

Тольятти 2016

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ
Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «РПиР»

_____ М.В.Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«_____» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ
на бакалаврскую работу

Студент: Сучкова Ольга Андреевна

1.Тема: Разработка эффективного способа утилизации илового осадка на примере ОАО «Тольяттисинтез».

2.Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы 10.06.2016.

3.Исходные данные к бакалаврской работе: Технологический регламент цеха водоснабжения и водоочистки участка БОС на эксплуатацию сооружений по очистке сточных вод.

4.Содержание бакалаврской работы:

4.1Анализ проблемы утилизации избыточного активного ила.

4.2Анализ методов утилизации избыточного активного ила

5.Дата выдачи задания «16» марта 2016г.

Руководитель бакалаврской работы

М.В.Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

О.А. Сучкова

(И.О. Фамилия)

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «РПиР»

_____ М.В.Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«_____» _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

бакалаврской работы

Студента: Сучкова Ольга Андреевна

по теме: Разработка эффективного способа утилизации илового осадка на примере ОАО «Тольяттисинтез».

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение	20.03.2016			
Анализ проблемы образования илового осадка	21.03.2016			
Разработка эффективного метода утилизации избыточного активного ила	19.04.2016			
Заключение	10.06.2016			

Руководитель бакалаврской работы

М.В. Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

О.А. Сучкова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Бакалаврскую работу выполнила: Сучкова О.А.

Тема работы: Разработка эффективного способа утилизации илового осадка на примере ОАО «Тольяттисинтез».

Научный руководитель: Кравцова М.В.

Цель работы: снижение негативного воздействия илового осадка на окружающую среду за счет разработки эффективного метода утилизации. В соответствии с намеченной целью были поставлены следующие задачи:

1. Провести анализ экологических рисков при утилизации избыточного активного ила на иловых картах.
2. Провести анализ существующих способов утилизации избыточного активного ила.
3. Предложить технические решения для модернизации системы утилизации избыточного активного ила.

Информационной базой при выполнении бакалаврской работы являлись учебники, рассматриваемые теоретические аспекты темы, технологический регламент цеха водоснабжения и водоочистки участка БОС на эксплуатацию сооружений по очистке сточных вод.

Бакалаврская работа состоит из введения, двух глав, заключения, библиографического списка и приложений.

Во введении обосновывается актуальность проводимого исследования, описывается цель, задачи исследования.

В первой главе изложены теоретические аспекты технологической схемы очистки сточных вод и утилизации избыточного активного ила на очистных сооружениях ОАО «Тольяттисинтез».

Во второй главе выполнен анализ методов утилизации избыточного активного ила и предложены варианты модернизации утилизации.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 2-х разделов, заключения, списка литературы из 60 источников. Общий объем работы 52 страницы машинописного текста, в том числе таблиц – 13, рисунков – 15.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ ИЛОВОГО ОСАДКА	8
1.1 Описание деятельности предприятия	8
1.2 Описание системы очистки	9
1.3 Мониторинг состояния окружающей среды	17
1.4 Анализ экологических рисков	19
1.5 Современное состояние проблемы накопления илового осадка на иловых нартах в Российской Федерации	23
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА УТИЛИЗАЦИИ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА	25
2.1 Анализ способов утилизации избыточного активного ила	25
2.2 Расчет образования осадков сточных вод	28
2.3 Определение эффективности метода пиролиза	30
2.4 Обзор существующих установок для утилизации осадков сточных методом пиролиза	33
2.5 Обзор оборудования для обезвоживания осадков сточных вод	37
2.6 Внедрение предлагаемых изменений	41
2.7 Экономическое обоснование внедрения установки быстрого пиролиза	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	48

ВВЕДЕНИЕ

В результате роста и развития городов, увеличивается концентрация промышленности и населения. В связи с этим растет и количество образующихся отходов, в том числе и избыточного активного ила, со станции биологической очистки сточных вод. Образующийся избыточный активный ил накапливается на иловых картах, которые занимают большие площади, только в Тольятти общая площадь таких площадок превышает 130 га [6]. Складываемый осадок заражен опасными бактериями, способными вызвать различные формы инфекционных заболеваний, содержит большое количество яиц гельминтов, соединения тяжелых металлов различной формы. Эксплуатация иловых карт приводит к потере ценнейших земель, загрязнению почвы, распространению неприятных запахов, накоплению солей тяжелых металлов, а также к распространению негативного микробиологического и газового фона, который отрицательно влияет на состояние окружающей среды и здоровье человека. В связи с этим возникает необходимость снижения количества иловых карт, за счет внедрения специализированного оборудования.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ ИЛОВОГО ОСАДКА

1.1 Описание деятельности предприятия

Индустриальный парк «Тольяттисинтез» - это совокупность объектов недвижимости, обеспеченных комплексной инженерной и транспортной инфраструктурой, расположенных в северо-восточной части г.о. Тольятти. Он состоит из земельных участков промышленного назначения, складских, производственных и административных помещений. Промышленная площадка Индустриального парка обладает доступом к водным ресурсам, собственными биологическими очистными сооружениями и санитарно-защитной зоной. Индустриальный парк «Тольяттисинтез» оказывает своим резидентам следующие услуги: сдача в аренду, продажа зданий и земельных участков; энергообеспечение; эксплуатация и техническое обслуживание инфраструктуры; экологический мониторинг; прием и очистка стоков; охранные услуги и др. Расположение ОАО «Тольяттисинтез» представлено на рисунке 1.1. Основным партнёром парка является ООО «Тольяттикаучук» – предприятие, выпускающее синтетические каучуки различных марок, применяемые в шинной, резинотехнической, строительной и других отраслях промышленности.

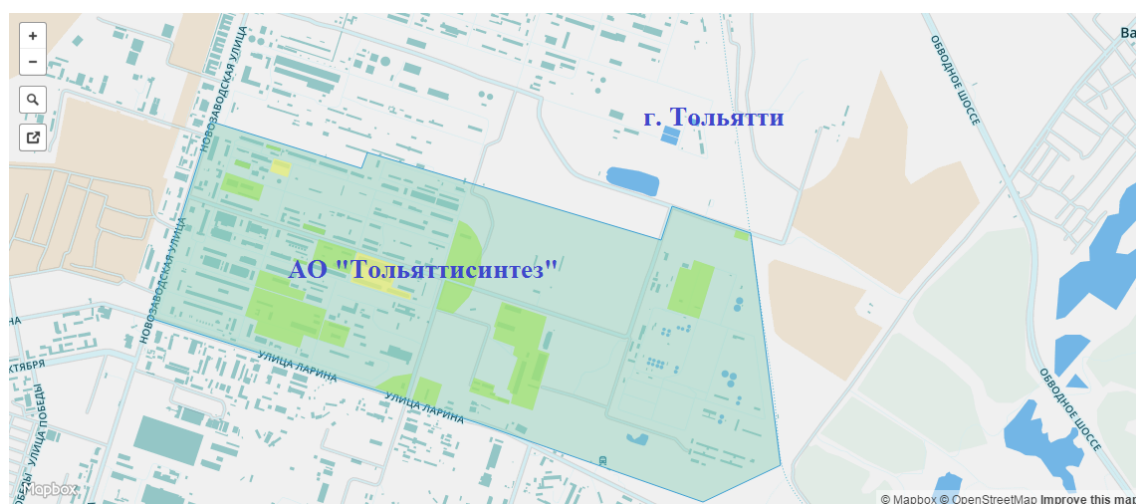


Рисунок 1.1 - Расположение ОАО «Тольяттисинтез»

1.2 Описание системы очистки

На очистные сооружения ОАО «Тольяттисинтез» поступают воды от производственных предприятий Северного промышленного узла, таких как: ОАО «КуйбышевАзот», ООО «Химзавод», ООО «Тольяттикаучук», а также от жилого фонда Центрального района г. Тольятти. В состав этих вод входят нефтепродукты, специфические, минеральные, бактериальные и биологические загрязнения, органические вещества бытового происхождения и другие вещества. Очистные сооружения ОАО «Тольяттисинтез» представлены на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Очистные сооружения ОАО «Тольяттисинтез», вид со спутника

Бактериальные и биологические загрязнения представляют собой различные микроорганизмы: дрожжевые и плесневые грибы, водоросли и

бактерии, в том числе болезнетворные – возбудители брюшного тифа, дифтерии и др.

В состав минеральных загрязнений входят:

- а) нерастворимые – шлам, глина, песок, земля.
- б) растворимые – хлориды, сульфаты, карбонаты, нитраты натрия, кальция, гидроокиси титана, алюминия, соли цинка, железа, фосфора, меди и т.д.

Процесс очистки сточных вод состоит из следующих стадий:

1. Механическая очистка сточных вод. Она заключается в удалении из сточных вод механическими граблями грубодисперсных взвесей, а более мелких путем отстаивания в первичных отстойниках.

2. Биологическая очистка сточных вод. Сущность биологической очистки заключается в способности микроорганизмов активного ила использовать разнообразные вещества, содержащиеся в сточных водах, в качестве источника питания в процессе жизнедеятельности.

3. Доочистка механически и биологически очищенных сточных вод. Оборудование блока доочистки предназначено для подачи биологически очищенных сточных вод на барабанные сетки, где улавливаются взвешенные вещества на барабанных сетках размером более 1,0 мм и отфильтровывания на песчаных фильтрах взвешенных веществ размером менее 1,0 мм.

4. Обеззараживания доочищенных сточных вод. Обеззараживание перед сбросом на насосную станцию осуществляется гипохлоритом натрия, который поступает с хлораторной станции.

5. Механическое обезвоживание сырого первичного осадка и уплотненного избыточного активного ила. На иловых площадках смесь шлама, сырого осадка, уплотненного избыточного активного ила обезвоживается с помощью дренажной системы, а с поверхности площадок подсушивается.

Существующая схема очистных сооружений ОАО «Тольяттисинтез» представлена на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Существующая схема очистных сооружений ОАО «Тольяттисинтез»

Главную роль в процессе очистки сточных вод играет активный ил, который представляет собой сложное скопление микроорганизмов различных систематических групп и некоторых многоклеточных животных – биоценоз. Биоценоз активного ила состоит из бактерий, простейших, плесневых грибов, дрожжей, актиномицет, личинок насекомых, рачков, водорослей и др. (рис. 1.4). По внешнему виду активный ил представляет собой комочки и хлопья размером 3-150 мкм [23].

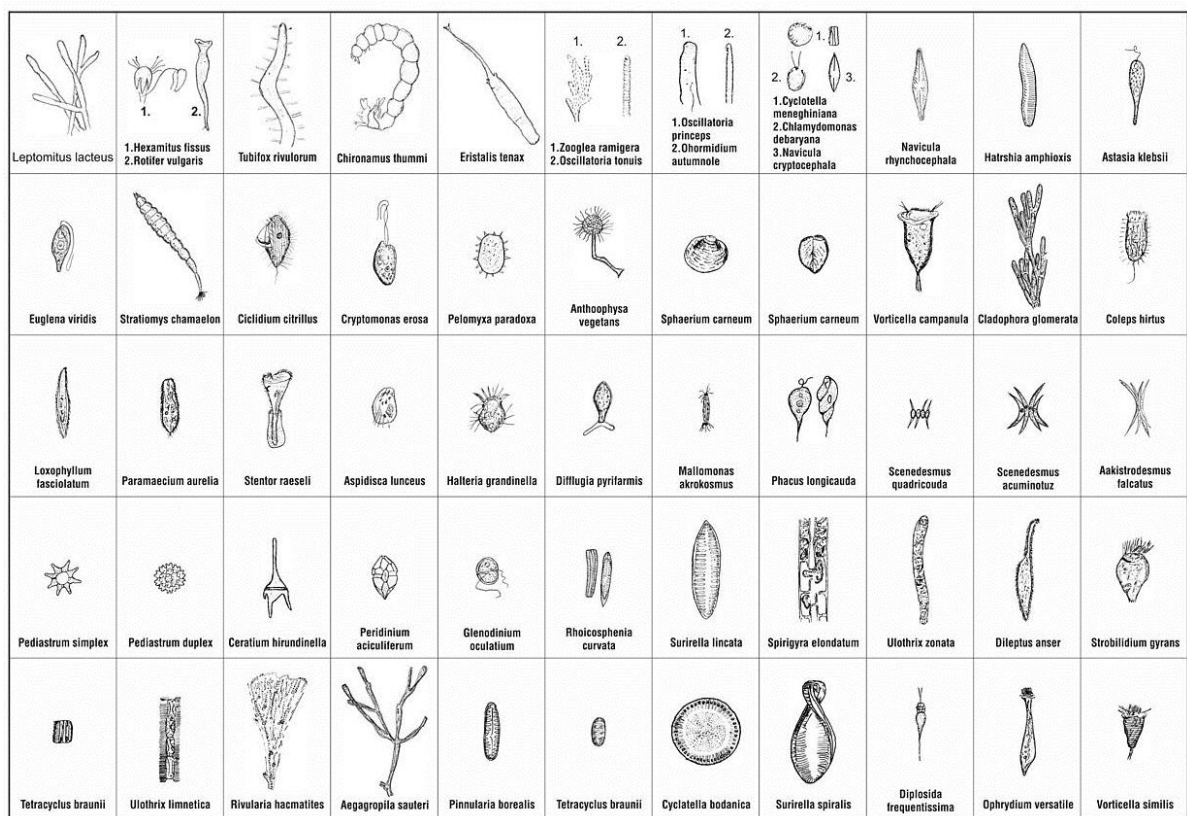


Рисунок 1.4 – Биоценоз активного ила

Сущность биологической очистки заключается в способности микроорганизмов активного ила использовать разнообразные вещества, содержащиеся в сточных водах, в качестве источника питания в процессе жизнедеятельности. Микроорганизмы освобождают воду от загрязнений, а метаболизм этих загрязнений в клетках микроорганизмов обеспечивает их энергетические потребности, прирост биомассы и восстановление распавшихся веществ клетки. Адсорбированные органические вещества подвергаются микроорганизмами ферментативной деструкции, в результате которой углеродосодержащие вещества разлагаются до углекислого газа и воды.

Процесс биохимического окисления в сооружениях идет в две стадии:

- Первая стадия – адсорбция на поверхности зоогелей ила загрязнений и окисление легко окисляемых органических веществ.
- Вторая стадия – доокисление трудноокисляемых веществ.

На первой стадии, которая имеет место, преимущественно в первых двух коридорах аэротенка и охватывает по времени около двух первых часов,

окисляется до 40 - 60% всех адсорбированных органических загрязнений [17].

Вторая стадия по продолжительности в несколько раз превышает первую. Она начинается в аэротенке, а заканчивается в регенераторе, где адсорбированные загрязнения полностью доокисляются и активный ил вновь приобретает физиологическую активность.

Концентрация активного ила в аэротенках регулируются в пределах 200-500 мг/дм³, а регенераторах 500-850 мг/дм³ с выводом избыточного количества в первичные отстойники хозяйственно-бытовых сточных вод на биокоагуляцию I-II очереди и на илоуплотнители III очереди БОС.

Окислительная способность активного ила составляет 90% и более от нагрузки в зависимости от БПК полн. поступающих стоков.

Время пребывания сточных вод в аэротенках 17-19 часов. После аэротенков биологически очищенные сточные воды поступают во вторичные отстойники, где происходит разделение (отстаивание) активного ила в течение одного часа сорока двух минут и далее возврат его в регенераторы, а осветленные сточные воды подвергаются доочистке и обеззараживанию.

Оборудование блока доочистки предназначено для подачи биологически очищенных сточных вод на барабанные сетки, где улавливаются взвешенные вещества на барабанных сетках размером более 1,0 мм и отфильтровывания на песчаных фильтрах взвешенных веществ размером менее 1,0 мм.

Обеззараживание доочищенных сточных вод перед сбросом на насосную станцию № 3 ОАО «Тольяттиазот» и насосную станцию № 6 МУП «ПО КХ г.Тольятти» осуществляется гипохлоритом натрия, который поступает с хлораторной станции.

Шлам с первичных отстойников сырой осадок первичных отстойников хозяйственно-бытовых сточных вод и избыточный активный ил промышленных сточных вод утилизируются на иловых площадках.

Иловые площадки являются наиболее распространенным методом утилизации отработанного активного ила. Основная часть сооружения - сплани-

рованные участки земли (площадки), окруженные земляными валами, по которым проходят иловые желоба для подачи осадка. Сырой осадок из отстойников периодически накапливается небольшим слоем на иловых площадках и подсушивается, в результате чего содержание воды в нём уменьшается на 20—25% [3], он приобретает структуру влажной земли. После чего полученный осадок погружают на автотранспорт или вагонетку и вывозят на полигоны или на дальнейшую переработку. Иловые площадки очистных сооружений ОАО «Тольяттисинтез» представлены на рисунке 1.5.



**Рисунок 1.5 – Иловые карты очистных сооружений
ОАО «Тольяттисинтез»**

Ежедневно в процессе очистки на очистных сооружениях ОАО «Тольяттисинтез» образуется 50842.8 кг илового осадка и шлама первичных отстойников, качественный состав которого представлен в таблице 1.1, а физические показатели в таблице 1.2.

Таблица 1.1 – Качественный состав илового осадка и шлама первичных отстойников

Наименование	% масс	мг на 1 кг
Биомасса	22,36	223600
Вода	76	760000
Непредельные углеводороды	0,5	5000
Ca	0,5	5000
Fe	0,1	1000
Mg	0,07	700
Al	0,03	300
Pb	0,08	800
Ni	0,08	800
Mg	0,003	30
Cu	0,002	20
Cr общ	0,0006	6
P общ	0,07	700
Ti	0,057	570
NH ₃ по азоту	0,144	1440

Таблица 1.2 – Физические показатели илового осадка и шлама первичных отстойников

Наименование	Значение
Агрегатное состояние	Пастообразный
Растворимость	Не растворим
Летучесть	Не летуч
Плотность	1,1 г/см ³
Пожароопасность	Пожароопасен
Класс опасности	4

Иловый осадок городских сточных вод, в результате механической и биологической обработки, складывается на иловых картах, при этом они за-

нимают огромные территории. Иловый осадок содержит в себе патогенную микрофлору, болезнетворные вирусы, кишечные палочки и палочки Коха, а также дурно пахнущие вещества. В комплексе все это создает угрозу проникновения в грунтовые и поверхностные воды, в почву токсичных органических соединений и соединений тяжелых металлов, патогенной микрофлоры.

Способ утилизации илового осадка путем накопления его на иловых картах, является опасным, так как негативно влияет на окружающую среду. В связи с этим, существует острая необходимость в разработке и применении новых способов и методов подготовки полигонов, а так же эффективного решения для утилизации иловых осадков.

Технология обезвоживания осадка используется практически на всех крупных очистных сооружениях. Обезвоживание осадка проводится на иловых картах, а так же применяется механическое обезвоживание с использованием различных фильтров, центрифуг и центрипрессов. Механический способ используют очистных сооружениях городов Сочи, Москвы и Санкт-Петербурга (табл. 1.3) [38].

Таблица 1.3 – Статистика переработки иловых осадков в крупных городах и г.о. Тольятти

Город	Годовой объем сточных вод, тыс. /год	Общая площадь станции аэрации, га	Площадь иловых карт, га	Объем осадка,	Использование
				Влажност ь 90%	
1	2	3	4	5	6
Москва (Курьяновская станция)	1230100	476	258	4836	Осадок сжигается на заводах; обезвоживается на иловых картах; минимальное количество осадка проходит процесс сбраживания в метантенках.

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6
Санкт-Петербург (Центральная станция)	≈600000	>265	140	2361	Осадок обезвоживается на центрипрессах и затем сжигается. Объем золы в 10-12 раз меньше обезвоженного осадка.
Тольятти	≈200000	≈180	130	1200	Осадок складывается на иловых картах.

Необходимо отметить, что на очистных сооружениях г.о. Тольятти не используется технология утилизации илового осадка.

Отходы, образующиеся в виде илового осадка после очистки сточных вод, являются большой проблемой городов, затрагивающей технический и социально-экологический аспекты. Технический аспект – это отсутствующие до последнего времени надежные технологии, которые позволили бы полностью обезвредить отходы и переработать их в полезные для человека продукты. Социально-экологический аспект заключается в катастрофическом расширении площадей под хранение иловых осадков, в заражении почвы, наземных и подземных вод бактериями, в распространении газов в воздухе. Все это оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье людей и животных, способствует возникновению эпидемий, генетических изменений в организме. Ежегодно скопление илового осадка в мире становится больше на 3,5 млрд тонн.

1.3 Мониторинг состояния окружающей среды

Согласно Государственному докладу о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2014 год качество воды Саратовского водохранилища в районе г.о. Тольятти в 2014 году в целом по пункту наблюдения не изменилось, вода характеризовалась как «загрязненная» 3 А класса качества. Характерными загрязняющими веществами являлись труд-

ноокисляемые органические вещества (по ХПК в 2 раза) и соединения меди. Так же наблюдалось превышение по концентрации сульфатов. Превышения по органическим веществам и сульфатам могли быть вызваны проникновением фильтрата с иловых площадок.

На территории области наблюдается устойчивая тенденция активной деградации почвенного покрова, отражающаяся на продуктивности земель и вызывающая расширение ареалов проблемных и кризисных экологических ситуаций. Антропогенные воздействия на земли интенсивно возрастают, их негативные последствия характеризуются дальнейшим усилением процессов эрозии, подтопления, загрязнения и захламления земель, разрушения почвенного и растительного покрова.

Вследствие влияния эрозионных процессов в совокупности с другими факторами в почвах наблюдаются такие негативные процессы, как уменьшение гумусового слоя, потеря важнейших элементов питания, снижение содержания гумуса (дегумификация). По данным почвенно-эрозионного обследования, слабосмытые почвы теряют более 25% мощности гумусового горизонта, среднесмытые – 25-50%, сильносмытые – более 50%. Одновременно теряются необходимые растениями питательные вещества: азота – 0,3%, фосфора – 0,15%, калия – 2% от веса смытой почвы.

Анализ качественного состава атмосферного воздуха показал превышение ПДК вблизи ОАО «Тольяттисинтез» по бензаперену и диоксиду азота. Предельными являются показатели аммиака и фторида водорода. Выбросы аммиака образуются в процессе эксплуатации иловых площадок.



Рисунок 1.6 – Расположение пунктов наблюдения за состоянием атмосферного воздуха в г. Тольятти

1.4 Анализ экологических рисков

В результате различных физико-химических и биологических процессов на иловых площадках происходит постоянное выделение газов. Образование газов не контролируется. Они постоянно поступают в атмосферу.

Наиболее опасными из них являются сернистые (SO_2) и парниковые (углекислый газ - CO_2 , метан - CH_4 , закись азота - N_2O) газы.

Сернистый газ, сернистый ангидрид, SO_2 , - это не имеющий цвета газ с резким раздражающим запахом. Часть SO_2 в результате фотохимического окисления в атмосфере превращается в серный ангидрид, образующий с атмосферной влагой серную кислоту, что ведёт к образованию кислотных дождей. Кислотные осадки (их pH иногда достигает 2,5) губительно действуют на биоту, технические сооружения, произведения искусства. При понижении

pH резко усиливается эрозия почвы и увеличивается подвижность токсичных металлов. Под влиянием сернистого газа и серной кислоты происходит разрушение хлорофилла в листьях растений, в связи с чем ухудшается фотосинтез и дыхание, повышается уровень содержания углекислого газа, замедляется рост, снижается качество древесных насаждений и урожайность сельскохозяйственных культур, а при более высоких дозах воздействия растительность погибает [41].

Образование углекислого газа в атмосфере - является одной из основных причин парникового эффекта. Углекислый газ легко пропускает ультрафиолетовые лучи и лучи видимой части спектра, которые поступают на Землю от Солнца и обогревают её. В то же время он поглощает испускаемые Землёй инфракрасные лучи и является одним из парниковых газов, вследствие чего принимает участие в процессе глобального потепления.

Выбросы метана в процессе размещения осадков на иловых площадках и полигонах. Например, из-за анаэробного разложения находящихся внутри свалок органических веществ образуются горючие газы, в основном, метан. Накопление метана в атмосфере ведет к увеличению температуры нижних слоёв атмосферы, так называемому парниковому эффекту. Степень воздействия метана на атмосферу оценивается в 20-25 раз больше, чем воздействие углекислого газа. Самым опасным последствием парникового эффекта считается глобальное потепление, которое ведет к нарушению теплового баланса на планете в целом.

Закись азота - бесцветный газ, тяжелее воздуха, с характерным сладковатым запахом. Парниковая активность закиси азота в 298 раз выше, чем у углекислого газа. Кроме того, оксиды азота могут влиять на озоновый слой. Оксиды азота занимают второе место после диоксида серы по вкладу в увеличение кислотности осадков. В дополнение к косвенному воздействию (кислотный дождь), длительное воздействие диоксида азота в концентрации 470-1880 мкг/м³ может подавлять рост некоторых растений (например, томатов) [6]. Значимость атмосферных эффектов оксидов азота связана с ухудше-

нием видимости. Диоксид азота играет важную роль в образовании фотохимического смога.

Основное воздействие на почву при накоплении осадка сточных вод на иловых картах оказывают тяжелые металлы (табл. 1.4). Тяжелые металлы, поступая из почвы в растения, передаваясь по цепям питания, оказывают токсическое действие на растения, животных и человека. Ухудшение свойств почв наблюдается при высоком уровне содержания тяжелых металлов.

Таблица 1.4 – Воздействие тяжёлых металлов на человека и окружающую среду

Наименование элемента	Воздействие на человека	Воздействие на окружающую среду
1	2	3
Медь	Хронический избыток меди приводит к замедлению и остановке роста, гемолизу и снижению гемоглобина в крови, к нарушению тканей в почках, печени, мозге. Достаточно быстро происходит и выведение избытка меди из организма.	Накапливается в окружающей среде, при этом повышается токсичность.
Никель	Попадая в организм ингаляционным путем в виде $Ni(CO)_4$, никель может вызвать тяжелые последствия. Данное соединение обладает высокой растворимостью в жирах и легко проникает через мембраны, откладываясь в легких, почках, мочевом пузыре, сердечной мышце. Соединения никеля могут быть канцерогенными. Были зафиксированы случаи повышения риска раковых заболеваний дыхательных путей. При введении никеля с едой и питьем канцерогенез отсутствует.	Главным механизмом токсичности никеля является вызванное его избытком ограничение перераспределения железа от корней к верхушкам растения, вызывающее хлороз.
Свинец	Главной мишенью свинцового токсикоза является кроветворная и нервная системы. Период полувыведения свинца из организма составляет 10-20 лет.	Свинец отрицательно влияет на биологическую деятельность в почве. Свинец имеет способность передаваться по цепям питания, накапливаясь в тканях растений, животных и человека. Доза свинца, равная 100 мг/кг сухого веса корма, считается летальной для животных.

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3
Цинк	Неприятный вкус цинка в воде чувствуется при его концентрации 15 мг/л, а очень заметен он при 40 мг/л. В целом цинк малоопасен для человека, а наиболее тяжелое отравление наблюдается, когда его поступление в организм сопровождается другим токсичным элементом – кадмием	Накопление избыточного количества цинка отрицательно влияет на многие почвенные процессы: вызывает изменение физических и физико-химических свойств почвы. Цинк подавляет жизнедеятельность микроорганизмов, и нарушает процессы образования органического вещества в почвах.
Марганец	Токсической дозой для человека считается 40 мг марганца в день, летальная доза - не установлена. При избытке может развиваться тяжелые нарушения психики, в том числе галлюцинации – "марганцевое безумие".	Механизм токсичного воздействия марганца связан с подавлением метаболизма железа и кальция, вызывающим соответствующие видимые признаки недостатка этих элементов.
Кадмий	Известен, как токсичный элемент. Обладает высокой растворимостью в воде, особенно при слабокислой реакции среды. Биологический период полувыведения кадмия составляет около 20 лет. Действие кадмия может отразиться на многочисленных органах, включая легкие, сердце, печень, почки. Токсичное действие металла проявляется уже при очень низких концентрациях.	Токсичность кадмия для растений проявляется в нарушении активности ферментов, торможении фотосинтеза. При повышенном содержании кадмия в почве наблюдается закономерность распределения элемента по органам, наибольшее накопление отмечается в корнях, наименьшее – в генеративных и запасующих органах. Кадмий для человека более токсичен, чем для растений

Фильтрат с иловых площадок, проходя через толщу отходов, обогащается токсичными веществами, входящими в состав отходов или являющимися продуктами их разложения (тяжелыми металлами, органическими, неорганическими соединениями). На свалках, сооруженных без соблюдения правил охраны окружающей среды (не имеющих противofiltrационного экрана, системы отвода и очистки фильтрата), фильтрат свободно стекает по рельефу, попадает в почву, грунтовые и подземные воды. Такие фильтраты содержат биологически трудноокисляемую органику, например, галогенорганические соединения (ГОС), азотсодержащие органические комплексы, вследствие чего обладают весьма высокими значениями показателя химического потребления кислорода (ХПК), который может достигать до 40000 мг О₂/л. Их санитарно-эпидемиологическая опасность усугубляется содержа-

ем патогенных микроорганизмов. Проникновение фильтрата в почвы и грунтовые воды может привести к значительному загрязнению окружающей среды не только вредными органическими и неорганическими соединениями, но и яйцами гельминтов, патогенными микроорганизмами. Анализ экологических рисков при использовании иловых площадок представлен на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 – Экологические риски при использовании иловых площадок

1.5 Современное состояние проблемы накопления илового осадка на иловых нартах в Российской Федерации

Проблема утилизации отработанно активного ила является одной из главных проблем общества. В каждом крупном городе предусматривается станция биологической очистки сточных вод. Но в связи с ужесточением

нормативно-правовой базы в области водопользования и водоотведения, все меньше внимания уделяется утилизации осадков сточных вод. Причиной возникновения данной проблемы могут служить: несовершенство технологических схем очистки, а так же отсутствие доступных сооружений по санитарному обезвреживанию и стабилизации осадка.

В России с численностью населения 148 млн. человек, в том числе городского населения свыше 100 млн. человек, расчетный объем образующихся отходов в виде осадков городских сточных вод оценивается примерно в 4,4 млн. тонн в год (по сухому веществу). Такое количество образующихся отходов требует значительных финансовых затрат, а так же производственных площадей для организации экологически безопасного их хранения.

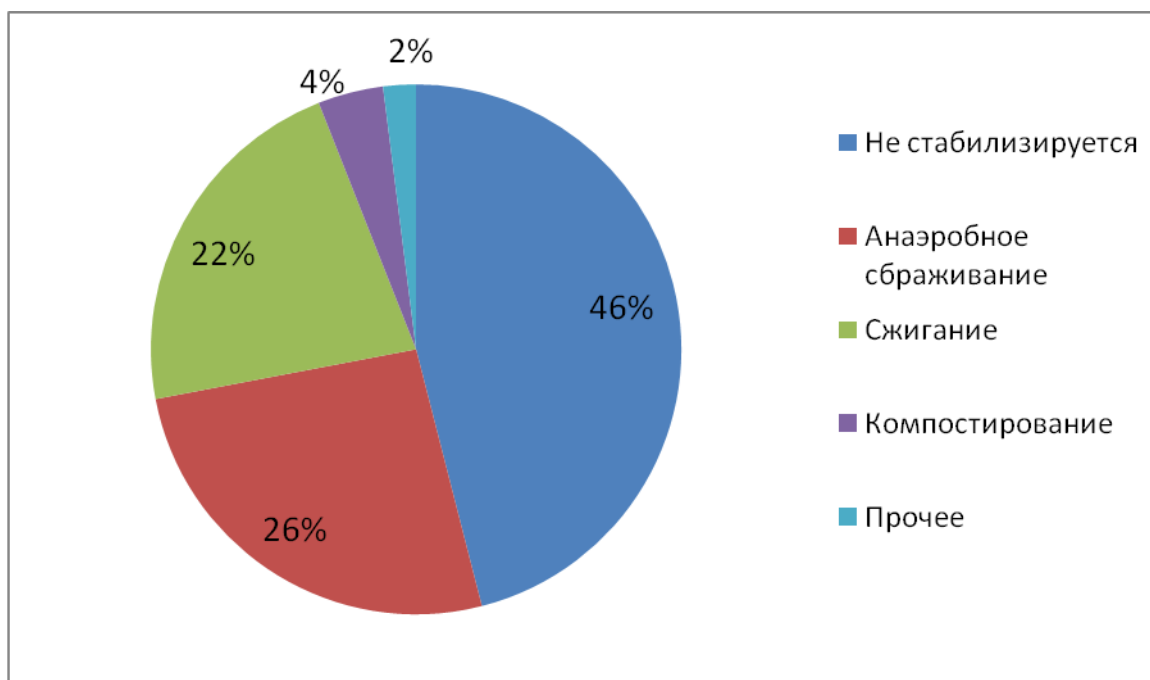


Рисунок 1.8 - Утилизация осадка сточных вод в России

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА ЭФЕКТИВНОГО МЕТОДА УТИЛИЗАЦИИ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА

2.1 Анализ способов утилизации избыточного активного ила

В рамках данной работы был выполнен литературный обзор на предмет утилизации активного ила, в результате которого было выявлено, что основными направлениями утилизации являются: депонирование, пиролиз, сжигание, использование в строительстве, применение в качестве удобрения.

Депонирование является наиболее популярным методом утилизации ила в России. Метод депонирования заключается в захоронении избыточного активного ила на специализированных площадках – полигонах. Данный метод является наиболее экономичным, но вызывают ряд негативных экологических последствий: потеря земель, загрязнение атмосферы. А также при несоблюдении техники безопасности эксплуатация таких полигонов может вызвать загрязнение почвы и подземных вод тяжелыми металлами.

Сжигание - процесс окисления органической части осадков до нетоксичных газов и золы. Данный процесс позволяет значительно уменьшить объем осадка и уничтожить патогенные микроорганизмы и яйца гельминтов. Перед сжиганием избыточный активный ил следует подвергнуть обезвоживанию. Так же при наличии токсичных компонентов топочный газ и зола требуют дополнительной очистки.

Использование избыточного активного ила в строительстве позволяет утилизировать компоненты загрязненные тяжелыми металлами и токсинами, а так же является достаточно экономичным. Недостатком данного метода является невозможность использования в качестве самостоятельного метода утилизации, а также возможность негативного влияния компонентов смеси на человека с течением времени.

Применение избыточного активного ила в качестве органического удобрения является наиболее экологичным способом утилизации, но его целесообразно использовать, только при отсутствии тяжёлых металлов и ток-

сикантов составе смеси. В противном случае такой способ утилизации приведет к деградации земель и потере территорий.

Пиролиз – высокотемпературный нагрев без доступа кислорода, с получением топливных компонентов (уголь, пиролизное масло, пиролизный газ). Одним из главных достоинств данного метода является совместная утилизация избыточного активного ила и получение продуктов, которые можно использовать в производстве. Так же стоит отметить, что процесс пиролиза является управляемым, что позволяет поддерживать эффективную работу при изменении качественного состава утилизируемого вещества. Однако пиролиз является взрывопожароопасным процессом, что требует дополнительного контроля. Достоинства и недостатки основных методов утилизации представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Анализ способов утилизации активного ила

Способ утилизации	Достоинства	Недостатки
1	2	3
Захоронение на полигонах (депонирование)	1.Простота обслуживания. 2. Низкая энергоемкость.	1.Отчуждение значительных площадей. 2.Выбросы в атмосферу. – сбросы в виде утечек и просачиваний в грунт.
Метод пиролиза	1.Получение активированного угля. 2.Первичный деготь, при фракционной разгонке может дать такие ценные продукты, как парафины, асфальтены, карбоновые кислоты, фенолы, коксовую пыль, органические основания. 3.Простое и качественное управление процессом, стабильная работа при изменении качества поступающего осадка, уменьшенный вынос золы и других загрязнений в атмосферу. 4.Значительное уменьшение потребности в топливе, в том числе возможность проведения процесса пиролиза осадка без использования дополнительного источника топлива.	1.Пиролитические установки обладают повышенной пожаро - и взрывоопасностью.. 2.Наличие в золе возгорающихся составляющих требует принятия дополнительных мер по ее безопасному размещению.

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
Сжигание	1. Сокращается общий объем осадка. 2. Отходы установки сжигания - мелкодисперсная минеральная зола, которая может использоваться для производства кирпича, бетона, облицовочных материалов .	1. Даже при самой высокой организации очистки дымовых газов выделяются полихлорированные диоксины, полихлорированные дибензофураны, СО и NO.
Использование в строительстве.	1. Использование осадка содержащие тяжелые металлы. 2. Хороший экономический эффект.	1. Может быть реализован только совместно с другим способом утилизации. 2. Не изучено влияние на человека.
Органическое удобрение	1. Экономически выгодный способ использования. 2. Улучшает физические свойства почвы. 3. Прибавка зерновых культур в среднем на 25-30%	1. Требуется соблюдение сроков и доз внесения. 2. Требуется контроль на содержание тяжелых металлов и токсикантов.

Анализ способов утилизации избыточного активного ила показал, что наиболее эффективным методом утилизации является пиролиз. Данный выбор обусловлен тем, что к используемому сырью не предъявляются требования по санитарно-гигиеническим показателям и токсичности, это позволяет утилизировать избыточный активный ил совместно с другими отходами. Так же стоит отметить, что продукты, получаемые в процессе пиролиза, могут использоваться в промышленном производстве и теплоэнергетике. Недостатки процесса легко устраняются, благодаря использованию современных технологий, и качественному контролю.

Так же стоит отметить, что в процессе очистки сточных вод образуется не только избыточный активный ил, но и прочие осадки, такие как: песок, полимеры и отходы доломита. В связи с этим модернизация технологии утилизации только избыточного активного ила является нецелесообразной. Поэтому дальнейшее исследование будет направлено на утилизацию осадков сточных вод, включающих: избыточный активный ил, песок, полимеры, отходы доломита.

2.2 Расчет образования осадков сточных вод

Для правильного выбора и эффективной работы пиролизной установки необходимо правильно рассчитать количество образующихся осадков сточных вод.

По известной концентрации взвешенных веществ в поступающих сточных водах (по данным анализов лаборатории предприятия) и степени извлечения взвешенных примесей в процессе механической очистки можно определить, общее нормативное количество шлама механической очистки (песколовки, полимер-ловушки, первичные отстойники) сточных вод. Общее нормативное количество шлама механической очистки сточных вод (в расчете на сухое вещество) рассчитаем по формуле 1, используемой на предприятии для расчета количества осадков, образующихся при механической очистке сточных вод:

$$Q_o = V_c \cdot C \cdot 0,9/1000, \quad (1)$$

где Q_o – количество осадка, образующегося при механической очистке, кг;

V_c – объем сточных вод (164100 м³/сут, согласно технологическому регламенту цеха водоснабжения и водоочистки участка БОС на эксплуатацию сооружений по очистке сточных вод), м³;

C – концентрация взвешенных веществ в сточных водах, мг/л (г/м³);

0,9 – степень удаления взвешенных частиц при механической очистке.

По данным предоставленным предприятием, средневзвешенная (по всем потокам поступающих сточных вод) концентрация взвешенных веществ в поступающих на механическую очистку сточных водах составила 98,1 мг/л (г/м³). Общее годовое нормативное количество (в расчете на сухое вещество) шлама механической очистки сточных вод:

$$\begin{aligned} Q_o &= 164100 \cdot 365 \cdot 98,1 \cdot 0,9/1000 = 5288261,985 \text{ кг/год} \\ &= 5288262 \text{ т/год.} \end{aligned}$$

В результате проведенной инвентаризации установлено, что полимеров образуется - 4.1 %, песка – 2.0 % от общего количества осадков очистных сооружений. Оставшееся количество представляет собой шлам первичных отстойников и избыточный активный ил, которые технологически не разделяются и удаляются совместно.

Рассчитаем нормативные количества осадков очистных сооружений и их удельные нормативы образования. Удельные нормативы образования осадков очистных сооружений рассчитаем, исходя из проектной производительности ОС, равной 164100 м³/сут.

$$Q_{\text{осадок}} = 164100 \cdot 365 = 59896500 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Нормативное количество образующегося песка из песколовок:

$$Q_{\text{песок}} = 0,020 \cdot 5288,262 = 105,770 \text{ т/год};$$

Нормативное количество образующихся полимеров из полимерловушек:

$$Q_{\text{полимер}} = 0,041 \cdot 5288,262 = 216,820 \text{ т/год};$$

Нормативное количество шлама первичных отстойников:

$$Q_{\text{шлам}} = 5288,262 - 105,770 - 216,820 = 4965,972 \text{ т/год};$$

Прирост активного ила при работе биологических очистных сооружений рассчитывается согласно формуле 2.

$$P_i = 0,8 \cdot C_{\text{сдп}} + K_g \cdot L_{\text{ен}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{сдп}}$ – концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей в аэротенк, мг/л;

K_g – коэффициент прироста (0,3);

$L_{\text{ен}}$ – БПК_{полн.} поступающей в аэротенк сточной воды, мг О₂/л.

$$P_i = 0,8 \cdot 240 + 0,3 \cdot 160 = 240 \text{ мг/л (г/м}^3\text{)}.$$

Данные о концентрации взвешенных веществ в сточных водах, поступающих в аэротенк, и БПК_{полн.} взяты из результатов анализов сточных вод, выполненных в лаборатории предприятия.

Годовой прирост избыточного активного ила (в расчете на сухое вещество) составит:

$$Q_{\text{ил}} = 164100 \cdot 365 \cdot 240/1000 = 14375,160 \text{ т/год.}$$

Общее нормативное количество (на сухое вещество) образующихся отходов (осадков) при механической и биологической очистке сточных вод очистных сооружений в расчете на проектную производительность очистных сооружений:

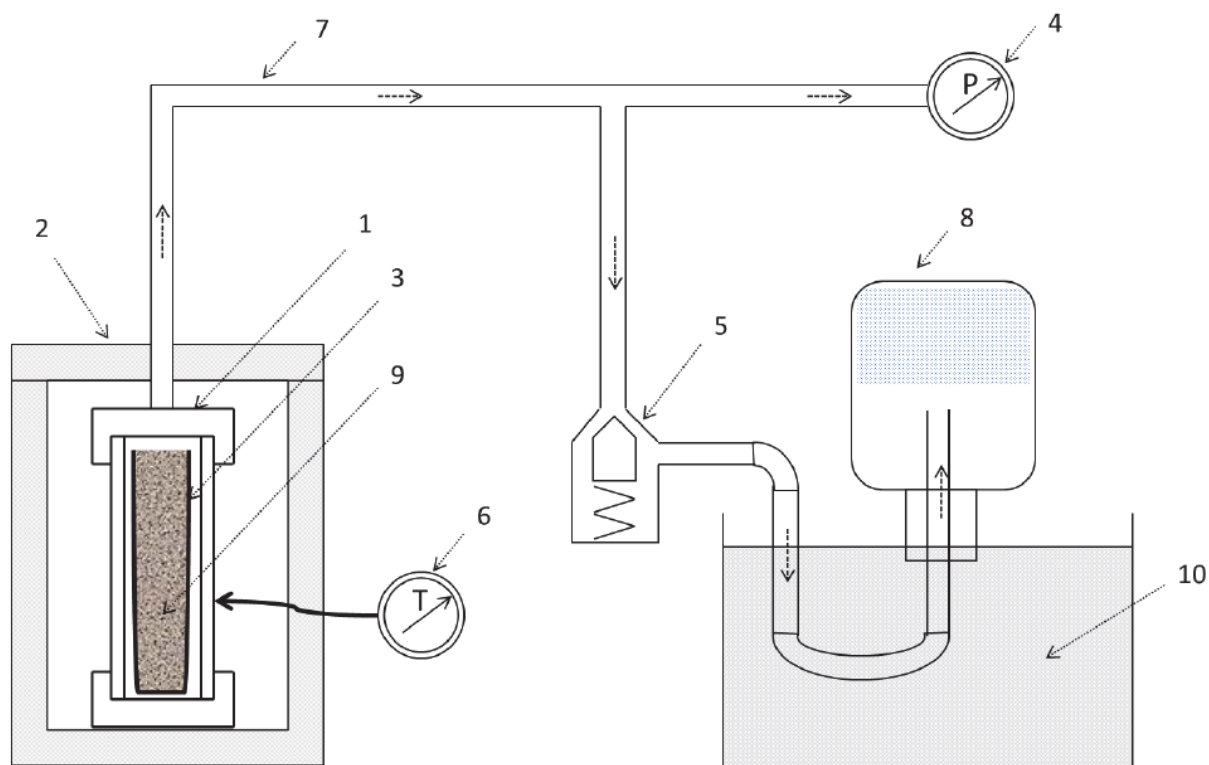
$$Q_{\text{общ}} = 4965,672 + 14375,160 = 19340,832 \text{ т/год.}$$

2.3 Определение эффективности метода пиролиза

Для определения эффективности процесса пиролиза сотрудниками ФГБНУ «Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства» было проведено экспериментальное исследование данного процесса и продуктов его образования. В качестве нагревающего компонента использовался пар высокого давления, источником которого служила вода, входящая в осадки сточных вод.

Переработке были подвергнуты осадки сточных вод с Люберецких очистных сооружений, которые имели полужидкую консистенцию, неприятный запах, темно-зеленый цвет. Для проведения эксперимента, были подготовлены образцы с различным содержанием влаги от 66% до 83%.

Для создания условий, необходимых для проведения эксперимента была разработана установка, схема которой представлена на рисунке 2.1. Установка состояла из тонкостенного стакана, выполненного из нержавеющей стали, который помещался в сосуд высокого давления. В один из фланцев которого, была врезана стальная трубка, к которой присоединялись манометр и редукционный клапан, к которому, с помощью трубки проходящей через резервуар с водой, присоединена бутылка для сбора газа.



1 – реактор; 2 – муфельная печь; 3 – стакан; 4 – манометр; 5 – редукционный клапан; 6 – термометр; 7 – соединительная трубка; 8 – бутылка для сбора газов; 9 – стакан с исследуемым компонентом; 10 – резервуар с водой

Рисунок 2.1 – Схема экспериментальной установки

В ходе эксперимента полученный реактор нагревали в муфельной печи, при этом регулируя давление при помощи редукционного клапана. Температура в печи варьировалась от 350 до 550°C.

Ход работы:

1. Реактор, содержащий стакан с образцом поместили в муфельную печь и предварительно изолировав затворы включили нагрев до 350 °C – 400°C.
2. При достижении заданной температуры, выключили нагрев и вынули реактор из муфельной печи и охладили.
3. При достижении реактором комнатной температуры, из него извлекался стакан с исследуемым веществом.

Полученный сухой осадок представлял собой темно-коричневую ультрадисперсную массу с нейтральным запахом. Свойства полученной массы были сходны со свойствами золы, при контакте с водой масса смачивалась и частично оседала на дно. При пропускании через бумажный однослойный фильтр, полученная взвесь почти полностью проходит через него.

Для определения состава газов, был использован прибор Testo t350 S. Результаты данного анализа приведены в таблице 2.2. Концентрация окислов азота и углекислого газа не поднималась выше 0,1%.

Таблица 2.2 – Результаты анализа газов, образовавшихся в процессе пиролиза

№ пробы	Влажность, %	Температура, °C	Состав газов, %		
			CO	H ₂	C _x H _y
1	83	440	6	38	56
2	92	450	2	4	94
3	83	465	15	15	70
4	50	480	26	11	63
5	67	510	7	13	80
6	67	520	13	45	42

В результате проведённого эксперимента были сделаны следующие выводы:

- обработка осадка сточных вод методом пиролиза позволяет значительно уменьшить объём отхода;
- в процессе пиролиза осадка сточных вод выделяются горючие газы и практически отсутствуют окислы азота и серы;
- в зависимости от технологических режимов работы состав получаемых газов может меняться в широких пределах;
- полученные газы могут применяться в качестве топлива.

2.4 Обзор существующих установок для утилизации осадков сточных методом пиролиза

Литературный обзор показал, что утилизация осадков сточных вод методом пиролиза является достаточно эффективным и перспективным процессом, но редко находит применение на практике. Чаще метод пиролиза применяется при утилизации твердых коммунальных отходов, отходов при переработке резины, отходов нефтеперерабатывающей промышленности, а также отходов медицинских учреждений и биоресурсов (древесина, торф).

Утилизация осадков сточных вод методом пиролиза является достаточно эффективной за счет содержания большого количества биомассы в осадке, что дает повышенную калорийность получаемого газа.

В результате литературного обзора были выявлены 2 наиболее перспективные установки: «Fortan-80», «Цивилизация-20». Сравнительная характеристика данных установок представлена в таблице 2.3.

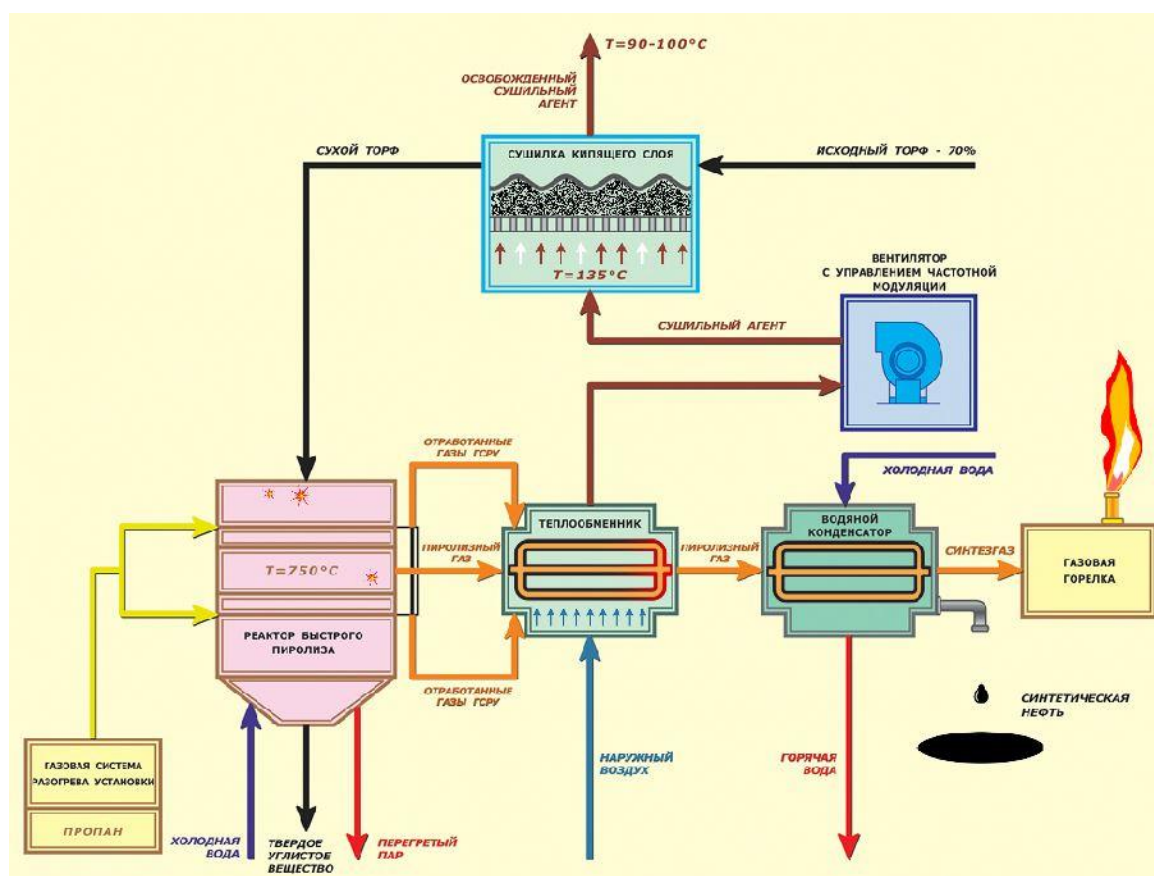
Таблица 2.3 – Сравнительная характеристика пиролизных установок

Название установки	Производительность установки, т/сутки	Потребляемая мощность установки, кВт	Температура эксплуатации установки	Необходимость дополнительного оборудования	Цена установки, млн. рублей
Fortan – 80	80	50	От +35°C до -15 °C	Для обеспечения загрузки/выгрузки реторты потребуется грузоподъемный механизм, необходим источник воды (скважина, колодец и т.д.) с объемом подачи около 10м ³ .	От 82
Цивилизация - 20	54	23	От +35°C до -35 °C	Необходим источник воды (скважина, колодец и т.д.) с объемом подачи около 10м ³ .	От 40

Анализ показал, что наилучшими характеристиками обладает пиролизная установка «Цивилизация -20».

Принцип работы установки. Исходное сырьё, влажностью от 70% загружается в сушилку кипящего слоя при температуре 135°C. В процессе сушки исходное сырьё обезвоживается до необходимого показателя, после

чего направляется в реактор быстрого пиролиза, температура в котором достигает 750 °С. Температура внутри реактора поддерживается за счет газовой системы нагрева, работающей на пропане. В результате процесса быстрого пиролиза образуется твёрдое углистое вещество и пиролизный газ. Образовавшийся пиролизный газ поступает в теплообменник, откуда часть идет в качестве сушильного агента в сушилку кипящего слоя через вентилятор, а оставшийся газ поступает в водяной конденсатор. В процессе конденсации образуется синтетическая нефть, синтезгаз и горячая вода. Схема установки быстрого пиролиза «Цивилизация – 20» представлена на рисунке 2.2.



**Рисунок 2.2 – Схема установки быстрого пиролиза
«Цивилизация – 20»**

При автономном использовании установки возможна реализация схемы с использованием электроэнергии от собственной генерации после выхода установки в рабочий режим эксплуатации. Время выхода в рабочий режим 2,5-5 часов. Для запуска установки потребуется 1 баллон с газом типа пропан и дизельный генератор на 20 кВт. Вопрос сбора воды из пара от сушилки не

рассматривался. Для автономной работы нужно предусмотреть источник воды (скважина, колодец и т.д.) с объёмом подачи около 10м³/сутки. Технические характеристики установки быстрого пиролиза представлены в таблице 2.4.

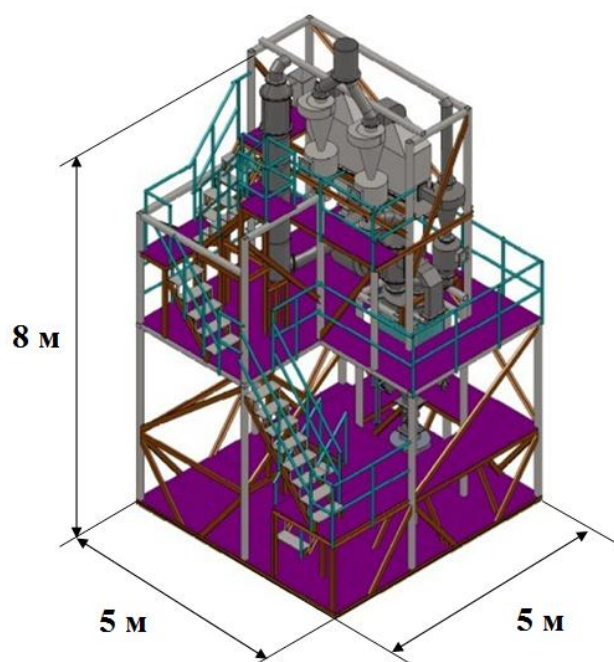
Таблица 2.4 – Технические характеристики установки быстрого пиролиза «Цивилизация-20»

Техническая характеристика	Значение
Потребление сырья, т/год	20 000
Суммарная производительность по газу, млн. м ³ /год	8 - 24
Выход газа, м ³ с 1 кг сырья	0,5 – 1,2
Калорийность газа, ккал/ м ³	3 500 – 8 000
Потребление электроэнергии за год, кВт	200 000
Потребление воды за год, м ³	3 600
Потребление пропана за год, кг	1 000
Выход углеродистого материала, т/год	2 000
Выход синтетической нефти, т	2 400 – 4 400
Занимаемая площадь, м ²	25

Продуктами быстрого пиролиза являются:

- пиролизный газ;
- высокоуглеродистый материал;
- синтетическая нефть.

Габаритные размеры и внешний вид установки быстрого пиролиза «Цивилизация – 20» представлен на рисунке 2.3.



**Рисунок 2.3 – Внешний вид установки быстрого пиролиза
«Цивилизация-20»**

Параметры пиролизного газа и высокоуглеродистого вещества представлены в таблицах 2.5 и 2.6 соответственно.

Таблица 2.5 – Параметры пиролизного газа

Компонент	Значение, % масс
H ₂	10,0 – 35,0
O ₂	4,0 – 10,0
N ₂	3,0 – 6,0
CH ₄ , C ₂ , C ₃ , C ₄	30,0 – 55,0
CO	15,0 – 25,0
Теплотворная способность	5700 – 7700 ккал

Таблица 2.6 – Параметры высокоуглеродистого материала

Характеристика	Значение
1	2
Размер частиц	0,5 – 1,5 мм
Массовая доля углерода	До 95,5%
Массовая доля водорода	До 0,8%

Продолжение таблицы 2.6

1	2
Массовая доля кислорода	До 0,7%
Массовая доля азота	До 1,1%
Теплотворная способность	6900 – 7400 ккал

Для эффективной работы пиролизного оборудования, влажность исходного сырья не должна превышать 70%, получаемый осадок сточных вод на очистных сооружениях ОАО «Тольяттисинтез» имеет влажность до 97%. В связи с этим возникает необходимость установки обезвоживающего оборудования.

2.5 Обзор оборудования для обезвоживания осадков сточных вод

Обезвоживание является неотъемлемой частью обработки осадков сточных вод. Повышенная влажность осадка приводит к увеличению его массы, а также ускоряет процессы гниения, что приводит к распространению неприятных запахов. Так же обезвоживание позволят увеличить эффективность дальнейшей переработки.

На сегодняшний день существует два основных метода переработки:

- Естественное обезвоживание на иловых площадках - представляет собой высушивание осадков на дренажных подложках или без них. При использовании данного метода влага удаляется за счет фильтрации через дренаж или грунт и испарения её с поверхности осадка. Преимуществом данного метода является низкая стоимость. Главным минусом являются большие площади сооружений, а так их негативное воздействие на окружающую среду, ввиду чего их применение в настоящее время представляется неэффективным.

- Механическое обезвоживание наиболее часто применяемый и обширный по аппаратному оформлению способ, используемый для обработки осадков. Классификация установок механического обезвоживания представлена на рисунке 2.4. Основными методами механического обезвоживания яв-

ляются: шнековый пресс, винтовой пресс, ленточный пресс, центрифуга и фильтр пресс.

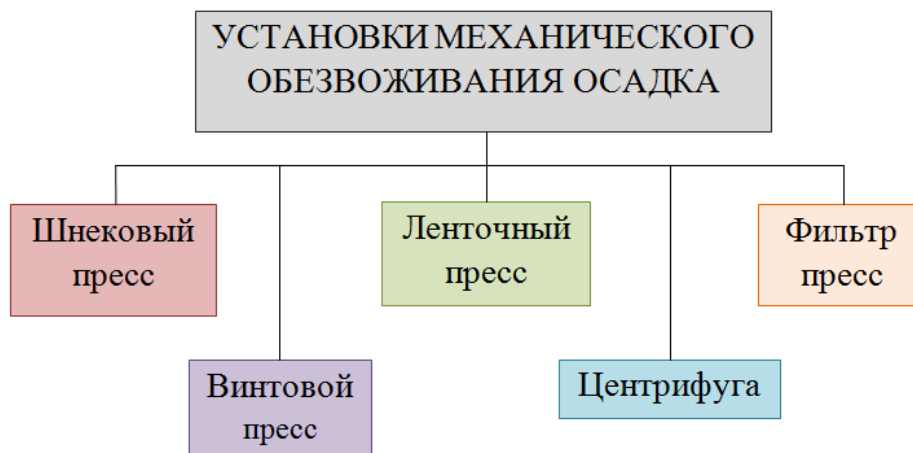


Рисунок 2.4 – Установки механического обезвоживания осадка

На основании литературного обзора был проведен сравнительный анализ существующих установок, представленный в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Сравнительный анализ существующих установок

Наименование установки	Шнековый пресс	Ленточный пресс	Винтовой пресс	Центрифуга	Фильтр пресс
1	2	3	4	5	6
Обезвоживание осадка с низкой концентрацией	Да	Нежелательно	Нежелательно	Да	Нет
Присутствие масла	Да	Нет	Нет	Нежелательно	Нет
Количество промывочной воды	Низкое	Высокое	Среднее	Низкое	Среднее
Энергопотребление	Низкое	Среднее	Среднее	Высокое	Высокое
Возможность непрерывного процесса	Да	Нет	Да	Нет	Нет
Шум	Низкий	Высокий	Высокий	Высокий	Средний

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6
Вибрация	Низкая	Средняя	Высокая	Средняя	Средняя
Наличие илоуплотнителя	Не требуется	Требуется	Не требуется	Требуется	Не требуется
Занимаемая площадь	Маленькая	Большая	Средняя	Большая	Средняя
Цена	Низкая	Высокая	Низкая	Низкая	Высокая

На основании проведенного анализа было выявлено, что наиболее эффективным методом механического обезвоживания является шнековый пресс.

Проанализировав рынок данной продукции был выбран шнековый обезвоживатель «КИТ ОШ» производства Средневолжского Машиностроительного Завода. В соответствии с объемом и концентрацией была выбрана модель «КИТ ОШ 200/2» (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Шнековый обезвоживатель «КИТ ОШ»

Агрегат состоит из обезвоживающего барабана, дозирующей емкости, емкости флокуляции, контрольной панели.

Обезвоживающий барабан, представленный на рисунке 2.6, состоит из шнека, вращающегося с постоянной скоростью в цилиндрическом корпусе.

Корпус состоит из ряда чередующихся неподвижных колец, плавающих колец и прокладок-зазоров. Шаг витков шнека уменьшается от зоны сгущения к зоне обезвоживания. Одна часть барабана предназначена для сгущения осадка, другая для его обезвоживания. В зоне сгущения, изготовленной из высококачественного пластика, фильтрат вытекает под действием силы тяжести. В зоне обезвоживания, изготовленной из нержавеющей стали, шаг витков шнека уменьшается, увеличивается давление в барабане. Фильтрат вытекает сквозь зазоры между кольцами. Прижимная пластина, установленная на конце шнека, увеличивает внутреннее давление в барабане.

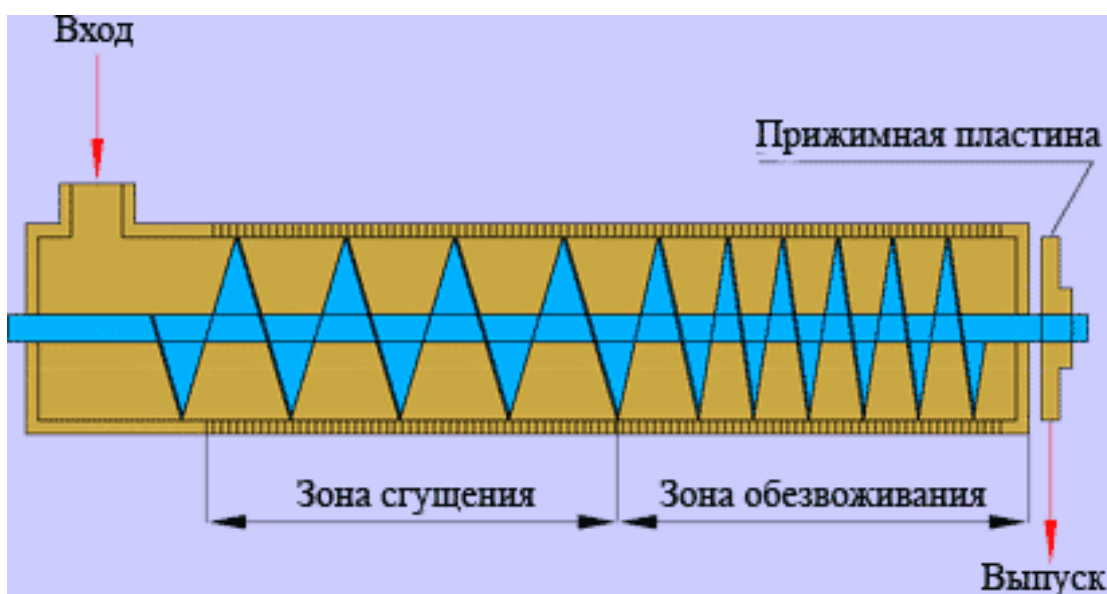


Рисунок 2.6 – Схема обезвоживающего барабана

Дозирующая емкость. Осадок из отстойника подается в дозирующую емкость насосом. Насос включается датчиком уровня, предусмотрен аварийный сток при переполнении. Далее осадок попадает в емкость флокуляции через V – образный переток.

Емкость флокуляции. В этой емкости реагент, подаваемый дозирующим насосом, смешивается специальным миксером с осадком до образования флоккул (хлопьев). Далее связанный реагентом осадок попадает в обезвоживающий барабан.

Шкаф управления. Шкаф управления обеспечивает работу обезвоживателя шнекового в полностью автоматическом режиме. Контрольная панель

управляет и внешними устройствами – подачей осадка и работой полимерной станции.

Система самоочистки. Конструкция создана таким образом, что вода используется только для смыва осадка с поверхности барабана. Из-за постоянного перемещения колец относительно друг друга барабан не засоряется.

Осадок поступает с постоянной скоростью через V-переток из дозирующей емкости. Осадок смешивается миксером с поступившим реагентом до образования флоккул. Флокулы попадают в зону сгущения обезвоживающего барабана. Шнек перемещает сгущенный осадок в зону обезвоживания, давление в барабане возрастает, осадок выжимается. В зоне выгрузки влажность его составляет не менее 60%.

Габаритные размеры установки: высота – 1800 мм, ширина – 1060 мм, длина – 2000 мм.

Цена установки 3100000 рублей.

2.6 Внедрение предлагаемых изменений

Внедрение предлагаемых изменений на очистные сооружения ОАО «Тольяттисинтез» позволит снизить негативное воздействие на окружающую среду и утилизировать осадки сточных вод с получением дополнительных продуктов.

На выходе, установка выдаёт газ высокой калорийности 6000-8000 Ккал/м³, что соответствует параметрам магистрального газа. Высококалорийный газ является чистым и пригоден для дальнейшего использования без дополнительной подготовки. Газ прошёл испытания и опробирован на турбинах Capstone (США) с предварительным химическим анализом. С 1 кг исходного сырья получается 1,2-1,5 м³ газа.

Побочный продукт в процессе пиролиза:

- Высокоуглеродистый материал- до 0,2 тонн в год.

Высокоуглеродистый материал используется в сталеплавнении для вспенивания шлака. Его применение является эффективным и наиболее

оправданным по экономическим показателям. Применение высокоуглеродистого материала позволяет снизить энергозатраты и повысить качество производимой продукции. Он успешно используется на различных видах сталеплавильного оборудования, например, электродуговых печах и установках печь-ковш.

- Синтетическая нефть – до 200л в год.

Синтетическая нефть широко используется как в качестве топлива, так и в качестве сырья для дальнейшей обработки. Основными потребителями являются: нефтеперерабатывающие предприятия, нефтехимические комбинаты, ТЭЦ и котельные, предприятия оргсинтеза и т.п.

Схема очистных сооружений после внедрения изменений представлена на рисунке 2.7. В результате внедрения предлагаемых изменений песок и полимеры, образующиеся в результате механической очистки, а также ил и шлам первичных отстойников, образующийся при биологической очистке, вместе с отходами доломита направляются в установку быстрого пиролиза. Продуктами процесса быстрого пиролиза являются: синтетическая нефть, высокоуглеродистый материал, синтетический газ.

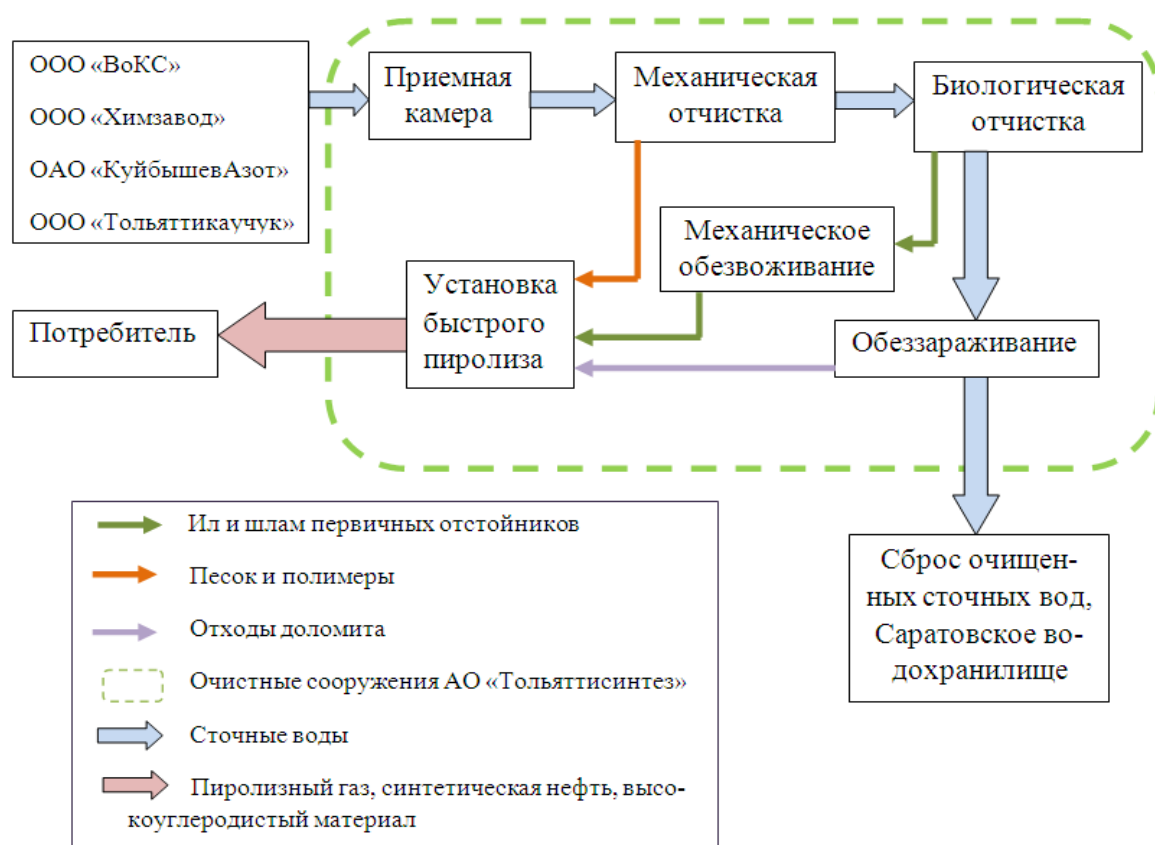


Рисунок 2.7 – Схема очистных сооружений после внедрения изменений

2.7 Экономическое обоснование внедрения установки быстрого пиролиза

Для определения экономической эффективности внедрения предлагаемых изменений необходимо произвести технико-экономический расчёт. Исходные данные для расчета приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Исходные данные

Наименование	Объем	Стоимость
1	2	3
Годовое потребление		
Электроэнергия	200000 кВт	3 руб/кВт
Вода	3600 м ³	5 руб/м ³
Пропан	1000 кг	20 руб/кг

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3
Годовое производство		
Пиролизный газ	16000000 м ³	0,4 руб/м ³
Высокоуглеродистый материал	2000 тонн	500 руб/т
Синтетическая нефть	4000 тонн	830 руб/т

Основной статьей единовременных затрат является установка быстрого пиролиза «Цивилизация-20». В стоимость установки входит весь перечень работ по проектированию, изготовлению, поставке, шефмонтажу, запуску в эксплуатацию, обучению обслуживающего персонала заказчика, гарантийное обслуживание в течение 2-х лет, авторский надзор. Полный перечень единовременных затрат представлен в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Единовременные затраты

Наименование	Стоимость
1	2
Установка быстрого пиролиза «Цивилизация - 20»	40000000 руб
Шнековый обезвоживатель КИТ ОШ 200/2	3100000 руб
Согласование с Ростехнадзором	70000 руб
Согласование с Росприроднадзором	100000 руб
Согласование органами Государственного пожарного надзора	40000 руб
ИТОГО (S_E)	43310000 руб

Плата за негативное воздействие на окружающую среду (хранение избыточного активного ила) рассчитываются по формуле 3:

$$S_{ил} = H \cdot k_{эс} \cdot k_x \cdot k_n \cdot N, \quad (3)$$

где H - норматив платы за размещение отходов производства и потребления, руб;

$k_{эс}$ - коэффициент экологической ситуации;

k_x – коэффициент хранения;

k_n - коэффициент инфляции за 2016год;

N – количество избыточного активного ила, т.

$$S_{ил} = 248 \cdot 1,9 \cdot 0,3 \cdot 2,56 \cdot 14375,16 = 5202105,9 \text{ руб.}$$

На основании исходных данных рассчитывается сумма ежегодных затрат (формула 4) и сумма ежегодной прибыли (формула 5):

$$S_з = V_з \cdot t_з + V_в \cdot t_в + V_п \cdot t_п, \quad (4)$$

где $S_з$ – сумма ежегодных затрат, руб;

$V_з$ – количество электроэнергии затрачиваемой в год, кВт;

$t_з$ – стоимость 1кВт энергии, руб;

$V_в$ – количество воды затрачиваемой в год, м³;

$t_в$ – стоимость 1 м³ воды, руб;

$V_п$ – количество пропана затрачиваемого в год, кг;

$t_п$ – стоимость 1 кг пропана, руб.

$$S_з = 200000 \cdot 3 + 3600 \cdot 5 + 1000 \cdot 20 = 638000 \text{ руб.}$$

$$S_п = V_{сг} \cdot t_{сг} + V_{вум} \cdot t_{вум} + V_{сн} \cdot t_{сн} + S_{ил}, \quad (5)$$

где $S_п$ - сумма ежегодной прибыли, руб;

$V_{сг}$ – количество синтетического газа получаемого за год, м³;

$t_{сг}$ - стоимость 1м³ синтетического газа, руб;

$V_{вум}$ - количество высокоуглеродистого материала получаемого за год,

т;

$t_{вум}$ - стоимость 1т высокоуглеродистого материала, руб;

$V_{сн}$ – количество синтетической нефти получаемой за год, т;

$t_{сн}$ - стоимость 1т синтетической нефти, руб.

$$\begin{aligned} S_п &= 16000000 \cdot 0,4 + 2000 \cdot 500 + 4000 \cdot 830 + 5202105,9 \\ &= 15922105,9 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Срок окупаемости рассчитывается по формуле 6:

$$T = (S_E + S_3) / S_{\pi}, \quad (6)$$

где T - срок окупаемости оборудования, лет.

$$T = (43310000 + 638000) / 15922105,9 = 2,76 \text{ лет.}$$

По прошествии срока окупаемости предприятие будет иметь дополнительный ежегодный доход в размере 15922105,9 рублей.

Выбранное оборудование, соответствующее политике импортозамещения, позволяет значительно уменьшить количество образующихся отходов, устранить негативное воздействие на окружающую среду от иловых карт, а так же обеспечит дополнительный доход, за счет реализации продуктов пиролиза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ современных методов утилизации избыточного активного ила показал, что большая часть осадка накапливается на иловых площадках, оказывая негативное влияние на состояние окружающей среды и занимая большие площади. Для того чтобы предотвратить негативные последствия необходима модернизация системы утилизации избыточного активного ила.

В работе проведен анализ образования и накопления осадков сточных вод на иловых площадках при очистке сточных вод на очистных сооружениях ОАО «Тольяттисинтез», в результате чего были выявлены следующие проблемы: иловый осадок не может использоваться в качестве удобрения, иловый осадок содержит определенный процент полимеров и тяжёлых металлов.

На основе качественного состава илового осадка определены экологические риски его воздействия на окружающую среду, такие как: эрозия почв, снижение продуктивности экосистем, образование парникового эффекта.

В результате анализа существующих способов утилизации избыточного активного ила метод пиролиза был определен как наиболее эффективный по производительности, степени воздействия на окружающую среду и экологической эффективности.

Экономическая эффективность предлагаемых решений обусловлена, снижением платы за негативное воздействие на окружающую среду, а также дополнительной прибылью от реализации продуктов пиролиза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гандурина Л.В., Фомичева Е.В. Интенсификация физико-механической очистки сточных вод / Водоснабжение и санитарная техника. – 1994. – № 4. – С. 14 – 15.
2. Гляденов С.Н. Очистка производственных и поверхностных сточных вод / Экология и промышленность России. – 2001. – № 8. – С. 7 – 9.
3. Гляденов С.Н. Очистка сточных вод: традиции и новации / Экология и промышленность России. – 2001. – № 2. – С. 15 -17.
4. Госкомэкология РФ. Методические указания по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты / ЭКОС-информ. – 1999. – № 1/2. – С. 198 - 224.
5. Губанов Л.Н., Цимбалов С.Д., Новикова О.М. О плате за негативное воздействие на окружающую среду. / Вода и экология. Проблемы и решения. – 2005. - № 2. – С. 61-70.
6. Данилович Д.А., Козлов М.Н., Богарова И.Н., Дворецкая И.С. Сравнительная оценка методов обеззараживания сточных вод / Вода и экология. Проблемы и решения. – 2002, - №1. - С. 41-48.
7. Друцкий А.В. Установка очистки ливневых сточных вод / Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – № 3. – С. 68-69.
8. Зиновьев А.П., Филиппов В.Н. Комплексная очистка сточных вод содержащих нефтепродукты, ПАВ и фенолы. № 2 / 2002. – С. 43-55.
9. Кармазинов, Ф.В. Опыт Водоканала Санкт-Петербурга по обработке и утилизации осадков Текст. / Ф.В. Кармадинов, М.Д. Пробирский, Б.В. Васильев // Водоснабжение и санитарная техника. — 2002. — №12 (часть1). -С. 13-15.
10. Кашинцев М.Л., Черникова О.А., Шиленко Н.А. (Главрыбвод), Соколова С.А., Анисова С.Ю. (ВНИРО). Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных

объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. - М.: ВНИРО, 1999, С.10-261.

11. Кичигин В.И. Водоотводящие системы промышленных предприятий. Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2011. - 656 с. ISBN 978-5-93093-761.

12. Когановский, А. М. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / А. М. Когановский, Н. А. Клименко, Т. М. Левченко. М.: Химия, 2010. - 288 с.

13. Кротов В.Г. Справочник ПДК. - М.: АСВ, 2004 – 704 с.– ISBN 5-93093-119-4.

14. Ксенофонтов Б. С. Очистка сточных вод: флотация и сгущение осадков / Б.С. Ксенофонтов. - М.: Химия, 2011. - 144с.

15. Ксенофонтов Б.С. Проблемы очистки воды / Б.С. Ксенофонтов. - М.: Знание, 2011. - 140с.

16. Ксенофонтов Б.С. Химия и основы технологии очистки воды / Б.С. Ксенофонтов. - М.: МГИЭТ, 2010. - 187с.

17. Ксенофонтов Б.С. Очистка воды и почв флотацией / Б.С. Ксенофонтов. -М.: Новые технологии, 2011. - 223с.

18. Кузнецов А.Е. Научные основы экобиотехнологии / Н.Б. Градова, А.Е. Кузнецов. – М.: Мир, 2011.- 217с.

19. Куликова Т.П. Проблемы водной токсикологии / Т.П. Куликова. – М.: ЭКСМО, 2010. – 234с.

20. Курочкин Э.С. Основы инженерной экологии / Э.С. Курочкин. - Барнаул: АлтГТУ, 2011. - 98с.

21. Лазарев К.Г. Современные методы анализа сточных вод / К.Г. Лазарев. - М.: Луч, 2012. - 123 с.

22. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье. - М.: Химия, 2011. - 384 с.

23. Львович М.И. Вода и жизнь / М.И. Львович. – М: Мысль, 2012. – 254с.

24. Максимовский Н.С. Очистка сточных вод / Н.С. Максимовский. - М.: Стройиздат, 2011. - 193с.
25. Малкин В.П. Технологические аспекты очистки промстоков, содержащих ионы тяжёлых металлов. - Иркутск, 2009.- С.46.
26. Малкин, В.П. Обезвреживание промышленных сточных вод термическим методом Текст. / В.П. Малкин, В.Н. Курин // Экология и промышленность России. 2001. — июнь. - С. 9 - 10.
27. Мещеряков Н.Ф. Кондиционирующие флотационные аппараты и машины / Н.Ф. Мещеряков. - М.: Недра, 2010. - 237с.
28. Молоканов Д.А., Молчан А.В. Очистка сточных вод: комплексное решение / Экология производства. – 2006. – № 9. – С. 38 – 40.
29. Москвитин Б.А. Оборудование водопроводных и канализационных сооружений / Б.А. Москвитин, Г.М. Мирончик. - М.: ЮНИТА, 2011. – 196с.
30. Нечаев И.А. Очистка и обеззараживание поверхностной сточной воды / Материалы конгресса «Вода: Экология и технология» ЭКВАТЭК-2004. В 2-ух частях. Часть 2. – Коломна, 2006г.- С. 688 - 689.
31. Новиков М.Г. Основные тенденции в области улучшения качества очистки поверхностных вод / Вода и экология. Проблемы и решения. № 1 / 2006. – С. 8-11.
32. Пааль Л.И., Кару Я.Я., Мельдер Х.А., Репин Б.Н. Справочник по очистке природных и сточных вод. – М.: Высш. школа, 2005. – С. 336.
33. Пальгунов Н.В. Очистка сточных вод мясоперерабатывающих заводов / Н.В. Пальгунов, А.Н. Абрамов. – М.: Луч, 2010. – 405с.
34. Пваменко А. И. Физико-химическая очистка и повторное использование сточных вод / А. И. Пваменко, В. В. Отлешов, Ю. А. Коваленко. М.: Пищевая промышленность, 2010. – 122с.
35. Пономарев В.Г., Боев В.Ф., Чучалин И.С., Порхачев В.Н., Хананов Р.Г. Новые сооружения для физико-химической очистки нефтесодержащих сточных вод / Вода и экология. Проблемы и решения. – 2007.– № 1. – С. 38 – 42.

36. Пономарев В.Г., Чучалин И.С., Зильберман Р.Р. Очистка поверхностного стока / Вода и экология. Проблемы и решения. – 2008. – № 2. – С. 16 – 22.
37. Попкович Г.С. Системы аэрации сточных вод / Г.С. Попкович, Б.Н. Репин. – М.: ВИНТИ, 2012. – 316с.
38. Роговская Ц.И. Биохимический метод очистки производственных сточных вод / Ц.И. Роговская. - М., Стройиздат, 2010. – 129с.
39. Роев Г.А. Очистные сооружения. Охрана окружающей среды / Г.А. Роев. - М.: Недра, 2010. – 168с.
40. Ротмистров М.Н. Микробиология очистки сточных вод / М.Н. Ростмиров. - Киев: Наукова Думка, 2011. - 268 с.
41. Рудник М.И., Кичигин О.В. Новые технологии и оборудование для флотационной очистки сточных вод / Экология производства. – 2006. – № 1. – С. 63 – 66.
42. Рудник М.И., Кичигин О.В., Рудько В.Г. Технологии и оборудование для глубокой доочистки сточных вод / Экология производства.– 2006. – № 9. – С. 43-45.
43. Сапожникова В.А. Экологически безопасное обращение с отходами на предприятии/ В.А. Сапожникова //Берг-коллегия: Промышленная безопасность. Энергетика. Экология. - 2010. - Прил. к № 4. – 327 с.
44. Соколова В.Н. Охрана производственных сточных вод и утилизация осадков / В.Н. Соколова. - М.: Стройиздат, 2012. - 340 с.
45. Технологический регламент «цеха водоснабжения и водоочистки участка БОС на эксплуатацию сооружений по очистке сточных вод» . – 2006. – С.3–11
46. Трушин Т.П. Экологические основы природопользования / Т.П. Трушин - Ростов на Дону: Феникс, 2011. - 384 с.
47. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод / И.С. Туровский. - М.: Стройиздат, 2010. - 130 с
48. Федеральный закон «Водный кодекс Российской Федерации» №74-ФЗ.

49. Федеральный закон «Кодекс РФ об административных нарушениях» № 195-ФЗ.
50. Финов В.П. Эффективность физико-химических методов очистки сточных вод / В.П. Финнов. – М.: Мир, 2010. – 190с.
51. Форстер К.Ф. Экологическая биотехнология / К.Ф. Фостер. - М.: Колос, 2010. - 189с.
52. Хансен, Б. Использование осадка в качестве источника сырья и энергии Текст. / Б. Хансен, Л. Пииртола // Водоснабжение и санитарная техника. -2001.-№4.-С. 36-38
53. Цыганкова С.П. Биологическая очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности / С. П. Цыганкова. - М.: Мир, 2012. - 420 с.
54. Челноков А.А. Основы промышленной экологии / А. А. Челноков. - Минск: Технопринт, 2011 - 85 с.
55. Шевцов В.Н., Верещагина Л.М. Особенности расчета производительности очистных сооружений поверхностных сточных вод / Водоснабжение и санитарная техника. – 2006. – № 2. – С. 17 – 20.
56. Шлегель Г. Общая микробиология / Г. Шлегель. - М.: Мир, 2012. - 175с.
57. Юшманова О.А. Комплексное использование и охрана водных ресурсов / О.А. Юшманова. - М.: Агропромиздат, 2011. - 220 с.
58. Яковлев С.В. Биохимические процессы в очистке сточных вод / С.В. Яковлев, Т.А. Карюхина. – М.: Стройиздат, 2011. – 239с.
59. Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – М.: ИАСВ, 2010. – 122с.
60. Яковлев С.В. Очистка производственных сточных вод / С.В. Яковлев, И.В. Скирдов. – М.: Стройиздат, 2010. – 267с.