

Отзыв

официального оппонента д.т.н., доцента Кузина Евгений Николаевича на диссертацию **Евдокимовой Марии Евгеньевны** «**Утилизация титансодержащих отходов с получением коагулянтов и строительных материалов**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **1.6.21. Геоэкология**

Актуальность темы исследования

Представленная диссертационная работа посвящена актуальной тематике разработке ресурсосберегающих технологий, и, в частности, поиску новых сырьевых источников для синтеза инновационных, высокоэффективных титансодержащих коагулянтов. Титансодержащие реагенты - новое поколение коагулянтов для очистки сточных вод сложного состава, при этом их высокая стоимость существенно тормозят их повсеместное внедрение. Использование отходов титановой промышленности в качестве сырья позволит не только снизить себестоимость получения коагулянтов, но и существенно уменьшить уровень негативного воздействия производства на окружающую среду за счет сокращения объемов размещаемых отходов.

Научная новизна работы

Научная новизна диссертационной работы представлена данными о составе и свойствах титансодержащих отходов, а также данными по условиям обработки шламов неорганическими кислотами с получением титансодержащих растворов, используемых в дальнейшем в качестве коагулянтов.

Получены данные по эффективности очистки модельной воды сульфат и хлоридсодержащими титансодержащими коагулянтами, определены оптимальные условия процесса коагуляционной очистки.

Предложен концепт использования титансодержащих отходов в качестве компонента бетонной смеси для производства тротуарных плит, изучены свойства получаемых композиционных материалов.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-398 от 21.08.2026
АУ УС

Научные результаты, их ценность

К наиболее значимым научным результатам диссертационной работы следует отнести:

- разработку технологических схем получения титансодержащих коагулянтов из шламов с использованием соляной и серной кислот. Ценность результатов состоит в том, что автором не только определены оптимальные режимы выщелачивания, но и показана высокая эффективность полученных коагулянтов в процессах водоочистки. Минимальные эффективные концентрации коагулянтов составляют 4,6 мг/дм³ для К-хлорид и 6 мг/дм³ для К-сульфат (в пересчете на TiO₂), что значительно ниже аналогичных значений для традиционных реагентов. Полученные данные позволяют расширить перспективы промышленного применения титансодержащих реагентов;

- доказательство возможности иммобилизации поллютантов в цементной матрице. Установлено, что при содержании отхода до 10% от массы цемента достигается практически полная фиксация таких элементов как хром (иммобилизация до 99%), молибден (96-99%) и фтор (96-99%). Этот результат имеет значение для оценки экологической безопасности строительных материалов с добавлением промышленных отходов.

Теоретическая и практическая значимость

Впервые предложен новый сырьевой источник (шлам) и способ его переработки с получением высокоэффективных коагулянтов на основе соединений титана для очистки сточных вод.

Разработан способ применения отходов в качестве добавки в строительные смеси для получения плит бетонных тротуарных групп А и Б, инновационность которого подтверждена патентом на изобретение №2808808 «Сырьевая смесь для производства плит бетонных тротуарных» от 05.12.2023 г.

Результаты диссертационной работы рекомендованы к внедрению в проекте технической документации ООО «Компания ГрандПроект» в деятельности ООО «ТЭК» при разработке объекта по утилизации отходов, расположенного в Ленинградской области, Ломоносовский район, МО

Ропшинское сельское поселение, у д. Глядино (акт о внедрении (использовании) результатов от 20.04.2026).

Структура и объем работы

Диссертация изложена на 110 страницах машинописного текста, содержит 25 рисунков и 29 таблиц. Список литературы содержит 148 источников.

Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель, задачи работы и научная новизна, раскрыты теоретическая и практическая значимости исследования и изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе охарактеризована проблема образования и накопления титансодержащих отходов, описаны особенности их образования, состав и свойства, а также аспекты их негативного влияния на окружающую среду. Отдельное внимание уделено вопросам получения титансодержащих коагулянтов и использованию шламов в качестве компонентов строительных смесей.

Во второй главе представлены основные методы исследования, рассмотрены параметры, влияющие на процесс извлечения титана из отходов (вид и концентрация кислоты, температурные условия реакции, время контакта шлама с кислотой). Значительная часть раздела посвящена процессам очистки сточных вод с использованием, полученных в процессе кислотного выщелачивания шламов титансодержащих растворов. Установлены эффективные значения pH, подобраны оптимальные дозы коагулянтов, определена эффективность реагентов.

Глава три посвящена вопросам применения титановых шламов в качестве компонента бетонных композиций. Подобраны рецептуры состава, установлены диапазоны внесения шламов в бетон, без потери прочностных характеристик получаемых композитных материалов. Предложены направления использования полученных смесей с получением тротуарной

плитки различных классов. В заключительной части раздела приведен эколого-экономический анализ предлагаемых решений.

Степень достоверности результатов исследования обусловлена использованием воспроизводимых экспериментальных методик, сертифицированного измерительного оборудования, а также сопоставлением полученных данных с результатами, представленными в современной научно-технической литературе.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 5 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (БД Scopus); получен 1 патент.

Апробация результатов.

Проведена на 4 научно-практических мероприятиях, в том числе на 2 международных. За последние 3 года принято участие в 4 научно-практических мероприятиях, в том числе на 2 международных.

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач диссертационного исследования; анализе зарубежной и отечественной научной и технической литературы по теме исследования, разработке методологии и проведении экспериментальной части исследования (исследование состава шламов, оценка негативного воздействия, получение коагулянтов и бетонных композиций); оценке эколого-экономической эффективности предлагаемых технических решений.

Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты работы имеют выраженный прикладной характер и могут быть использованы, например, на рассматриваемом предприятии для очистки собственных сточных вод, или на водоочистных сооружениях близлежащих городов и предприятий, что позволит снизить затраты на закупку реагентов.

Также предложенное техническое решение по производству тротуарных плит может использоваться на предприятиях дорожного строительства, что позволит одновременно решить проблему утилизации отходов и повысить качество дорожного покрытия. Данное решение подтверждено патентом на изобретение №2808808. Рекомендуется продолжить исследования в направлении возможности использования других видов металлургических шламов, получения комплексных коагулянтов, извлечения полезных компонентов из твердого остатка после выщелачивания.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы. По тексту диссертации и автореферата имеются следующие **вопросы и замечания**.

1. Результаты исследования состава и свойств, а также данные оценки негативного воздействия титановых шламов и эмиссии тяжёлых металлов в окружающую среду были получены автором, однако включены в литературный обзор. Наиболее логичным было бы разместить эти данные в главе 2.

2. Эксперименты по оценке коагуляционной эффективности титановых коагулянтов следовало провести в сравнении с традиционными алюминий или железосодержащими коагулянтами.

3. Насколько снижался уровень pH обрабатываемой воды при внесении кислых растворов? Какой расход корректирующих pH реагентов?

4. При обработке шлама кислотами будет выделяться фтороводород. Как данный аспект повлияет на потенциальное производство (промышленная безопасность и очистка отходящих газов)?

5. По какому принципу в качестве выщелачивающего реагента выбрана соляная кислота? Она более дорогая по сравнению с серной и менее реакционноспособная в отношении соединений титана, к тому же она более летучая и с ней сложнее работать при повышенных температурах?

6. Данные таблицы 1.1. и дифрактограммы 1.2. шлама не отображают полного фазового состава. Согласно утверждению автора, титан находится в форме мета/орто титановых кислот, однако известно, что в процессе старения

они переходят в диоксид титана. Вероятно, в старых отходах с длительным сроком хранения будет возможно идентифицировать фазы диоксида титана.

7. До каких значений pH нейтрализовали шлам для использования в качестве добавки к строительным материалам?

8. Не будет ли коррозии строительных изделий из-за высокого содержания фторидов? Возможна ли эмиссия фторидов и тяжелых металлов из строительных изделий? Проводились ли эксперименты по солевым и водным вытяжкам из измельченного бетона?

9. По тексту работы и автореферата имеется ряд опечаток, некорректных формулировок и погрешностей оформления (рефлекс на рис. 1.2. не разборчивы, фотография 1.4. малоинформативны и т.д.).

Отмеченные замечания носят дискуссионный характер и не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

Оценивая работу в целом, можно заключить, что диссертационная работа **Евдокимова Мария Евгеньевна** на тему «**Утилизация титансодержащих отходов с получением коагулянтов и строительных материалов**», по актуальности, научной новизне, практической значимости является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения по синтезу и применению инновационных титансодержащих коагулянтов из титановых шламов, а также данные по получения композиционных строительных материалов.

Диссертация соответствует паспорту специальности 1.6.21. Геоэкология. в п. 17. Ресурсосбережение, санация и рекультивация земель, утилизация отходов производства и потребления, в том числе возникающих в результате добычи, обогащения и переработки полезных ископаемых, строительной, хозяйственной деятельности и эксплуатации ЖКХ. Геоэкологическое обоснование безопасного размещения, хранения и захоронения токсичных, радиоактивных и других отходов. и п. 24. Теория и методы геоэкологической

оценки существующих и создаваемых технологий добычи и переработки полезных ископаемых природного и техногенного происхождения, инженерная защита экосистем, прогнозирование, предупреждение и ликвидация загрязнений природной среды.

Диссертация «**Утилизация титансодержащих отходов с получением коагулянтов и строительных материалов**», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Евдокимова Мария Евгеньевна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности **1.6.21. Геоэкология**.

Официальный оппонент:
Заведующий кафедрой промышленной экологии ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», д.т.н., доцент


27.07.2026.
Кузин Евгений Николаевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», Адрес: 125047, Москва, Миусская пл., д. 9
Официальный сайт в сети Интернет: <https://www.muctr.ru>
E-mail: kuzin.e.n@muctr.ru, рабочий телефон: (495) 495-21-71.

Подпись Кузина Е.Н. заверяю

