

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Обуховой Марины Витальевны, кандидата технических наук, доцента кафедры «Инженерных систем и сооружений» ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» на диссертационную работу

Цыбиной Анны Валерьевны

«Утилизация осадков городских сточных вод разных сроков хранения», представленную к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 Геоэкология

Актуальность выбранной темы. Диссертационная работа Цыбиной А.В. посвящена решению актуальной геоэкологической проблемы – обезвреживание и утилизация осадков, образующихся в результате очистки сточных вод населенных пунктов. Осадки сточных вод (далее – ОСВ), имеют сложный, многокомпонентный состав, содержат загрязнения опасные для окружающей природной среды, это ионы тяжёлых металлов, отходы фармацевтики, токсичные вещества, патогенную микрофлору и другие. Также, осадки характеризуются высоким содержанием трудноотделяемой влаги. ОСВ является крупнотоннажным отходом, так в России ежегодно образуется до 100 млн. тонн. Перечисленные факторы значительно затрудняют и удорожают процессы обработки и утилизации осадков, приводят к их накоплению и вторичному загрязнению природной среды в процессе длительного хранения.

Не смотря на загрязняющие вещества в составе ОСВ, они имеют значительный потенциал для вторичного использования. Осадки обладают энергетическим ресурсом – теплотворная способность высушенных осадков сопоставима с бурым углем и торфом, а наличие фосфора и азота позволяет использовать ОСВ в качестве удобрения в сельском хозяйстве.

Учитывая масштабный характер рассматриваемой геоэкологической проблемы, а также острую необходимость в разработке комплексных технических решений по обработке и утилизации ОСВ с возможностью их вторичного использования, тему диссертации Цыбиной А.В. следует считать актуальной, научно и практически значимой.

Цели и задачи, сформулированные автором в процессе исследования, достигнуты. Положения, выносимые на защиту, доказаны в результате использования современных физико-химических и математических методов анализа, а также актуальной нормативно-технической литературы.

Научная новизна заключается в том, что автором доказано, что ОСВ является источником длительного загрязнения геосферных оболочек в результате выщелачивания из них подвижных форм тяжёлых металлов; выявлены особенности термической деструкции ОСВ разных сроков хранения методами сжигания и пиролиза; доказана возможность использования пиролизата в качестве адсорбента для извлечения тяжёлых металлов из ОСВ длительного срока хранения; выявлены факторы и подобраны реагенты для дезодорации, обезвреживания и детоксикации ОСВ свежего выхода с получением продукта, обладающего свойствами рекультивационного материала.

Практическая значимость работы заключается в разработке технологических решений по утилизации ОСВ разных сроков хранения термическими и реагентными методами с использованием продукта термической утилизации для обезвреживания накопленных ОСВ; в определении оптимальных параметров процессов термической и

реагентной обработки ОСВ. Результаты работы используются компанией ООО «Нсвая городская инфраструктура Прикамья» при проектировании технологий обработки образующихся ОСВ и рекультивации объекта размещения осадков сточных вод г. Перми.

Во **введении** аргументировано обоснована актуальность вопроса комплексного подхода к утилизации ОСВ разных сроков хранения, определён объект исследования, сформулированы цель и задачи.

В **первой главе** приведен анализ научно-технической литературы об ОСВ, их объёмах образования, видах, свойствах, способах обработки и воздействия на геосферные оболочки Земли; показано, что накопленные ОСВ являются источником длительного негативного воздействия на окружающую среду; установлено, что отсутствуют комплексные подходы к утилизации накопленных ОСВ и рекультивации илонакопителей; на основе аспектов экономики замкнутого цикла, применимых в сфере обращения с ОСВ, разработана система критериев для разработки технологических решений обращения с осадками; сформулированы направления исследования.

Во **второй главе** представлено описание методов и методик отбора проб, проведения экспериментальных исследований. Приведен перечень аналитического оборудования, используемого при выполнении экспериментов. Для оценки физико-химических свойств и химического состава ОСВ, золы сжигания и пиролизата использовались гравиметрические, ионометрические, калориметрические, титриметрические и хроматографические методы; для изучения процессов термической деструкции ОСВ при сжигании и пиролизе применялись методы термогравиметрического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии; содержание тяжёлых металлов определяли методом атомноабсорбционной спектроскопии; дезодорацию ОСВ реагентами оценивали органолептическим и фотометрическим методами, ионной хроматографии и качественного анализа; класс опасности рекультивационного материала на основе осадков определяли методом биотестирования. Математическая и статистическая обработка полученных результатов экспериментов осуществлялась с использованием программного продукта STATISTICA V. 13.5.0 и MS Excel.

В **третьей главе** представлены: характеристика объекта исследования, сравнение свойств осадков свежего выхода и разных сроков хранения, результаты изучения процессов и продуктов термической деструкции ОСВ, расчёты материального и энергетического балансов процессов сушки, пиролиза и сжигания осадков. Приведен сравнительный анализ сжигания и пиролиза ОСВ по критериям энергоэффективности, ресурсосбережения и экологической безопасности.

Объектом исследования являлись ОСВ канализационных очистных сооружений г. Перми: осадки свежего выхода после механического обезвоживания, ОСВ сроком хранения 1–3 года с иловых карт и осадки сроком хранения 10–15 лет из илонакопителя.

В результате сравнения физико-химических свойств и состава осадков свежего выхода и разных сроков хранения определено, что у ОСВ после 10–15 лет хранения в илонакопителе влажность снижается незначительно - на 4,7%, зольность увеличивается на 80,7%, высшая теплота сгорания снижается на 61,9%. Сокращается содержание следующих загрязнений: органические вещества в 5,3 раза; углерода в 1,7 раз; азота в 1,4; водорода в 1,5 раз; общего фосфора в 2 раза; хлорид-ионов в 2,5 раза; сульфат-ионов в 1,87 раз. Определено, что в ОСВ 10–15-летнего срока хранения концентрации тяжёлых металлов уменьшаются (кроме марганца), но остаётся выше нормативные значения.

Анализ результатов термической деструкции в атмосфере воздуха ОСВ свежего выхода и разных сроков хранения показал, что в целом процесс сжигания является энергоэффективным. При этом, при сжигании высушенных образцов ОСВ свежего выхода и со сроками хранения 1-3 и 10-15 лет образуется 45,5%, 42,52% и 80,81% золы соответственно. Это свидетельствует о нерациональности сжигания для утилизации осадков после 10-15 лет хранения.

Результаты термической деструкции ОСВ в среде аргона показали, что процесс характеризуется экзотермическими реакциями и происходит с выделением тепла. При этом потеря массы образцов осадков составляет от 19% до 31%. При пиролизе осадков свежего выхода и сроком хранения 1-3 года выделяются пиролизные газы — углеводороды, водород, оксид углерода. Эти газы обладают высокой теплотворной способностью и могут быть использованы в качестве топлива для поддержания температуры в печи пиролиза или для сушки обезвоженных ОСВ.

При изучении продуктов термической деструкции — золы и пиролизата, установлено, что в пиролизате содержание тяжелых металлов ниже, чем в золе. Это свидетельствует о том, что этот материал более безопасен для окружающей природной среды. Также, установлено, что пиролизат обладает сорбционными свойствами и может быть использован в качестве сорбционного материала, например, при восстановлении нарушенных территорий.

Определено, что для накопленных ОСВ сроком хранения более 10 лет термические методы деструкции применять нецелесообразно в силу низкой теплотворной способности. Перспективным направлением их утилизации является производство рекультивационного материала после детоксикации осадков.

Результаты исследования показывают, что наиболее перспективным с позиций энергоэффективности, ресурсосбережения и экологической безопасности для утилизации свежих ОСВ является пиролиз с предварительной сушкой, который может быть организован в автотермическом режиме.

В четвёртой главе изложены исследования по реагентной дезодорации, обезвреживанию и детоксикации ОСВ разных сроков хранения, приведены результаты предварительного и основного экспериментов, обосновано использование пиролизата для обезвреживания накопленных осадков.

В результате предварительного эксперимента были определены эффективные реагенты для дезодорации, обезвреживания и детоксикации осадков, это негашёная известь (CaO), гипохлорит натрия ($NaClO$) и низинный торф. На этапе основного эксперимента были подготовлены 9 композиций различного состава на основе ОСВ с разным соотношением осадков первичных отстойников и избыточного активного ила. Установлено, что наиболее эффективным для дезодорации осадков является гипохлорит натрия. Известь и торф обеспечивают детоксикацию и гумификацию осадков.

В ходе экспериментов установлено, что пиролизат имеет функции сорбента ионов тяжёлых металлов в ОСВ после 10-15 лет хранения при оптимальной его дозе 7,5 масс. % сухого вещества относительно сухого вещества осадков. Определено, что при использовании пиролизата снижалась ХПК водной вытяжки на 30%. Таким образом, экспериментально показано, что ОСВ 10-15 лет хранения после обработки пиролизатом может быть использован в качестве технического грунта при рекультивации нарушенных земель или в составе верхнего изоляционного слоя при рекультивации полигонов твёрдых коммунальных отходов

В пятой главе разработана технологическая схема утилизации ОСВ разных сроков хранения, проведена комплексная оценка предотвращённого экологического ущерба для теосферных оболочек.

Предложенная технологическая схема включает в себя 3 направления обработки и утилизации ОСВ: 1 – 50% массы свежих осадков обрабатываются реагентами ($NaClO$ и CaO), затем направляются на иловые карты с добавлением торфа. Полученный техногрунт направляется потребителю; 2 - 50% массы свежих осадков направляются на сушку и пиролиз с утилизацией пиролизных газов. Полученный пиролизат направляется потребителю; осадки после длительного хранения обрабатываются этим материалом (10% от общей массы получаемого пиролизата), подвергаются компостированию и направляются потребителю. Данная схема обращения с ОСВ обеспечивает комплексный подход к обработке и утилизации свежих и накопленных осадков. При этом, предотвращённый экологический ущерб земельным ресурсам составит 0,932 млрд.руб./год при утилизации 71696 т/год ОСВ. При утилизации накопленных осадков будет сокращаться стесняемая территория илонакопителя, снижаться объём выбросов парниковых газов.

В заключении представлены выводы диссертационной работы. Они соответствуют поставленным задачам, обоснованы, логичны и в полной мере отражают результаты проведённого исследования.

Достоверность и степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертационного исследования подтверждается применением сертифицированного оборудования, современных методов исследования и анализа, обеспечивается большим объёмом экспериментальных исследований. Основные научные положения основываются на классических закономерностях, а результаты не противоречат имеющимся литературным данным. Полученные автором результаты обладают научной новизной.

Результаты работы апробированы на научных конференциях, опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях. По теме диссертации опубликовано 7 работ, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ и входящих в списки международного цитирования Scopus и Web of Science.

Автореферат отражает и соответствует содержанию диссертации. По содержанию, объектам и методам исследований диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.6.21 "Геоэкология".

Вместе с тем по диссертационной работе возникли ряд **вопросов, замечаний и рекомендаций:**

1. На стр. 18-20 не указаны такие загрязнения осадков, как токсические вещества и патогенная микрофлора;
2. На стр. 21 в п. 1.4 перечислены не все существующие способы утилизации осадков, необходимо добавить: удобрение в с/х, рекультивация почв, кормовые добавки для с/х животных, получение продуктов для промышленности и энергетики;
3. На мой взгляд, необходимо дать оценку ОСВ как отхода по классификатору ФККО.
4. На стр. 43 указано, что ОСВ представляют собой смесь уплотнённого избыточного ила и осадков из первичных отстойников. В каком соотношении смесь? Это соотношение постоянное или меняется?

5. Таблица 3.3. на стр. 47: как вы объясните увеличение содержания тяжёлых металлов в ОСВ 1-3 года хранения в сравнении с исходным осадком?
6. Стр. 50-56, 58-64: на результаты термогравиметрического анализа влияют масса, состав, теплопроводность, исследуемой пробы, скорость нагрева и др. Пробы ОСВ какой массы вы изучали? Какова была скорость нагрева проб?
7. Стр. 87 - каким образом исследовали пробы осадка на патогенную микрофлору? Имеется ли заключение от сертифицированной лаборатории?

Заключение

Высказанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и не снижают практической и научной ценности выполненных научных исследований.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы. Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями к такого рода документам, иллюстрированы наглядными рисунками, изложены лаконичным языком строго в научном стиле.

Все выводы, как по отдельным разделам, так и по диссертации в целом, показывают результативность проведенных исследований.

Диссертационная работа Цыбиной Анны Валерьевны, на тему «Утилизация осадков городских сточных вод разных сроков хранения» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, самостоятельное законченное научное исследование с грамотно поставленными и решёнными задачами, посвященными решению актуальной геозэкологической проблемы - обезвреживание и утилизация осадков, образующихся в результате очистки сточных вод населённых пунктов. По своей новизне и значимости полученных результатов диссертационная работа полностью соответствует специальности 1.6.21 Геозэкология.

Представленная работа по форме и содержанию отвечает требованиям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утверждённым Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, и «Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ», утверждённым приказом ректора ПНИПУ от 28.05.2024 № 27-О, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Цыбина Анна Валерьевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 «Геозэкология».

Официальный оппонент

кандидат технических наук

по специальности: 2.1.4. - Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов.

доцент кафедры Инженерных систем и сооружений

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

Почтовый адрес: 625001, г. Тюмень,
дом 2, переход в УЛК №8/6, каби
Телефон: 8 (3452) 28-39-23
E-mail: obuhovamv@tyuiu.ru

Марина Витальевна Обухова

2024 г.

Зубенко А.Д.
11.05.2024