа.

Влажность исходного осадка и пенного продукта составила 98,9%, после уплотнения – 97,3%, обезвоженного – 80% (в среднем).

ОБЩИЕ ВЫВОодЫ

1. На основании литературного обзора и результатов проведенных лабораторных исследований установлена целесообразность и эффективность применения для локальной очистки сточных вод предприятий молочной промышленности метода реагентной коагуляции с использованием оксохлорида алюминия (ОХА).
2. Применение ОХА при обработке стоков предприятий молочной промышленности позволяет повысить эффективность удаления загрязнений, снизить дозу реагента, расширить рабочий диапазон рН среды по сравнению с традиционно применяемым коагулянтом – сульфатом алюминия.
3. Исследования электрокинеги процесса показали, что коагуляция сточных вод молочного завода с применением ОХА обеспечивается преимущественно действием нейтрализационных механизмов, и подтвердили оптимальные интервалы рН коагуляции для исследуемых доз.
4. Установлено, что при применении коагуляции эффективность снижения органических загрязнений сточных вод от разных производств молочных продуктов сильно различаются. Связано это с неоднородностью состава стоков молоко перерабатывающих заводов, объединяющих, как правило, сточные воды от разных производств. В ходе технологического процесса переработки молока происходят изменения структуры его компонентов, что соответственно отражается на взаимодействии их с добавляемым коагулянтом.
5. Эффективность очистки сточных вод предприятий молочной промышленности при обработке их коагулянтами зависит не только от концентрации загрязнений, но также и от содержания в них разных компонентов молока и молочных продуктов, в

частности, содержания жира и белка. Для характеристики состава стоков введен показатель ОКЖ (относительное количество жира), равный соотношению массового содержания жира и белка в стоке.

6. Установлена прямая зависимость между показателем ОКЖ и эффективностью удаления органических веществ при коагуляционной обработке сточных вод молзаводов. Дано теоретическое обоснование влияния показателя ОКЖ на степень очистки.
7. На основе экспериментальных данных получена эмпирическая формула, которая адекватно отражает зависимость эффективности очистки сточных вод молзаводов по ХПК при применении ОХА от дозы коагулянта и показателя (ОКЖ).
8. Результаты проведенных исследований внедрены при реконструкции локальных очистных сооружений молкомбината «Петмол». Производственные испытания этих сооружений показали высокую эффективность их работы, соответствующую требуемым показателям (снижение содержания жиров на 85-95%, взвешенных веществ - на 65-95%, ХПК - на 50-75%), и подтвердили результаты лабораторных и полупроизводственных исследований. Полученные экспериментальные данные хорошо коррелируются с расчетными значениями.
9. Определены оптимальные условия работы очистных сооружений, позволяющие учитывать особенности технологических режимов производства и одновременно обеспечить стабильно эффективную очистку методом коагуляции.
10. Разработаны технологические схемы и предложены конструкции сооружений для локальных очистных станций молочных заводов разного профиля. Результаты проведенных исследований вошли в «Рекомендации по физико-химической очистке сточных вод

предприятий молочной промышленности», которые переданы в отраслевой Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности.

Список работ, опубликованных по материалам диссертации:

1. Феофанов Ю.А., Литманова Н.Л. Применение оксохлорида алюминия для предварительной очистки производственных сточных вод.// Тез. докл. 53-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава СПбГАСУ. – СПб, 1996. – С. 22.
2. Феофанов Ю.А., Литманова Н.Л. Интенсификация очистки природных и сточных вод с применением оксохлорида алюминия и флокулянтов.// Матер. 54-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава СПбГАСУ. Ч. 1. – СПб, 1997. – С. 45-46.
3. Феофанов Ю.А., Литманова Н.Л. Влияние кислотности среды и дозы коагулянта на процесс очистки сточных вод молочных заводов оксохлоридом алюминия.// Журнал прикладной химии. – 2000. –Т. 73, №8 . – С.1390-1391. **(из списка ВАК)**
4. Феофанов Ю.А., Литманова Н.Л. Механизм коагуляционной очистки сточных вод оксохлоридом алюминия.// Журнал прикладной химии. – 2001. –Т.74, №8 . –С.337-339. **(из списка ВАК)**
5. Феофанов Ю.А., Литманова Н.Л. Об эффективности коагуляционной очистки сточных вод предприятий молочной промышленности.// Изв. Вузов. Химия и химическая технология. –2005. –Т. 48, вып. 3. – С. 113-115. **(из списка ВАК)**
6. Феофанов Ю.А., Литманова Н.Л. Оптимизация режимов работы очистных сооружений городских молзаводов.// Докл. 62-й науч.-техн. конф. профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета СПбГАСУ. Ч.1. – СПб, 2005. – С. 28-30.