

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

**кандидата технических наук,**

**Михайловой Надежды Викторовны**

на диссертационную работу Милютиной Натальи Олеговны на тему:  
«Управление ресурсным потенциалом твердых коммунальных отходов для  
снижения геоэкологического воздействия полигонов»  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 25.00.36 – Геоэкология (строительство ЖКХ)

Диссертационная работа Милютиной Натальи Олеговны посвящена разработке схемы управления ресурсным потенциалом твердых коммунальных отходов (ТКО) для снижения геоэкологического воздействия полигонов путем производства из отходов продуктов, используемых при эксплуатации и рекультивации полигонов ТКО.

Актуальность выбранного направления исследований не вызывает сомнений. Прежде всего, работа посвящена важной теме безопасного строительства, эксплуатации, рекультивации полигонов. Кроме того, в контексте современной парадигмы экономики замкнутого цикла актуален сам подход: негативное воздействие техногенных объектов минимизируется через организацию замкнутых систем, в которых отходы становятся безопасной продукцией природоохранного назначения и оптимально используются в самой системе.

Тема диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.36 – Геоэкология (строительство и ЖКХ), пункту 5.14 «Теория, методы, технологии и средства оценки состояния, защиты, восстановления и управления природно-техногенными системами, включая агроландшафты на основе осуществления строительной, хозяйственной деятельности и эксплуатации ЖКХ».

Структура диссертационной работы позволила автору, соблюдая логику решения необходимых для достижения цели задач, в полной мере раскрыть тему исследования и обосновать защищаемые положения.

В первой главе диссертационной работы выполнен анализ состояния области исследований, изучены механизмы воздействия полигонов ТКО на объекты окружающей среды, проанализированы возможные пути снижения воздействия, выявлены важные для построения концепции работы закономерности. В частности, установлено, что механобиологическая переработка органической фракции ТКО способствует не только снижению выделения парниковых газов, но также влияет на характеристики фильтрата, что позволяет направленно снижать затраты на его обработку.

Во второй и третьей главах в полной мере охарактеризованы объекты исследования, а также выбраны используемые методы анализа. Прделана огромная работа по сбору и систематизации исходных данных для выстраивания материального баланса разрабатываемой схемы и для обоснования экологического эффекта предлагаемых мероприятий, причем значительная часть данных была собрана путем натуральных обследований

реальных объектов захоронения ТКО: полигона «КомЭк» Тамбовской области и полигона ООО «Новый Свет-ЭКО» Ленинградской области.

В четвертой главе исследована возможность извлечения товарных вторичных ресурсов из мелкой (подгροхотной) фракции ТКО. Выполнены натурные испытания предлагаемых решений на материале полигона «Новый Свет-ЭКО», в результате которых доказана возможность извлечения вторичных ресурсов в количестве 27 % от подгροхотной фракции. Предложена усовершенствованная технология производства техногенного грунта из мелкой фракции путем открытого полевого компостирования в сочетании с методами воздушной, оптической и магнитной сепарации.

Ядром работы является способ литификации фильтрата, результаты разработки которого изложены в пятой главе. В отличие от известных способов, преимущественно нацеленных на очистку жидкой фазы фильтрата, предложен нестандартный путь: утилизация фильтрата путём изменения его агрегатного состояния. Возможность вместо отхода водоочистки – концентрата 3 класса опасности, закачиваемого в тело полигона, получать твердый литификат, который может применяться для нужд рекультивации, безусловно, является преимуществом способа.

Личными усилиями автора впервые обоснована технология литификации фильтрата с использованием доступного вторичного сырья и отходов. Разработана оптимальная рецептура твердеющей смеси с использованием сульфата алюминия на первой стадии и сланцевой золы – на второй, что позволило отказаться от использования цемента при литификации. Обоснованы технологические режимы литификации фильтрата, предложено промышленное оборудование производительностью по фильтрату 5 м<sup>3</sup>/ч.

В противовес традиционной многостадийной схеме очистки на базе обратного осмоса автором предложен фактически двухстадийный процесс. Более того, технология литификации значительно проще в эксплуатации и обслуживании, что немаловажно, учитывая типично невысокий уровень культуры производства на объектах захоронения.

Практическая реализация результатов диссертации показала, что несмотря на отказ от таких очевидных преимуществ стандартных методов, как малое количество отходов очистки фильтрата, данный подход в определенных условиях оправдан. Возможность и целесообразность использования литификата в качестве изолирующего слоя при эксплуатации полигонов, а также для планировки поверхности и устройства газодренажных систем на этапе рекультивации в полной мере обоснованы. В частности, выявленное присутствие функциональных групп: –ОН, –СН<sub>2</sub>, –СН<sub>3</sub>, а также наличие развитой пористости на поверхности дает основание ожидать проявления литификатом хемосорбционных свойств и способности к физической адсорбции поллютантов. Исследования сорбционной емкости литификата по тяжелым металлам, описанные в главе 6, в полной мере подтвердили это предположение по всем исследуемым металлам (медь, цинк, свинец, никель, хром, кадмий, кобальт). При этом суммарная сорбционная

емкость литификата составляет 6,4 мг/г. Прочность литификата аналогична бетону М75. Получено экспертное заключение ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в г. Санкт-Петербург», подтверждающее безопасность использования литификата для нужд полигона.

В шестой главе обоснована комплексная схема использования ресурсного потенциала ТКО для снижения нагрузки на окружающую среду при эксплуатации полигонов, представлены данные апробации схемы на полигоне ТКО ООО «Новый Свет-ЭКО». Автору удалось решить поставленную задачу – предложить комплексную систему для современного полигона ТКО, отвечающую принципам экономики замкнутого цикла и позволяющую синергично минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Механическая обработка мелкой фракции ТКО позволяет извлекать дополнительные вторичные ресурсы и снижать затраты на последующую переработку. Механобиологическая переработка органической фракции позволяет получать рекультивационный грунт, снижать эмиссии парниковых газов, снижать токсичность фильтрата, улучшать физико-химические характеристики фильтрата с точки зрения пригодности его к литификации. Утилизация фильтрата путем перевода его в литификат позволяет контролировать негативное влияние полигонов и использовать полученный продукт для изоляции отходов.

Материальный баланс схемы соответствует практическим нуждам типичного полигона ТКО. Полигон ТКО ООО «Новый Свет-ЭКО», на котором внедрена предложенная схема, действительно обеспечивает себя материалом для пересыпки слоев и для рекультивации, при этом избыточных количеств такого материала не образуется. Это является дополнительным доказательством того, что полученные результаты могут быть использованы на практике.

Наиболее ценные результаты, обладающие научной новизной:

1. Впервые установлены закономерности изменения физико-механической стабильности литификата при различном соотношении компонентов с использованием в качестве вяжущего промышленного отхода – золы от сжигания горючих сланцев. Полученные закономерности позволили определить оптимальное соотношение компонентов, при котором литификат соответствует требованиям к применению на полигоне.

2. Впервые выполнены исследования, обосновывающие целесообразность использования твердого продукта утилизации фильтрата (литификата), полученного на базе сланцевой золы, при эксплуатации и рекультивации полигонов ТКО.

3. Предложена оригинальная комплексная схема управления ресурсным потенциалом ТКО с производством продуктов, востребованных при эксплуатации и рекультивации полигонов, позволяющая вовлечь обезвреженные отходы и фильтрат в замкнутый цикл безопасного обращения с отходами.

Уровень практической значимости полученных результатов крайне высок, что подтверждается актом внедрения технологии утилизации

фильтрата на эксплуатируемом полигоне ТКО. Также представлен акт внедрения результатов диссертации в учебный процесс Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого при подготовке магистров по направлению «Техносферная безопасность».

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных Милютиной Н.О. в диссертации, обеспечена использованием современных методов исследований и анализа и в полной мере подтверждена экспериментальными результатами. Полученные выводы можно оценить, как имеющие высокую степень достоверности и самостоятельную научную ценность.

### **Замечания по диссертации:**

1. Решения по модернизации технологии компостирования (схемы приведены на рис. 4.3) хотелось бы обосновать глубже.

Например, традиционно применяют иной вариант извлечения балластной (топливной) фракции, а именно – уже после компостирования (но перед дозреванием). В этом случае затраты на компостирование, конечно выше, но, с другой стороны, топливная фракция, предположительно, имеет меньшую влажность и большую калорийность. Возможно, это не так, но данный вопрос следовало изучить.

Извлечение стеклобоя, по мнению рецензента, целесообразно осуществлять после компостирования, а не до него. В этом случае стекло содержит меньшее количество налипшей органики и легче отделяется от общей массы.

Не указан тип и принцип работы оптических сепараторов, выбранных для извлечения стекла. Ценность этого блока прежде всего в том, что эти процессы исследованы российским ученым, и знание о соответствующих закономерностях теперь может быть транслировано для использования российскими специалистами. Зарубежные специалисты предпочитают не раскрывать данные о работе оборудования; получить такие сведения от них затруднительно. Соответственно, было бы полезно отразить более подробные данные испытаний: тип и характеристики оборудования, производительность на сырье конкретной плотности и влажности, извлечение целевых компонентов.

2. Рисунок 5.5 – Зависимость времени схватывания смеси от количества золы при концентрации сульфата алюминия, равной 50 г на 1 л. На графике наблюдается видимый перегиб при количестве золы 1,2 кг на 1 л фильтрата. Нигде не представлено попытки объяснить данный феномен. Поскольку не указано количество повторов опытов по каждой рецептуре и не оценена ошибка эксперимента, может возникнуть предположение, что причина – в случайной ошибке эксперимента.

3. Российские ТЭС, ранее работавшие на сланцах, сегодня переведены на другое сырье, сланцы в России сейчас не добываются – встает вопрос о доступности сланцевой золы, как сырьевого компонента для литификации фильтрата. Для нужд Северо-Западного федерального округа, вероятно, может быть доставлена зола Прибалтийской и Нарвской ТЭС, Эстония (функционируют ли эти предприятия – вопрос открытый). В любом случае, учитывая сказанное, вопрос потенциальных источников сланцевой золы хотелось бы осветить подробнее.

4. Заявленные преимущества метода литификации перед конкурирующим методом очистки с применением обратного осмоса не обоснованы технико-экономическими выкладками в достаточной мере. Сравнение экономики двух методов выполнено, но полуколичественно. Так, отдельно сравниваются капитальные затраты (по обратному осмосу не ясно, на какой объем фильтрата); отдельно сравниваются операционные затраты; отдельно дана стоимость вывоза концентрата обратного осмоса (при этом на практике он не учитывается в качестве отхода, а просто закачивается в тело полигона); отдельно приводится экономия на попутных грунтах. Итоговые приведенные затраты на переработку кубического метр фильтрата по каждому из методов не оценены.

Для завершения картины следовало выполнить подробное численное сравнение эколого-экономической эффективности методов по категориям: реагенты и сырьевые компоненты, отходы, качество сбросов, характеристики литификата, приведенные затраты. Учитывая озвученные преимущества метода литификации, данные получились бы интересными, и в каких-то конкретных условиях – в пользу предложенного метода. Сравнительная оценка двух методов в различных ситуациях (размеры полигона, интенсивность образования фильтрата, удаленность источника сланцевой золы, разновидность/стоимость системы с обратным осмосом, доступность альтернативных материалов для пересыпки и рекультивации) позволила бы разработать рекомендации относительно того, в каких условиях рационально применять новый метод.

Впрочем, высказанные замечания не ставят под сомнение обоснованность защищаемых положений. Замечания скорее являются рекомендациями о направлениях дальнейшего развития тематики и не противоречат общей высокой оценке диссертационной работы.

Диссертационная работа Милютиной Натальи Олеговны, выполненная на тему «Управление ресурсным потенциалом твердых коммунальных отходов для снижения геоэкологического воздействия полигонов» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей важное значение для развития отрасли обращения с ТКО. Диссертация имеет прикладной характер и содержит результаты практического использования полученных автором научных исследований.

Диссертация Милютиной Натальи Олеговны, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, отвечает критериям п.9 «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ», утвержденного ректором ПНИПУ от 09 января 2018 г., и соответствует п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Милютина Наталья Олеговна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.36 - Геоэкология (строительство и ЖКХ).

Официальный оппонент:

Михайлова Надежда Викторовна

кандидат технических наук,

заместитель генерального директора по научной работе

научно-производственной корпорации «Механобр-техника»

Адрес: 199106, Санкт-Петербург, В.О., 22 линия, д. 3, к. 5.

Телефон: +7 (911) 953-01-39. E-mail: [mikhailofff@gmail.com](mailto:mikhailofff@gmail.com)

« 16 » ноября 2021 г.

Михайлова Надежда Викторовна

Я, Михайлова Надежда Викторовна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Милютиной Натальи Олеговны, и их дальнейшую обработку.

« 16 » ноября 2021 г.

Михайлова Надежда Викторовна

Подпись Михайловой Н.В. завер

Менеджер по персоналу \_\_\_\_\_

« 16 » ноября 2021

Михайлова М.Н.

