

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт геологии и нефтегазового дела им. К.Турысова

Кафедра «Химическая и биохимическая инженерия»

Макмова Акмарал Маратовна

Техногенная трансформация ксенобиотиков и микробиоценоза при переработке
твердых бытовых отходов

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 6В05101 – Химическая и биохимическая инженерия

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева

Институт геологии и нефтегазового дела им. К.Турсыова
Кафедра «Химическая и биохимическая инженерия»

ДОПУЩЕНА К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
«Химическая и
биохимическая инженерия»
доктор Ph.D.
А.А.Амитова
2023 г.



ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Техногенная трансформация ксенобиотиков и микробиоценоза при
переработке твердых бытовых отходов»

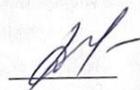
По специальности 6В05101 – Химическая и биохимическая инженерия

Выполнила



Макмова А.М

Научный руководитель



Джамалова Г.А, к.
с/х н., доцент,
ассоцированный
профессор

Рецензент



Курбанова Л.С,
к.т.н., и.о.доцента
кафедры ЮНЕСКО
по устойчивому
развитию КазНУ им.
Аль-Фараби

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева

Институт геологии и нефтегазового дела им. К.Турысова

Кафедра «Химическая и биохимическая инженерия»

Специальность 6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

**УТВЕРЖДАЮ**
Заведующий кафедрой
«Химическая и
биохимическая инженерия»
доктор Ph.D.
А.А.Амитова
« 22 » 06 2023г

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающейся Макмова Акмарал Маратовна

Тема: Техногенная трансформация ксенобиотиков и микробиоценоза при переработке твердых бытовых отходов

Утверждена приказом №48 от 23.11.2022

Срок сдачи законченной работы 18 мая 2023 г.

Исходные данные к дипломной работе

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Введение: обосновываются актуальность работы, научная и практическая ценность; изложена цель и задачи исследований;
- б) Объект и методы исследования: дана характеристика объекту исследования; описаны приемы и методы исследования;
- в) Результаты исследования, заключение и выводы: описаны результаты исследования, даны заключение и выводы.

Перечень графического материала: В работе представлены 13 рисунков и 8 таблиц.

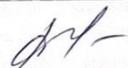
Рекомендуемая основная литература: 67 источников научной литературы

ГРАФИК
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение. Обзор литературы	5 февраля 2023	выполнено
Материал и методика исследований	10 марта 2023	выполнено
Результаты исследования. Заключение и выводы	18 мая 2023	выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу
(проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф.(уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Джамалова Г. А., к.с.х.н., доцент, ассоц.проф.	18.05.23.	
Нормоконтролер	Джамалова Г. А., к.с.х.н., доцент, ассоц.проф.	06.02.23.	

Научный руководитель, к.с.х.н.,
доцент



Джамалова Г. А.

Задание принял к исполнению
обучающийся



Макмова . А

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа выполнена на бумажном носителе в объеме 34 страницы (1,4 Мб на электронном носителе). Диплом включает введение (1 стр.), 3 раздела (27 стр.), заключение (1 стр.), библиографический список литературы из 67 наименований, 8 таблиц, 13 рисунков.

Цель: изучение техногенной трансформации ксенобиотиков и микробиоценоза при переработке твердых бытовых отходов

Задачи:

- 1 Изучить влияние процесса переработки на состав и свойства ксенобиотиков и микробиоценоза;
- 2 Изучить методики проведения микробиологических исследований;
- 3 Изучить изменчивость количественного состава микробиоценоза ТБО по стадиям развития компостируемой массы ТБО.

Актуальность: Современный мир сталкивается с растущими объемами отходов, что ведет к ухудшению экологической обстановки и угрожает окружающей среде. В результате несанкционированных выбросов и свалок происходит загрязнение почвы и подземных вод тяжелыми металлами и другими ксенобиотиками, которые негативно влияют на экосистемы. Разработка методов для эффективного управления и снижения загрязнения тяжелыми металлами является актуальной темой исследования. Выполненный обзор литературы, эксперимент методом биоразложения и анализ данных позволили изучить процесс снижения концентрации ксенобиотиков и изменчивость микробиоценоза в отходах.

Ключевые слова: биоразложение, микробиоценоз, твердые бытовые отходы, компостирование, ксенобиотик.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс 34 бет көлеміде қағаз тасымалдағышта орындалды (электронды тасымалдағышта 1,4 Mb). Дипломда кіріспе (1 бет), бөлімдер (27 бет), қорытынды (1 бет), 67 атаудан тұратын библиографиялық тізім, 8 кесте, 13 суреттен қамтылған.

Мақсат: тұрмыстық қатты қалдықтарды өңдеу кезінде ксенобиотиктер мен микробиоценоздың техногендік трансформациясын зерттеу

Тапсырмалар:

1 өңдеу процесінің ксенобиотиктер мен микробиоценоздың құрамы мен қасиеттеріне әсерін зерттеу;

2 микробиологиялық зерттеулер жүргізу әдістемелерін зерделеу;

3 компостталатын ҚТҚ массасының даму сатылары бойынша ҚТҚ микробиоценозының сандық құрамының өзгергіштігін зерттеу.

Өзектілігі: қазіргі әлем қалдықтардың өсіп келе жатқан көлемімен бетпе-бет келеді, бұл экологиялық жағдайдың нашарлауына және қоршаған ортаға қауіп төндіреді. Рұқсат етілмеген шығарындылар мен полигондардың нәтижесінде топырақ пен жер асты суларының ауыр металдармен және экожүйеге теріс әсер ететін басқа ксенобиотиктермен ластануы орын алады. Ауыр металдардың ластануын тиімді басқару және азайту әдістерін әзірлеу зерттеудің өзекті тақырыбы болып табылады. Әдебиеттерге жасалған шолу, биодеградация эксперименті және деректерді талдау ксенобиотиктердің концентрациясының төмендеу процесін және қалдықтардағы микробиоценоздың өзгергіштігін зерттеуге мүмкіндік берді.

Түйінді сөздер: биодеградация, микробиоценоз, тұрмыстық қатты қалдықтар, компосттау, ксенобиотик.

ANNOTATION

The diploma work is in paper format containing 34 pages (1,4 Mb of computer media). Diploma contains introduction (1 page), 3 sections (27 pages), conclusion (1 page), bibliographic index containing references to 67 sources, 8 tables, 13 pictures.

Objectives:

1 To study the effect of the recycling process on the composition and properties of xenobiotics and microbiocenosis;

2 To study the methods of microbiological research;

3 To study the variability of the quantitative composition of MSW microbiocenosis by stages of development of MSW compostable mass.

Relevance: The modern world is faced with increasing volumes of waste, which leads to environmental degradation and threatens the environment. As a result of unauthorized emissions and landfills contamination of soil and groundwater with heavy metals and other xenobiotics, which have a negative impact on ecosystems. The development of methods to effectively manage and reduce heavy metal pollution is an urgent research topic. The executed review of the literature, the experiment by a method of biodegradation and the analysis of the data has allowed to study process of reduction of concentration of xenobiotics and variability of a microbiocenosis in a waste.

Key words: biodegradation, microbiocenosis, municipal solid waste, composting, xenobiotic.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	1
1. Обзор литературы	2
1.1 Твердые бытовые отходы (ТБО)	2
1.1.2 Микрофлора ТБО и ее взаимодействие с ксенобиотиками	3
1.1.3 Фильтрационные воды ТБО	4
1.1.4 Управление и обработка фильтрационных вод ТБО	5
1.2 Жизненный цикл ТБО	6
1.3 Методы переработки ТБО	9
1.3.1 Анаэробное разложение	10
1.3.2 Аэробное разложение	12
1.3.3 Биоразложение как метод снижения токсичности ксенобиотика	13
1.3.4 Механизмы снижения токсичности кадмия при компостировании	14
2. Материалы и методы исследования	18
2.1 Материалы	18
2.1.1 Оборудование и лабораторная посуда	18
2.2 Методики исследования	20
2.2.1 Технология приготовления исследуемых образцов к посеву	20
2.2.2 Посев	21
3. Результаты исследования	22
3.1 Трансформация микробиоценоза и ксенобиотика по стадиям развития при компостировании	22
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	29
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	30

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность: Исследование техногенной трансформации ксенобиотиков и микробиоценоза при переработке твердых бытовых отходов является актуальным направлением, так как современный мир сталкивается с растущими объемами отходов, что ведет к ухудшению экологической обстановки и угрожает окружающей среде. Переработка ТБО с использованием современных технологий позволяет уменьшить количество отходов, сократить нагрузку на экосистемы и снизить риск негативного воздействия на окружающую среду.

Объект исследования: Твердые бытовые отходы. Процесс техногенной трансформации ксенобиотиков и микробиоценоза при переработке твердых бытовых отходов.

Цель исследования: Изучение техногенной трансформации ксенобиотиков и микробиоценоза при переработке твердых бытовых отходов.

Задачи исследования:

- 1 Изучить влияние процесса переработки на состав и свойства ксенобиотиков и микробиоценоза;
- 2 Изучить методику проведения микробиологических исследований;
- 3 Изучить изменчивость количественного состава микробиоценоза ТБО по стадиям развития компостируемой массы ТБО.

Практическая значимость. Результаты исследований по изучению техногенной трансформации кадмия при переработке твердых бытовых отходов позволили подтвердить эффективность процесса компостирования. Процесс компостирования значительно снизил концентрацию ксенобиотиков в исследуемой массе. А также результаты исследований могут быть использованы для разработки лекционного материала по дисциплине «Экологическая биотехнология».

Дипломная работа выполнена на основе проведения теоретических (главы 1, 2), и экспериментальных (глава 3) исследований. Работа изложена на 34 странице компьютерного текста, содержит 18 рисунков и 7 таблицы. Библиографический указатель литературы включает 67 научных и учебных источников.

1 Обзор литературы

1.1 Твердые бытовые отходы (ТБО)

Твердые бытовые отходы (ТБО) — это отходы, образующиеся в домашних хозяйствах, коммерческих предприятиях, учреждениях и других непромышленных источниках. Они могут включать пищевые отходы, бумагу и картон, пластик, металлы, стекло и другие материалы. ТБО отличаются от промышленных отходов, которые образуются в результате производственных и других промышленных процессов [1].

Образование ТБО является важной экологической проблемой, поскольку оно может оказывать негативное воздействие на качество воздуха и воды, способствовать изменению климата и представлять риск для здоровья людей и других живых организмов. Кроме того, количество производимых ТБО быстро растет, особенно в городах.

Это связано с ростом населения, изменением структуры потребления и другими факторами. Общая численность населения мира достигла 7,8 млрд человек в 2020 г. и, как ожидается, к 2030 г. достигнет 8,5 млрд человек [2].

Рост населения, урбанизация и потребление ресурсов считаются основными факторами образования значительного количества ТБО [3]. Общее количество твердых бытовых отходов (ТБО), образующихся в мире, в 2018 г. составило 2 млрд т. Ожидается, что количество ТБО в 2025 и 2050 гг. составит 2,5 и 3,4 млрд т соответственно. Население Китая составляет 19,67 % населения мира, и из-за большой численности населения Китай производит около 11,38 % от общего глобального объема ТБО [4].

Эфиопия также является одной из самых густонаселенных стран мира, охватывающей 1,43 % от общей численности населения и производящей 0,35 % ТБО, образующихся в мире. На основании этих данных общее количество ТБО, образовавшихся в Эфиопии, в 2018 году составило около 7 миллионов тонн [5].

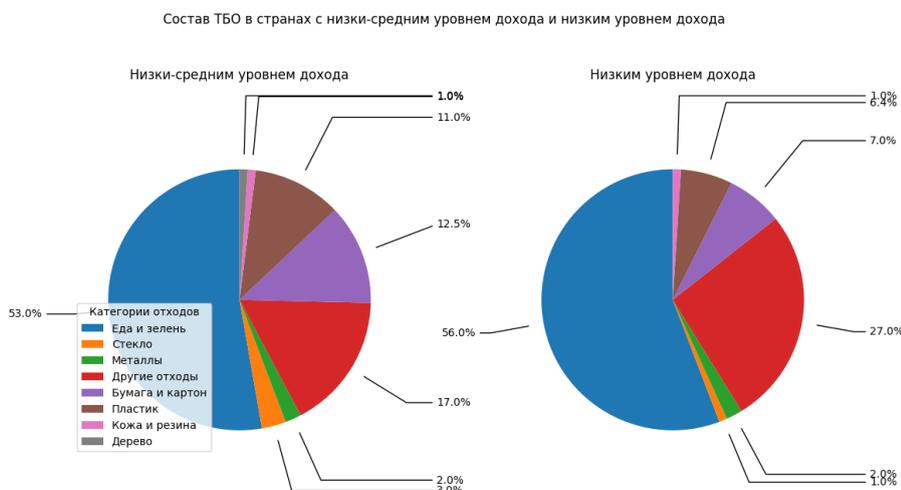


Рисунок 1 – Состав ТБО в странах низким-средним уровнем дохода [6]

Управление ТБО в развивающихся странах представляет собой особый вызов, так как многие из них сталкиваются с нехваткой ресурсов, инфраструктуры и образовательных программ, направленных на снижение объема отходов и их безопасную утилизацию [7]. Это приводит к тому, что большая часть ТБО оказывается на несанкционированных свалках, что увеличивает риски для окружающей среды и здоровья населения [8].

В связи с этим, в последние десятилетия ученые и специалисты разных областей активно изучают проблемы, связанные с обращением с ТБО, разрабатывают новые методы и технологии, а также стремятся определить оптимальные практики управления отходами [9]. Важными аспектами данной проблематики являются техногенная трансформация ксенобиотиков и взаимосвязь микробиоценоза при переработке ТБО [10]

1.1.2 Микрофлора ТБО и ее взаимодействие с ксенобиотиками

Твердые бытовые отходы (ТБО) представляют собой сложную смесь органических и неорганических материалов, включающую микроорганизмы, которые могут взаимодействовать с различными загрязнителями, такими как ксенобиотики [11]. Ксенобиотики — это вещества, которые не являются естественными компонентами окружающей среды или встречаются в ней в концентрациях, значительно превышающих их естественные уровни. А также могут накапливаться в организмах и окружающей среде, вызывая токсические эффекты и нарушение микробиоценоза [12]. При переработке ТБО возникают процессы техногенной трансформации ксенобиотиков, которые могут приводить к образованию новых токсичных соединений и нежелательному воздействию на микроорганизмы, участвующие в процессах биоразложения отходов [13].

Микрофлора ТБО состоит из разнообразных микроорганизмов, таких как бактерии, грибы и актиномицеты, которые способны разлагать органические вещества и преобразовывать ксенобиотики [14]. Важными микроорганизмами, участвующими в биотрансформации ксенобиотиков, являются роды *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Sphingomonas* и другие [15].

Микроорганизмы могут использовать различные механизмы для преобразования ксенобиотиков, включая гидролиз, окисление, редукцию, гидроксילирование и конъюгацию [16].

Таким образом, исследование техногенной трансформации ксенобиотиков и взаимосвязи микробиоценоза при переработке ТБО имеет важное значение для обеспечения безопасности окружающей среды, сохранения биоразнообразия и снижения рисков для здоровья населения [17].

Одним из направлений исследования в данной области является разработка и оптимизация технологий переработки ТБО, способных снижать негативное воздействие ксенобиотиков на микробиоценоз и окружающую среду. Кроме того, важным аспектом является изучение механизмов

взаимодействия микроорганизмов с ксенобиотиками, что может способствовать разработке более эффективных методов биоремедиации и биоаугментации [18].

Одной из основных проблем, связанных с ТБО, является утечка шлама из свалок, который может содержать различные опасные химические соединения и токсины, проникающие в почву и водоемы [14]. Это может привести к накоплению тяжелых металлов и других опасных веществ в почве, что вредит растениям, микроорганизмам и, в конечном итоге, людям через пищевую цепочку [8].

Кроме того, плохо управляемые свалки ТБО могут стать источником вредных газов, таких как метан, который является мощным парниковым газом и способствует изменению климата [19]. Воздух, загрязненный от ТБО, может также содержать пыль, бактерии и другие загрязнители, которые могут вызвать заболевания органов дыхания, аллергии и другие проблемы со здоровьем [20].

1.1.3 Фильтрационные воды ТБО

Фильтрационная вода твердых бытовых отходов (ТБО) содержит сложную смесь ксенобиотиков и микроорганизмов, которые подвергаются различным трансформациям в процессе переработки отходов. Антропогенная трансформация ксенобиотиков и микробиоценоз при переработке ТБО имеют значительные последствия для окружающей среды и здоровья населения.

Ксенобиотики, такие как тяжелые металлы, фармацевтические препараты и стойкие органические загрязнители, присутствуют в фильтрационной воде ТБО в результате деятельности человека. Эти соединения могут подвергаться биотическим и абиотическим трансформациям в процессе переработки ТБО, изменяя свою химическую структуру, биодоступность и потенциальные экологические риски.

Например, тяжелые металлы могут комплектоваться с органическими веществами, что влияет на их токсичность [21].

Микробиоценоз, сообщество микроорганизмов в фильтрационной воде ТБО, играет решающую роль в разложении органических веществ и трансформации ксенобиотиков. Однако присутствие ксенобиотиков может существенно повлиять на состав и функции микробных сообществ, что потенциально может привести к снижению эффективности очистки отходов и появлению устойчивых к антибиотикам бактерий [22].

Трансформация ксенобиотиков и микробиоценоз в фильтрационных водах ТБО влияют на проектирование и эксплуатацию систем очистки. Передовые методы фильтрации, такие как мембранная фильтрация и адсорбционная фильтрация, могут эффективно удалять широкий спектр ксенобиотиков и микроорганизмов из фильтрационной воды ТБО. Однако крайне важно контролировать и оптимизировать процесс очистки для снижения рисков для окружающей среды и здоровья населения, связанных с этими превращениями [23-24].

Для решения проблем, связанных с антропогенной трансформацией ксенобиотиков и микробиоценозом в фильтрационных водах ТБО, можно использовать несколько стратегий. К ним относится интеграция процессов биологической очистки, таких как биофильтрация и биоразложение, которые используют возможности конкретных микроорганизмов для разрушения или иммобилизации загрязняющих веществ. Кроме того, внедрение передовых процессов окисления, таких как фотокатализ, процессы Фентона или сонолиз, может еще больше повысить эффективность удаления ксенобиотиков [25-26].

Регулярный мониторинг и оценка фильтрационной воды ТБО необходимы для обеспечения эффективной очистки и снижения потенциальных рисков для окружающей среды и здоровья населения. Это включает оценку концентраций ксенобиотиков, характеристику микробных сообществ и оценку производительности системы очистки. Эти усилия по мониторингу могут направлять оптимизацию процессов очистки и информировать о разработке более эффективных стратегий управления антропогенной трансформацией ксенобиотиков и микробиоценозом в фильтрационных водах ТБО [27].

Фильтрационные воды ТБО могут содержать широкий спектр загрязнителей, включая органические вещества (биологический кислородный спрос, ХПК), питательные элементы (азот, фосфор), тяжелые металлы (свинец, кадмий, ртуть), микроорганизмы (бактерии, вирусы, паразиты), а также различные химические соединения (хлориды, сульфаты, углеводы) [28]. В зависимости от состава и концентрации этих загрязнителей, фильтрационные воды могут быть токсичными, канцерогенными, мутагенными или тератогенными [29].

1.1.4 Управление и обработка фильтрационных вод ТБО

Для предотвращения негативного воздействия фильтрационных вод ТБО на окружающую среду и человеческое здоровье, необходимо использовать надежные системы управления и обработки фильтрационных вод. Некоторые из основных методов и технологий включают:

Сбор и отвод фильтрационных вод: Установка систем сбора и отвода фильтрационных вод на свалках, таких как дренажные системы и колодцы, позволяет контролировать и снижать риск загрязнения окружающей среды [29].

Предварительное обезвреживание: Технологии, такие как аэрация, флотация и сорбция, могут использоваться для предварительного удаления некоторых загрязнителей из фильтрационных вод перед дальнейшей обработкой. [30]

Биологическая обработка: Применение аэробных и анаэробных микроорганизмов для биохимического превращения и минерализации органических загрязнителей в фильтрационных водах [31].

Таблица 1 — Методы управления и обработки фильтрационных вод ТБО [29 - 32]

Номер метода	Методы и технологии	Описание
1	Сбор и отвод фильтрационных вод	Установка систем сбора и отвода фильтрационных вод на свалках, таких как дренажные системы и колодцы, позволяет контролировать и снижать риск загрязнения окружающей среды.
2	Предварительное обезвреживание	Технологии, такие как аэрация, флотация и сорбция, могут использоваться для предварительного удаления некоторых загрязнителей из фильтрационных вод перед дальнейшей обработкой.
3	Биологическая обработка	Применение аэробных и анаэробных микроорганизмов для биохимического превращения и минерализации органических загрязнителей в фильтрационных водах.
4	Физико-химическая обработка	Методы, такие как коагуляция, флокуляция, седиментация и фильтрация, могут использоваться для удаления твердых частиц, коллоидов и других загрязнителей из фильтрационных вод.
5	Дополнительная обработка	Технологии, такие как обратный осмос, ионообмен и ультрафильтрация, могут быть применены для дополнительного очищения фильтрационных вод от оставшихся загрязнителей и для повышения качества обработанных вод.

Физико-химическая обработка: Методы, такие как коагуляция, флокуляция, седиментация и фильтрация, могут использоваться для удаления твердых частиц, коллоидов и других загрязнителей из фильтрационных вод [32].

Дополнительная обработка: Технологии, такие как обратный осмос, ионообмен и ультрафильтрация, могут быть применены для дополнительного очищения фильтрационных вод от оставшихся загрязнителей и для повышения качества обработанных вод [30].

1.2 Жизненный цикл ТБО

Твердые бытовые отходы (ТБО) представляют собой значительную проблему для окружающей среды и здравоохранения, которая требует комплексного управления для снижения негативного воздействия. Жизненный цикл ТБО - это сложный процесс, включающий несколько этапов, в том числе образование, сбор, транспортировку, переработку и утилизацию.

Генерация: Образование ТБО варьируется в зависимости от экономических, демографических и социальных факторов конкретного района. В городских районах обычно образуется больше отходов, чем в сельской местности, из-за более высокой плотности населения и большей экономической активности [2].

Сбор: Сбор ТБО обычно осуществляется компаниями по управлению отходами или муниципальными службами. В некоторых случаях частные компании собирают отходы от домашних хозяйств и предприятий, в то время как в других случаях за это отвечают государственные службы. Эффективность сбора отходов имеет решающее значение для предотвращения накопления отходов в общественных местах и минимизации потенциального негативного воздействия на здоровье [19].

Транспортировка: После сбора ТБО транспортируются на перерабатывающие предприятия. Процесс транспортировки обычно осуществляется грузовиками, хотя могут использоваться и другие виды транспорта, такие как поезда и баржи. Выбор вида транспорта зависит от таких факторов, как расстояние, стоимость и эффективность [33].

Переработка: Переработка ТБО включает несколько этапов, в том числе сортировку, переработку, компостирование и преобразование отходов в энергию. Сортировка позволяет выделить из потока отходов материалы, пригодные для вторичной переработки, которые затем перерабатываются в новые продукты. Переработка снижает потребность в сырье и минимизирует захоронение отходов на полигонах. Компостирование предполагает разложение органических отходов в богатый питательными веществами компост, который можно использовать в сельском хозяйстве и ландшафтном дизайне. Преобразование отходов в энергию предполагает сжигание ТБО для получения электроэнергии, которая может быть использована для энергоснабжения домов и предприятий [34].

Утилизация: последним этапом жизненного цикла ТБО является утилизация, которая включает в себя захоронение неперерабатываемых и некомпостируемых отходов на полигонах. Полигоны спроектированы таким образом, чтобы предотвратить загрязнение окружающей среды и здоровья населения за счет использования вкладышей, крышек и дренажных систем. Проектирование и эксплуатация полигонов имеют решающее значение для минимизации воздействия ТБО на окружающую среду и здоровье населения [35].

Жизненный цикл ТБО - это сложный процесс, который требует тщательного управления для минимизации негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения. Эффективные стратегии управления отходами, такие как сокращение образования отходов, увеличение объемов переработки и компостирования, а также содействие преобразованию отходов в энергию, могут помочь достичь устойчивого управления отходами [36].

Таблица 2—этапы жизненного цикла [19],[33-36]

Этап	Описание	Влияние на окружающую среду
------	----------	-----------------------------

Продолжение таблицы 2

Генерация	Варьируется в зависимости от экономических, демографических и социальных факторов местности. В городских районах образуется больше отходов.	Увеличение образования отходов может привести к их неправильной утилизации.
Сбор	Занимаются компании по утилизации отходов или муниципальные службы. Эффективность имеет решающее значение для предотвращения накопления отходов.	Неэффективный сбор может привести к негативным последствиям для здоровья.
Транспортировка	Отходы транспортируются на предприятия по переработке, как правило, грузовиками, но также поездами и баржами.	Выбор транспорта зависит от расстояния, стоимости и эффективности.
Переработка	Включает в себя сортировку, переработку, компостирование и преобразование отходов в энергию.	Снижает потребность в сырье и минимизирует захоронение отходов.
Утилизация	Предполагает размещение не перерабатываемых и не компостируемых отходов на свалках при надлежащем проектировании и эксплуатации	Предотвращает загрязнение окружающей среды и здоровья населения.

Жизненный цикл ТБО — это сложный процесс, который требует тщательного управления для минимизации негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения. Эффективные стратегии управления отходами, такие как сокращение образования отходов, увеличение объемов переработки и компостирования, а также содействие преобразованию отходов в энергию, могут помочь достичь устойчивого управления отходами[36].

Воздействие на окружающую среду различных способов переработки отходов биопластика из ацетата целлюлозы (АЦ) было оценено в ходе оценки жизненного цикла, проведенной в Италии. В исследовании рассматривались три сценария, а именно S1, S2 и S3, где отходы АЦ обрабатывались с органическими отходами, пластиковыми отходами и смешанными отходами, соответственно. В исследовании использовалась функциональная единица в 1 тонну твердых бытовых отходов, составленная на основе итальянских стандартов образования отходов, при этом количество АЦ принималось как сумма биопластиков в каждом потоке отходов.

Сценарий S1 предусматривает сбор отходов АЦ вместе с органическими

отходами, которые затем обрабатываются путем анаэробного сбраживания и компостирования. Биогаз, получаемый из АЦ и пищевых отходов, преобразуется в тепловую и электрическую энергию через систему комбинированного тепло- и электроснабжения (ТЭЦ), а полученный дигестат направляется на промышленное компостирование для получения компоста.

В S2 отходы АЦ собираются вместе с пластиковыми отходами и сортируются на установке по утилизации материалов для переработки ценных полимеров и получения энергии из не перерабатываемых пластиковых отходов (Далее—Plasmix). Затем Plasmix отправляется на сжигание для получения тепловой и электрической энергии через систему ТЭЦ.

В S3 отходы АЦ собираются вместе со смешанными отходами и обрабатываются на установке механико-биологической обработки (Далее—МБО). Произведенная энергия может быть использована для энергетических нужд завода, а избыток энергии может заменить энергию, произведенную из традиционных источников.

Исследование показало, что сценарий S1 имеет наименьшее воздействие на окружающую среду благодаря высокой степени извлечения энергии и низким выбросам. Напротив, сценарий S2 имеет самое высокое воздействие на окружающую среду из-за низкого уровня рекуперации энергии и высокого уровня выбросов. Исследование подчеркивает важность методов переработки отходов и рекуперации энергии для снижения воздействия биопластиковых отходов на окружающую среду [37].

Таблица 3—Сравнительная характеристика сценариев при переработке ТБО [37]

Сценарий	Отходы ЦА обрабатываются с	Основные процессы	Воздействие на окружающую среду
S1	Органическими отходами	Анаэробное сбраживание, компостирование	Наименьшее
S2	Пластиковыми отходами	Утилизация материалов, сжигание Plasmix	Наибольшее
S3	Смешанными отходами	МБО	Среднее

1.3 Методы переработки ТБО

Механическая переработка:

Механическая переработка ТБО включает следующие этапы[38]:

— разделение;

- сортировку;
- измельчение;
- дробление отходов для дальнейшей переработки.

Обычно используются такие технологии, как магнитная сепарация, воздушная сепарация и скрининг.

Биологическая переработка:

Компостирование — это аэробный процесс превращения органических отходов в стабильное состояние под действием микроорганизмов;

Анаэробное биоразложение - это процесс, при котором микроорганизмы разлагают органические отходы без доступа кислорода, в результате чего образуется биогаз (метан и углекислый газ) [39-40].

Термическая переработка:

Сырьевая пиролиз — это процесс нагревания органических материалов без доступа кислорода, в результате чего образуются твердые (углерод), жидкие (биомасла) и газообразные продукты;

Газификация — это процесс превращения углеводородного сырья в газообразное топливо (синтез-газ) с использованием парциального окисления;

Сжигание — это процесс полного окисления органических материалов с выделением тепла и образованием продуктов сгорания [41-42].

Химическая переработка:

Пиролиз — это процесс термического разложения органических материалов в отсутствие кислорода;

Гидролиз — это процесс разложения органических материалов на молекулярный уровень с использованием воды.

1.3.1 Анаэробное разложение

Анаэробное разложение — это процесс биохимического превращения органических веществ в условиях отсутствия кислорода. Этот процесс используется для переработки ТБО с помощью анаэробных биогазовых установок [43].

При анаэробном сбраживании органические отходы собираются и перерабатываются в несколько этапов, включающих предварительную обработку, анаэробное сбраживание и последующее сбраживание. Во время предварительной обработки отходы сортируются и измельчаются, чтобы улучшить их усвояемость [44].

В процессе анаэробного сбраживания микроорганизмы расщепляют органические вещества в отходах, производя биогаз, который может быть использован для производства энергии [45]. Оставшийся материал, известный как дигестат, может быть переработан в компост, который можно использовать в качестве почвенной добавки [46].

Фазы анаэробного разложения. Анаэробное разложение состоит из

четырёх основных этапов:

1. Гидролиз: в этой фазе экстрацеллюлярные ферменты, вырабатываемые микроорганизмами, разрушают сложные органические молекулы, такие как белки, жиры и полисахариды, на более простые молекулы, такие как аминокислоты, моносахариды и глицерол [45].

2. Ацидогенез: на этом этапе происходит разложение простых органических молекул на кислоты, такие как пропионовая, уксусная и масляная кислоты, а также на водород и двуокись углерода [45].

3. Ацетогенез: в этой фазе микроорганизмы превращают продукты ацидогенеза в ацетат, водород и двуокись углерода [45].

4. Метаногенез: на этом этапе анаэробные метаногенные археи превращают ацетат, водород и двуокись углерода в метан и воду [43].

Продукты анаэробного разложения по фазам разложения и их характеристика:

В фазе гидролиза образуются простые сахара, аминокислоты и глицерол [45].

В фазе ацидогенеза образуются кислоты, водород и двуокись углерода [45].

В фазе ацетогенеза основными продуктами являются ацетат, водород и двуокись углерода [45].

В фазе метаногенеза получают метан и вода [43].

Таблица 4 — Продукты анаэробного разложения по фазам разложения и их характеристика [43], [45].

Фаза разложения	Продукты	Характеристика
Гидролиз	Простые сахара, аминокислоты, глицерол	Разложение более сложных органических соединений на более простые молекулы
Ацидогенез	Кислоты, водород, двуокись углерода	Превращение простых сахаров и других органических соединений в кислоты, водород и двуокись углерода
Ацетогенез	Ацетат, водород, двуокись углерода	Образование ацетата, водорода и двуокись углерода из кислот и других органических соединений
Метаногенез	Метан, вода	Преобразование ацетата, водорода и двуокись углерода в метан и воду, осуществляется специфическими микроорганизмами

Основным продуктом анаэробного разложения является биогаз, состоящий преимущественно из метана (CH_4) и двуокиси углерода (CO_2), а также небольших количеств азота (N_2), водяного пара (H_2O) и других газов [43]. Биогаз может быть использован как возобновляемый источник энергии для производства тепла, электроэнергии и транспортного топлива. Кроме биогаза, в результате анаэробного разложения образуется анаэробный дигестат — влажный остаток, состоящий из органических и минеральных веществ. Дигестат может быть использован как удобрение или компост после дополнительной обработки [45].

1.3.2 Аэробное разложение

Аэробное разложение — это процесс биохимического окисления органических веществ в присутствии кислорода. Этот процесс применяется в методах компостирования и аэробной биостабилизации для переработки органических твердых бытовых отходов (ТБО) [43].

Фазы аэробного разложения: Аэробное разложение проходит через четыре основные фазы:

1. Фаза активации: в этой фазе микроорганизмы приспосабливаются к новой среде и начинают активно размножаться. В результате быстрого роста бактерий и грибов происходит интенсивное потребление кислорода и выделение тепла [46].

2. Фаза интенсивного разложения: здесь происходит быстрое разложение легко доступных органических веществ, таких как сахара, аминокислоты и жиры. Бактерии и грибы разлагают эти вещества на простые молекулы, такие как углекислый газ (CO_2), аммиак (NH_3) и воду (H_2O). В результате процесса высвобождается тепло, и температура компоста может подниматься до $65\text{-}70^\circ\text{C}$ [38].

3. Фаза замедления разложения: в этой фазе микроорганизмы переходят к разложению менее доступных органических веществ, таких как клеточная стенка растений и крахмал. Разложение происходит медленнее, и температура компоста начинает снижаться. В результате этого процесса образуются гуминовые вещества, аммоний и другие минеральные вещества [46].

4. Фаза зрелости и стабилизации: на этом этапе процесс разложения замедляется, и полученный продукт становится стабильным и пригодным для использования. В результате аэробного разложения образуется компост - темно-коричневое вещество с запахом земли, содержащее гумус, минеральные вещества и небольшие количества газов, таких как двуокись углерода и азота [38]. Компост является полезным продуктом, который может быть использован в сельском хозяйстве и садоводстве для улучшения плодородия почвы и структуры почвы.

В целом, аэробное и анаэробное разложение являются двумя основными

методами биологической переработки ТБО, которые способствуют превращению органических отходов в полезные продукты, такие как компост, биогаз и удобрения. Однако выбор между аэробным и анаэробным разложением зависит от различных факторов, таких как состав отходов, климатические условия, доступная инфраструктура и экономические возможности [38].

На примере итальянских стандартов переработки отходов присутствуют сценария переработки биопластиков из ацетата целлюлозы (ЦА) в ТБО, а именно: анаэробное сбраживание и компостирование, переработка на установке по регенерации материалов (MRF) и механико-биологическая обработка (МВТ). В первом сценарии отходы СА собираются вместе с органическими отходами и перерабатываются путем анаэробного сбраживания и компостирования. Биогаз, получаемый из ЦА и пищевых отходов, преобразуется в тепловую и электрическую энергию с помощью комбинированной теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), а полученный дигестат направляется на промышленное компостирование для получения компоста [37].

Компостирование — это процесс, в котором используется естественная ферментативная деятельность микроорганизмов для разложения органических отходов в контролируемой аэробной среде. Этот процесс не только обеспечивает экономическую выгоду за счет получения пригодного для использования продукта, снижения затрат на замену, повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур, но и дает многочисленные экологические преимущества, такие как улучшение здоровья почвы, сохранение питательных веществ в почве, сохранение воды, борьба с эрозией и снижение выбросов парниковых газов. На самом деле, компостирование было определено как ключевая стратегия для сокращения количества органических отходов, отправляемых на свалки, и смягчения воздействия на окружающую среду при утилизации отходов [47].

Хотя все органические отходы могут быть компостированы, некоторые из них требуют дополнительных добавок для создания качественных продуктов из-за своих физико-химических свойств. Недавние исследования показали, что добавление таких материалов, как торфяной мох, почва, переработанный биосахар, биочар, цеолит, известь, летучая зола и сельскохозяйственные отходы, может улучшить качество и зрелость компоста в процессе компостирования. Эти добавки создают синергетический эффект, который стабилизирует отходы и способствует росту полезных микроорганизмов. Добавление этих добавок может способствовать стабилизации и иммобилизации тяжелых металлов, что в свою очередь снижает их доступность для растений и предотвращает попадание в пищевую цепочку [48].

1.3.3 Биоразложение как метод снижения токсичности ксенобиотика

Кадмий — это тяжелый металл, который представляет собой серьезную угрозу окружающей среде и здоровью человека из-за его токсичности, биоаккумуляции и персистентности [53]. Период полураспада кадмия составляет

приблизительно 20-30 лет у человека, скорость его выведения из организма низка, а накопление происходит в основном в мягких тканях (в первую очередь в печени и почках). Этот чрезвычайно токсичный элемент вызывает постоянную озабоченность, так как уровни его в окружающей среде продолжают неуклонно расти из-за антропогенной активности по всему миру [53]. Кадмий поглощается в значительных количествах из сигаретного дыма, продуктов питания, воды и загрязненного воздуха, и известно, что он оказывает многочисленные негативные эффекты как на людей, так и на животных. Кадмий вызывает различные токсические эффекты, включая нефротоксичность, канцерогенность, тератогенность, эндокринную и репродуктивную токсичность.

Концентрация кадмия в твердых бытовых отходах может значительно варьироваться в зависимости от типа источника, а также от страны или региона [60]. Ниже приведены некоторые значения концентраций кадмия, обычно обнаруживаемых в различных типах бытовых отходов, с указанием источников:

Батареи: Кадмиевые аккумуляторы, такие как никель-кадмиевые (Ni-Cd) аккумуляторы содержат значительные концентрации кадмия. Вместе с тем, трудно найти точные данные о концентрации кадмия в аккумуляторах, так как это может варьироваться в зависимости от производителя и типа батареи [60].

Электроника: Печатные платы и другие компоненты электронных устройств могут содержать следы кадмия, однако его концентрации обычно ниже, чем в кадмиевых аккумуляторах [61].

Общие твердые бытовые отходы: Кадмий может присутствовать в некоторых бытовых отходах, включая упаковочные материалы, пищевые отходы и некоторые виды электронных устройств. Однако, концентрация кадмия в бытовых отходах варьируется в зависимости от источника отходов [62].

Снижение токсичности кадмия в почве является важной задачей для обеспечения безопасного использования почвы и предотвращения загрязнения пищевых цепочек [53]. Компостирование может играть ключевую роль в снижении доступности и токсичности кадмия в почве [54],[63].

1.3.4 Механизмы снижения токсичности кадмия при компостировании

Компостирование — это аэробный процесс биологического разложения органических материалов, который приводит к образованию стабильного и питательного продукта — компоста [38]. В процессе компостирования кадмий может быть иммобилизован или адсорбирован на различных компонентах компоста, что снижает его доступность и токсичность для растений и микроорганизмов [55]. Также в Таблице 5 приведены Механизмы снижения токсичности кадмия [65-66].

Таблица 5 — Механизмы снижения токсичности кадмия [65 - 66].

Механизмы снижения токсичности кадмия	Примеры родов микроорганизмов	Описание процесса
Биосорбция	Rhodotorula, Pseudomonas, Chlorella	Адсорбция кадмия на поверхности микроорганизмов, пассивный процесс
Биопреципитация	Desulfovibrio, Shewanella	Выделение экстрацеллюлярных биополимеров, которые связывают и удаляют кадмий
Комплексообразование	Saccharomyces, Escherichia	Выработка металлотионеинов, способных связывать и детоксифицировать кадмий
Изменение окислительного состояния	Geobacter, Desulfovibrio	Превращение кадмия из токсичной формы Cd(II) в менее токсичную форму Cd(0) или CdS
Биоаккумуляция	Aspergillus, Streptomyces	Аккумуляция кадмия в клетках микроорганизмов или на их поверхности, снижение концентрации кадмия в окружающей среде

Основные механизмы снижения токсичности кадмия при компостировании включают:

Адсорбирование на органических частицах и образование нерастворимых комплексов с гуминовыми кислотами и фульвокислотами [56];

Прекурсионное осаждение и образование нерастворимых минералов, таких как фосфаты и карбонаты кадмия [57];

Хелатирование кадмия с помощью микроорганизмов, синтезирующих сидерофоры (мицелийные грибы) или бактерии, способные к биосорбции металла [58].

В исследовании [55], было показано, что компостируемый ил, богатый органическим веществом, снижает доступность тяжелых металлов, включая кадмий, путем адсорбции и хелатирования. Они обнаружили, что компостирование улучшает стабилизацию тяжелых металлов в сточных илах и снижает их мобильность.

Ученые [54] провели исследование, в котором они выяснили, что компостирование снижает концентрацию биодоступных форм тяжелых металлов, включая кадмий, благодаря иммобилизации и сорбции металлов на различных компонентах компоста. Их результаты подтверждают, что компостирование может быть эффективным методом для снижения риска загрязнения почвы тяжелыми металлами.

В другом исследовании [56] выяснили, что компост, обогащенный сахарозой и гуминовыми кислотами, способствует снижению доступности кадмия в загрязненных почвах. Такие компостирующие материалы могут быть использованы для стабилизации кадмия и других тяжелых металлов в почвах, предотвращая их негативное воздействие на растения и микроорганизмы.

Учитывая возможность уменьшения объема отходов и превращения их в полезные продукты, биоразложение может быть использовано как эффективный метод обработки ТБО. Компостирование и анаэробное ферментирование являются двумя наиболее распространенными методами биоразложения ТБО [59].

Методы техногенной трансформации ксенобиотиков можно разделить на несколько основных групп, которые включают физические, химические и биологические методы. Ниже представлены примеры методов техногенной трансформации ксенобиотиков.

1. Физические методы. Адсорбция — активированный уголь действует как сильный адсорбент, удаляя широкий спектр органических веществ из воды и почвы [60].

2. Химические методы:

— Окисление: Озон, пероксид водорода и перманганат калия обычно используются как сильные окислители, способные разлагать различные загрязнители [50];

— Фотокаталитическое разложение: TiO_2 обладает уникальными фотокатализирующими свойствами, которые позволяют разлагать органические вещества под воздействием ультрафиолетового излучения [51].

Биологические методы:

— Биодеградация: "Многие виды микроорганизмов способны разлагать разнообразные типы органических загрязнителей в окружающей среде";

— Фиторемедиация: Растения способны поглощать и метаболизировать различные типы загрязнителей из почвы и воды [52].

Таблица 6 — Методы техногенной трансформации ксенобиотиков [50-52], [60]

Тип метода	Метод	Описание
Физический	Адсорбция	Активированный уголь действует как сильный адсорбент, удаляя широкий спектр органических веществ из воды и почвы.
Химический	Окисление	Озон, пероксид водорода и перманганат калия используются как сильные окислители, способные разлагать различные загрязнители.

Продолжение таблицы 6

	Фотокаталитическое разложение	TiO ₂ обладает уникальными фотокатализирующими свойствами, позволяющими разлагать органические вещества под воздействием ультрафиолетового излучения.
Биологический	Биодеградация	Многие виды микроорганизмов способны разлагать разнообразные типы органических загрязнителей в окружающей среде.
	Фиторемедиация	Растения способны поглощать, метаболизировать различные типы загрязнителей из почвы и воды.

2. Материалы и методики исследования

2.1. Материалы

Биопрепарат «Байкал ЭМ», как указано на инструкции, применяется для обработки почвы, семян, рассады, корневых систем, а также для приготовления компоста. Биопрепарат «Байкал ЭМ» – это широкая группа биологических средств, содержащие в своем составе микроорганизмы или вещества ими выделяемые, а также вытяжки активных компонентов из природных источников. В его составе: природные почвенные микроорганизмы - молочнокислые, фотосинтезирующие, бактерии, фиксирующие азот, сахаромицеты и биологически-активные вещества микробиологического синтеза.

Согласно инструкциям, представленным на бутылке препарата «Байкал ЭМ», на 10 литров компостируемой массы приходится 100 мл препарата. Объем добавленного препарата к образцам был изменен в соответствии с возможностями доступного оборудования.



Рисунок 2 – Биопрепарат «Байкал ЭМ»

2.1.1 Оборудование и лабораторная посуда

Для исследования применялась стерильная лабораторная посуда: колба Эрленмейера, чашки Петки, шпатель Дрегальского, мерные стаканы, лабораторная спиртовка, лабораторный шпатель, лабораторный дозатор. Посуда была стерилизована в целях избегания заражения исследуемого образца другими видами или бактериями из внешней среды. Для этого применялись специальные приборы и оборудование, которые гарантируют стерильность исследуемой среды.

Микроскоп — это высокоточный оптический прибор, который использует линзы или комбинацию линз для получения сильно увеличенного изображения мелких образцов или объектов. Название модели: Levenhuk D20T.

Аналитические весы — это высокоточные весоизмерительное оборудование. Для стабилизации среды взвешивания крайне чувствительной весовой ячейки аналитические весы оснащаются защитным кожухом. Название модели: Pioneer PA114.

В целях стерилизации, колбы с смесью питательной среды, колбы с водой и пустые колбы помещались в автоклав при температуре 120°C. Стерилизация продолжалась 1,5 часа далее оборудование достали и приступали к дальнейшей работе.

Автоклав используется для стерилизации пробирок, колб и других емкостей, содержащих питательную среду. Автоклав представляет собой герметичный прибор, в котором происходит нагревание содержимого под давлением. Название модели: ВК-75-01.



Рисунок 3 – Автоклав (ВК-75-01)

Дальнейшая работа проводилась в ламинарном боксе, в котором поток обеспечивает подачу стерильного воздуха внутри бокса. Класс биозащиты-2 означает, что бокс имеет улучшенную систему подачи воздуха через фильтр.

Название модели: Ламинарный бокс ВО-120-РР.



Рисунок 4 – Ламинарный бокс биозащиты 2 класса

В термостате настроили контроль температуры, что позволяет обеспечить

оптимальные условия для роста и размножения микроорганизмов, которые содержатся в образцах, и следить за процессом их развития.

Термостат — это устройство, предназначенное для создания и поддержания заданной температуры внутри контейнера, в данном случае — в чашках Петри. Название модели: ТС-1/80 СПУ.



Рисунок 5 – Термостат:ТС-1/80 СПУ

2.2 Методики исследования

2.2.1 Технология приготовления исследуемых образцов к посеву

Для исследования техногенной трансформации ксенобиотиков и микробиоценоза при переработке ТБО, был разработан модельный эксперимент разработанный на основе ГОСТ 24026-80 Исследовательские испытания. Планирование эксперимента, происходящий в компостной куче.

В данном модельном эксперименте пробы состояли из пищевых и бытовых отходов, такие как остатки банана, моркови, картофеля, бумаги, спичек, пластика, листьев, веток, а также почвы. Перед посевом образец твердых бытовых отходов был измельчен и смешан с почвой в соотношении 3:2 (60 г отходов и 40 г почвы соответственно). Для изучения влияния физико-химических факторов на процесс компостирования был добавлен препарат с микроорганизмами (Далее — Биопрепарат). В ходе эксперимента были проведены эксперименты на фазах компостирования.

В качестве контрольных тестов использовался компост без биопрепарата.

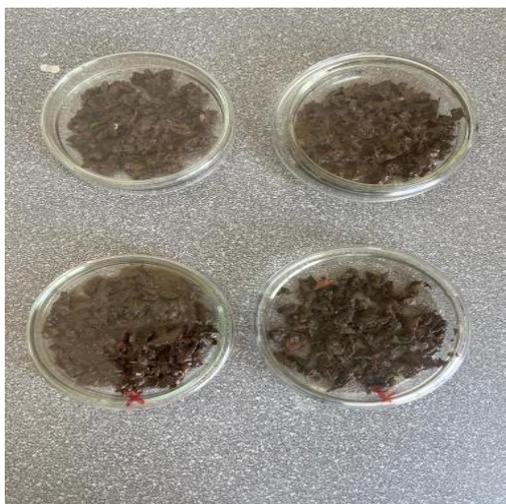


Рисунок 6 – Компостируемая масса: верхняя чашка Петри без биопрепарата, нижняя с биопрепаратом.

Подготовка инструментов: стерилизация. Подготовили все необходимые инструменты и материалы для работы в микробиологической лаборатории, чашка Петри, стерильные шпатели, спиртовку для обжигания шпателя.

Приготовление питательной среды: Питательную среду Агар питательный – Nutrient agar приготовили с разведением 7 грамм на 250 мл воды.

2.2.2 Посев

Для более удобного и точного подсчета количества бактерий в исследуемом образце, было проведено десятичное разведение — разведение исследуемых образцов (метод предельных разведений по стандарту ГОСТ ISO 6887). Исходный образец массой 1 грамм разводился в 100 мл воды из автоклава и тщательно перемешивался. Таким образом, получалось разведение 1:100.

Для проведения посева использовалась методика посева по стандарту и подсчета микроорганизмов согласно стандарту, ГОСТ ISO 7218 на питательной среде Агар питательный— Nutrient agar подготовленная среда из автоклава разливалась на чашки Петри и оставлялась в горизонтальном положении для застывания агара. Проводился разлив среды по чашкам Петри. Затем на поверхность питательной среды наносили пипеткой объемом в 1-2 капель исследуемого образца и распределяли стеклянным шпателем посевной материал согласно методу Дригальского.

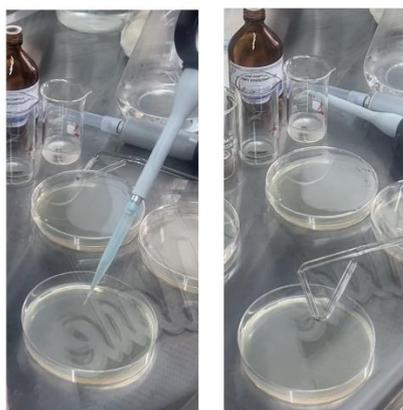


Рисунок 7 – Посев методом Дригальского

Используя стерильный шпатель, распределили образец по поверхности питательной среды, начиная от центра и двигаясь к краям чашки Петри. Для обеспечения стерильности и чистоты эксперимента посев проводился в ламинарном боксе, а также проводилось обжигание шпателя спиртовкой, чтобы избежать переноса микроорганизмов из одной чашки на другую. После распределения образца по поверхности питательной среды, чашки Петри переворачивали и помещали в термостат с температурой 28 °С на 24 часа для определения количества бактерий, которые выросли на питательной среде. Этот процесс был повторен для каждого образца на всех фазах компостирования, чтобы оценить динамику изменения количества микроорганизмов во времени и влияния на концентрацию ксенобиотика.

3. Результаты исследования

3.1 Трансформация микробиоценоза и ксенобиотика по стадиям развития при компостировании

Расшифровка:

Контроль – Анализируемая смесь без добавления биопрепарата;

Эксперимент 1 – исследований на стадии лаг-фазы;

Эксперимент 2 – исследований на стадии термофильной;

Эксперимент 3 – исследований на стадии остывания;

Эксперимент 4 – исследований на стадии созревания;

В Таблице 8 приведены количественные результаты проведенных исследований. Четыре эксперимента, различающиеся различными стадиями компостирования.

В ходе исследования использовалась следующая формула:

$$N = \frac{\sum C}{V \times d} \quad (1)$$

Расчет числа микроорганизмов, присутствующих в пробе. [ГОСТ ISO 7218]

Где, C — это сумма колоний, подсчитанных на двух чашках;
 V — объем посевного материала, внесенного в каждую чашку;
 d — коэффициент разведения.

Также использовалась следующая формула:

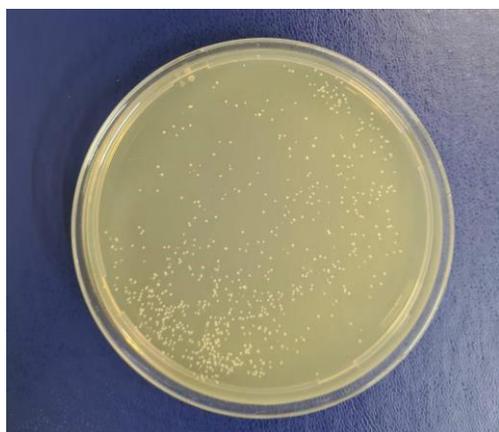
$$Cv = \frac{\sigma \times 100}{X} \quad (2)$$

Где, Cv – достоверность результатов, σ – отклонение, X – среднее число колоний. Расчеты проводятся с целью определить погрешность в расчетах во время проведения эксперимента.

Таблица 7. Стандарт отклонения

	Эксперимент 1	Эксперимент 2	Эксперимент 4
Опытная группа	31.295	1.41	6.073
Контроль	8.897	4.876	29.425

Результаты исследований на стадии лаг-фазы



1) Эксперимент 1



2) Контроль

Рисунок 8- Эксперимент 1

Результат с биопрепаратом на стадии лаг-фазы. Наблюдается образование колоний.

$$N = \frac{439 + 566}{0.1 \times 1} = 10050$$

$N = 10050 (1,0 \cdot 10^4)$ - количество колоний с биопрепаратом.

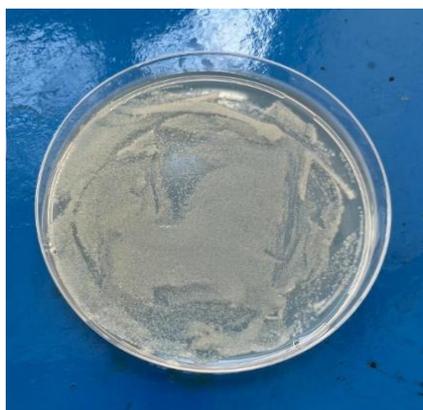
Результат без биопрепарата (контроль). Так же наблюдается образование колоний.

$$N = \frac{280 + 642}{0.1 \times 1} = 9220$$

$N = 9220 (9,2 \cdot 10^3)$ - количество колоний без биопрепарата.

При сравнении видим, что обсемененность компостируемой массы с биопрепаратом на порядок выше компостируемой массы без биопрепарата, т.е. 4-й уровень разведения против 3-го.

Результаты исследований на стадии термофильной фазы



1) Эксперимент 2



2) Контроль

Рисунок 9 – Эксперимент 2

Эксперимент 2: Результат с биопрепаратом на термофильной фазе развития.

Наблюдается активный рост колоний – сплошной рост.

Эксперимент 2 (Контроль): Результат без биопрепарата(контроль) на термофильной фазе развития. Наблюдается активный рост колоний-сплошной рост.

Результат на стадии остывания



1) Эксперимент 3



2) Контроль

Рисунок 10 – Эксперимент 3

Результат с биопрепаратом на фазе остывания.

$$N = \frac{2520 + 2561}{0.1 \times 1} = 50810$$

$$N = (5,1 \cdot 10^4)$$

Результат без биопрепарата(контроль) на фазе остывания.

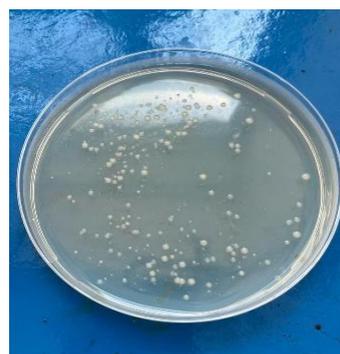
$$N = \frac{1050 + 980}{0,1 \times 1} = 20300$$

$$N = (2,0 \cdot 10^4)$$

Результаты исследований на стадии созревания компоста



1) Эксперимент 4



2) Контроль

Рисунок 11 – Эксперимент 4

$N=16300 (1,6 \cdot 10^4)$, количество колоний с биопрепаратом;
 $N= 7440 (7,4 \cdot 10^3)$, количество колоний без биопрепарата.

На заключительной фазе развития компоста – фазе созревания мы наблюдаем высокую колонизацию компоста из опытной группы, где был использован биопрепарат, по сравнению с контролем, где биопрепарат не использовался, а именно 4 уровень разведения против 3-го.

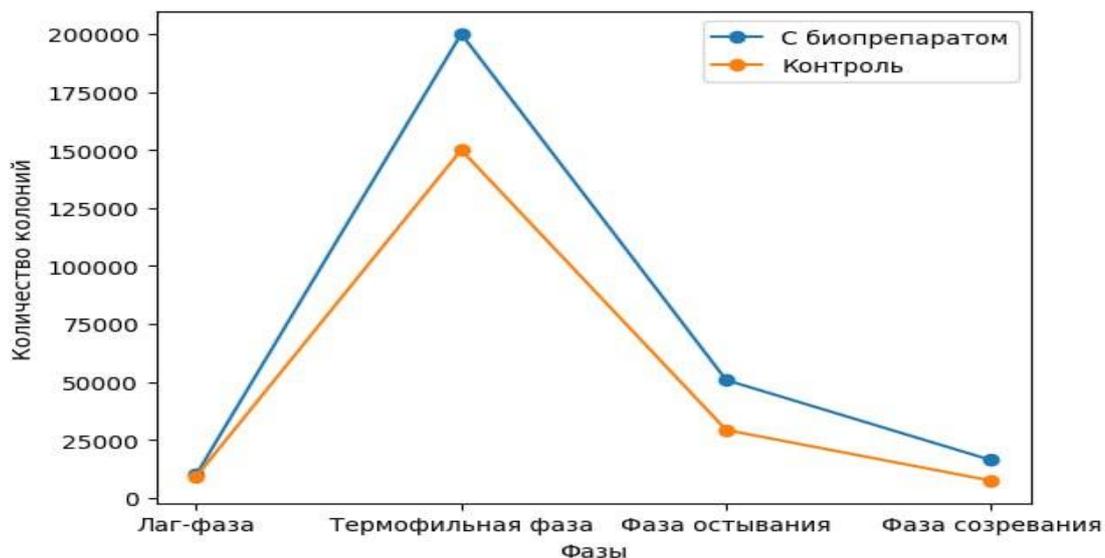


Рисунок 12 – Динамика микробиоценоза на различных стадиях компостирования

На рисунке 12 отображена динамика роста микрофлоры на разных стадиях компостирования. На термофильной фазе как можно заметить, наблюдался активный рост опытного образца и контрольного. Более активный рост опытного образца объясняется применением ЭМ препарата. Следовательно, можно сделать вывод об эффективности биопрепарата в процессе компостирования. Наличие увеличенного количества колоний микроорганизмов в пробе свидетельствует о их активной деятельности, что позволяет ускорить процесс компостирования.

Таблица 8. Количественные результаты проведенных исследований

	Лаг-фаза	Термофильная фаза	Фаза остывания	Фаза созревания
Опыт: ОМЧ, КОЕ/г	$1,0 \cdot 10^4$	Сплошной рост	$5,1 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^4$
Кадмий (ПДК 2 мг/кг)	$3,2 \pm 0,29$	$3,1 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,5$	$1,8 \pm 0,1$
Контроль: ОМЧ, КОЕ/г	$9,2 \cdot 10^3$	Сплошной рост	$2,0 \cdot 10^4$	$7,4 \cdot 10^3$
Кадмий (ПДК 2 мг/кг)	$3,2 \pm 0,2$	$3,2 \pm 0,2$	$2,8 \pm 0,2$	$2,8 \pm 0,2$
Температура, °С	17	60	32	26
Продолжительность, всего дней, из них	3	7	3	26
Запах	Тухлый	Неприятный	Слабый запах отходов	Землянистый

Представленные результаты, полученные в ходе лабораторных исследований по определению концентрации кадмия в компостной массе. Изначально обнаруженное значение кадмия составило 3,2 мг/кг. Далее на фазе созревания компоста, концентрация кадмия снизилась до 1,8 мг/кг.

Для определения процента очистки компоста с добавлением биопрепарата от кадмия, использовалась пропорция:

$$3,2 \text{ мг/кг (изначальное значение)} = 100\% \text{ (начальная концентрация)}$$

$$1,4 \text{ мг/кг (снижение концентрации)} = X\% \text{ (процент очистки)}$$

Решая данную пропорцию, получаем:

$$X = \frac{(1,4 \times 100)}{3,2}$$

$$X = 43,75\%$$

Процент очистки опытного образца составляет 43,75%.

Для компоста без добавления биопрепарата (Контроль):

3,2 мг/кг (изначальное значение) = 100% (начальная концентрация)

0,4 мг/кг (снижение концентрации) = X% (процент очистки)

Решая данную пропорцию, получаем:

$$X = \frac{(0,4 \times 100)}{3,2}$$

$$X = 12,5\%$$

Процент очистки опытного образца составляет 12,5%.

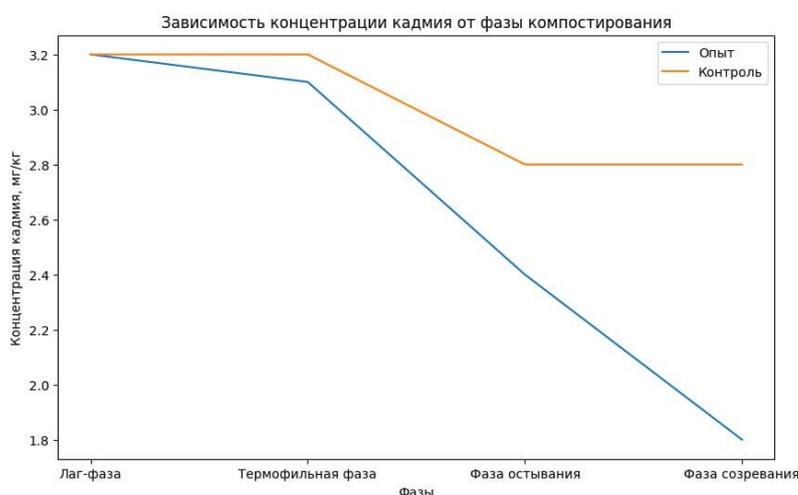


Рисунок 13 – График зависимости концентрации кадмия от фазы компостирования.

На рисунке 13 представлен график зависимости концентрации кадмия от процесса компостирования, наибольшее снижение концентрации приходится на термофильную фазу и фазу остывания. Термофильная фаза обусловлена биологической активностью, таким образом, во время созревания компоста активность микроорганизмов значительно увеличивалась. Температура в куче компоста повышалась. Далее фаза зрелости последний этап компостирования, когда материал более стабильный и менее активный с точки зрения биологической активности.

Процесс компостирования значительно снизил концентрацию кадмия в исследуемой массе.

Таким образом, экспериментальные данные показывают, что компостирование является эффективным методом снижения концентрации кадмия в отходах. Без использования биопрепаратов, концентрация кадмия снизилась на 12,5%.

Применение биопрепарата существенно увеличивает эффективность снижения концентрации кадмия в процессе компостирования. С использованием

биопрепарата концентрация кадмия снижается на 43,75%.

Исследование влияния компоста, содержащий осадок сточных вод, древесную щепу и траву, а также способность компоста к иммобилизации кадмия на подвижность и биодоступность кадмия показало, что процесс компостирования способствовал уменьшению концентрации кадмия и его подвижности, что указывает на его связывание с органическими компонентами и образование нерастворимых соединений [67].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целями данной работы являлось изучение влияния процесса переработки на состав и свойства ксенобиотиков и микробиоценоза, а также изменчивость количественного состава микробиоценоза ТБО по стадиям развития компостируемой массы ТБО.

В результате экспериментальных исследований после процесса созревания компоста, концентрация кадмия снизилась примерно на 43,75%. Это указывает на эффективность использования компостирования для уменьшения концентрации токсичного элемента в исследуемой массе.

Результаты эксперимента показали, что добавление биопрепарата способствует увеличению количества и активности микроорганизмов на стадиях развития компостирования.

В ходе исследования были успешно выполнены все поставленные задачи, что позволяет сделать вывод о перспективности использования метода компостирования для техногенной трансформации ксенобиотиков и снижения уровня загрязнения твердых бытовых отходов тяжелыми металлами.

Проведенное исследование было выполнено согласно методическим указаниям. Основываясь на этом исследовании компостирование может быть использовано как метод биоремедиации для уменьшения загрязнения тяжелыми металлами в отходах. Это может быть особенно полезно на территориях, подверженных серьезному загрязнению кадмием или другими тяжелыми металлами. Компостирование может способствовать снижению доступности и токсичности кадмия путем его иммобилизации или сорбции на органических компонентах компоста. Это, в свою очередь, может снизить воздействие кадмия на окружающую среду и растения, делая почву более безопасной для использования в сельском хозяйстве. Важно продолжать исследования в этой области для определения наилучших практик компостирования и разработки стратегий управления загрязнением тяжелыми металлами в почвах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A. Saravanan , Ponnusamy Senthil Kumar, Tran Cam Nhung, B. Ramesh, S. Srinivasan, Gayathri Rangasamy. A review on biological methodologies in municipal solid waste management and landfilling: Resource and energy recovery // *Chemosphere*, 2022. – vol. 309. – 136630. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136630>
2. Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. // World Bank, 2018 <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
3. Geyer, R., Jambeck, J.R., & Law, K.L. Production, use, and fate of all plastics ever made. // *Science Advances*, 2017 – vol. 3. – № 7. – e1700782. – <https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782>
4. Chen, X., Geng, Y., & Fujita, T. An overview of municipal solid waste management in China. // *Waste Management*, 2010 – vol. 30. – № 4. – 716-724. – <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.10.011>
5. Misganaw, A., & Teffera, B. An assessment of the waste-to-energy potential of municipal solid wastes in Ethiopia. // *Bioresource Technology Reports*, 2022 – vol. 19. – 101180. – <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101180>
6. Kang, Y.O., Yabar, H., Mizunoya, T., & Higano, Y. Environmental and economic performances of municipal solid waste management strategies based on LCA method: A case study of Kinshasa. // *Heliyon*, 2023 – vol. 9. – № 3. – e14372. – ISSN 2405-8440. – <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14372>.
7. Henry, R. K., Yongsheng, Z., & Jun, D. Municipal solid waste management challenges in developing countries – Kenyan case study. // *Waste Management*, 2006 – vol. 26. – № 1. – pp. 92-100
8. Miezah, K., Obiri-Danso, K., Kádár, Z., Fei-Baffoe, B., & Mensah, M. Y. Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana. // *Waste Management*, 2015 – vol. 46. – pp.15-27
9. Zaman, A. U. A comprehensive study of the environmental and economic benefits of resource recovery from global waste management systems. // *Journal of Cleaner Production*, 2015 – vol. 91. – pp. 105-114
10. Gavrilescu, M. Environmental biotechnology: achievements, opportunities and challenges. // *Dynamic Biochemistry, Process Biotechnology and Molecular Biology*, 2010 – vol. 4. – pp.1-36
11. Fierer, N., & Jackson, R. B. The diversity and biogeography of soil bacterial communities // *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2006 – vol. 103. – № 3. – pp. 626-631
12. Diaz, L. F. Solid waste issues and challenges: an overview. In *Solid Waste* (pp. 1-34). // CRC Press, 2016

13. Roccaro, P., Sgroi, M., & Vagliasindi, F. Removal of Xenobiotic Compounds from Wastewater for Environment Protection: Treatment Processes and Costs. // *Chemical Engineering Transactions*, 2013 – vol. 32. – pp. 505-510. – DOI: 10.3303/CET1332085
14. Kjeldsen, P., Barlaz, M. A., Rooker, A. P., Baun, A., Ledin, A., & Christensen, T. H. Present and long-term composition of MSW landfill leachate: A review // *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 2002 – vol. 32. – № 4. – pp. 297-336
15. Margesin, R., & Schinner, F. Biodegradation and bioremediation of hydrocarbons in extreme environments // *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2001 – vol. 56. – № 5-6. – pp. 650-663
16. Singh, R. P., & Singh, P. (2011). Biodegradation of xenobiotics: an overview // In *Microbial Biodegradation and Bioremediation*. – pp. 21-48
17. Hossain, M. S., Santhanam, A., Norulaini, N. A., & Omar, A. M. The evolution of solid waste management in Malaysia: impacts and implications of the solid waste bill, 2007. // *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 2017 – vol. 19. – № 2. – pp. 756-770
18. Singh, B. K., Walker, A., Morgan, J. A., & Wright, D. J. Biodegradation of chlorpyrifos by *Enterobacter* strain B-14 and its use in bioremediation of contaminated soils. // *Applied and Environmental Microbiology*, 2016 – vol. 72. – № 8
19. Wilson, D. C., Rodic, L., Cowing, M. J., Velis, C. A., Whiteman, A. D., Scheinberg, A. & Stretz, J. Global waste management outlook // *United Nations Environment Programme*, 2015
20. Ziraba, A. K., Haregu, T. N., & Mberu, B. A review and framework for understanding the potential impact of poor solid waste management on health in developing countries. // *Archives of Public Health*, (2016). – vol. 74.
21. Barceló, D., & Kostianoy, A. G. (Eds.). *The Handbook of Environmental Chemistry: Anthropogenic Compounds*. // Springer, 2010
22. Cycoń, M., Mroziak, A., & Piotrowska-Seget, Z. Antibiotics in the Soil Environment-Degradation and Their Impact on Microbial Activity and Diversity. // *Frontiers in Microbiology*, 2010
23. Baker, R. W. *Membrane Technology and Applications*. // John Wiley & Sons, 2004
24. W.S. Wan Ngah, M.A.K.M. Hanafiah // *Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: A review* *Bioresource Technology*, 2008
25. Abbas, A., Guo, J.-S., Ping, L., Ya, P., & Al-Rekabi, W. Review on Landfill Leachate Treatments. // *American Journal of Applied Sciences*, 2009– vol. 6 DOI: 10.3844/ajas.2009

26. Gogate, P. R., & Pandit, A. B. A review of imperative technologies for wastewater treatment I: Oxidation technologies at ambient conditions. // *Advances in Environmental Research*,2004
27. Shi, P., Jia, S., Zhang, X. X., Zhang, T., Cheng, S., & Li, A. Metagenomic insights into chlorination effects on microbial antibiotic resistance in drinking water. // *Water Research*,2013
28. Tatsi, A. A., & Zouboulis, A. I. A field investigation of the quantity and quality of leachate from a municipal solid waste landfill in a Mediterranean climate (Thessaloniki, Greece). // *Advances in Environmental Research*, 2002 – vol. 6
29. Christensen, T. H., Kjeldsen, P., Bjerg, P. L., Jensen, D. L., Christensen, J. B., Baun, A., & Sorensen, J. Biogeochemistry of landfill leachate plumes. // *Applied Geochemistry*,2001 – vol. 16
30. Renou, S., Givaudan, J. G., Poulain, S., Dirassouyan, F., & Moulin, P. Landfill leachate treatment: Review and opportunity, *Journal of Hazardous Materials*,2008 – vol. 150. – № 3. – pp. 468-493.
31. Pichtel, J. *Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial*, Second Edition. // CRC Press,2014
32. Erses, A. S., Onay, T. T., & Yenigun, O. Comparison of aerobic and anaerobic biological treatment for leachate management. // *Journal of Environmental Management*,2008 – vol. 87. – № 1. – pp. 122-130
33. Troschinetz, A. M., & Mihelcic, J. R. Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. // *Waste Management*, 2009
34. Gupta, N., Yadav, K. K., & Kumar, V. A review on current status of municipal solid waste management in India. // *Journal of Environmental Sciences*, 2015
35. Christensen, T. H., Gentil, E., Boldrin, A., Larsen, A. W., Weidema, B. P., & Hauschild, M. C balance, carbon dioxide emissions and global warming potentials in LCA-modelling of waste management systems. // *Waste Management & Research*,2009 – vol. 27. – № 8. – pp. 707-715. – doi:10.1177/0734242X08096304
36. Chen, X., Geng, Y., & Fujita, T. An overview of municipal solid waste management in China. // *Waste Management*, 2010 – vol. 30. – № 4. – pp. 716-724. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.10.011>
37. Gadaleta, G., Ferrara, C., De Gisi, S., Notarnicola, M., & De Feo, G. Life cycle assessment of end-of-life options for cellulose-based bioplastics when introduced into a municipal solid waste management system. // *Science of The Total Environment*,2023 <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161958>.
38. Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*,1993
39. Haug, R. T. *The Practical Handbook of Compost Engineering*. // CRC Press,2015.

40. Mata-Alvarez, J. Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes. // IWA Publishing, 2005
41. Arena, U. Waste-to-Energy: Advanced Cycles and New Design Concepts for Efficient Power Plants. // Woodhead Publishing, 2015
42. Basu, P. Biomass Gasification, Pyrolysis, and Torrefaction: Practical Design and Theory. // Academic Press, 2013
43. Deublein, D., & Steinhauser, A. Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction. // Wiley-VCH Tchobanoglous, G., Theise, H., Vigil, S. A. Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues. // McGraw-Hill, 1993
44. Rajendran, K., Aslanzadeh, S., & Taherzadeh, M. J. Household biogas digesters—A review. // Energies, 2012 – vol. 5. – № 8. – 2911-2942. – DOI: 10.3390/en5082911
45. Lou, X. F., & Nair, J. The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions – a review. // Bioresource Technology, 2009 – vol. 100. – № 16. DOI: 10.1016/j.biortech.2008.12.006
46. De Guardia, A., Petiot, C., Rogeau, D., & Druilhe, C. Comparison of five organic wastes regarding their behaviour during composting: Part 2. Modelling of the aerobic/anaerobic decomposition and temperature profiles. Waste Management, 2010, pp. 898-909
47. Fulya Aydın Temel. Evaluation of the influence of rice husk amendment on compost quality in the composting of sewage sludge. // Bioresource Technology, 2023. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128748>
48. Abiven, S., Hund, A., Martinsen, V., Cornelissen, G. Biochar amendment increases maize root surface areas and branching: a shovelomics study in Zambia. // Plant and Soil, 2015 – vol. 395. DOI: 10.1007/s11104-015-2562-2
49. Rosenfeldt, E. J., & Linden, K. G. Degradation of endocrine disrupting chemicals bisphenol A, ethinyl estradiol, and estradiol during UV photolysis and advanced oxidation processes. // Desalination, 2004 – vol. 170(2). – pp. 155-170
50. Fujishima, A., & Honda, K. Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode. // Nature, 1972 – vol. 238
51. Newman, L. A., & Reynolds, C. M. Phytodegradation of organic compounds. // Current Opinion in Biotechnology, 2004 – vol. 15(3). – 225-230. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2004.04.006>
52. Nriagu, J. O. A silent epidemic of environmental metal poisoning? // Environmental Pollution, 1988 – vol. 50(1-2). – pp. 139-161.
53. Alloway, B. J. (2013). Heavy metals in soils: trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. // Springer Science & Business Media, 2013
54. Singh, R. P., & Agrawal, M. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. // Waste Management, 2008 – vol. 28(2). – pp. 347-358.

55. Hu, Y., Cheng, H., & Tao, S. The challenges and solutions for cadmium-contaminated rice in China: a critical review. // *Environment International*,2012 – vol. 42. – 1-12.
56. Clemente, R., Paredes, C., Bernal, M. P. . A field experiment investigating the effects of olive husk and cow manure on heavy metal availability in a contaminated calcareous soil from Murcia (Spain). // *Agriculture, Ecosystems & Environment*,2011 – vol. 141(3-4). – pp. 454-462.
57. Cao, X., Ma, L. Q., Chen, M., Singh, S. P., & Harris, W. G. Impacts of phosphate amendments on lead biogeochemistry at a contaminated site. // *Environmental Science & Technology*,2003 – vol. 37
58. Valls, M., & Lorenzo, V. D. Exploiting the genetic and biochemical capacities of bacteria for the remediation of heavy metal pollution. // *FEMS Microbiology Reviews*,2002 – vol. 26(4). – pp. 327-338.
59. Wu, B., Li, J., Peng, D., Wang, Z., & Xu, H. Cadmium Exposure Alters Rhizospheric Microbial Community and Transcriptional Expression of Vetiver Grass. // *Front Plant Sci*,2022 – vol. 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.808844>
60. Suresh Kumar, K., Dahms, H.-U., Won, E.-J., Lee, J.-S., & Shin, K.-H. Microalgae – A promising tool for heavy metal remediation // *Ecotoxicology and Environmental Safety*,2014 – vol. 113. – pp. 329-352.
61. Schluep, M., Hagelüken, C., Kuehr, R., Magalini, F., Maurer, C., Meskers, C., Mueller, E., Wang, F. Recycling – From E-Waste to Resources // *United Nations Environment Programme*,2009
62. Sörme, L., Lagerkvist, R. Sources of heavy metals in urban wastewater in Stockholm // *Science of the Total Environment*, 2002 – vol. 298. – № 1-3. – pp. 131-145.
63. Delle Site, A. Factors affecting sorption of organic compounds in natural sorbent/water systems and sorption coefficients for selected pollutants. A review. // *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, 2001 – vol. 30(1). – pp. 187-439. <https://doi.org/10.1063/1.1347984>
64. Nordberg, G.F., Nogawa, K., Nordberg, M. Cadmium // In: Nordberg, G.F., Fowler, B.A., Nordberg, M. (Eds.), *Handbook on the Toxicology of Metals (Fourth Edition)*. Academic Press, 2015. – pp. 667-716. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59453-2.00032-9>.
65. Gadd GM. "Biosorption: critical review of scientific rationale, environmental importance and significance for pollution treatment." *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 2009
66. Roşca, M.; Silva, B.; Tavares, T.,Gavrilescu, M. Biosorption.Hexavalent Chromium by *Bacillus megaterium* and *Rhodotorula* Inactivated Biomass processes,2023. <https://doi.org/10.3390/pr11010179>.
67. Hanc A, Tlustos P, Szakova J, Habart J. Changes in cadmium mobility during composting and after soil application. *Waste Manag.*,2009 doi: 10.1016/j.wasman.2009.03.027

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

Макмова Акмарал Маратовна

6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

На тему: «Техногенная трансформация ксенобиотиков и микробиоценоза при переработке твердых бытовых отходов»

Выполнено:

- а) графическая часть 13 рисунков и 8 таблиц
- б) пояснительная записка на 34 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломная работа на тему "Техногенная трансформация ксенобиотиков и микробиоценоза при переработке твердых бытовых отходов" была выполнена в соответствии со всеми требуемыми нормами и целями. Актуальность данного исследования определяется проблемой управления и переработки твердых бытовых отходов, а также взаимодействием микрофлоры с ксенобиотиками в ТБО. Работа включает в себя три основных раздела, в которых содержится тщательный аналитический обзор литературы. Рассмотрена техногенная трансформация ксенобиотиков и микробиоценоза при переработке твердых бытовых отходов, предоставлен систематический и логичный анализ различных аспектов, начиная от твердых бытовых отходов и их жизненного цикла до методов переработки, включая анаэробное и аэробное разложение и механизмы снижения токсичности кадмия. Особое внимание уделено изучению микрофлоры ТБО и ее влиянию на процесс трансформации ксенобиотиков. Результаты исследования основаны на научно проработанной методологии. Заключение содержит логические выводы и рекомендации, основанные на результате проведенного исследования.

Оценка работы

Данная дипломная работа отражает высокий уровень подготовки и компетентности студента в области экологической биотехнологии. Представленная дипломная работа выполнена на высоком уровне, соответствует всем требованиям, предъявляемым к работам данного уровня, работа заслуживает оценки «отлично».

Рецензент

к.т.н., и.о. доцента
кафедры ЮНЕСКО по
устойчивому развитию
КазНУ им. Аль-Фараби



Курбанова Л.С

«02» 06 2023г.

ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
на дипломную работу

Макмова Акмарал Маратовна

6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

В данной дипломной работе Макмовой А. М. по теме «Техногенная трансформация ксенобиотиков и микробиоценоза при переработке твердых бытовых отходов» выполнен научно-аналитический обзор литературы, включающий 67 источников, что свидетельствует о глубоком понимании предметной области. Во 2-й и 3-й главах представлены результаты экспериментального исследования по изучению трансформации микробиоценоза и ксенобиотиков на разных стадиях развития при компостировании. Продемонстрировано глубокое понимание предметной области.

При выполнении дипломной работы соискатель показала хорошие теоретические знания в области биотехнологии, продемонстрировала при выполнении лабораторных исследований, навыки и умения, полученные ею в процессе обучения. Работа изложена систематично и логично. Замечаний к работе нет.

Макмова А.М. допущена к защите, данная работа заслуживает оценки «отлично – 97 %», а ее автор – присвоения академической степени «Бакалавр техники и технологии» по ОП «6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия».

Научный руководитель

к.с.х.н., доцент, ассоц. профессор



Джамалова Г.А.



Metadane

Tytuł

Техногенная трансформация ксенобиотиков и микробиоценоза при переработке твердых бытовых отходов.docx

Autor/zy

Макмова Акмарал Маратовна

Promotor

Гуля Джамалова

Jednostka organizacyjna

ИГИНГД

Alerty

W tej sekcji znajdują się statystyki występowania w tekście zabiegów edytorskich, które mogą mieć na celu zaburzenie wyników analizy. Niewidoczne dla osoby zapoznającej się z treścią pracy na wydruku lub w pliku, wpływają na frazy porównywane podczas analizy tekstu (poprzez celowe błędy pisowni) w celu ukrycia zapożyczeń lub obniżenia wyników w Raporcie podobieństwa. Należy ocenić, czy zaznaczone wystąpienia wynikają z uzasadnionego formatowania tekstu (nadwrażliwość systemu), czy są celową manipulacją.

Znaki z innego alfabetu		1
Rozstrzelenia		0
Mikrospacje		7
Ukryte znaki		0
Parafrazy		28

Metryka podobieństw

Należy pamiętać, że wysokie wartości Współczynników nie oznaczają automatycznie plagiatu. Raport powinien zostać przeanalizowany przez kompetentną / upoważnioną osobę. Wyniki są uważane za wymagające szczegółowej analizy, jeśli WP 1 wynosi ponad 50%, a WP 2 ponad 5%.


25

Długość frazy dla WP 2


8664

Liczba słów


68879

Liczba znaków

Aktywne listy podobieństw

Uwagi wymagają szczególnie fragmenty, które zostały włączone do WP 2 (zaznaczone pogrubieniem). Użyj linku "Pokaż w tekście" i zobacz, czy są to krótkie frazy rozproszone w dokumencie (przypadkowe podobieństwa), skupione wokół siebie (parafraza) lub obszerne fragmenty bez wskazania źródła (tzw. "kryptocytaty").

10 najdłuższych fragmentów

Kolor w tekście

LP	TYTUŁ LUB ADRES URL ŹRÓDŁA (NAZWA BAZY)	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)	
1	https://official.satbayev.university/download/document/25851/6.%20%D0%A1%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9B%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B0.pdf	36	0.42 %
2	https://official.satbayev.university/download/document/25851/6.%20%D0%A1%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9B%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B0.pdf	31	0.36 %
3	https://official.satbayev.university/download/document/25851/6.%20%D0%A1%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9B%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B0.pdf	30	0.35 %

4	https://official.satbayev.university/download/document/25851/6.%20%D0%A1%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9B%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B0.pdf	29	0.33 %
5	https://official.satbayev.university/download/document/25851/6.%20%D0%A1%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9B%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B0.pdf	27	0.31 %
6	https://official.satbayev.university/download/document/25851/6.%20%D0%A1%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9B%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B0.pdf	23	0.27 %
7	https://official.satbayev.university/download/document/25851/6.%20%D0%A1%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9B%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B0.pdf	21	0.24 %
8	https://official.satbayev.university/download/document/25851/6.%20%D0%A1%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9B%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B0.pdf	13	0.15 %
9	https://official.satbayev.university/download/document/25851/6.%20%D0%A1%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9B%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B0.pdf	13	0.15 %
10	https://official.satbayev.university/download/document/25851/6.%20%D0%A1%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9B%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B0.pdf	12	0.14 %

z bazy RefBooks (0.00 %)



LP	TYTUŁ	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
----	-------	--------------------------------

z bazy macierzystej (0.00 %)



LP	TYTUŁ	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
----	-------	--------------------------------

z Programu Wymiany Baz (0.12 %)



LP	TYTUŁ	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
1	ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭКСТРАКТА ИЗ ПЛОДОВ ШИПОВНИКА СОБАЧЬЕГО (CANIS ROSA).docx 4/24/2023 Asfendiyarov Kazakh National Medical University (Asfendiyarov Kazakh National Medical University)	10 (1) 0.12 %

z Internetu (3.69 %)



LP	ADRES URL ŹRÓDŁA	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
1	https://official.satbayev.university/download/document/25851/6.%20%D0%A1%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9B%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B0.pdf	320 (22) 3.69 %

Lista zaakceptowanych fragmentów (brak zaakceptowanych fragmentów)

LP	TREŚĆ	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
----	-------	--------------------------------