

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»
(наименование кафедры)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Экологическая безопасность процессов и производств

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Природоохранная деятельность и повышение экологической безопасности на предприятиях молочной промышленности на примере ОАО «Молочный завод» г. Североморск

Студент	<u>В.А. Шатецкая</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Научный руководитель	<u>Н.Г. Шерышева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Т.А. Варенцова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Т.Ю. Фрезе</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Руководитель программы к.т.н., доцент М.И.Фесина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« ___ » _____ 2019г.

Допустить к защите
Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н.Горина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« ___ » _____ 2019г.

Тольятти 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	9
1 Влияние производственной деятельности молочной промышленности на экологическое состояние окружающей среды.....	11
1.1 Загрязнение водных ресурсов.....	11
1.2 Особенности загрязнения сточных вод в молочной промышленности....	13
1.3 Способы очистки сточных вод.....	17
1.4 Биологические очистные сооружения.....	25
1.5 Основные мероприятия по снижению загрязнений окружающей природной среды	37
2 Общая характеристика очистных сооружений ОАО «Молочный завод»....	42
2.1 Схема очистных сооружений ОАО «Молочный завод».....	42
2.2 Принцип работы очистных сооружений.....	43
2.3 Основные показатели работы очистных сооружений	44
2.4 Анализ работы очистных сооружений на предприятии.....	47
3 Снижение уровня загрязнения окружающей среды на ОАО «Молочный завод»	55
3.1 Рекомендации по снижению уровня загрязнения среды предприятием...55	
3.2 Результаты внедрения рекомендаций по снижению уровня загрязнения среды предприятием.....	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	67

ВВЕДЕНИЕ

«Пищевая промышленность – это совокупность предприятий, занятых обеспечением населения продуктами питания. Различают несколько основных отраслей пищевой промышленности. Это молочная промышленность, мясная, мукомольно-крупяная, рыбная и отрасль продовольственных товаров. Среди всех отраслей пищевой промышленности, занятых переработкой сырья и изготовлением готовой продукции, одной из самых важных в настоящее время является молочная промышленность» [18].

«Молочная промышленность – это отрасль пищевой промышленности, составляющая совокупность предприятий по изготовлению молочных продуктов из молока. В эту группу предприятий входят заводы по производству цельномолочной продукции, кисломолочных продуктов, таких как сметана, кефир, ряженка, йогурт, сухого молока, сливочного масла, сыра, мороженого и прочей молочной продукции» [28].

«Спектр производимых предприятиями молочной промышленности продуктов из молока очень широк, эти товары имеют большой спрос на продуктовом рынке, так как их пользу сложно переоценить. Существующий и постоянно расширяющийся сегодня на рынке продуктов питания ассортимент молочной продукции позволяет удовлетворить физиологические потребности человека, исходя из его нужд. Так, само по себе молоко – это продукт, который рекомендуется к употреблению людям всех возрастов, содержащиеся в молоке сбалансированные вещества незаменимы для физиологических процессов человека, особенно для растущих детских организмов. Кефир способствует выведению шлаков из организма, способствует нормализации обмена веществ, пользуется популярностью среди людей, ведущих здоровый образ жизни. Ряженка отличается особыми вкусовыми свойствами, также богата витаминами и

минералами. Особенно полезна при заболеваниях пищеварительного тракта, как диетический легкоусвояемый продукт. Сметана обладает высокой пищевой ценностью, незаменима для людей, по роду деятельности занятых физическими нагрузками; молочный жир, входящий в ее состав, не имеет противопоказаний к употреблению. Также сметана быстро утоляет чувство голода. Йогурты – это любимое лакомство и детей, и взрослых благодаря возможности добавления в йогурты кусочков ягод и фруктов. Йогурты легко усваиваются, восстанавливают баланс микрофлоры кишечника, что позволяет применять их для профилактики дисбактериоза после приема курса антибиотиков» [28].

Сегодня в России насчитывается около 1500 предприятий молочной промышленности. В связи с огромным спросом на продукты молочной промышленности и ростом числа предприятий, занятых в отрасли, растет и негативное влияние, оказываемое на окружающую природную среду предприятиями этой отрасли. Молочная промышленность дает большое количество промышленных отходов, загрязняет бассейны рек и озер сточными водами, загрязняет атмосферу промышленными выбросами.

«Проблема загрязнения окружающей среды молочным производством актуальна не только в России. Так, в 2005 году на долю производства молочных продуктов во всем мире приходилось 2,8 процента всех антропогенных газов, вызывающих потепление климата. В Калифорнии, крупнейшем молочном штате, использование воды для животноводства также вызывает озабоченность. Четверть водного бюджета Калифорнии идет на производство говядины и молочных продуктов. Это больше воды, чем потребляют все предприятия и частные дома в штате вместе взятые. Некоторые эксперты в Великобритании считают вред от молочного производства настолько сильным, что предлагают полностью заменить производство «молочного» молока на соевое и миндальное. Также в Великобритании активно занимаются вопросами снижения потребления

воды на молочном производстве, способах снижения углеродного следа. На государственном уровне рассматриваются вопросы субсидирования тех производств, которые не наносят вред окружающей среде. Таким образом, проблема загрязнения окружающей среды молочным производством актуальна как никогда, не только в России, но и во всем мире» [36, 37, 38, 39, 40].

«Основой исследования послужили учебники, учебные пособия и научные статьи в области изучения негативного влияния молочной промышленности на окружающую среду и способов защиты среды от этого влияния таких авторов как: О. А. Барабановой, Л. И. Вожаевой, Г. Н. Крусь, Е. И. Першиной» [17, 21, 28, 29].

Объект исследования – сточные воды ОАО «Молочный завод».

Предмет исследования – обеззараживание сточных вод молокозавода с применением современных технологий.

Цель работы - улучшить качественное состояние сточных вод, сбрасываемых в окружающую среду в результате хозяйственной деятельности предприятия ОАО «Молочный завод».

Задачи:

1. Провести анализ негативного влияния деятельности молочной промышленности на окружающую среду.
2. Провести анализ природоохранной деятельности предприятия ОАО «Молочный завод» г. Североморск.
3. Составить характеристику очистных сооружений ОАО «Молочный завод».
4. Провести анализ и оценить эффективность очистки очистными сооружениями сточных вод на предприятии.
5. Составить рекомендации по снижению уровня загрязнения окружающей среды предприятием.

6. Исследовать результаты внедрения рекомендаций по снижению уровня загрязнения среды предприятием ОАО «Молочный завод».

Исследуемая гипотеза – внедрение рекомендаций по использованию в очистных сооружениях мембранного биологического реактора на предприятии ОАО «Молочный завод» позволит снизить уровень загрязнения окружающей среды предприятием за счет доведения сточных вод молокозавода до норм рыбного хозяйства при количестве загрязняющих веществ в стоках, не превышающих установленные ПДК.

«Методы исследования выбирались, исходя из поставленных задач, с учетом особенностей исследуемых объектов и включают: системный анализ; анализ состава и количества загрязняющих веществ по методикам выполнения измерений биологической потребности в кислороде, массовой концентрации анионов (хлорида, фторида, фосфата и сульфата), массовой концентрации общего железа, измерений рН в водах потенциометрическим методом, концентрации ионов аммония, нитрат-ионов и нитрит-ионов в сточных водах; эксперимент по внедрению новой технологии в систему очистки сточных вод предприятия; повторный анализ состава и количества загрязняющих веществ» [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Научная новизна исследования заключается в разработке перспективных методов очистки сточных вод для снижения уровня загрязнения окружающей среды предприятием ОАО «Молочный завод».

Теоретическая значимость работы заключается в определении решающей роли качества очистки сточных вод на предприятии в вопросе защиты окружающей среды от загрязнений.

Практическая значимость заключается в том, что на основе проведенного исследования была спроектирована и внедрена технологическая схема очистки сточных вод на предприятии с помощью современных технологий (мембранный биологический реактор), которая позволила повысить качество очистки сточных вод от 0,2% (нитраты) до 41,4% (железо).

Положение, выносимое на защиту:

В результате внедрения мембранного биологического реактора в схему очистных сооружений предприятия эффективность очистки сточных вод возрастет на 0,2-41,4% в зависимости от показателя, а концентрация загрязняющих веществ в сточной воде молокозавода не будет превышать нормы ПДК.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка используемых источников. Основная часть исследования изложена на 72 страницах, текст иллюстрирован 5 таблицами, 11 рисунками.

В первой главе проведен анализ литературных источников по теме исследования, описано влияние молочной промышленности на экологическую обстановку окружающей среды, рассмотрены особенности загрязнения сточных вод в молочной промышленности. Так, этим загрязнениям присущи большое количество органических (белки, жиры, молочный сахар) и неорганических (соединения металлов, моющие средства) соединений, что определяет сложность очистки таких сточных вод. Также была проанализирована работа предприятий по снижению загрязнений окружающей природной среды, описаны мероприятия, которые производятся ОАО «Молочный завод» в этой области. Было принято решение составить характеристику очистных сооружений на предприятии.

Во второй главе рассмотрена схема очистных сооружений на молокозаводе. Очистные сооружения на предприятии были введены в эксплуатацию в 1974 году и с тех пор подвергались лишь текущему ремонту, в связи с этим было принято решение провести анализ качества очистки сточных вод на предприятии. Перечислены методики измерений концентрации загрязняющих веществ на входе и выходе сточных вод из очистных сооружений. Были взяты и проанализированы пробы сточной воды на входе и выходе из очистного сооружения с целью определить концентрации загрязняющих веществ (в мг/л) и проанализировать качество очистки сточных вод. Так, на выходе из очистных сооружений концентрация

железа, хлоридов, нитритов, ионов аммония и взвешенных веществ превышало нормы ПДК. Результаты проведенного анализа показали, что очистные сооружения не обеспечивают необходимой эффективности работы, сточная вода не соответствует качеству по основным показателям.

В третьей главе представлены рекомендации по снижению уровня загрязнения окружающей среды на ОАО «Молочный завод», а также проведен анализ последствий внедрения рекомендаций по снижению уровня загрязнения среды предприятием. Была составлена технологическая схема очистных сооружений с использованием мембранного биологического реактора. Проведенные нами исследования, а также внедрение в конструкцию очистных сооружений предприятия молочной промышленности мембранного биологического реактора и технологии активного окисления показывают целесообразность такого нововведения. Рост качества очистки сточных вод после внедрения рекомендаций в процентном соотношении составил от 0,2% до 41,4%. Концентрация загрязняющих веществ на выходе из очистных сооружений не превышает ПДК.

Заключение содержит выводы, которые были сделаны в процессе работы, и результаты внедрения рекомендаций по снижению уровня загрязнения среды предприятием ОАО «Молочный завод».

Проведенное исследование позволило нам достигнуть поставленной цели и улучшить качественное состояние сточных вод, сбрасываемых предприятием ОАО «Молочный завод» в окружающую среду. Применение мембранного биореактора позволяет значительно снизить экологическую нагрузку на окружающую природную среду, а также ввести на предприятии оборотное водоснабжение, так как содержание загрязняющих веществ в сточных водах при использовании мембранного биореактора не превышает установленные ПДК.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

ПДК – предельно допустимая концентрация - утверждённый в законодательном порядке санитарно-гигиенический норматив. Под ПДК понимается такая максимальная концентрация химических элементов и их соединений в окружающей среде, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени на организм человека не вызывает патологических изменений или заболеваний, устанавливаемых современными методами исследований, в любые сроки жизни настоящего и последующего поколений.

БПК – биохимическое потребление кислорода – количество кислорода, израсходованное на аэробное биохимическое окисление под действием микроорганизмов и разложение нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде.

ХПК – химическое потребление кислорода – показатель содержания органических веществ в воде, выражается в миллиграммах кислорода (или другого окислителя в пересчете на кислород), пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в литре (1 дм³) воды.

ПДС – предельно допустимый сброс - экологический норматив: масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению в установленном режиме в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте; ПДС - лимит по расходу сточных вод и концентрации содержащихся в них примесей - устанавливается с учетом ПДК веществ в местах водопользования (в зависимости от вида водопользования), ассимилирующей способности водного объекта, перспектив развития региона и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды. Нормативы предельно допустимых сбросов (проект нормативов ПДС) устанавливаются для каждого выпуска сточных вод действующего предприятия - водопользователей, исходя из условий

недопустимости превышения предельно допустимых концентраций вредных веществ (ПДК) в контрольном створе или на участке водного объекта с учетом его целевого использования, а при превышении ПДК в контрольном створе - исходя из условия сохранения (неухудшения) состава и свойств воды в водных объектах, сформировавшихся под влиянием природных факторов.

АПК – агропромышленный комплекс - крупнейший межотраслевой комплекс, объединяющий несколько отраслей экономики, направленных на производство и переработку сельскохозяйственного сырья и получения из него продукции, доводимой до конечного потребителя. Это совокупность отраслей экономики страны, включающая сельское хозяйство и отрасли промышленности, тесно связанные с сельскохозяйственным производством, осуществляющие перевозку, хранение, переработку сельскохозяйственной продукции, поставку её потребителям, обеспечивающие сельское хозяйство техникой, химикатами и удобрениями, обслуживающие сельскохозяйственное производство.

ПАВ – поверхностно активные вещества.

ГСО – государственные стандартные образцы.

ОС – очистные сооружения.

1 Влияние производственной деятельности молочной промышленности на экологическое состояние окружающей среды

1.1 Загрязнение водных ресурсов

«Загрязнение водных ресурсов – любое изменение свойств воды (химических, физических и/или биологических) в природных источниках, связанное со сбросами твердых, жидких или газообразных отходов, которое способно нанести вред здоровью или безопасности человека и животных, народному хозяйству, а также делает воду непригодной и опасной для использования в питьевых или рекреационных целях» [34].

«Загрязнения, поступающие в поверхностные и подземные воды, можно классифицировать следующим образом:

- механическое загрязнение – повышение концентрации механических примесей в воде;
- тепловое загрязнение – сбросы в природные объекты вод атомных и тепловых электростанций, подогретых в процессе эксплуатации;
- радиоактивное загрязнение – загрязнение водоемов радиоактивными веществами;
- химическое загрязнение – загрязнение воды веществами органического и неорганического происхождения;
- биологическое загрязнение – попадание в воду водорослей или грибов, а также мелких организмов;
- бактериальное загрязнение – заражение воды патогенными микроорганизмами» [34].

«Некачественно очищенные после использования сточные воды городов, промышленных предприятий и животноводческих хозяйств являются основными источниками загрязнения естественных водоемов. Большой вклад в загрязнение воды также вносят отходы добычи полезных ископаемых, сбросы различных видов транспорта, отходы производства

зерна и производства, а также использования пестицидов. При попадании в естественные водоемы загрязняющие вещества приводят к изменению свойств воды. Так, загрязнения являются причиной возникновения неприятных запахов, изменения вкуса воды, загрязняющие вещества меняют химические и физические свойства воды, влияют на ее состав, на обитающих в природных водоемах животных и растений, в том числе на их количество и биоразнообразие, участвуют в формировании слоя ила, а также плавают на поверхности воды» [30].

«Рост городов, увеличение плотности населения и, соответственно, количества жителей, увеличивает нагрузку на внутренние водоемы, поступление в которые коммунальных сточных вод сильно возросло. Эти воды являются причиной загрязнения рек и озер патогенными микроорганизмами и гельминтами, опасными для здоровья людей. Также сильнейшее воздействие на водоемы оказывают широко применяемые в быту моющие средства. Их применяют не только в бытовых нуждах, но также во всех сферах производства. Химические вещества, содержащиеся в синтетических моющих средствах, при попадании в реки и озера, наносят большой ущерб водоемам, прежде всего в биологическом аспекте. Так, из-за снижения способности естественных водоемов к насыщению кислородом, практически полностью останавливается деятельность минерализующих органические вещества бактерий, что приводит к остановке естественных круговоротов неорганических веществ» [18].

Не менее опасны и органические загрязнения природных источников с высоким содержанием растительных волокон, растительных масел и животных жиров, плодовоовощных остатков, отходов целлюлозно-бумажных и кожевенных производств, мясомолочных, консервных и кондитерских заводов, сахарной и пивоваренной промышленности. Отдельную опасность представляют фекальные массы.

«Стоит отметить, что коммунально-бытовые, медико-санитарные воды и отходы кожевенной и шерстемойной промышленности наполовину состоят

из биологических загрязнителей – вирусов, бактерий, грибов и водорослей. В сточных водах около 60 % загрязняющих веществ имеют органическое происхождение» [20].

1.2 Особенности загрязнения сточных вод в молочной промышленности

«Основными источниками загрязнения сточной воды являются вторичные отходы. Это связано с тем, что в процессе производства на любой технологической стадии происходит образование отходов. Образованные сточные воды наполнены загрязнителями с буквально каждой стадии технологического процесса» [32].

«Сточные воды на предприятии молочной промышленности образуются в результате следующих видов производственной деятельности:

- восстановление сухого молока;
- мойка автоцистерн и емкостей при приемке молока;
- мойка молокопроводов, молочных насосов, тары, производственного и фасовочного оборудования;
- охлаждение сырья и продуктов, компрессорных установок;
- использование воды на хозяйственно-бытовые нужды предприятия (уборка помещений, мойка посуды, питье и др.)» [31].

«В связи с особенностями технологического процесса на молочном производстве, почти вся используемая во время работы предприятий вода становится сточной. Предприятиями такая сточная вода сбрасывается в систему городской канализации» [31].

Системы водоснабжения предприятий бывают нескольких типов: прямоточные, последовательные и оборотные (с повторным использованием воды). Снижение уровня водопотребления и объема сбросов сточных вод достигается путем применения на производстве систем оборотного водопользования, основные из которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 - «Оборотные системы водоснабжения предприятий молочной, масло- и сыродельной промышленности» [33]

Оборудование и процессы, для которых применяется система	Качество воды	Описание системы, замечания по эксплуатации
Конденсаторы и компрессоры холодильных установок	Вода производственная	Вода охлаждает головки цилиндров аммиачных, воздушных компрессоров, и конденсаторов холодильных установок
Вакуум– выпарные установки	Вода производственная	Вода охлаждает конденсаторы паров молока, подохлаждается на вентиляторных градирнях, затем из резервуара насосом вновь в конденсатор вакуумно-выпарной установки.
Пастеризационно-охладительные установки	Вода питьевого качества	Молоко и молочные продукты в секции пастеризации нагреваются горячей водой, которая подается из бойлера, а затем отработанная возвращается в бойлер

Продолжение таблицы 1

Оборудование и процессы, для которых применяется система	Качество воды	Описание системы, замечания по эксплуатации
Вакуумно-выпарные установки	Конденсат вакуум-выпарных установок	При сгущении цельного или обезжиренного молока в вакуум-выпарных установках образуется конденсат из смеси греющего пара и вторичных паров молока. В последовательной системе водоснабжения конденсат собирается в резервуар и используется на подпитку систем оборотного водоснабжения

«В зависимости от способа образования загрязнителей в сточных водах используется их следующая классификация:

- производственные сильнозагрязненные (после промывки масла, сыра, после мойки оборудования, тары, автоцистерн);

- производственные малозагрязненные (конденсат вакуум-выпарных установок, последние ополоски процессов мойки и др.);

- хозяйственно-бытовые (столовые, санузлы и другие вспомогательные помещения)» [20].

«В сточных водах молочных заводов в связи с особенными технологическими процессами содержится огромное количество различных органических соединений – белков, жиров, молочного сахара, обусловленных потерей сырья и образованием отходов. Особенно велика концентрация органических соединений при изготовлении сыров и творожных продуктов. Также в сточных водах молочных заводов содержатся неорганические соединения: остатки дезинфицирующих и моющих средств, а также соединения металлов» [33].

Примерный состав сточных вод на предприятиях молочной промышленности представлен в таблице 2.

Таблица 2 - «Физико-химический состав (в мг/л) сточных вод предприятий молочной промышленности» [29]

Показатель содержания веществ	Величина показателя для заводов маслодельных, сухого и сгущенного молока
Взвешенные вещества	350
Азот	50
Фосфор	7
Жиры	100 – 400
Хлориды	150
БПК	1000
ХПК	1500
рН	6,8 - 7,4

«Загрязненные сточные воды с предприятий молочной промышленности более опасны для окружающей среды, чем обыкновенные хозяйственно-бытовые сточные воды, так как концентрация и содержание в них загрязняющих веществ в 5-10 раз больше» [20].

Сточные воды молочной промышленности также обладают следующими характеристиками: им свойственны колебания концентрации загрязнителей в течении суток в виду цикличности производственных процессов; из-за цикличности этих процессов сточные воды молокозаводов также характеризуются залповыми сбросами не только отходов, но и дезинфицирующих средств. Это приводит к резкому изменению рН,

повышению количества используемой воды и нарушению нормального режима работы очистных сооружений, что в результате приводит к значительному ухудшению эффективности очистки сточных вод.

Качество перерабатываемого сырья, особенности технологических процессов, наличие оборотной системы водоснабжения и количество используемой воды влияют на количество и состав образующихся сточных вод.

Различное производство (перерабатывающая растительная или мясомолочная и пищевая промышленность) имеет разный состав сточных вод с различной концентрацией загрязняющих веществ, и, соответственно, оказывает различное воздействие на состояние окружающей среды.

«Сточные воды молочных заводов представляют сложную систему с присутствием растворенных в воде взвешенных и эмульгированных частиц, загрязняющих стоки. Они содержат белковые растворы, нерастворимые хлопья белковых веществ, частицы жиров, растворимый молочный сахар, а также дезинфицирующие и моющие средства» [17].

«Сильнее всего сточные воды молочной промышленности загрязняются из-за молочной сыворотки. Вред, наносимый природному водоему при попадании тонны молочной сыворотки в сточные воды, сопоставим с вредом, наносимым хозяйственно-бытовыми водами в количестве в сотню раз превышающем выше названное. Подобные сливы в природные источники делают проблему переработки молочной сыворотки как никогда актуальной» [24].

1.3 Способы очистки сточных вод

«В соответствии с существующими требованиями, стоки молокоперерабатывающего предприятия перед их сбросом должны проходить очистку от загрязняющих веществ» [25].

На ОАО «Молочный завод» стоки также проходят предварительную обработку.

«Однако, единый универсальный для всех производств способ очистки сточных вод пока не существует. Выработаны общие принципы очистки сточных вод для всех предприятий, на основании которых мы можем классифицировать способы очистки:

- механические;
- биологические;
- физико-химические;
- методы обеззараживания сточных вод» [15].

«При очистке сточных вод механическим способом от крупных взвешенных частиц на очистных сооружениях пользуются решетками, ситами, вертикальными и горизонтальными песколовушками, отстойниками, гидроциклонами и центрифугами» [15].

На ОАО «Молочный завод» из перечисленных способов применяются песколовушка и отстойники.

«Жиры негативно сказываются на процессе очистки сточной воды. При попадании жира в очистное сооружение качество очистки ухудшается. Для борьбы с жирами и маслами при очистке сточных вод активно применяются жироловушки, способные улавливать легко всплывающие вещества на поверхности» [15].

«Для биологической очистки возможно применение одного или нескольких приспособлений: полей фильтрации, полей орошения, биологических фильтров, шлаковых площадок и аэротенков» [15].

Возможности внедрения и применения мембранного биологического фильтра на ОАО «Молочный завод» раскрыты в главе 3.

«К физико-химическим способам очистки относятся коагуляция, флокуляция, флотация, адсорбция, десорбция, дегазация, ионный обмен, экстракция, электрохимические методы» [15].

При коагуляции происходит укрупнение мелких дисперсных частиц в крупные. Этот способ применяется для того, чтобы процесс осаждения протекал быстрее. Для осуществления коагуляции необходимо использовать

специальные вещества коагулянты, например, гидроксид железа или гидроксид алюминия.

Флокуляция применяется при использовании добавочных веществ – флокулянтов. Флокулянтами могут быть эфиры целлюлозы, крахмал или специально применяемый для флокуляции синтетический полиакриламид. После добавления этих соединений в сточные воды процессы агрегации ускоряются.

После коагуляции и флокуляции необходимо применение отстойников.

Оба процесса применялись в аэротенках на ОАО «Молочный завод» до внедрения новой технологии.

Флотация применяется при наличии в сточной воде нерастворимых соединений и поверхностно активных веществ, неспособных отстаиваться. Для разных производств разработаны разные схемы флотации. Но общий принцип работы следующий: твердая гидрофобная частица и пузырек воздуха приближаются и слипаются, после чего поднимаются на поверхность, образуя слой пены, который затем снимают с поверхности.

«Для очищения сточной воды от растворенных органических соединений в производстве используют адсорбцию. Для этого применяются специальные вещества адсорбенты. В их роли могут выступать активированный уголь, синтетические вещества, зола, шлаки. Принцип работы, следующий: адсорбент добавляется в сточные воды и активно перемешивается. При деструктивной адсорбции загрязнитель полностью уничтожается вместе с адсорбентами, а при регенеративной адсорбции возможно извлечение загрязнителя из адсорбирующего вещества и его дальнейшее повторное использование» [30].

Принцип действия очистки сточных вод путем ионного обмена основан на законах химии. Вступая в химические реакции вещества обмениваются ионами, в результате возможно извлечение ионов металлов (цинка, меди, хрома, никеля, свинца, кадмия, марганца) из загрязнителей. При ионообменной очистке применяются специальные вещества – иониты,

которые могут быть синтетическими и природными. К синтетическим ионитам относятся гидроксид алюминия, гидроксид хрома, силикагель, смолы. К природным ионитам относятся гуминовые кислоты, полевые шпаты, фторапатит, цеолиты и глинистые минералы.

«Процесс экстракции заключается в извлечении загрязняющего вещества из сточных вод. Способ экстракции позволяет извлечь масла, ионы металлов, органические кислоты и фенолы. Органический растворитель, применяемый в процессе экстракции, называется экстрагентом. Экстракция проходит в несколько этапов» [30].

«На первом этапе в сточную воду добавляется экстрагент, который затем активно перемешивается с водой. На данном этапе происходит образование двух жидких фаз. Одна из них представляет собой смесь извлекаемого вещества с экстрагентом, так называемый экстракт, а вторая состоит из экстрагента и сточной воды. Эта фаза называется рафинатом» [30].

На следующем этапе экстракции экстракт и рафинат разделяются.

Экстракция завершается регенерацией экстрагента из экстракта и рафината.

Если сточные воды в качестве загрязнителей имеют летучие неорганические и органические примеси (аммиак, сернистый газ, сероуглерод, сероводород), тогда применяются десорбция, дегазация и дезодорация. Эти методы представляют собой совокупность физико-химических способов очистки, таких как адсорбция, окисление, дистилляция, продувка инертными газами.

Из-за различной скорости химического окисления биоорганических веществ сточной воды пищевых предприятий невозможно рекомендовать одинаковый способ биологической очистки для всех видов сточных вод. Очищать отработанную воду можно с помощью хлорирования, озонирования, ультрафиолетового излучения. Все эти способы относятся к обеззараживающим способам очистки сточных вод.

«В свою очередь методы обеззараживания также делятся на химические и физические. Так, к химическим методам обеззараживания относятся озонирование и хлорирование. Их принцип действия похож и отличается лишь использованием различных обеззараживающих веществ. После их добавления оболочки клеток микроорганизмов окисляются и постепенно разрушаются. Микроорганизмы погибают» [30].

Хлорирование является наиболее распространенным способом обеззараживания сточных вод. Это объясняется тем, что технология хлорирования относительно проста, а эксплуатационные расходы невелики. На современном производстве для этих нужд применяются гипохлорит натрия или диоксид хлора, а также газообразный хлор. Эти материалы дешевы и доступны. Однако, если в сточных водах содержится большое количество органических соединений и взвешенных веществ, обеззараживающее действие хлора значительно уменьшается, в результате чего становится необходимым значительное повышение дозы реагентов.

«При обработке сточных вод способом хлорирования образуются опасные хлорорганические соединения. Образование хлорфенолов, хлораминов, тригалогенметанов и различных диоксидов очень опасно. Эти соединения токсичны, обладают свойствами мутагенности и канцерогенности. Их дальнейшее удаление другими способами затруднено, так как их нельзя окислить биологическим окислением. Соответственно биологическая очистка не поможет очистить сточные воды от этих соединений» [30].

«Нормативные документы Российской Федерации по организации государственного санитарно-эпидемиологического надзора за обеззараживанием сточных вод устанавливает предельно допустимую концентрацию остаточного хлора, сбрасываемого в водоемы на уровне $1,5 \text{ мг/дм}^3$ » [1, 2, 3, 4, 5].

«Однако, даже такое малое количество хлора является очень опасным для окружающей среды, оказывает токсичное воздействие на представителей

флоры и фауны природных источников. Естественные водоемы теряют способность к самоочищению. В связи с этим в последние годы ведутся обсуждения о полном отказе от технологии хлорирования. Так, предлагается снизить концентрацию остаточного хлора на выходе сточных вод из очистных сооружений до $0,1 \text{ мг/дм}^3$, чтобы избежать негативных последствий высокой токсичности остаточного хлора» [34].

«Метод озонирования более эффективен в борьбе с грибами, спорами, плесенью, вирусами и бактериями. Озон обладает высоким окислительным потенциалом, благодаря чему он легко оказывает воздействие на большинство органических веществ, обеспечивая их минерализацию. Но, если концентрация органических соединений высока, также, как и при хлорировании, при озонировании возможно образование токсичных веществ. Таким образом, применение озонирования лучше применять после предварительной очистки сточных вод от взвешенных веществ» [16].

«Также применение озонирования связано с высокими затратами на электроэнергию, которая расходуется на работу озонаторов. Озонирование целесообразнее применять на заключительном этапе очистки, так как для обеззараживания потребуется гораздо меньше озона. Сократив расход озона можно также сократить энергопотребление, сохранив при этом необходимый уровень качества очистки сточных вод от патогенных микроорганизмов» [32].

«Часто для обеззараживания сточных вод применяется совокупность технологий хлорирования и озонирования. В любом случае, при обеззараживании озонированием и хлорированием очистка займет сравнительно много времени (от получаса до полутора часов), к тому же при вышеназванных способах очистки сточных вод невозможно уничтожить вирусы» [16].

На ОАО «Молочный завод» применяется метод хлорирования.

К физическим методам очистки сточных вод относится метод ультрафиолетового обеззараживания. Благодаря ультрафиолетовому

излучению возможно уничтожение не только бактерий, но и опасных вирусов, возбудителей гепатита, полиомиелита, аденовирусных респираторных и энтеровирусных инфекций. Для применения этого метода очистки сточных вод не нужны реакционные камеры, контактные резервуары и коллекторы. Обеззараживание происходит за несколько секунд, благодаря коротковолновому ультрафиолетовому излучению. Клетки бактерий и оболочки вирусов разрушаются мгновенно, что приводит к гибели этих микроорганизмов. Особенно эффективно УФ излучение в борьбе с возбудителями дизентерии, холеры, тифа, туберкулеза, вирусного гепатита и полиомиелита.

«Неоспоримым преимуществом этого способа обеззараживания сточной воды является тот факт, что для данного процесса не используются никакие другие химические вещества. Необходимо лишь правильно рассчитать дозу УФ излучения в соответствии с концентрацией загрязняющих веществ в сточной воде» [19].

В связи с высокими показателями эффективности в борьбе с распространением опасных для здоровья человека возбудителей различных заболеваний способ очистки сточных вод УФ излучением приобрел широкое применение при обеззараживании коммунально-бытовых сточных вод. Важная особенность данного способа очистки заключается в том, что сточные воды после обеззараживания можно сбрасывать в открытые водоемы, что просто невозможно при использовании химических методов. Обработка вод УФ излучением помогает защищать окружающую среду.

Повсеместное развитие промышленности и, соответственно, очистных технологий привело к созданию нового комбинированного метода. Технология активного окисления соединила в себе лучшее из всех методов обеззараживания. При использовании этого метода сточная вода проходит совместную обработку одним из окислителей (озоном, пероксидом водорода, гипохлоритом натрия) и УФ лучами. Такая технология с одной стороны предотвращает образование токсичных соединений хлора, а с другой

обеспечивает высокую степень обеззараживания сточных вод от бактерий, вирусов, плесени, водорослей и грибов. Также при использовании технологии активного окисления улучшается цвет воды на выходе из очистных сооружений.

«Следует отметить, что у этой технологии есть свои недостатки. Так, при использовании совместно с УФ излучением озонирования возрастут затраты за энергопотребление. К тому же при использовании озона необходимо строго соблюдать правила техники безопасности, так как концентрация озона в воздухе помещения не должна превышать ПДК $<0,1 \text{ мг/м}^3$. Поэтому подобный метод целесообразнее применять на мелких очистных сооружениях» [27].

«При совместном применении пероксида водорода и УФ излучения, происходит явление фотолиза. Пероксид разлагается с образованием свободным радикалов $\text{OH}\cdot$, H_2O_2 и $2\text{OH}\cdot$. Эти радикалы являются самыми сильными и при этом абсолютно безопасными в экологическом плане окислителями, способными разрушать микроорганизмы, размножающиеся в воде. Так, они активно борются с цистами лямблий, спорами грибов и плесенью, водорослями. Именно из-за этих организмов вода приобретает зеленый цвет и затхлый запах» [27].

«Сами радикалы неустойчивы, через полчаса-час они полностью распадаются на воду и кислород. Благодаря этому концентрация остаточного хлора не превышает ПДК. При этом, расход веществ с совместным применением ультрафиолетового излучения гораздо ниже, чем при обычном использовании технологии хлорирования или озонирования» [27].

«Необходимо отметить, что эффективность обеззараживания сточных вод зависит от многих факторов. Среди них, например, зависимость качества очистки от концентрации загрязняющего вещества, изначальной концентрации вирусов и бактерий, общего содержания в воде органических соединений, температуры воды, количества используемых реагентов и/или дозы ультрафиолетового излучения» [30].

«Следовательно, чтобы достигнуть необходимого показателя качества сточной воды на выходе из очистных сооружений предприятий пищевой промышленности используются разные методы очистки, соответствующие составу сточных вод на входе в очистные сооружения. Для каждого отдельного случая применяется свой подход для решения вопросов защиты окружающей природной среды. Рассматриваются возможности применения сточной воды в качестве удобрений, извлечения полезных веществ, решаются вопросы об использовании искусственной биологической очистки. Методы очистки сточных вод постоянно модернизируются и становятся более доступными для небольших предприятий» [25].

«Норма концентрации загрязнений в сточной воде в месте выхода из очистных сооружений предприятий в городские системы канализации или в природную среду установлена в строгом соответствии с предельно допустимыми концентрациями. Таким образом, нормативы предельно допустимых сбросов устанавливаются на основе ПДК» [28].

1.4 Биологические очистные сооружения

«Биологические очистные сооружения играют доминирующую роль в общем комплексе очистных сооружений завода. В результате биологических процессов очистки сточные воды могут быть очищены от многих органических и некоторых неорганических примесей. Очистка осуществляется сложным сообществом микроорганизмов, среди которых бактерии, простейшие, ряд высших организмов, способных взаимодействовать при наличии растворенного в воде кислорода, то есть при аэробнозе. Загрязнения в сточной воде для этих микроорганизмов представляют собой источник питания, с помощью этих загрязнений микроорганизмы способны получать все самое нужное для своей жизнедеятельности, в первую очередь материалы и энергию, участвующие в восстановлении химических веществ их клеток, роста биомассы. Используя водные загрязнители в качестве питательных веществ, они тем самым

очищают от этих загрязнений воду, а также добавляют в очистные воды продукты обмена, которые выделяют во внешнюю среду» [26].

«На сегодняшний день система биологической индикации процесса биологической очистки не существует, и верно утверждать о разнообразии противоречивых данных, интерпретирующих взаимосвязь между качеством очистки и конкретными организмами. Это объясняется, прежде всего, характеристиками биоценоза активного ила, такими как высокие адаптационные свойства, что делает возможным развитие представителей одного и того же вида в условиях разных экологических зон. Также сложный комплекс факторов биотической и абиотической природы влияет на развитие активного ила» [23].

Среди основных абиотических факторов, влияющих на биоценоз активного ила, выделяют температуру, состав сточных вод после процедуры очищения, концентрация токсикантов, способных оказывать влияние на жизнедеятельность микроорганизмов. Также абиотическим фактором является фактическая концентрация и состав растворенных в сточной воде питательных веществ, которые микроорганизмы используют в процессе жизнедеятельности. Абиотические и биотические факторы, влияющие на развитие активного ила, указаны в таблице 3.

Таблица 3 - Абиотические и биотические факторы, влияющие на развитие активного ила

Абиотические факторы	Биотические факторы
Нагрузка на активный ил по БПК	Постоянно присутствующая в среде обитания микрофлора и фауна
Химический состав сточных вод	Привнесенная микрофлора и фауна
Абиотические факторы	Биотические факторы
Токсиканты	Отношения хищник-жертва
Сбалансированность питательных веществ	Скорость репродукции

Продолжение таблицы 3

Абиотические факторы	Биотические факторы
Тип сооружения, определяющий размер биотопа (период аэрации, гидравлические нагрузки)	
Кислород	
Перемешивание иловой смеси	
Температура, рН	

«Важнейшая характеристика состояния биоценоза активного ила заключается в его способности к флокуляции, которая в свою очередь зависит от условий формирования и развития активного ила. Структурой и биологическими свойствами активного ила определяются показатели эффективности и качества осуществляемой им биоочистки. В обычных условиях процесса очистки структура активного ила представляет собой хлопья средней плотности $1,1-1,37 \text{ г/см}^3$ при размере от 53 до 212 мкм. Расположенные под поверхностью хлопьев изнутри клетки бактерий представляют собой незначительное количество одиночных бактерий, которые могут быть и не связаны с хлопьями, среди них палочки, кокки, спирохеты, микроскопические колонии палочек. Этими бактериями осуществляется синтезирование в окружающее их пространство внеклеточного полимера – полисахаридного геля. Благодаря синтезу полисахаридного геля происходит агрегация микроорганизмов, а затем и образование так называемых флокул, которые представляют собой хлопьевидные скопления микроорганизмов. Эффективность очистки сточной воды можно определить по способности активного ила к флокуляции, так как обеспечение высокой скорости окисления загрязнителей возможно только при наличии флокулированного состояния у активного ила» [20].

«Процесс полного биологического очищения проходит в три этапа. Первый этап протекает следующим образом. Сначала осуществляется

перемешивание сточной воды и активного ила. На поверхности ила происходят процессы адсорбции и коагуляции загрязнителей, то есть слипание и увеличение частичек, содержащих органические остатки. Процесс адсорбции состоит из двух не связанных между собой процессов хемосорбции и биосорбции, протекающей при наличии синтезируемого активным илом полисахаридного геля. Активный ил имеет большую поверхность, грамм активного ила занимает площадь в 100 м^2 . То есть на первом этапе очистки из сточных вод выделяются загрязнители механическим изъятием благодаря активному илу, а также начинается процесс биологического окисления простых органических соединений. Первый этап характеризуется высокой кислородопоглощаемостью из-за высокой концентрации загрязнителей в сточной воде, что ведет к почти полному потреблению кислорода в местах входа сточной воды в аэротенки. Концентрация органических загрязнителей, определяемая по показателю БПК₅, после первого этапа за 0,5-2,0 часа падает на 50-60%» [31].

«Полная биологическая очистка продолжается на втором этапе биосорбцией загрязнителей. На данном этапе ведется процесс активного их окисления экзоферментами. Эти вещества выделяются микроорганизмами активного ила в среду. В конце первого этапа очистки активность ила была сильно снижена, теперь благодаря снижению концентраций загрязнителей активность ила постепенно восстанавливается. По сравнению с началом очистки снижается скорость потребления кислорода, благодаря чему происходит накапливание в воде растворенного кислорода. Пролонгированность этапа зависит от изначального состава загрязнителей и их концентрации, обычно от 2 до 4 часов. По окончании второго этапа очистки благодаря экзоферментам окисляется 75% изначально присутствующих в сточной воде органических загрязнителей» [31].

На третьем этапе происходит внутриклеточное питание активного ила. На данном этапе продолжают процессы окисления загрязнителей, начатых на прошлых этапах. Также этап характеризуется процессами доокисления

более сложных органических соединений, превращением азота аммонийной соли в нитриты и нитраты, а также восстановлением ила. На данном этапе в процессе внутриклеточного питания образуется полисахаридный гель. Его вырабатывают бактериальные клетки. Снова растет скорость потребления кислорода. Третий этап занимает от 4 до 6 часов в процессе очистки бытовых сточных вод, а при очистке смешанных бытовых и производственных стоков может занимать до 15 часов.

«Таким образом, весь трёхэтапный процесс очистки бытовых вод может занимать от 6 до 8 часов, а при очистке бытовых и производственных стоков от 10 до 20 часов» [31].

Величина нагрузки загрязнителями, возраст активного ила и время его пребывания в аэротенке являются факторами, влияющие на успех эндогенной фазы питания. Для укрупнения хлопьев, улучшения флокулирующих свойств активного ила, способствования более активного гелеобразования необходимо создание благоприятного режима протекания фазы эндогенного питания, что осуществляется за счет снижения нагрузки на активный ил, увеличения его возраста и контроля за временем пребывания активного ила в аэротенке. При наличии залповых увеличений нагрузки, сокращении возраста, наличии токсических веществ в сточной воде процесс ферментативного окисления подавляется, ухудшается фаза эндогенного питания, а вследствие и качество очистки сточных вод.

«О благополучии активного ила, как и о благополучии любого другого биоценоза, можно судить по его видовому разнообразию. Чем выше видовое разнообразие активного ила, тем выше будет его устойчивость к разрушающему воздействию токсикантов, соответственно тем выше будет эффективность очистки сточных вод. Чтобы биоценоз активного ила был устойчив, в его состав должно входить не менее 25 видов микроорганизмов» [25].

«Как и в любых других биоценозах, при наличии любых негативных факторов окружающей среды, наблюдается снижение видового

разнообразия, что характерно и для биоценоза активного ила. При наличии подавляющего фактора чувствительные микроорганизмы реагируют снижением численности, либо полным исчезновением. За счёт этого устойчивые к неблагоприятному фактору виды становятся более многочисленными. При длительном воздействии негативного фактора, чувствительные виды исчезают вовсе, и скоро мы наблюдаем максимальное увеличение численности самых устойчивых видов. При этом видовое разнообразие значительно сокращается» [26].

Бактерии, простейшие организмы, одиночные бактерии, черви, плесневые грибы, дрожжи, актиномицеты, водоросли, личинки насекомых и рачков – вот приблизительный состав живых организмов, образующих биоценоз активного ила.

В зависимости от сочетания различных производственных факторов, в первую очередь от величины удельной нагрузки, формируется подходящий под каждое очистное сооружение состав активного ила. В зависимости от этапа очистки и ее целей, выделяют три вида активного ила:

- 1) Позволяющий производить полное окисление;
- 2) Производящий неполное окисление органических соединений;
- 3) Производящий полное окисление с последующей нитрификацией.

Биологические очистные сооружения, позволяющие производить неполное окисление, обычно рассчитаны на очень высокие удельные нагрузки. Так, нормой для такого режима работы очистных сооружений является нагрузка в 400-600 мг на грамм активного ила. Вместе с этим происходит формирование биоценоза с низким видовым биоразнообразием. В таком активном иле содержится до 15 видов простейших, причем некоторые виды по численности преобладают над другими. Состав такого ила представлен жгутиконосцами, раковинными амебами, нитчатными бактериями, крупными свободноплавающими инфузориями, бентосными раковинными амебами, мелкими корненожками.

При снижении удельной нагрузки на активный ил до 250-300 мг/г растворенные органические вещества в процессе полного окисления разрушаются полностью. Подобными очистными сооружениями пользуются для очистки сточных вод со смешанным составом. Биоценозы в таких системах очистки характеризуются видовым разнообразием, динамичностью, подвижностью, чуткой реакцией на воздействия извне. При регулярном поступлении одинакового количества и приблизительно одинакового состава загрязнителей, в процессе очистки не образуются количественно преобладающие виды, или их количество незначительно превосходит другие виды и этот вид нельзя назвать доминирующим. Неоднородные, многокомпонентные загрязняющие вещества предоставляют организмам активного ила условия для приобретения и сохранения необходимого уровня приспособленности в постоянно меняющихся условиях окружающей среды.

«В режиме полного окисления и нитрификации азотосодержащих загрязняющих веществ удельные нагрузки не должны превышать 80-150 мг/г активного ила. Только при условии полного окисления поступивших в очистное сооружение растворенных в сточной воде органических веществ, при условии ненарушенного баланса их адсорбции и окисления, низкой нагрузке на ил, а также при условии развитого процесса нитрификации возможно формирование самого экологически совершенного биоценоза – нитрифицирующего активного ила. Хлопья такого нитрифицирующего активного ила обладают следующими свойствами: большой размер, компактность, лучшая оседаемость. Такой ил наполнен пузырьками воздуха, он обладает способностью самопроизвольной флотации, вызванной процессом денитрификации. В летнее время денитрификация, протекающая во вторичных отстойниках, способна снижать эффективность очистки сточных вод из-за повышенного выноса ила» [27].

Видовое разнообразие биоценоза в нитрифицирующем активном иле отличается отсутствием доминирования одного из видов. Также в таком биоценозе наблюдается сложная экологическая структура, для которой

характерно высокое таксономическое разнообразие. Состав такого нитрифицирующего активного ила представлен 45 видами простейших. Почти полностью отсутствуют или минимально количество в биоценозе нитчатых бактерий, мелких бесцветных жгутиконосцев, мелких форм голых и раковинных амеб. Инфузории представлены доминирующими брюхожесничными и прикрепленными формами. Их жизненные циклы тесно связаны с отлично формирующимися в таком иле флокулированными хлопьями. В нитрифицирующем активном иле встречаются представители высшего звена пищевой цепи. Наличие хищников положительным образом сказывается на качестве очистки сточных вод путем увеличения интенсивности обменных процессов. При этом количество хищников никогда не становится доминирующим. Состав хищников в нитрифицирующем активном иле представлен хищными коловратками, сосущими инфузориями, хищными грибами и червями рода *Chaetogaster*. Иногда возможно присутствие тихоходок.

Обычно в илах с низкой удельной нагрузкой поддерживается высокое биоразнообразие, что позволяет расширять возможности активного ила адекватно отвечать на постоянно меняющиеся условия среды, в том числе на негативные факторы воздействия. В связи с этим происходит увеличение его способности в поддержании эффективного и устойчивого качества очистки сточных вод. Биоценоз нитрифицирующего активного ила характеризуется структурной целостностью и удовлетворительным уровнем ферментативного окисления даже при наличии воздействия очень концентрированных сточных вод. Разрушить стабильность и способность к быстрой регенерации у биоценоза нитрифицирующего активного ила можно при чрезвычайных воздействиях. Например, при резком возрастании удельных нагрузок на активный ил при залповых сбросах, или при воздействии сильных токсикантов при авариях. Недостаток и дисбаланс питательных веществ также может нарушить работу этого ила.

«При условии стабильности удельной нагрузки на активный ил, а также при условии отсутствия токсических веществ в сточной воде, проходящей очистные сооружения, большая часть состава популяции микроорганизмов напрямую зависит от хлопьев активного ила. При наличии крупных, компактных, флокулирующих хлопьев, биоценоз активного ила характеризуется возрастанием численности тех микроорганизмов, жизнь которых напрямую связана с этими хлопьями. Это ползающие брюхоногие инфузории, прикрепленные инфузории, нематоды, коловратки и другие» [27].

Вместе с тем, неблагоприятные условия работы с увеличением удельной нагрузки, поступление в сточной воде токсических веществ, различные нарушения технологических операций очистки ведут к тому, что хлопья ила уменьшаются в размере и в количестве. Они диспергируются. Из-за этого растет количество бактерий, жизнедеятельность которых не связана с хлопьями, и растет число тех организмов, которые питаются этими бактериями. Среди них свободноплавающие инфузории, мелкие раковинные амёбы, жгутиконосцы.

«Иногда образование хорошо флокулирующих хлопьев активного ила вообще невозможно. Например, при очистке сточных вод целлюлозно-бумажных комбинатов, или в процессе очистки сточных вод, содержащих сложноокисляемые соединения с содержанием фенола. Диспергированная микрофлора осуществляет очистку в таких случаях» [23].

Также возможно дисбалансировка питания активного ила при поступлении избыточного активного ила в очистные сооружения. В таких случаях развивается нитчатое вспухание, нарушается флокуляция хлопьев, вместо округлой формы, хлопья становятся вытянутыми, перистыми.

«Все три основных типа биоценозов активного ила, которые формируются при определённых условиях, способны обеспечивать определенную эффективность очистки сточной воды, которая прописывается в проекте биологических очистных сооружений. Каждое очистное

сооружение имеет своеобразный по собственной структуре биоценоз активного ила, со своими уникальными адаптационными свойствами, соответствующими составу сточных вод и режиму работы каждого конкретного очистного сооружения, при этом состав биоценоза основывается на общих закономерностях, описанных выше, а структура принадлежит к одному из определенных типов. Другими словами, структурный состав активного ила определяется исходя из проектных параметров, состава сточных вод и концентрации загрязняющих стоки веществ, соблюдения технологического режима эксплуатации очистных сооружений. Самым важным аспектом в работе является возможность поддержания соответствующего качества и количества активного ила. Для этого пользуются показателями дозы ила, илового индекса, зольности, возраста и прироста ила» [27].

«Кроме того, индикаторная оценка эффективности биоочистки учитывает в процессе работы сезон года. Особенно характерна зависимость от сезонных изменений состава биоценоза активного ила на малых очистных сооружениях, которые пропускают меньше, чем 10 тыс. м³ сточных вод в сутки. При тех же условиях эксплуатации очистных сооружений, а также при одинаковом составе сточных вод, биоценоз летом по показателю видового разнообразия будет богаче, чем зимой. Тем не менее, на крупных очистных сооружениях, использующих горячую воду круглогодично, сезонные изменения не влияют на состав биоценоза ила» [31].

Активный ил содержит в себе много азота и фосфорного ангидрида. Благодаря высокому содержанию в активном иле питательных веществ, возможно его использование в качестве удобрения. Именно поэтому избыток активного ила и вопросы его утилизации часто связывают с его последующим применением в сельском хозяйстве.

«Перед использованием в качестве удобрения, избыточный активный ил и осадки сточных вод подвергают обработке, которая гарантирует их

дальнейшую незагниваемость, а также уничтожает патогенные бактерии и яйца гельминтов» [31].

Метод термической сушки применяется как наиболее эффективный способ обезвоживания отходов, образованных после очистки сточной воды. Также разрабатываются, внедряются и применяются новые методы обезвоживания осадков. Так, перспективными, технологическими методами являются барабанные вакуум-фильтры, центрифуги, применение последующей термической сушки с одновременной грануляцией, которая позволяет получить продукт в виде гранул. Эти гранулы незагнивающие, легко транспортируются, хранятся и упаковываются, содержат полезные микроэлементы, легко вносятся в почву в качестве удобрений.

Наряду с преимуществами использования осадка сточных вод и активного ила в качестве удобрения следует учесть возможность негативных последствий их применения. Так, в подобных отходах могут содержаться вредные для растений вещества, такие как яды, химикаты, соли тяжелых металлов. Для предотвращения негативных последствий необходимо соблюдение строго контроля за содержанием вредных веществ в готовых удобрениях и определением возможности их применения в качестве сельскохозяйственного удобрения.

«При условии полного извлечения ионов тяжелых металлов и других вредных веществ из сточной воды возможно получить безвредную биомассу активного ила, использование которой в качестве удобрения гарантировано не будет иметь негативных последствий. На сегодняшний день существует целый ряд эффективных и технологически доступных методов экстракции вредных веществ из сточных вод. Широкое использование осадка сточных вод в качестве кормовых добавок и удобрения привело к интенсификации исследований о возможном влиянии различных токсических примесей в сточных водах на рост их концентрации в почве и в растениях» [25].

«Особый интерес в этой области представляет практическое использование осадка сточной воды в Германии. Санитарными нормами

здесь к использованию в качестве сельскохозяйственного удобрения разрешены только незагнивающие, стабилизированные осадки, высушенные термической сушкой, компостированные и пастеризованные. Для уничтожения опасных бактерий и яиц гельминтов применяется пастеризация. Она проводится в течение получаса при температуре от 65 до 70 °С. При высоком уровне загрязнения патогенными микроорганизмами применяется нагрев до 90 °С в течение 5 минут» [19].

Если осадок содержит повышенную концентрацию солей тяжелых металлов, вопрос его применения в качестве удобрения не рассматривается. Такие осадки подлежат другому способу утилизации, например, сжиганию.

Для получения заменителей нефти и газа в Германии также сжигают активный ил. Сжигание 350 тыс. т ила позволяет получить топливо, количество которого эквивалентно 700 тыс. баррелей нефти и 175 тыс. т угля.

«Большое преимущество этого метода утилизации заключается в удобстве хранения. После сжигания, высвобождаемый пар незамедлительно используется. В случае переработки активного ила в метан придется воспользоваться дополнительными капитальными затратами, связанными с трудностями его хранения и транспортировки» [19].

Существуют и другие методы утилизации активного ила. Так, возможно применение отходов активного ила в качестве сгущающего суспензии флокулянта, а также при получении из активного угля адсорбента.

Токсикологическими исследованиями показан способ переработки сырых осадков и избыточного активного ила в цементном производстве.

«Ежегодный прирост биомассы активного ила достигает миллионов тонн. В связи с этим возникает необходимость разработки таких методов утилизации, которые помогут расширить спектр применения активного ила» [19].

1.5 Основные мероприятия по снижению загрязнений окружающей природной среды

«Контроль эффективности очистки сточной воды на предприятии молочной промышленности лучше производить лабораторным методом. Все методики выполнения измерений концентрации загрязни веществ подробно описаны в федеративных природоохранных нормативных документах, которые содержат исчерпывающие сведения о проведении измерений и постоянно обновляются» [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

«Каждая организация самостоятельно должна принимать меры по обеспечению безопасности. Руководитель предприятия несет ответственность за соответствие концентрации загрязняющих веществ сточных вод на предприятии установленным нормативам. В случае обнаружения превышения ПДК загрязняющих веществ к предприятию могут быть применены соответствующие законодательству меры» [1, 2, 3, 4, 5].

«Сточные воды предприятий молочной промышленности проходят очистку на собственных очистных сооружениях, а затем сбрасываются в систему городской канализации и проходят доочистку как хозяйственно-бытовые сточные воды. С каждым годом возрастают требования к очистке сточных вод. При этом большинство предприятий малого и среднего производства не справляются с очисткой сточных вод самостоятельно. Качество очистки сточных вод не соответствует установленным нормативам. Все эти факторы определяют проведение целенаправленных работ по защите окружающей среды» [27].

«Комплекс мероприятий по защите окружающей среды от отходов производства довольно широк. К таким мероприятиям относятся:

- развитие и реализация основных положений Концепции малоотходного и безотходного производства;
- создание рационального оборудования и технологий производств с использованием принципов малоотходного и безотходного производства;

- максимальное и комплексное использование компонентов молока в сырье и отходах, а также других материальных ресурсах и энергии, снижение потерь сырья и других ресурсов;

- оптимизация потребления воды и сточных вод за счет разработки и внедрения прогрессивных норм и стандартов, систем оборотного и повторного водоснабжения предприятий, строгого учета и контроля потребления воды и сточных вод процессами, приборами и предприятием в целом;

- качественная и количественная оценка отходов производства и потребления для их ликвидации путем предотвращения их возникновения, повторного использования в различных целях, возвращения в природу в экологически чистом виде;

- обработка сбросов и выбросов в соответствии с существующими экологическими стандартами, в том числе: исследование и внедрение объектов и методов полной биологической очистки сточных вод с системой доочистки, исследование и разработка методов анаэробной биологической очистки сточных вод и отходов, разработка и реализация рекомендаций по использованию сточных вод молочных заводов для орошения сельскохозяйственных земель, разработка методов доочистки сточных вод;

- мониторинг ключевых экологических показателей производства, включая разработку и валидацию методов контроля сбросов, выбросов и отходов, создание научно обоснованных систем мониторинга ключевых экологических показателей» [20].

При комплексном применении эти мероприятия способны значительно снизить нагрузку производства на окружающую среду.

«Перспективными направлениями работы являются изучение основ комплексного развития и интеграции молочной промышленности с сельскохозяйственными предприятиями в рамках агропромышленного комплекса для совместного решения эколого-экономических проблем в условиях рыночной экономики» [28].

На предприятии ОАО «Молочный завод» проводятся следующие мероприятия по снижению воздействия на окружающую среду:

- обеспечение высоты выбросов загрязняющих веществ, достаточной для предотвращения превышения ПДК загрязняющих веществ;
- контроль исправности оборудования;
- сбор и очистка промышленных стоков на очистных сооружениях.

В целом, во избежание негативного воздействия на окружающую среду при эксплуатации молочного завода предусмотрены следующие мероприятия:

- строгое соблюдение мер и правил в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов;
- соблюдение требований местных природоохранных органов;
- обеспечение строгого соблюдения всех технологических и технических процессов;
- оснащение на территории промплощадки контейнеров для отдельного сбора отходов; сбор отходов отдельно по видам и классам опасности в контейнеры, специально предназначенные для этой цели; своевременное удаление произведенных и накопленных отходов;
- соблюдение норм безопасности при транспортировке и хранении отходов.

Организационные и технические меры включают:

- установку счетчиков воды;
- соблюдение технологических норм водопотребления и водоотведения;
- поддержание в хорошем состоянии всего сантехнического оборудования;
- использование высокоэффективных установок предварительной очистки сточных вод, которые способны обеспечить их очистку до нормативного уровня, что позволяет уменьшить наносимый водным объектам вред.

Профилактические мероприятия включают:

- повышение ответственности работников в области охраны окружающей среды;
- создание информационных стендов об охране окружающей среды на предприятии;
- утилизация всех отходов сразу, предотвращая хранение на открытой площадке или выброс в районе завода.

Весь комплекс мероприятий по защите окружающей среды на предприятии ОАО «Молочный завод» позволяет минимизировать воздействие человеческого фактора в вопросе случайного загрязнения окружающей среды сбросами и выбросами.

Вывод по первой главе

Сточные воды предприятия представляют сложную систему с присутствием растворенных в воде взвешенных и эмульгированных частиц, загрязняющих стоки. Они содержат белковые растворы, нерастворимые хлопья белковых веществ, частицы жиров, растворимый молочный сахар, а также дезинфицирующие и моющие средства.

В связи с особенностями технологического процесса на молочном производстве, почти вся используемая во время работы предприятий вода становится сточной. Предприятиями такая сточная вода сбрасывается в систему городской канализации.

В соответствии с существующими требованиями, стоки молокоперерабатывающего предприятия перед их сбросом должны проходить очистку от загрязняющих веществ.

Эффективность обеззараживания сточных вод зависит от многих факторов. Среди них, например, зависимость качества очистки от концентрации загрязняющего вещества, изначальной концентрации вирусов и бактерий, общего содержания в воде органических соединений, температуры воды, количества используемых реагентов и/или дозы ультрафиолетового излучения.

Предприятием ОАО «Молочный завод» проводится целый комплекс мероприятий по защите окружающей среды, в первую очередь это создание системы производственного контроля предприятия, строгое соблюдение мер и правил в области охраны окружающей среды и рационального природопользования, контроль за исправностью оборудования, обеспечение строгого соблюдения всех технологических и технических процессов, соблюдение норм безопасности при транспортировке и хранении отходов, оптимизация потребления вода за счет установки счетчиков и соблюдения технологических норм водопотребления и водоотведения, повышение ответственности работников в области охраны окружающей среды.

Однако, единый универсальный для всех производств способ очистки сточных вод пока не существует. Выработаны общие принципы очистки сточных вод для всех предприятий. Поэтому на предприятии ООО "Молочный завод" требуется разработка и внедрения новых, более оптимальных методов доочистки сточных вод.

2 Общая характеристика очистных сооружений ОАО «Молочный завод»

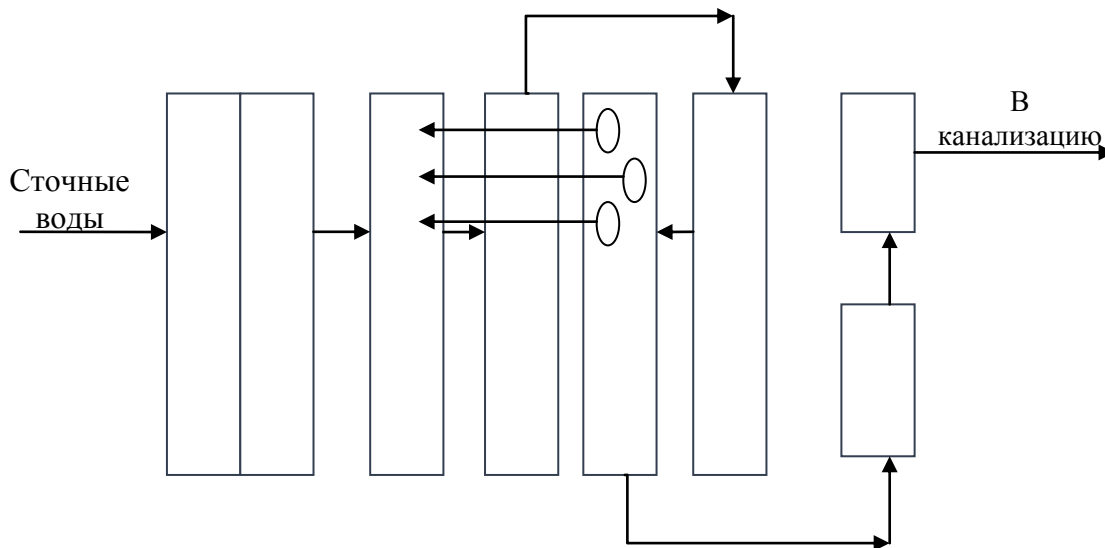
2.1 Схема очистных сооружений ОАО «Молочный завод»

Очистные сооружения на заводе были введены в эксплуатацию в 1974 году. Их проектная мощность $350\text{м}^3/\text{сут}$.

Сооружения завода, используемые в процессе очистки сточных вод, состоят из насосной станции, подающей сточную воду на очистку, блока биологической очистки, хлораторной, контактного и приемного резервуаров, производственного здания с размещенными в нем воздуховодочной, санузелом, лабораторией, а также склада реагентов.

Блок биоочистки представлен двухступенчатыми аэротенками.

Схема очистных сооружений завода представлена на рисунке 1. Стрелочками показано движение воды.



1 - приемный резервуар, 2 - насосная, 3 - денитрификатор, 4 - аэротенк 1 ступени очистки, 5 - аэротенк 2 ступени очистки, 6 - отстойник, 7 - хлораторная, 8 - контактный резервуар

Рисунок 1 - Схема очистных сооружений молочного завода

Очистные сооружения на молокозаводе состоят из денитрификатора, аэротенков 1 и 2 ступеней, промежуточного отстойника, вторичного отстойника, хлораторной и контактного резервуара, в которой происходит процесс хлорирования прошедших очистку сточных вод.

2.2 Принцип работы очистных сооружений

Очистка сточных вод на предприятии происходит следующим образом: сточная вода поступает в приемный резервуар, снабженный решетчатым контейнером с крупными прозорами 16 мм каждый, контейнер задерживает крупные включения. Затем с помощью насосов вода поступает в блок биологической очистки, разделенный на 5 отсеков разного назначения. Сточная вода проходит последовательно по этим отсекам. Сначала в анаэробном реакторе-денитрификаторе при участии иловой смеси происходит восстановление нитритов и нитратов до свободного азота, происходит активное перемешивание содержимого с воздухом.

Затем сточная вода поступает в аэротенк-нитрификатор 1 ступени очистки, здесь вода освобождается от растворенных органических соединений, в процессе участвуют микроорганизмы активного ила.

После этого сточные воды отстаиваются во вторичных отстойниках, где вода избавляется от активного ила и осветляется.

Затем вода поступает в аэротенк 2 ступени очистки. На этом этапе происходит более глубокая нитрификация и очистка от трудно окисляемых органических загрязнений. Микроорганизмы концентрируются, в основном, на местах блока биозагрузки (в этом случае биоценоз носит название биопленки). Свободно плавающий активный ил и отмершая биопленка отделяется в следующем отсеке - отстойнике второй ступени, и с помощью эрлифта возвращаются в аэротенки первой и/или второй ступени.

После прохождения двух ступеней биологической очистки вода скапливается в резервуаре для очищенной сточной воды, после чего

обеззараживается раствором гипохлорита кальция $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ в течение не менее получаса. Затем очищенная вода подается на выпуск.

2.3 Основные показатели работы очистных сооружений

Среди наиболее важных показателей работы очистных сооружений выделяются ХПК и БПК.

ХПК - химический потребление кислорода - расчетное количество кислорода, необходимое для полного окисления элементов органического вещества за вычетом кислорода, входящего в состав соединения. Если состав органических веществ сточных вод неизвестен, то во многих случаях эта величина может быть определена аналитически - бихроматным методом или методом йодатной окисляемости. При этом получаемые значения очень близки к значениям ХПК, получаемым при расчете.

БПК - биохимическое потребление кислорода - это количество кислорода, которое расходуется на биохимические процессы, происходящие в активном иле. В то же время микроорганизмы используют в качестве пищи растворенные органические вещества и минеральные соединения с регенеративными свойствами. БПК всегда меньше ХПК, потому что часть органического вещества расходуется на рост живых организмов из активного ила, создание биомассы. Оставшаяся часть органических веществ в сточных водах потребляет кислород, который покрывает энергетические потребности микроорганизмов. Иногда в очищенных сточных водах остаются недоокисленные промежуточные продукты разложения органических веществ.

Для оценки биохимического окисления отдельных веществ вводится такой показатель, как соотношение БПК и ХПК, рассчитанное в процентах; БПК и ХПК выражены в мг кислорода на мг исследуемого соединения. Этот показатель характеризует степень биохимического окисления вещества.

В очистном сооружении на ОАО «Молочный завод» в аэротенках применяется биопленка.

Биопленка - слизистое обрастание (толщина 1 - 3 мм) живых организмов в аэротенке, является биологическим фильтром в очистных сооружениях. Скорость адаптации биопленки зависит от концентрации хлорида натрия. При его содержании 20 г/л скорость адаптации составляет один день, а при 50 г/л – пять дней. Однако, когда в сточных водах содержится большое количество солей, таких как соли кальция, они могут осаждаться на пленку, что ухудшает очистку (уменьшает пространство, заполненное воздухом) и не позволяет части биопленки работать в нормальном режиме.

Кроме биопленки на очистных сооружениях завода применяется активный ил.

Видовое разнообразие биоценоза активного ила является важнейшим показателем работы очистных сооружений.

Действие солей на микроорганизмы можно объяснить следующим образом: соли-электролиты, участвующие в анионном и катионном обмене, влияют на проницаемость поверхностного слоя протоплазмы микробов, разрыхляя или уплотняя его. Состав солей, их растворимость и другие свойства также важны для процесса очистки.

Микроорганизмы активного ила являются точным и быстрым показателем изменения состояния сточной воды и содержащихся в ней загрязняющих веществ. Когда химический контроль еще не проведен, или показатели еще не зафиксированы, изменение количества микроорганизмов уже показывает нарушения в режиме работы очистных сооружений. Например, если у инфузорий из рода сувоек сжимаются реснички, или сувойки погибают полностью, этот признак можно считать явным свидетельством нарушения в работе очистных сооружений. На нарушения в работе также указывает развитие грибков, разрастание популяции нитчатых бактерий, инцистирование простейших, например, коловраток, увеличение количества единичных бактерий.

Контроль за состоянием биоты активного ила позволяет определять причины в нарушении работы очистных сооружений. На разные воздействия,

например, при перегрузке стоков или поступлении токсичных веществ, а также нехватке воздуха, микроорганизмы реагируют по-разному. Так, при уменьшении видового разнообразия простейших и разрастании популяции бесцветных жгутиковых можно сделать вывод о перегрузке стоками аэротенков. Процесс сопровождается возникновением неприятного сероводородного запаха вследствие разрушения большого количества белка, а также нехваткой кислорода.

Плохо переносящие нехватку кислорода коловратки также могут указывать на проблемы в работе очистных сооружений. При правильной работе в биоценозе активного ила наблюдаются следующие виды коловраток: *Monostula lunaris*, *Monostula cornuta*, *Philodina roseola*, *Cathypna luna*, *Colurella colurus*. При нарушении работы очистных сооружений меняется и состав биоценоза, в котором появляются новые виды *Callidina voras* и *Notommata ansata*. Увеличение количества этих простейших ведет к измельчению хлопьев активного ила, а также к повышению его выноса из вторичных отстойников. Похожий эффект оказывается на активный ил массовым развитием личинок ногохвосток и других мелких насекомых, например, клещей. И хотя они не являются вредителями, с ними нужно бороться, так как их повышенный рост ведет к ухудшению очищающих свойств активного ила. Самый эффективный способ в борьбе с ними заключается в повышении уровня pH стоков до 8,5-9,0.

Одной из самых важных проблем в эксплуатации активного ила является его вспухание, то есть плохое оседание ила. К возникновению этого явления ведет развитие определенных бактерий, имеющих слизистую капсулу. Среди этих организмов такие как лейконостки, факультативные анаэробы *Zooglea ramigera*, нитчатые бактерии *Sphaerotilus natans*, *Sphaerotilus dichotomus* и грибы. Перегрузка очистных сооружений стоками, высокая концентрация органических соединений в сточной воде, недостаточная аэрация аэротенков или его отсеков, длительная нехватка поступающих азотных и фосфорных соединений приводят к развитию неблагоприятной микрофлоры,

неспособной осуществлять качественную биологическую очистку. В следствие нарушения видового разнообразия и количества микроорганизмов в активном иле снижается его способность осаждаться. Это ведет к выносу активного ила и значительной его потере. Именно поэтому даже при наличии высокой скорости процессов окисления проводить качественный процесс очистки сточных вод не представляется возможным, если ил обладает плохой оседающей способностью.

2.4 Анализ работы очистных сооружений на предприятии

«Для всех веществ, содержащихся в сточных водах, установлены нормативы предельно допустимых концентраций» [25].

Для проведения анализа качества очистки сточных вод на предприятии были взяты и проанализированы пробы сточной воды. Оценивалось содержание загрязняющих веществ, а также показатели БПК и ХПК.

Для оценки эффективности очистки сточных вод было принято решение проанализировать сточные воды на входе и выходе из очистных сооружений по следующим показателям: ХПК, БПК_{полное}, взвешенные вещества, рН, ион аммония, нитриты, нитраты, сульфаты, фосфаты, хлориды, железо.

Нами проанализированы данные, собранные лабораторией ОАО «Молочный завод». На рисунке 2 представлен график динамики сбросов на заводе за последние 7 лет.

В соответствии с рисунком 2 объем сточных вод за последние годы практически не изменился. В последние годы наблюдается снижение количества стоков, связанное с некоторым уменьшением производства из-за падения спроса в связи с возросшей стоимостью продукции и падением покупательной способности населения, но в целом это снижение незначительное, хотя и продолжается уже на протяжении 5 лет.

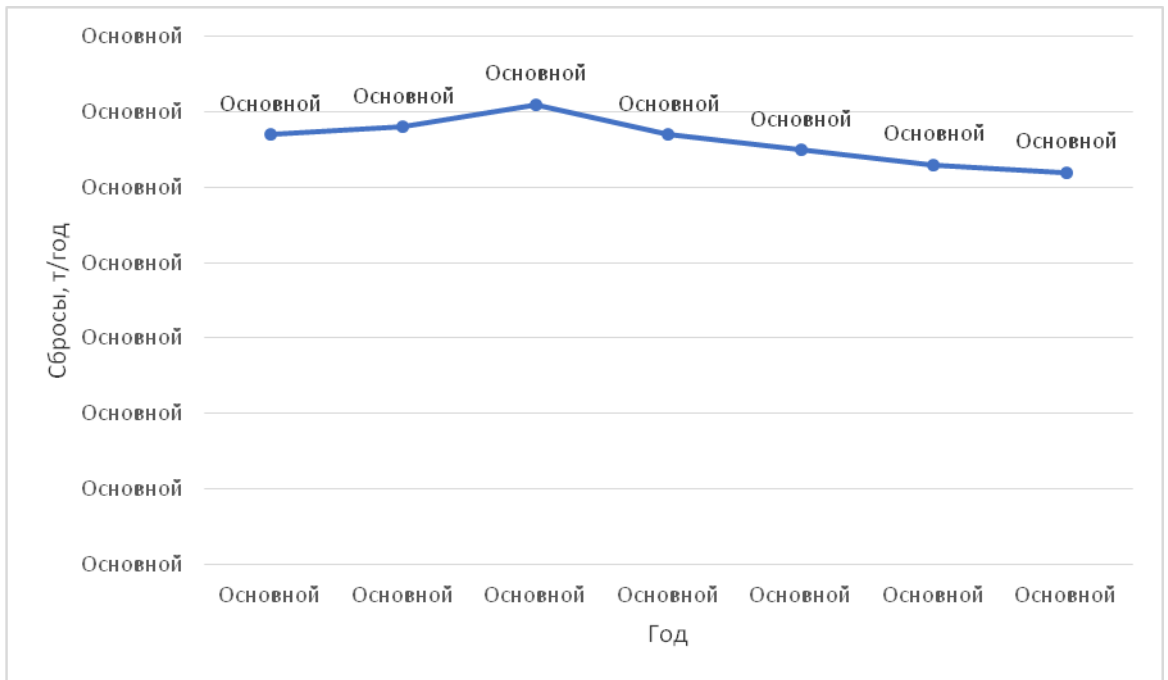


Рисунок 2 - Динамика объемов стоков на ОАО «Молочный завод»

На рисунке 3 представлен график динамики изменения показателя БПК.

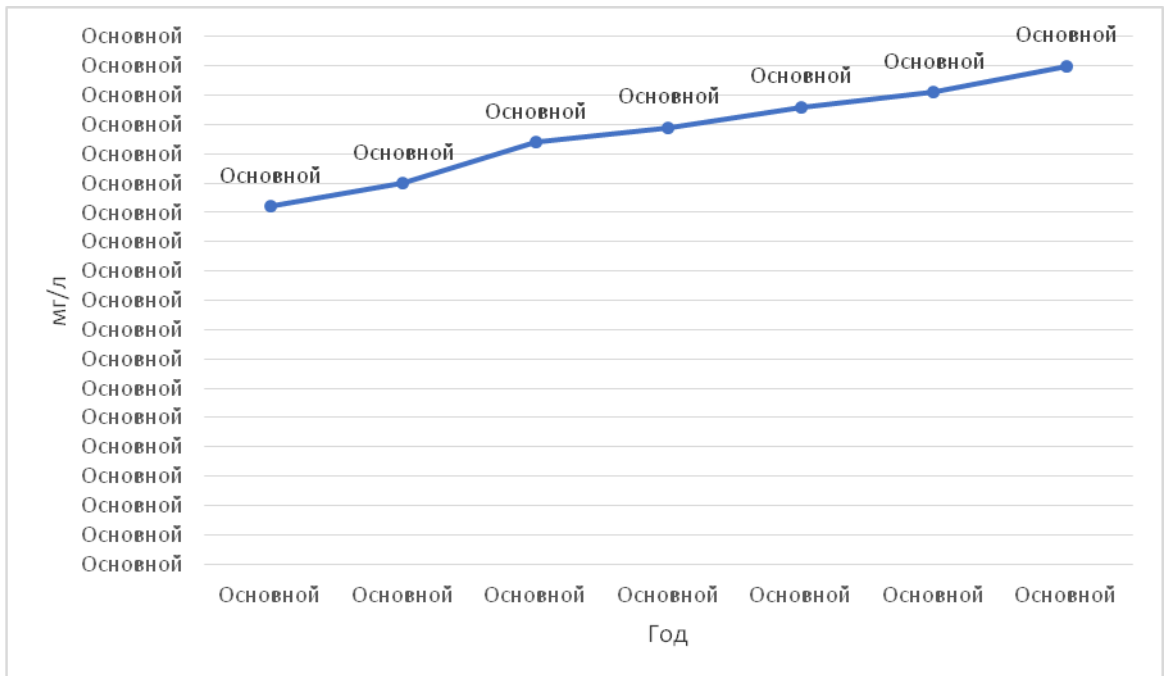


Рисунок 3 - Динамика изменения показателя БПК

Показатель БПК свидетельствует о количестве потребляемого микроорганизмами кислорода, находящихся в биоценозе активного ила. Норма БПК - 3,0 мг/л.

В соответствии с рисунком 3 показатель БПК, несмотря на незначительное снижение производства с 2016 года, только растет. Это связано с тем, что вода на заводе используется в процессе обслуживания технологических процессов и оборудования, мойки тары и помещений, а ремонта очистных сооружений не проводилось, в связи с чем росла нагрузка на активный ил.

На рисунке 4 представлен график изменения показателя ХПК. ХПК характеризуется количеством кислорода, необходимого для полного окисления органических соединений. Норма ХПК - 15,0 мг/л.

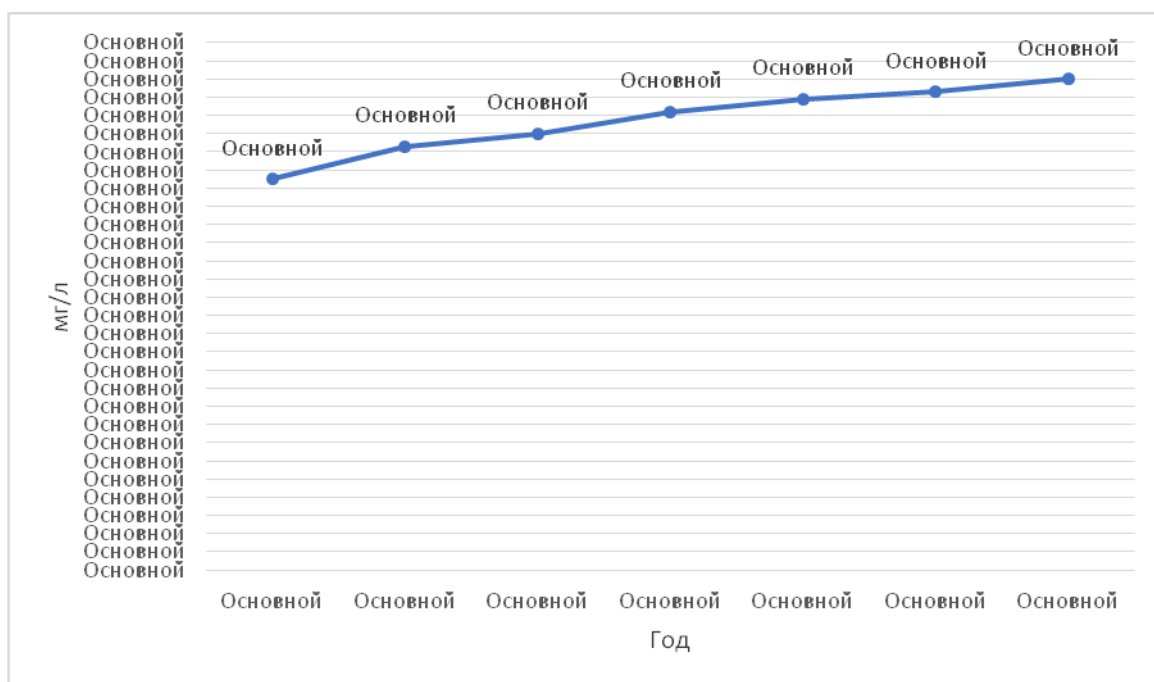


Рисунок 4 - Динамика изменения показателя ХПК

В соответствии с рисунком 4 показатель ХПК связан с показателем БПК и также зависит от качества активного ила и производственного процесса.

На рисунке 5 представлен график изменения концентрации взвешенных веществ на выходе из очистных сооружений. Установленная норма

концентрации взвешенных веществ в мг/л на выходе из очистных сооружений - 10,0.

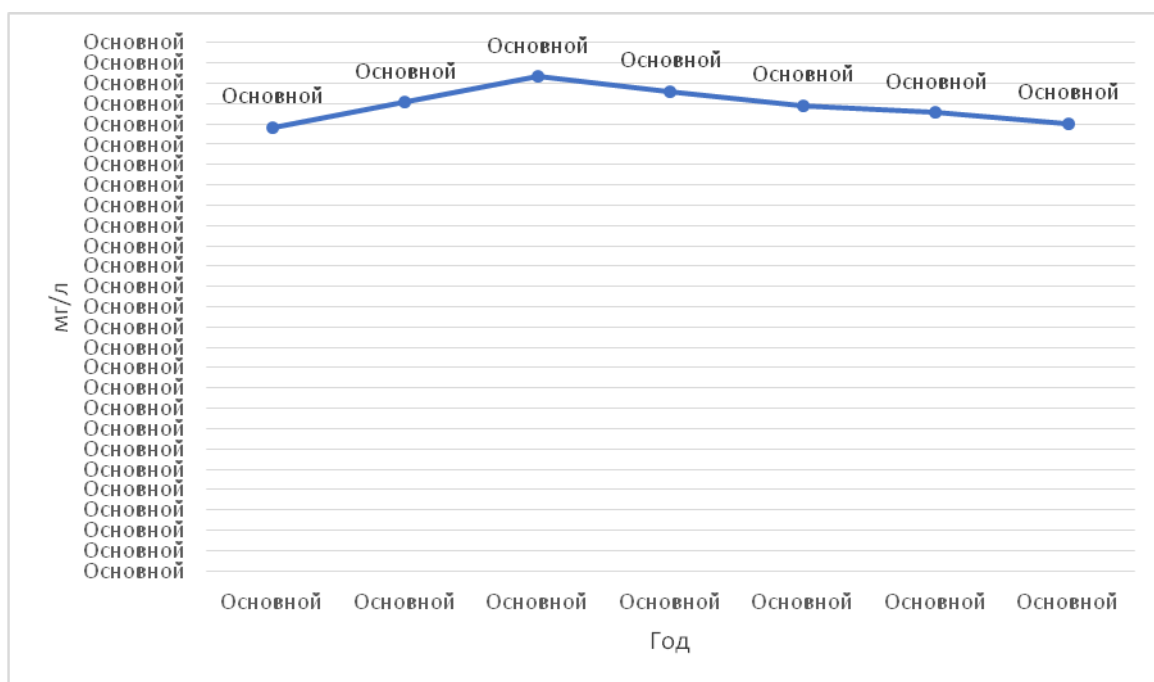


Рисунок 5 - Динамика изменения концентрации взвешенных веществ

В соответствии с рисунком 5 содержание взвешенных веществ постепенно росло до 2014 года, а затем стало снижаться. Это связано с падением производства, то есть наблюдается прямая зависимость интенсивности производства и концентрации взвешенных веществ в сточной воде.

На рисунке 6 представлен график динамики изменения концентрации нитратов в сточных водах ОАО «Молочный завод».

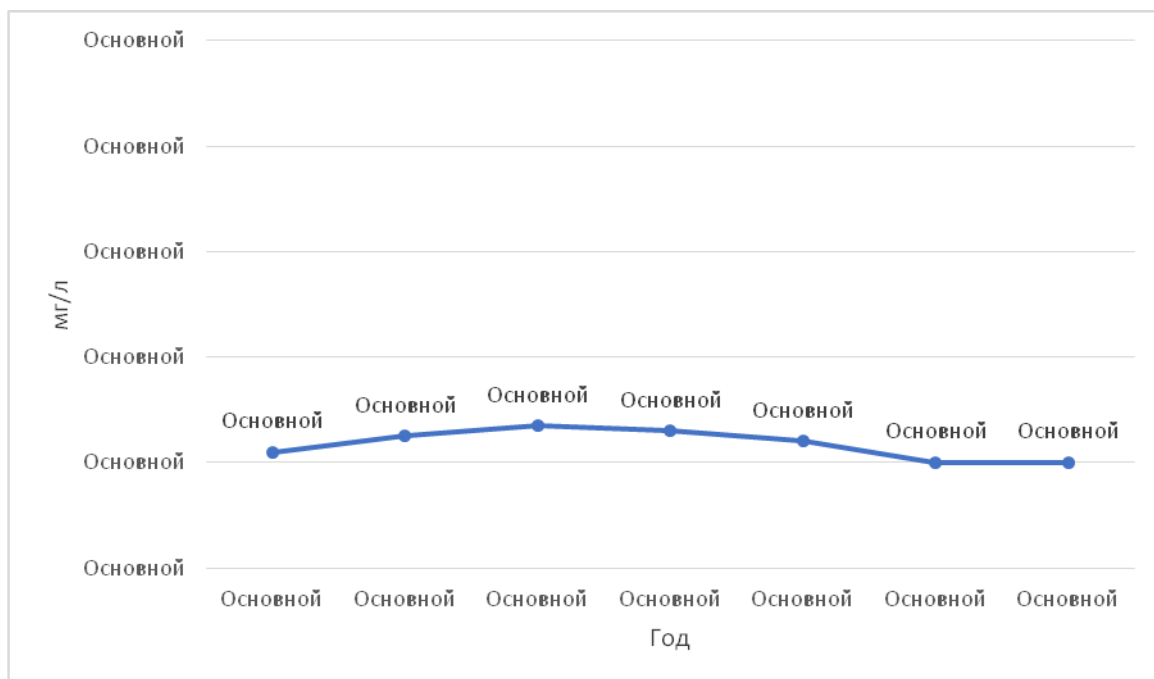


Рисунок 6 - Динамика изменения концентрации нитратов

В соответствии с рисунком 6 концентрация нитратов на протяжении последних 7 лет никогда не превышала допустимую концентрацию (40,0 мг/л), что свидетельствует о высокой степени очистки от органических соединений.

На рисунке 7 представлен график динамики изменения концентрации в сточной воде сульфатов.

В соответствии с рисунком 7 динамика концентрации сульфатов и нитратов схожа и зависит от производительности предприятия. Концентрация сульфатов также не превышает нормы в 100 мг/л. Очистными сооружениями проводится достаточно эффективная очистка по этим показателям.

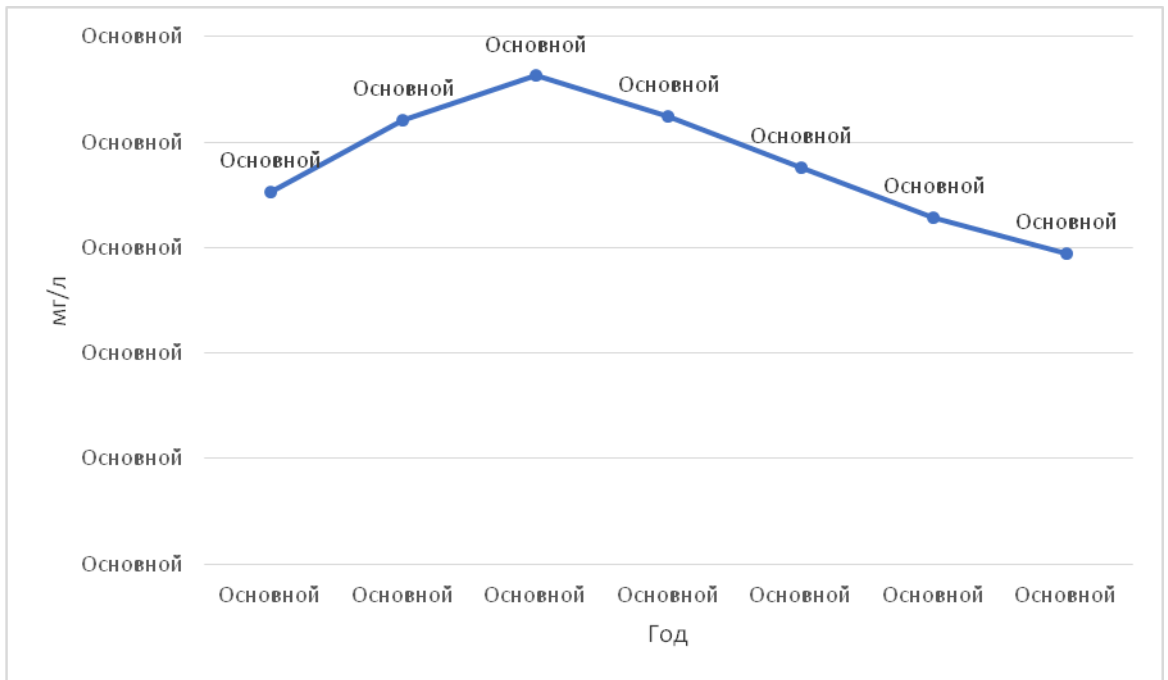


Рисунок 7 - Динамика изменения концентрации сульфатов

На рисунке 8 представлен график изменения концентрации иона аммония.

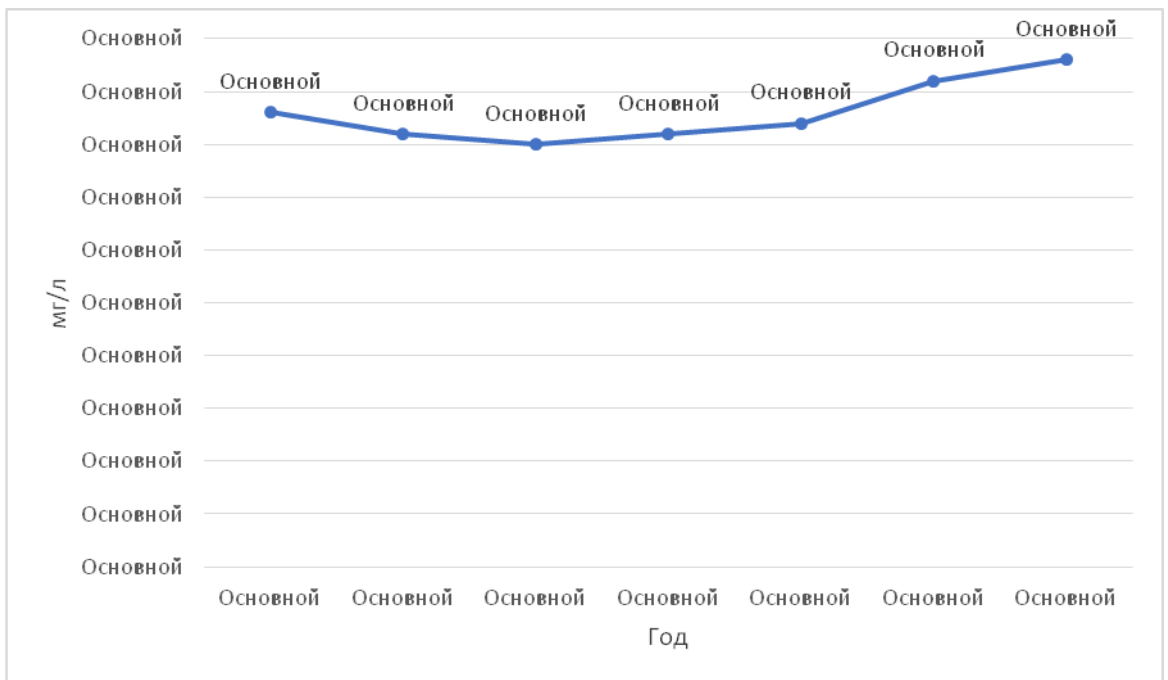


Рисунок 8 - Динамика изменения концентрации иона аммония

Аммиак на ОАО «Молочный завод» используется в компрессорах с целью охлаждения готовой продукции. Снижение спроса с 2014 года привело к возросшей потребности в хранении продукции и увеличению поступления отработанного аммиака в сточные воды. Однако, в соответствии с рисунком 8, этот рост весьма незначителен, так как за снижением спроса последовало снижение производства. В любом случае, концентрация аммония всегда превышала норму в 0,5 мг/л.

На рисунке 9 представлен график изменения концентрации хлоридов в сточной воде на выходе из очистных сооружений.

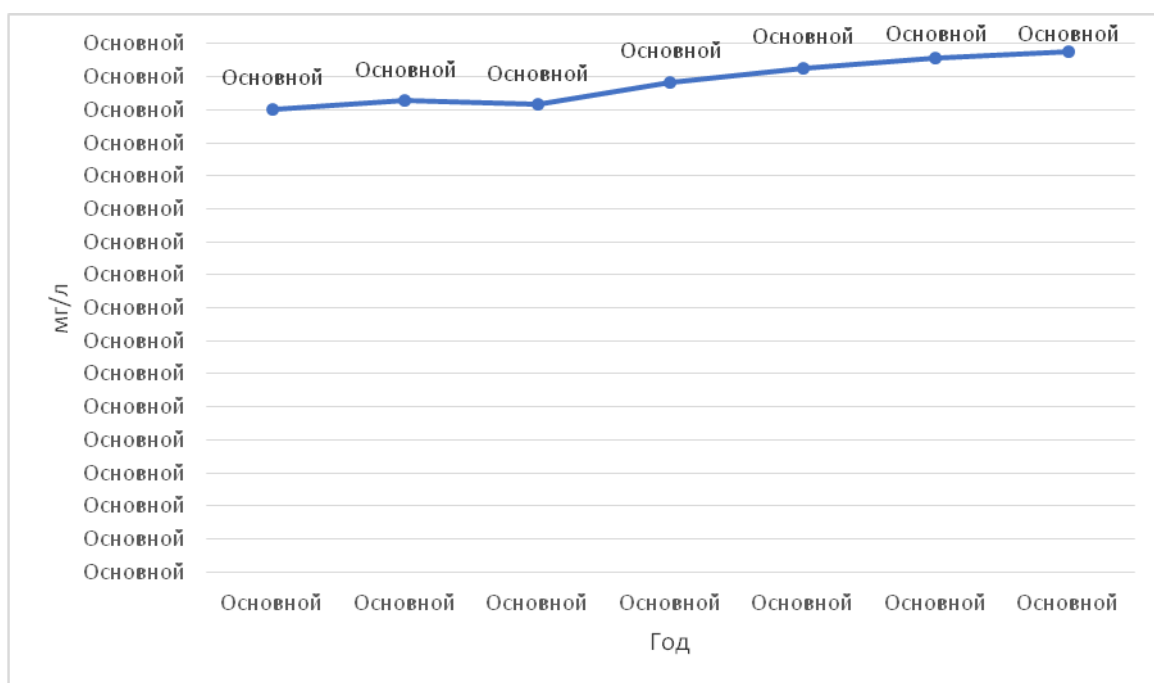


Рисунок 9 - Динамика изменения концентрации хлоридов

В соответствии с рисунком 9 концентрация хлоридов до 2016 года соответствовала норме (300 мг/л). После прохождения двух ступеней биоочистки вода всегда поступает в хлораторную, где под контролем специалистов проводится ее обеззараживание. С 2016 года мы наблюдаем превышение содержания хлоридов, что свидетельствует о нарушении работы в процессе хлорирования воды.

Таким образом, из представленных выше графиков, мы можем сделать вывод о том, что на протяжении нескольких лет очищенная вода не соответствовала установленным стандартам. Даже при снижении производства изношенность элементов очистных сооружений не позволяет достигать необходимых концентраций по основным показателям очистки сточных вод.

Вывод по второй главе

Состав очистных сооружений на молокозаводе состоит из денитрификатора, аэротенков 1 и 2 ступеней, промежуточного отстойника, вторичного отстойника, хлораторной и контактного резервуара, в которой происходит процесс хлорирования прошедших очистку сточных вод.

Для всех веществ, содержащихся в сточных водах, установлены нормативы предельно допустимых концентраций.

Для оценки эффективности очистки сточных вод было принято решение проанализировать сточные воды на входе и выходе из очистных сооружений по следующим показателям: ХПК, БПК_{полное}, взвешенные вещества, рН, ион аммония, нитриты, нитраты, сульфаты, фосфаты, хлориды, железо.

Проведенные измерения концентрации загрязняющих веществ, а также ХПК и БПК показали, что система очистки сточных вод на предприятии ОАО «Молочный завод» работает неэффективно.

Необходимо разработать рекомендации для повышения эффективности очистки сточных вод на заводе с целью снижения нагрузки на окружающую среду.

3 Снижение уровня загрязнения окружающей среды на ОАО «Молочный завод»

3.1 Рекомендации по снижению уровня загрязнения среды предприятием

ОАО "Молочный завод" введен в эксплуатацию в 1974 году. Очистные сооружения были построены в том же году. В связи с этим следует отметить, что биологическая очистная установка достаточно устарела физически и морально. И, следовательно, одним из основных направлений снижения уровня загрязнения сточных вод в Кольском заливе является ремонт блоков очистных сооружений.

Считаем, что одним из наиболее эффективных и не требующих больших финансовых затрат мероприятий является замена бетонных плит и стен аэрационных резервуаров любым другим полимерным материалом. Бетонная стена в процессе эксплуатации часто подвергается сильному воздействию различных факторов, способствующих ее постепенному разрушению. В результате ухудшается качество и состав активного ила, что напрямую влияет на уровень очистки сточных вод. Замена стен на совершенно другой материал, который не подлежит разрушению, сможет решить эту проблему. Следует отметить, что по возможности физически изношенные агрегаты очистного сооружения следует заменить на более новые, более эффективные и технологически совершенные. Предприняв такие шаги, можно добиться значительных результатов в снижении уровня загрязняющих веществ в сточных водах.

Исключить попадание хлоридов в поверхностные воды можно путем замены блока установки хлорирования, в котором очищенная вода дезинфицируется методом хлорирования. Вместо этого мы можем предложить дополнить способ очистки сточных вод хлорированием ультрафиолетовыми лучами. Данный способ очистки широко используется промышленными предприятиями большинства европейских стран. Это

позволит снизить количество используемого гипохлорита кальция без потери качества обеззараживания.

Кроме того, одним из основных направлений работы по охране водных ресурсов является внедрение новых технологических процессов. Например, переход на замкнутые (без слива) циклы водоснабжения, где очищенная вода не сливается, а многократно используется в технологических процессах. Замкнутые циклы промышленного водоснабжения дадут возможность практически полностью исключить сброс сточных вод в поверхностные водоемы, а свежую воду использовать для пополнения безвозвратных потерь.

Разумеется, вышеописанные мероприятия требуют больших финансовых вложений. Но на практике, такие капиталовложения будут более выгодными, чем постоянный ремонт неэффективной техники для очистки стоков. И самое важное, данные меры позволят существенно снизить негативные последствия влияния сточных вод на поверхностные воды.

Также эффективным видится применение современных биологических мембранных реакторов. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с другими методами:

- позволяют повышать эффективность имеющихся систем с минимальными вмешательствами в настенную конструкцию;
- небольшие размеры системы с возможностью изготовления полностью закрытых систем, не оказывающим абсолютно никакого воздействия на окружающую среду;
- отсутствие блока конечной седиментации;
- высокая эффективность очистки;
- обработка промышленных сточных вод данной системы позволяет достигать такого уровня очистки, при котором очищенная вода может повторно использоваться в производственном цикле;
- модульная конструкция и, следовательно, возможность расширения без каких-либо проблем;

- созревший ил приводит к уменьшению образования избыточного ила с последующим сокращением затрат на утилизацию.

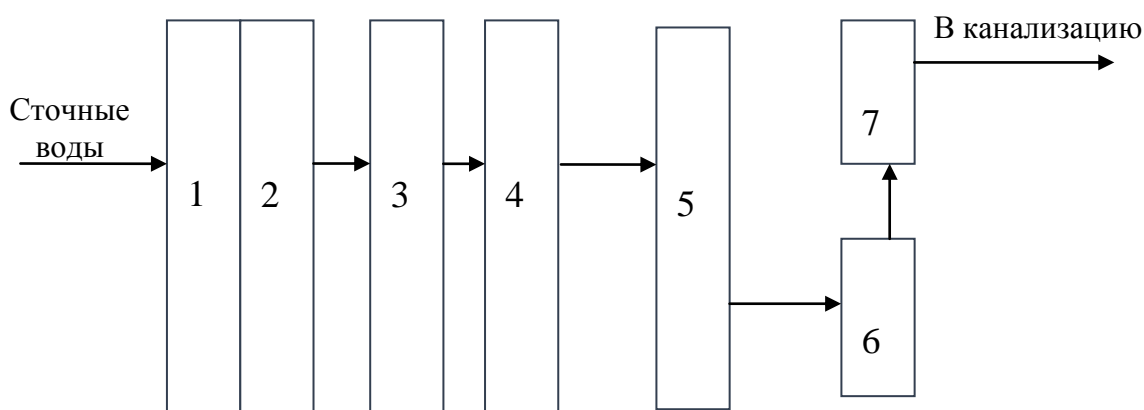
3.2 Результаты внедрения рекомендаций по снижению уровня загрязнения среды предприятием

«Мембранный биологический реактор совмещает в себе биологическую очистку активным илом с мембранным фильтрованием. Для разделения очищенной после биологической очистки воды и активного ила используются специальные микро- или ультрафильтрационные мембраны. Конструкция мембранного биореактора позволяет создать высокую концентрацию активного ила, способствуя повышению окислительной мощности данного метода очистки из-за гораздо более интенсивно проходящих процессов биологической очистки» [35].

«В мембранных биологических реакторах процессы развития и адаптации активного ила проходят более полно, использование ила в практической деятельности упрощается, так как исключено возникновение проблем, таких как всплытие, пенообразование, гниение или вспухание, также благодаря использованию мембранных биореакторов снижается количество избыточного ила. Благодаря конструкции мембранных биореакторов обеспечивается стабильное качество очистки сточных вод в связи с высокой концентрацией активного ила (от 10 до 15 г/л), вода очищается до норм рыбхоза. Мембранные биореакторы занимают минимум площади, нечувствительны к залповым сбросам стоков, полностью автоматизированы, их просто интегрировать в существующую систему очистки. Они позволяют увеличить производительность без строительства дополнительных сооружений и позволяют экономить на эксплуатационных и капитальных затратах. Основным преимуществом данного метода является тот факт, что модернизацию существующих очистных сооружений с организацией эффективного технологического процесса очистки без

дополнительных капитальных вложений в строительство можно провести при монтаже мембранных модулей непосредственно в аэротенке» [35].

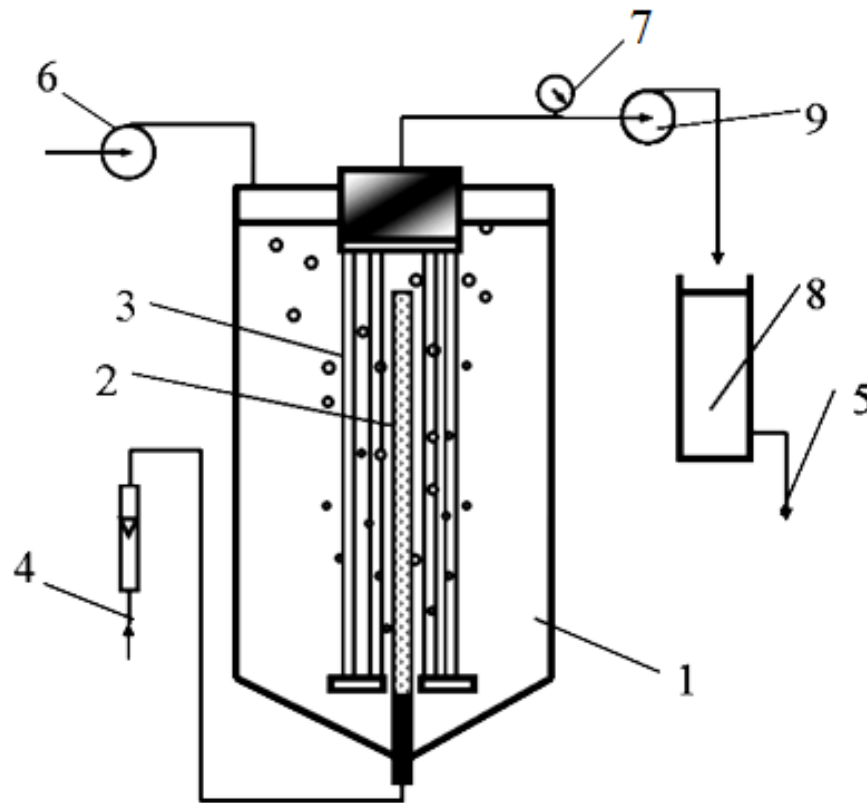
Схема очистных сооружений после модернизации представлена ниже на рисунке 10.



1 - приемный резервуар, 2 - насосная, 3 - денитрификатор, 4 - аэротенк 1 ступени очистки, 5 - мембранный биологический реактор, 6 - хлораторная, 7 - контактный резервуар

Рисунок 10 - Принципиальная технологическая схема очистки сточных вод после модернизации

Мембранный биологический реактор заменяет собой аэротенки двухступенчатой биологической очистки. Такие реакторы комбинируют мембранное разделение и традиционную биологическую очистку. В реакторе, оснащённом аэратором, происходит микрофильтрация и ультрафильтрация на мембранах, с очень маленьким размером пор от 0,01 мкм до 0,1 мкм. Такая фильтрация позволяет обеспечивать высочайшее качество очистки сточных вод от загрязняющих веществ. Схема конструкции мембранного биологического реактора, рекомендуемого для установки на очистных сооружениях ОАО "Молочный завод", представлена на рисунке 11.



1 - реактор, 2 - аэратор, 3 - мембраны, 4 - воздух, 5 - очищенная вода, 6, 9 - насосы, 7 - манометр, 8 - фильтрат

Рисунок 11 - Схема конструкции мембранного биологического реактора

Аэрация происходит путем подачи воздуха аэратором в реактор, что обеспечивает достаточное количество кислорода. Аэрация мембран - это также способ контроля процесса загрязнения мембранных пор. Пузырьки воздуха срывают осадок с мембранных поверхностей и, перемешивая жидкость, улучшают массообмен. Сточные воды подаются насосами в реактор на мембранный отсек, где происходит разделение на фильтрат (очищенная вода) и концентрат, содержащий активный ил. Фильтра насосами выкачивается в отдельный резервуар, где после обеззараживания вода подается на выпуск.

Также в хлораторной теперь применяется технология активного окисления, то есть совместного использования гипохлорита кальция и УФ облучения.

После внедрения в очистную конструкцию мембранного биологического реактора и технологии активного окисления были проведены повторные исследования, которые дали следующие результаты концентраций загрязняющих веществ на выходе (мг/л):

- БПК_{полное} - 2,2; ХПК - 14,1; взвешенные вещества - 0,7; ион аммония - 0,4;

- железо - 0,03; нитриты - 0,02; нитраты - 0,07; сульфаты - 3,0; фосфаты - 0,08; хлориды - 115,0. Показатель рН - 7,0.

Таким образом, рост качества очистки сточных вод в процентном соотношении составил от 0,2% до 41,4%.

Концентрация загрязняющих веществ по данным веществам не превышает ПДК. Данные о концентрации до внедрения рекомендаций по снижению уровня загрязнения окружающей среды представлены в таблице 4, а данные о концентрации загрязняющих веществ после внедрения в таблице 5.

Таблица 4 - Данные о концентрации загрязняющих веществ до внедрения рекомендаций по снижению уровня загрязнения окружающей среды на предприятии ОАО «Молочной завод»

Загрязняющее вещество	Концентрация вещества, мг/л			
	ПДК	На входе	На выходе(было)	Эффективность очистки, %, до внедрения
БПК _{полное}	3,0	1050,0	170,0	83,8
ХПК	15,0	2100,0	270,0	87,1
Взвешенные вещества	10,0	618,8	220,4	64,4
рН	7,0	10,8	7,2	94,7
Ион аммония	0,5	12,6	4,8	62
Нитриты	0,08	3,2	0,1	96,9
Нитраты	40,0	78,3	0,2	99,7
Сульфаты	100,0	253,0	29,5	88,3
Фосфаты	0,2	0,39	0,11	71,7
Хлориды	300,0	1876,0	315,2	83,2
Железо	0,1	0,58	0,27	53,4

Таблица 5 - Данные о концентрации загрязняющих веществ после внедрения рекомендаций по снижению уровня загрязнения окружающей среды на предприятии ОАО «Молочной завод»

Загрязняющее вещество	Концентрация вещества, мг/л				
	ПДК	На входе	На выходе(стало)	Эффективность очистки, %, после внедрения	Рост качества очистки, %
БПК _{полное}	3,0	1050,0	2,2	99,7	15,9
ХПК	15,0	2100,0	14,1	99,3	12,2
Взвешенные вещества	10,0	618,8	0,7	99,8	35,4
рН	7,0	10,8	7,0	100	5,3
Ион аммония	0,5	12,6	0,4	96,8	34,8
Нитриты	0,08	3,2	0,02	99,4	2,5
Нитраты	40,0	78,3	0,07	99,9	0,2
Сульфаты	100,0	253,0	3,0	98,8	10,5
Фосфаты	0,2	0,39	0,08	80	8,3
Хлориды	300,0	1876,0	115,0	93,8	10,6
Железо	0,1	0,58	0,03	94,8	41,4

Проведенные нами исследования, а также внедрение в конструкцию очистных сооружений предприятия молочной промышленности мембранного биологического реактора и технологии активного окисления показывают целесообразность такого нововведения. Несмотря на относительно высокую стоимость биологического реактора, его внедрение в уже существующую очистную конструкцию предприятия можно провести без существенных капиталовложений. Монтаж мембранных модулей реактора производится непосредственно в аэротенке. Монтаж модулей УФ облучения также прост и доступен.

Технология активного окисления соединила в себе лучшее из всех методов обеззараживания. При использовании этого метода сточная вода проходит совместную обработку окислителем - гипохлоритом натрия - и УФ лучами. Такая технология с одной стороны предотвращает образование

токсичных соединений хлора, а с другой обеспечивает высокую степень обеззараживания сточных вод от бактерий, вирусов, плесени, водорослей и грибов.

Мембранные биореакторы полностью автоматизированы, занимают минимум площади, не чувствительны к залповым сбросам. Их применение позволит значительно снизить экологическую нагрузку на окружающую природную среду, а также ввести на предприятии оборотное водоснабжение, так как содержание загрязняющих веществ в сточных водах при использовании мембранного биореактора не превышает установленные ПДК.

Таким образом, проведенное исследование позволило нам достигнуть поставленной цели и улучшить качественное состояние сточных вод, сбрасываемых предприятием ОАО «Молочный завод» в окружающую среду.

Вывод по третьей главе

Для повышения качества очистки сточных вод на предприятии молочной промышленности было предложено использовать мембранный биореактор.

Мембранный биологический реактор совмещает в себе биологическую очистку активным илом с мембранным фильтрованием. Для разделения очищенной после биологической очистки воды и активного ила используется специальные микро- или ультрафильтрационные мембраны. Конструкция мембранного биореактора позволяет создать высокую концентрацию активного ила, способствуя повышению окислительной мощности данного метода очистки из-за гораздо более интенсивно проходящих процессов биологической очистки.

Рост качества очистки сточных вод после внедрения мембранного биологического реактора и технологии активного окисления в процентном соотношении составил от 0,2% до 41,4%.

Концентрация загрязняющих веществ по исследованным загрязняющим веществам не превышает ПДК.

Проведенные нами исследования, а также внедрение в конструкцию очистных сооружений предприятия молочной промышленности технологии активного окисления и мембранного биологического реактора показывают целесообразность такого нововведения.

Применение технологии активного окисления и мембранного биореактора позволяет значительно снизить экологическую нагрузку на окружающую природную среду, а также ввести на предприятии оборотное водоснабжение, так как содержание загрязняющих веществ в сточных водах при использовании данных нововведений не превышает установленные ПДК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сточные воды предприятия представляют сложную систему с присутствием растворенных в воде взвешенных и эмульгированных частиц, загрязняющих стоки. Они содержат белковые растворы, нерастворимые хлопья белковых веществ, частицы жиров, растворимый молочный сахар, а также дезинфицирующие и моющие средства.

В связи с особенностями технологического процесса на молочном производстве, почти вся используемая во время работы предприятий вода становится сточной. Предприятиями такая сточная вода сбрасывается в систему городской канализации.

В соответствии с существующими требованиями, стоки молокоперерабатывающего предприятия перед их сбросом должны проходить очистку от загрязняющих веществ.

Однако, единый универсальный для всех производств способ очистки сточных вод пока не существует. Выработаны общие принципы очистки сточных вод для всех предприятий.

Норма концентрации загрязнений в сточной воде в месте выхода из очистных сооружений предприятий в городские системы канализации или в природную среду установлена в строгом соответствии с предельно допустимыми концентрациями. Таким образом, нормативы предельно допустимых сбросов устанавливаются на основе ПДК.

2. Предприятием ОАО «Молочный завод» проводится целый комплекс мероприятий по защите окружающей среды.

3. Для всех веществ, содержащихся в сточных водах, установлены нормативы предельно допустимых концентраций.

4. Для оценки эффективности очистки сточных вод было принято решение проанализировать сточные воды на входе и выходе из очистных сооружений по следующим показателям: ХПК, БПК_{полное}, взвешенные

вещества, рН, ион аммония, нитриты, нитраты, сульфаты, фосфаты, хлориды, железо.

5. В результате проведенного анализа установлено превышение по показателям БПК_{полное}, ХПК, концентрации взвешенных веществ, иона аммония, нитритов, хлоридов и железа. Проведенные измерения концентрации загрязняющих веществ, а также ХПК и БПК показали, что система очистки сточных вод на предприятии ОАО «Молочный завод» работает неэффективно.

Для повышения качества очистки сточных вод на предприятии молочной промышленности было предложено использовать мембранный биореактор и технологию активного окисления.

6. Рост качества очистки сточных вод после внедрения мембранного биологического реактора в процентном соотношении составил от 0,2% до 41,4%. Концентрация загрязняющих веществ по исследованным загрязняющим веществам не превышает ПДК.

Проведенные нами исследования, а также внедрение в конструкцию очистных сооружений предприятия молочной промышленности мембранного биологического реактора и технологии активного окисления показывает целесообразность такого нововведения.

Таким образом, в процессе исследования были решены следующие задачи:

1. Проведен анализ негативного влияния деятельности молочной промышленности на окружающую среду.
2. Проведен анализ природоохранной деятельности предприятия ОАО «Молочный завод» г. Североморск.
3. Составлена характеристика очистных сооружений ОАО «Молочный завод».
4. Проведен анализ и оценена эффективность очистки очистными сооружениями сточных вод на предприятии.

5. Составлены рекомендации по снижению уровня загрязнения окружающей среды предприятием.

6. Исследованы результаты внедрения рекомендаций по снижению уровня загрязнения среды предприятием ОАО «Молочный завод».

Проведенное исследование позволило нам достигнуть поставленной цели и улучшить качественное состояние сточных вод, сбрасываемых предприятием ОАО «Молочный завод» в окружающую среду. Таким образом, цель работы была достигнута.

Исследуемая гипотеза о том, что внедрение рекомендаций по использованию в очистных сооружениях мембранного биологического реактора на предприятии ОАО «Молочный завод» позволит снизить уровень загрязнения окружающей среды предприятием за счет доведения сточных вод молокозавода до норм рыбного хозяйства при количестве загрязняющих веществ в стоках, не превышающих установленные ПДК, доказана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Водный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 01.01.2019). - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения: 7.03.2019).
2. О водоснабжении и водоотведении [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 07.12.2011 N 416-ФЗ (ред. от 07.12.2011).- URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867/ (дата обращения: 7.03.2019).
3. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30.03.1999 N 52-ФЗ (ред. от 30.03.1999).- URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/ (дата обращения: 7.03.2019).
4. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 10.01.2002).- URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 7.03.2019).
5. Об экологической экспертизе [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 23.11.1995 N 174-ФЗ (ред. от 23.11.1995).- URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8515/ (дата обращения: 7.03.2019).
6. Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации (БПКполн.) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах [Электронный ресурс] : Природоохранные нормативные документы федеративные ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97 (ред. от 21.03.2004).- URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293832/4293832514.htm#i135953> (дата обращения: 7.03.2019).

7. Методика выполнения измерений массовой концентрации анионов: нитрита, нитрата, хлорида, фторида, сульфата и фосфата в пробах природной, питьевой и сточной воды методом ионной хроматографии [Электронный ресурс] : Природоохранные нормативные документы федеративные ПНД Ф 14.1:2:4.132-98 (ред. от 02.04.2008).- URL: https://standartgost.ru/g/%D0%9F%D0%9D%D0%94_%D0%A4_14.1:2:4.132-98 (дата обращения: 7.03.2019).

8. Методика выполнения измерений массовой концентрации общего железа в природных и сточных водах фотометрическим методом с о-Фенантролином [Электронный ресурс] : Природоохранные нормативные документы федеративные ПНД Ф 14.1:2.2-95 (ред. от 20.03.2004).- URL: http://www.opengost.ru/iso/13_gosty_iso/13060_gost_iso/1306050_gost_iso/4245-pnd-f-14.12.2-95-kolichestvennyy-himicheskij-analiz-vod.-metodika-vypolneniya-izmereniy-massovoy-koncentracii-obschego-zheleza-v-prirodnyh-i-stochnyh-vodah.html (дата обращения: 7.03.2019).

9. Методика выполнения измерений pH в водах потенциометрическим методом [Электронный ресурс] : Природоохранные нормативные документы федеративные ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97 (ред. от 01.01.2004).- URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200056733> (дата обращения: 7.03.2019).

10. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера [Электронный ресурс] : Природоохранные нормативные документы федеративные ПНД Ф 14.1:2:3.1-95 (ред. от 26.05.2017).- URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293850/4293850892.htm> (дата обращения: 7.03.2019).

11. Методика измерений массовой концентрации нитрат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой [Электронный ресурс] : Природоохранные нормативные документы федеративные ПНД Ф 14.1:2:4.4-95 (ред. от

23.03.2011).- URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293808/4293808610.htm>
(дата обращения: 7.03.2019).

12. Методика измерений массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса [Электронный ресурс] : Природоохранные нормативные документы федеративные ПНД Ф 14.1:2:4.3-95 (ред. от 15.03.2011).- URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293808/4293808620.htm> (дата обращения: 7.03.2019).

13. Акулов, К. К., Мазаев, В. Т., Шлепнина, Т. Г., Гурский, Ю. Н. Гигиена водоснабжения предприятий молочной промышленности. / К. К. Акулов, В. Т. Мазаев, Т. Г. Шлепнина, Ю. Н. Гурский. – М. : Агропромиздат, 2001. - 201 с.

14. Алексеева, М. М. Планирование деятельности фирмы: учеб. пособие / М. М. Алексеева. Москва: Финансы и статистика, 2010. 318 с.

15. Анципович, И. С. Охрана природы на предприятиях молочной промышленности. / И. С. Анципович. – М. : Агропромиздат, 2005. - 108 с.

16. Анципович, И. С., Гопенко, Л. Я. Охрана окружающей среды на предприятиях молочной и мясной промышленности. / И. С. Анципович, Л. Я. Гопенко. – М. : Агропромиздат, 2006. - 74 с.

17. Барабанова, О.А. Экология: учеб. для вузов / О.А. Барабанова. – Изд.: Библиотечно-издательский комплекс Сибирского федерального университета, 2011. - 333 с.

18. Белов, В. С., Барбинов, Ф. А. Охрана окружающей среды. / В. С. Белов, Ф. А. Барбинов. – М. : Высшая школа, 2007. - 127 с.

19. Богданова, О. В. Современное состояние и тенденции развития мирового рынка молока / О. В. Богданова, О. С. Никонорова // Российское предпринимательство. 2014. № 4. С. 107 - 113.

20. Бридихин, С. А. Технология и техника переработки молока. / С. А. Бридихин. – М. : Агропромиздат, 2001. - 52 с.

21. Вождаева, Л. И. Общая технология молочной отрасли: учебное пособие / Л. И. Вождаева, Т. В. Котова. Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. - 160 с.
22. Дубова, Е. А. Молочная отрасль Вологодской области / Е. А. Дубова // Молочная промышленность. 2016. № 2. С. 11.
23. Ермакова, Е. Е. Современное состояние и перспективы развития молочной промышленности РФ / Е. Е. Ермакова, Ш. А. Атабаева // Молодой ученый. 2014. №7. С. 338 - 340.
24. Забалухина, А.С. Отходы – в дело. / А. С. Забалухина // Молочная промышленность. 1994. №9. С. 11.
25. Иванова, А.О. Модернизация системы очистки сточных вод на предприятиях молочной промышленности / А.О. Иванова, Э.Р. Бариева, Е.В. Серазеева // Вестник магистратуры. 2015. № 12(51). С. 63-64.
26. Колесов, Ю. Ф. Эксплуатации установки биологической очистки сточных вод молокозавода / Ю. Ф. Колесов // Известия вузов. Строительство. 2009. №11. С.83 - 87.
27. Комаров, В. К. Вторичные сырьевые ресурсы пищевой промышленности / В. К. Комаров, Т.А. Мануйлова // Пищевая промышленность. 2001. №4. С.52.
28. Крусь, Г. Н. Технологии молока и оборудование, предприятия молочной промышленности: учеб. пособие / Г. Н. Крусь, В. Г. Тиняков, Ю. Ф. Фофанов. – М. : Агропромиздат, 1996. - 280 с.
29. Першина, Е. И. Товароведение и экспертиза однородных групп товаров (молоко и молочные продукты): учеб. пособие / Е. И. Першина, О. А. Рязанова. Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004. - 97 с.
30. Пирогов, Н. Л. Вторичные ресурсы: эффективность, опыт, перспективы / Н. Л. Пирогов, С. П. Сушон, А. Г. Завалко. – М. : Экономика, 1997. - 116с.

31. Полищук, И. И. Водопользование на предприятиях пищевой промышленности / И. И. Полищук. – М. : Агропромиздат, 2009. - 100 с.
32. Рабилизиров, М. Н. и др. Сбор и переработка смывных вод / М. Н. Рабилизиров // Молочная промышленность. 2006. №4. С.27.
33. Сергеев, В. И. Пищевая и перерабатывающая промышленность Российской Федерации. // В. И. Сергеев. – М. : Агропромиздат, 2004. - 225 с.
34. Сергеев, В. Н. Санитария и гигиена на предприятиях молочной промышленности / В. Н. Сергеев, Л. А. Силантьева, В. Н. Зарембо. – М. : Агропромиздат, 1999. - 160 с.
35. Степанов, С. В. Биологическая очистка сточных вод предприятий молочной промышленности в мембранном биореакторе / С. В. Степанов, О. С. Солкина, К. М. Морозова, А. С. Степанов, Т. В. Соколова, М. А. Жукова // Водоснабжение и санитарная техника. 2017. №2. С. 60-65.
36. Ettinger, J. Is Dairy's Reign Over? (Problems with Dairy and The Dairy Industry) [Электронный ресурс] : The Foodrevolution. 2018.- URL: <https://foodrevolution.org/blog/problems-with-dairy/> (дата обращения: 17.03.2019).
37. Gardiner, B. How growth in dairy is affecting the environment [Электронный ресурс] : The New York Times. 2015.- URL: <https://www.nytimes.com/2015/05/04/business/energy-environment/how-growth-in-dairy-is-affecting-the-environment.html> (дата обращения: 17.03.2019).
38. Levitt, T. What is the environmental footprint of mega-dairy farming? [Электронный ресурс] : The Ecologist. 2010.- URL: <https://theecologist.org/2010/nov/15/what-environmental-footprint-mega-dairy-farming> (дата обращения: 17.03.2019).
39. Renniger, N. The Damage of Dairy: The Environmental Impact of a Massive Industry [Электронный ресурс] : The Socialworkhelper. 2017.- URL: <https://www.socialworkhelper.com/2017/01/30/damage-dairy-environmental-impact-massive-industry/> (дата обращения: 17.03.2019).

40. Siegle, L. What's the environmental impact of milk? [Электронный ресурс] : The Guardian. 2009.- URL: <https://www.theguardian.com/environment/2009/aug/07/milk-environmental-impact> (дата обращения: 17.03.2019).