

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

Энергосберегающая технология высушивания осадочного ила

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 2 курса 252 группы

направления 18.04.01 «Химическая технология»
код и наименование направления, специальности

Института химии

Грачевой Юлии Александровны

Научный руководитель

д.т.н., профессор
должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Ю.Я. Печенегов

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор
должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2020 год

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 станций биологической очистки сточных вод.

Отходы, образующиеся в виде илового осадка после очистки сточных вод, являются большой проблемой городов, затрагивающей техникой 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 и распространении газов в воздухе. Все это оказывает неблагоприятное воздействие на состояние окружающей среды, здоровье людей и животных, способствует возникновению эпидемий, генетических изменений в организме.

Вопрос энергосбережения также является актуальным для нашей страны. Задачи государственной политики в данной области отражены в проекте Энергетической стратегии России на период до 2030 года.

В связи с вышеизложенным возникает необходимость снижения количества иловых карт за счет внедрения специализированного оборудования и разработки наиболее энергоэффективного оборудования для высушивания иловых осадков сточных вод.

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

1. Провести анализ существующих способов утилизации избыточного активного ила.

2. Предложить энергосберегающее техническое решение для обработки избыточного активного ила.

3. Провести разработку аппаратов для предложенной технологии.

Работа представлена на 57 страницах, состоит из пяти глав:

1 – Иловые осадки и пути их утилизации;

2 – Исследование сушки илового осадка;

3 – Технологическая схема переработки иловых осадков;

4 – Разработка ленточной сушилки;

5 – Техничко-экономические расчеты.

Научная новизна работы состоит в разработке новой многоленточной сушилки, которая имеет значительно более высокую энергетическую эффективность по отношению к известным сушилкам, так как в ней осуществляется внутреннее использование теплоты конденсации выходящего из корпуса сушильного агента. Новая конструкция ленточной сушилки получила патент на изобретение № 2718632.

Полученные результаты работы имеют научное и практическое значения и могут быть рекомендованы для использования в технике обезвреживания отходов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В *первой главе* представлены общие сведения о способах очистки сточных вод и методах утилизации избыточного активного ила.

Одним из наиболее эффективных методов очистки сточных вод является биологическая очистка. Данный метод основан на способности микроорганизмов использовать содержащиеся в сточных водах различные органические и неорганические соединения в качестве источника питательных веществ.

Биологическая очистка сточных вод происходит в аэротенках, которые представляют собой открытые железобетонные сооружения, через которые проходит сточная вода, содержащая органические загрязнения и активный ил. С помощью активного ила там происходит интенсивное биохимическое

окисление загрязняющих органических веществ. Суспензия ила в сточной воде подвергается аэрации воздухом, сточная вода поступает в аэротенк и удаляется из него непрерывно. Время пребывания сточной воды в аэротенке колеблется от 2 до десятков часов.

После аэротенка очищенная сточная вода с активным илом поступает во вторичные отстойники, где активный ил осаждается. Часть его снова возвращается в аэротенк (циркуляционный активный ил), а остальное – избыточный активный ил перерабатывается, чтобы уменьшить его объем.

Очищенная сточная вода проходит обеззараживание в контактном резервуаре и после этого поступает в водоем. Осадок, который образуется после биологической очистки, избыточный активный ил, задерживаемый вторичными отстойниками после аэротенков имеет высокую влажность (99,2–99,7%). На каждый килограмм суммарных органических загрязнителей в аэротенке, где происходит отстаивание стоков, образуется 350 грамм активного ила. Поддержание баланса активного ила – один из важнейших факторов работы очистных сооружений, потому что как недостаток, так и избыток его негативно влияют на процесс водоочистки.

Обработка осадков сточных вод проводится с целью получения конечного продукта, наносящего минимальный ущерб окружающей среде или пригодного для утилизации. Для этого производят уменьшение объема осадка за счет его уплотнения и обезвоживания, стабилизацию для длительного хранения путем разложения органической части до простых соединений или устойчивых в условиях окружающей среды продуктов и обеззараживание.

1) Уплотнение.

При очистке стоковых вод образуется остатки двух видов: осадковые массы первичных отстойников, содержащие 93 – 95% влаги и избыточная масса активного ила. Ил содержит значительное количество (97 – 99,5%) связанной жидкости, трудноудаляемой из-за его специфичной структуры.

Уменьшение количества воды производят следующими способами.

Гравитационный способ

Процесс уплотнения массы осадков длится (в зависимости от их вида) от 9 до 30 часов. Влажность осадков после уплотнения уменьшается до 95-97%.

Гравитационное уплотнение осадков сточных вод производится в отстойниках. Для улучшения работы они оборудуются вертикальными вращающимися решётками. Перед стержнями движущейся решётки образуется зона сдавливания (происходит концентрация осадка), позади – зона разряжения (с вертикальными каналами в массе осадков, через которые поднимается выделяющаяся вода).

Способ термогравитационного уплотнения

Метод основан на нагреве осадка паром с температурой до 90 градусов и последующим (0,5 – 1 час) отстаиванием. Термогравитационное уплотнение илового осадка является более эффективным методом по сравнению с уплотнением осадка гравитационным способом. Эффект базируется на расщеплении нагреваемой гидратной оболочки, удерживающей частицы ила. Освобождённые частички собираются в гранулы. Они крупнее и тяжелее, поэтому оседают быстрее, лучше уплотняются.

Флотационный способ

Для уплотнения илового осадка используется напорная флотация, производящаяся в прямоугольных или круглых флотаторах, оборудованных устройствами, насыщающими иловую смесь воздухом, и скребками, которыми удаляются донный и сфлотированный осадки. Насыщение осадка воздушными пузырьками производится различными способами: вакуумным, напорным, безнапорным, биологическим, химическим путём, электрофлотацией.

Ил насыщается воздухом, содержащимся в подаваемой под напором воде, и осадок перекачивается в распределительную камеру по трубопроводам. Снижение давления вызывает поднятие мелких пузырьков воздуха и образование осадочной гущи в накопительной ёмкости. Сфлотированный осадок собирается в периферийный лоток при помощи скребка, откуда поступает на дальнейшую переработку, имея влажность 94-95%.

Метод уплотнения в центрифугах

Центрифугирование осадковой массы заключается в применении центробежных сил, при этом сила тяжести частиц шлама возрастает в сотни раз и процесс отделения их от воды ускоряется. Были разработаны шнековые центрифуги, в которых достигается более глубокое обезвоживание осадка. Влажность обработанного шлама на выходе составляет 75%.

Метод замораживания

При замораживании до $-5 - 10$ °С и последующем оттаивании, осадок активного ила изменяет свои свойства, поскольку в нём происходит перераспределение форм водных связей: с уменьшением связанной влаги возрастает объём свободной воды, твёрдая фаза ила коагулируется.

2) Стабилизация.

В процессе стабилизации происходит уменьшение объёма осадков сточных вод и их обеззараживание. Цель стабилизации – сведение к минимуму химико-биологических процессов, происходящих в осадковом веществе. Этот процесс заключается в разложении органики осадка до простейших соединений или веществ, длительно ассимилируемых окружающей средой.

Химический метод

Реагентная стабилизация проводится применением извести, тиазона, формальдегида, аммиака или мочевины. Этим достигается обеззараживание, повышается питательная ценность, эффективность использования осадков в земледелии. При применении этих реагентов они оказывают действие на осадковое вещество, на почву, так как часть их остаётся в осадке после обработки. Этим останавливается реактивация патогенов в последующем. В зависимости от температурных условий, метода обработки и состава шлама количество вносимых реагентов может быть разным.

Молотая известь смешивается со шламом в лопастном двухвальном смесителе. При её применении температура шлама может повышаться до 60 °С (при дозах более 30%). Добавка извести повышает кислотность до pH 10 и

выше, подавляется активность бактерий и других микроорганизмов, осадки сточных вод утрачивают запах.

Термический метод

Заражение яйцами гельминтов – основное бактериальное загрязнение шламов. Задача обеззараживания – дегельминтизация осадков. Наиболее распространённый и приемлемый способ дегельминтизации – нагревание биомассы до 60-65 °С.

Обработка производится обработка в камерах, состоящих из пластинчатого металлического транспортёра, на который тонким слоем раскладывается осадок. Лента транспортёра, двигаясь, проходит под горелками инфракрасного излучения, нагревающего осадок до нужной температуры.

Биологический метод

Наиболее распространённым методом является биологическая стабилизация – сбраживание при помощи аэробных и анаэробных микроорганизмов. Для шламов промышленных стоков используют в основном аэробный метод, при котором распад подверженных гниению разлагаемых биологических веществ производится длительным аэрированием в аэротенках.

Универсальным способом стабилизации осадкового вещества является анаэробное сбраживание. При дефиците кислорода органические и неорганические шламовые вещества разлагаются, образуя метан и конечную неорганику. Анаэробное сбраживание производится в септиках, двухъярусных отстойниках, осветлителях-перегнивателях и метатенках. Септики и отстойники используются при малых объёмах обрабатываемого шлама. Шлам из первичных отстойников и уплотнённая иловая биомасса стабилизируются сбраживанием в метатенках под воздействием анаэробных микроорганизмов.

В результате распада органической части массы до воды и газа резко уменьшается масса органики (на 40-50%), а также содержание патогенных вирусов, бактерий и гельминтных яиц. С повышением температуры скорость разложения каждого компонента возрастает.

3) Обезвоживание.

Из-за значительного разнообразия веществ, содержащихся в осадковом веществе городских и промышленных сточных вод, невозможно создание какого-либо универсального метода обезвоживания осадка.

Обезвоживание на иловых площадках

Для обезвоживания используются большие территории, поделённые на участки (карты), окружённые валами из земли. Иловые площадки могут быть устроены непосредственно на грунте (с естественным основанием), либо делают площадки уплотнения с водонепроницаемым искусственным основанием и стенками.

Если грунт площадок с естественным основанием плохо проводит влагу, то в канавки укладывают дренажные трубы и засыпают их щебнем.

Влажность подсушенного осадка – 70-80%. Выделившаяся иловая вода отводится вновь на отстойник очистных сооружений.

Метод фильтрации

К этому способу в основном обращаются, когда требуется обезвоживание остатков, представляющих собой осадковые суспензии высокой концентрации. Причём, если в начале процесса фильтратором является фильтрующая ткань, то в последующем, по мере налипания на тканевую сетку задерживающегося осадка, возникает дополнительно фильтрующий слой (кек), который перенимает на себя роль основного фильтра, поддерживаемого слоем ткани. Качество очистки фильтрата увеличивается вместе с нарастанием дополнительного слоя, но при этом понижается скорость фильтрации.

Сушка

Для уменьшения объёма и массы иловых осадков, прошедших обезвоживание механическими способами, и для обеззараживания их от патогенных микроорганизмов и гельминтных яиц используется термическая сушка. Прошедший термическую сушку осадок – сыпучий материал с влажностью от 10 до 50%. Он обеззаражен, не гнивает.

Процесс производится в сушилках различного действия, например, в сушилках с кипящим слоем, в пневматических и барабанных сушилках. Наибольшее распространение находит сушка конвекцией, когда тепло передаётся осадковой массе сушильным агентом (носителем тепла) – горячим воздухом, топочными газами или перегретым паром.

4) Утилизация.

Осадковые вещества утилизируются в основном в следующих направлениях: хоронятся на иловых картах; утилизируются с применением пиролиза; сжигаются; используются в строительстве; используются как удобрения.

Если утилизация иловых осадков невозможна или нецелесообразна экономически, то осадковые массы сжигают. В результате сжигания образуются водяные пары, нетоксичные газы, выделяются минеральные составляющие в виде золы или расплавов. В основном, иловые осадки сгорают с небольшой отдачей тепла, однако некоторые по теплоте сгорания аналогичны бурому углю, при их сжигании может получаться энергия. Сжигание осадковых масс может производиться совместно с другими энергетическими источниками (например, сжигание с углем, твёрдыми бытовыми отходами) или отдельно – моносжигание. В ряде случаев зола и шлак от сжигания могут быть пригодны для вторичного применения в строительстве и сельском хозяйстве.

Распоряжением правительства Российской Федерации в январе 2018 года утверждена Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года. В ней определены цели, задачи и механизм развития отходоперерабатывающей промышленности на перспективу.

Одними из многочисленных объектов — источников образования опасных отходов служат очистные сооружения сточных вод, расположенные во всех городах, муниципальных и городских округах, сельских поселениях России. В связи с этим важным стратегическим направлением является

техническое перевооружение инфраструктуры, связанной с очисткой сточных вод и образованием значительного количества опасных отходов.

Активно применяемые способы переработки осадков в метантенках, отстойниках, септиках или размещением на иловых площадках являются небезопасными с экологической и санитарно-гигиенической точек зрения, малопродуктивными, морально устаревшими, требуют отчуждения значительных площадей земельных участков в зоне очистных сооружений, расположенных, как правило, в черте или непосредственной близости от населенных пунктов.

В рамках данной дипломной работы предлагается способ утилизации иловых осадков сточных вод путем модернизации установки для утилизации твердых коммунальных и опасных промышленных МКУ-2000, разработанной в ООО «НИИТОНХиБТ».

Во *второй главе* рассмотрен процесс высушивания илового остатка в лабораторных условиях и произведены некоторые расчеты по процессу сушки.

В *третьей главе* работы приведена технологическая схема переработки иловых осадков, ее описание и материальный баланс. Так же в данной главе мы приходим к выводу, что существующие сушильные аппараты являются недостаточно эффективными и для решения этой проблемы необходимо разработать новую сушилку, техническая задача, которой состоит в повышении эффективности процесса сушки.

В *четвертой главе* приводится описание, схема и принцип работы предлагаемой многоленточной сушилки.

В *пятой главе* работы рассчитывается экономическая эффективность использования предлагаемого сушильного аппарата по сравнению с существующими, в которых в качестве сушильного агента используется, в основном, природный газ. Также рассчитан срок окупаемости установки данной сушилки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной дипломной работы проведен литературный обзор с целью изучения существующих способов утилизации избыточного активного ила. При выполнении поставленной задачи мы пришли к выводу, что активно применяемые способы переработки осадков в метантенках, отстойниках, септиках или размещением на иловых площадках являются небезопасными с экологической и санитарно-гигиенической точек зрения, малопродуктивными, морально устаревшими и требуют отчуждения значительных площадей земельных участков в зоне очистных сооружений, расположенных, как правило, в черте или непосредственной близости от населенных пунктов. Результатом захоронения осадков сточных вод на иловых картах становится вывод из хозяйственного оборота сотен тысяч гектаров земельных участков и загрязнение природной среды: почв, атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, растительности.

В соответствии с мировым опытом, одним из перспективных решений данной проблемы может служить создание комплекса объектов коммунальной, транспортной и технологической инфраструктуры. В рамках данной дипломной работы предлагается способ утилизации иловых осадков сточных вод путем модернизации установки для утилизации твердых коммунальных и опасных промышленных МКУ-2000, разработанной в ООО «НИИТОНХиБТ».

В ходе выполнения расчетов было обнаружено, что существующие сушильные аппараты являются недостаточно эффективными. Для решения этой проблемы разработана новая многоленточная сушилка, техническая задача, которой состоит в повышении эффективности процесса сушки.

Новая конструкция ленточной сушилки получила патент на изобретение № 2718632.