

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О. А. Байконурова

Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»

Жунусова Айгерим Рустамовна

Эколого-экономическая эффективность методов утилизации ТБО

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B05206– Инженерная экология

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О. А. Байконурова

Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующая кафедрой
«Химические процессы и
промышленная экология»
Канд. техн. наук, доцент
Ш. Н. Кубекова
«03» 06 2025г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Эколого-экономическая эффективность методов утилизации ТБО»

6B05206– Инженерная экология

Выполнила:

Жунусова, А. Р.

Рецензент

Канд. техн. наук,
ассоциированный профессор

Ажиева Г. И.
«09» 06 2025 г.

Научный руководитель
ДВА, старший преподаватель
кафедры «Химические
процессы и промышленная
экология»

Кезембаева Г. Б.
«05» 06 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О. А. Байконурова

Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»

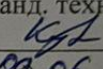
6B05206 – Инженерная экология

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой

«Химические процессы и
промышленная экология»

Канд. техн. наук, доцент

 Ш. Н. Кубекова

«09.06» 2025г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающейся Жунусовой Айгерим Рустамовне

Тема: «Эколого-экономическая эффективность методов утилизации ТБО»

Утверждена приказом Проректора по академическим вопросам № 46 от "29" 04 2025 г.

Срок сдачи законченной работы «09.06» 2025г.

Исходные данные к дипломной работе: статистические данные по городу Алматы, методики расчетов.

Краткое содержание дипломной работы:

а) Социально-экономические данные города Алматы

б) Методы утилизации твердо-бытовых отходов

в) Расчет эколого-экономической эффективности методов утилизации ТБО

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):
представлены 17 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература: из 10 наименований учебных материалов

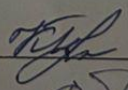
ГРАФИК
подготовки дипломной работы

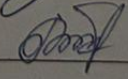
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение, обоснование актуальности, цели и задач	18.03.2025	Выполнено
Социально-экономические данные методов утилизации ТБО	02.04.2025	Выполнено
Анализ методов утилизации	16.04.2025	Выполнено
Эколого-экономическая эффективность	01.05.2025	Выполнено
Заключение и выводы	5.06.2025	Выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу суказанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтроль	Кезембаева Г. Б., ДВА, старший преподаватель	05.06.2025	

Научный руководитель _____  Кезембаева Г. Б.

Задание приняла к исполнению обучающаяся _____  Жунусова А. Р

Дата " 29 " 01 2025г.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа выполнена в объеме 39 страниц. Включает в себя введение (1 стр.) 3 раздела (19), заключение (1стр.) список использованной литературы из (9), таблиц (18 стр.), 6 рисунков. В данной дипломной работе рассматриваются вопросы методов утилизации ТБО в городе Алматы. Актуальность темы обусловлена тем, что неправильное обращение с отходами ТБО приводит к загрязнению окружающей среды, к ухудшению санитарно-эпидемиологической обстановки и негативно влияет на здоровье населения. Основной целью работы является анализ текущей системы управления ТБО в городе Алматы, включая сбор, транспортировку, переработку и захоронение отходов, разработка рекомендаций по улучшению системы управления ТБО в Алматы.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс 39 бет көлемінде орындалды. Кіріспеден тұрады (1 бет) 3 бөлім (19), Қорытынды (1 бет), кестелерден (18 бет), 6 суреттен пайдаланылған әдебиеттер тізімі (9). Бұл дипломдық жұмыста Алматы қаласындағы қатты тұрмыстық қалдықтарды кәдеге жарату әдістері қарастырылған. Тақырыптың өзектілігі қатты тұрмыстық қалдықтармен дұрыс жұмыс істемеу қоршаған ортаның ластануына, санитарлық-эпидемиологиялық жағдайдың нашарлауына және халықтың денсаулығына кері әсерін тигізетініне байланысты. Жұмыстың негізгі мақсаты – қалдықтарды жинауды, тасымалдауды, қайта өңдеуді және жоюды қоса алғанда, Алматы қаласындағы тұрмыстық қатты қалдықтарды басқару жүйесіне талдау жасау және Алматы қаласындағы қатты тұрмыстық қалдықтарды басқару жүйесін жетілдіру бойынша ұсыныстар әзірлеу.

ABSTRACT

The thesis is 39 pages long. It includes an introduction (1 page), 3 sections (19), conclusion (1 page), a list of references from (9), tables (18 pages), 6 figures. This thesis examines the issues of solid waste disposal methods in the city of Almaty. The relevance of the topic is due to the fact that improper handling of solid waste leads to environmental pollution, deterioration of the sanitary and epidemiological situation and negatively affects the health of the population. The main objective of the work is to analyze the current solid waste management system in the city of Almaty, including collection, transportation, processing and disposal of waste, development of recommendations for improving the solid waste management system in Almaty.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. Социально-экономические данные города Алматы	8
1.1 Морфологический состав отходов.	11
2. Методы утилизации твердо-бытовых отходов	13
2.1 Мусоросортировочный завод	13
2.2 Сжигание отходов.....	15
2.3 Получение биогаза.....	19
3. Расчет эколого-экономической эффективности методов утилизации ТБО.	23
3.1 Расчет мусоросортировочного завода.....	23
3.2 Расчет мусоросжигательного завода.....	33
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	43
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	44
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	45

ВВЕДЕНИЕ

В условиях глобального роста городов и увеличения объёмов потребления одним из приоритетных направлений устойчивого развития становится эффективное управление твердыми коммунальными отходами. Современные мегаполисы по всему миру сталкиваются с необходимостью перехода от традиционного захоронения отходов к более экологичным и экономически выгодным формам их переработки и утилизации. Это особенно актуально для крупных городов, где плотность населения и масштабы отходообразования оказывают прямое влияние на состояние окружающей среды.

Актуальность темы обусловлена тем, что в настоящее время Алматы, как крупнейший город Казахстана, сталкивается с типичными проблемами увеличения объемов твердо-бытовых отходов, такие как загрязнение окружающей среды, за счет неправильного захоронения отходов и выделения токсичных веществ, которые способствуют изменению климата что усугубляет экологическую ситуацию в городе Алматы. Внедрение методов утилизации ТБО может уменьшить выбросы вредных веществ и парниковых газов, снизить загрязнение почвы, воды и воздуха, способствовать извлечению вторичного сырья, что положительно сказывается на экономике города.

Данная дипломная работа посвящена уменьшению выбросов твердо-бытовых отходов за счет методов утилизации, что станет важным шагом на пути к устойчивому развитию города Алматы.

Цель работы: выявить наиболее эффективный метод утилизации ТБО по экономическим и экологическим параметрам.

Задачи работы:

- 1) Дать характеристику твердым бытовым отходам образующимся в городе Алматы
- 2) Проанализировать методы утилизации ТБО
- 3) Рассчитать эколого-экономическую эффективность

Объект исследования: объектом исследования является твердо-бытовые отходы, образующиеся в городе Алматы.

1. Социально-экономические данные города Алматы

Город Алматы является крупнейшим мегаполисом в Казахстане. Алматы является экономическим, культурным и образовательным центром, поэтому рост численности населения идет не только в результате естественного прироста, но также по причине миграции населения, что приводит к росту образования ТБО.

По данным Комитета по правовой статистике, которые предоставляются Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, за последние 9 лет численность образования твердо бытовых отходов уменьшается, а численность населения увеличивается. Доля переработки и вторичного использования ТБО в сравнении с 2016 годом увеличилась в двое.

Таблица образования твердо-бытовых, коммунальных отходов и уровень их переработки показана в приложение А. [1]

Проанализировав данные, представленные Комитетом по правовой статистике, был произведен расчет количества образования отходов по городу Алматы с 2003 года до 2024 года и в перспективе до 2030 года с использованием метода трендовых моделей. В таблице 1.1 рассчитаны количество образования ТБО и прогноз до 2030 года. [2]

Таблица 1.1 – Расчет количество образования ТБО с 2003 по 2030 год.

№	Год	Кол-во ТБО т/год
1	2003	459856,4
2	2004	470083,2
3	2005	483794,00
4	2006	499158,4
5	2007	746602,68
6	2008	768348,62
7	2009	789888,66
8	2010	806553,8
9	2011	819628,16
10	2012	840632,28
11	2013	855412,42
12	2014	874001,42
13	2015	952037,52
14	2016	987604,28
15	2017	1015758,64
16	2018	1045155,94
17	2019	1075700,48
18	2020	1111756,76
19	2021	1146809,64
20	2022	1218861,3
21	2023	1253903,16

Продолжение таблицы 1.1

№	Год	Кол-во ТБО т/год
22	2024	1038563,482
Линейная модель		
23	2025	1280263,00
24	2026	1315463,00
25	2027	1350663,00
26	2028	1385863,00
27	2029	1421063,00
28	2030	1456263,00
Экспоненциальная модель		
23	2025	1395831,47
24	2026	1458911,01
25	2027	1524841,20
26	2028	1593750,87
27	2029	1665774,66
28	2030	1741053,30
Степенная модель		
23	2025	1175034,38
24	2026	1193201,64
25	2027	1210891,03
26	2028	1228133,51
27	2029	1244956,93
28	2030	1261386,45
Логарифмическая модель		
23	2025	1130316,87
24	2026	1141951,64
25	2027	1153111,40
26	2028	1163833,40
27	2029	1174150,70
28	2030	1184092,74
Полиномиальная модель		
23	2025	1185149,50
24	2026	1195544,00
25	2027	1203871,50
26	2028	1210132,00
27	2029	1214325,50
28	2030	1216452,00

На рисунке 2 показан график прогноза образования ТБО по пяти трендовым моделям.

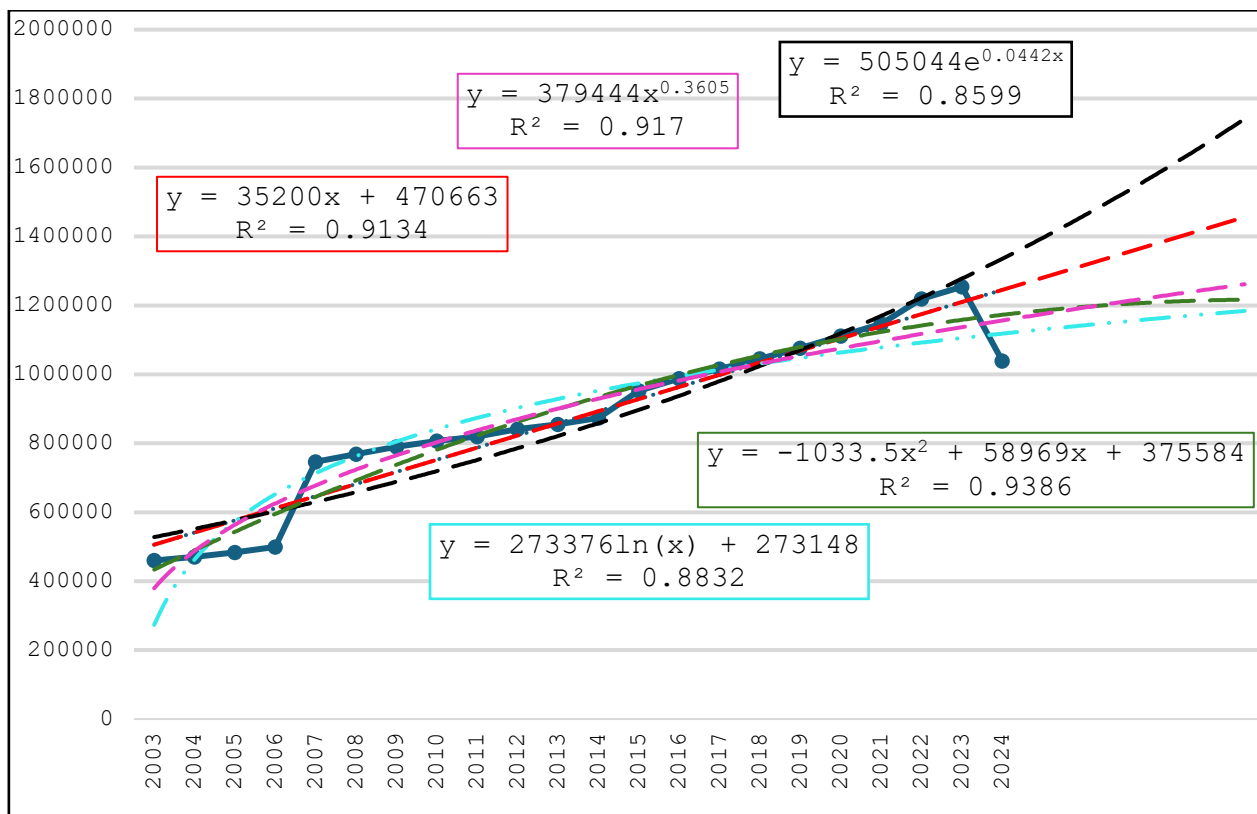


Рисунок 2 – График прогноза образования ТБО до 2030 г.

На таблице 1.2 представлен прогноз роста ТБО согласно трендовым моделям, достоверность аппроксимации R^2 наибольшая у полиномиальной модели.

Таблица 1.2 – Прогноз роста ТБО согласно трендовым моделям.

Название модели	Вид уравнения	Достоверность аппроксимации, R^2	Прогноз ТБО, т/год
Полиномиальная модель	$Y = -1033,5x^2 + 58969x + 375584$	0,9386	1185149,5
			1195544
			1203871,5
			1210132
			1214325,5
			1216452
Логарифмическая модель	$Y = 273376\ln(x) + 273148$	0,8832	1130316,867
			1141951,644
			1153111,397
			1163833,399
			1174150,699
			1184092,74

Продолжение таблицы 1.2

Название модели	Вид уравнения	Достоверность аппроксимации, R^2	Прогноз ТБО, т/год
Степенная модель	$Y=379444x^{0,3605}$	0,9309	1175034,383
			1193201,643
			1210891,033
			1228133,511
			1244956,93
			1261386,446
Экспоненциальная модель	$Y=505044e^{0,0442 x}$	0,8626	1395831,472
			1458911,012
			1524841,203
			1593750,869
			1665774,658
			1741053,301
Линейная модель	$Y=35200x+470663$	0,9134	1280263,0
			1315463,0
			1350663,0
			1385863,0
			1421063,0
			1456263,0

Так как идет рост численности населения, соответственно был выполнен прогноз роста твердо-бытовых отходов. Расчет произведен по полиномиальной модели. Согласно данным 2024 года норма накопления ТБО была резко снижена и составила 2,33 кг/чел./год по сравнению с 2,9 кг/чел/год с 2003 по 2023 годы.

1.1 Морфологический состав отходов.

В Алматы ежегодно обрабатывается до 550 тысяч тонн твердо бытовых отходов. В 2024 году было переработано 15,2% от общего объема, что составляет около 774 637 тонн.

Согласно данным за 2022 год, морфологический состав ТБО в Алматы распределяется по таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Количество образования ТБО

Бумага и картон	12,70%
Полимеры	9,80%
Стекло	9,66%
Черные металлы	7,44%

Таким образом, перерабатываемые отходы составляют около 37,75% от

общего объема. Объемы перерабатываемых отходов по видам.

К 2023 году в Казахстане было собрано [3]:

-Макулатура, картон, бумага: 199,9 тыс тонн;

-Пластмасса, пластик, полиэтилен: 84,4 тыс тонн;

Алматы лидирует по сортировке отходов с объемом отсортированных отходов в 412,6 тыс. Цены на переработанное сырье в Алматы варьируются в зависимости от материала и условий приема. Например, компании «LS Eco life» предлагает следующие ориентировочные цены, показанные в таблице 1.4:

Таблица 1.4 – Цены на переработанное сырье компании «LS Eco life»

Компоненты ТБО	Цена за кг
ПЭТ-бутылки	50–75 тг
Полиэтилен	130–150 тг
Макулатура	50–70 тг
Картон	20–38 тг

В городе действуют различные пункты приема вторичного сырья, включая EcoSen, Экохаб Econetwork и LS Ecolife. Установлена более 1300 сетчатых контейнеров для сбора «сухих» фракции отходов и запущено 53 фандомата для приема пластиковых и алюминиевых банок.

Несмотря на предпринимаемых меры, уровень переработки отходов в Алматы остается низким. Для улучшения ситуации необходимы дальнейшие усилия по развитию инфраструктуры раздельного сбора и повышению экологической культуры среди населения.

2. Методы утилизации твердо-бытовых отходов

2.1 Мусоросортировочный завод

Мусоросортировочный завод основывается на принципе механического и автоматизированного разделения смешанных отходов на фракции, пригодные для последующей переработки. На сортировочных предприятиях используются различные технологии: оптические датчики для распознавания типов пластика, магнитные сепараторы для выделения металлов, а также воздушные потоки для отделения легких материалов, таких как бумаги и текстиль.

Для начала отходы проходят грубую сортировку, часто с привлечением ручного труда, что позволяет удалить крупные посторонние предметы, а затем уже автоматизированные линии проходят детальную обработку. В результате такого процесса из общего потока мусора выделяются материалы, пригодные для вторичной переработки, такие как стекло, металл, бумага и пластик, что значительно снижает нагрузку на полигоны и уменьшает потребность в добыче первичных ресурсов.

Основные преимущества мусоросортировки включают снижение нагрузки на полигоны, экономию природных ресурсов и уменьшение негативного воздействия на окружающую среду. Однако эффективность метода во многом зависит от раздельного сбора мусора, что требует высокой экологической прогрессивности населения.

В Алматы мусоросортировка реализована пока частично, действуют несколько предприятий, которые занимаются переработкой пластика, бумаги и стекла. Но все же основная часть мусора по-прежнему смешивается и отправляется на полигоны.

Процесс сортировки на МСЗ начинается с приёма отходов, которые проходят радиационный контроль и взвешивание. Затем мусор подаётся на конвейерную ленту, где на этапе предварительной ручной сортировки удаляются крупногабаритные и опасные предметы, способные повредить оборудование или представляющие угрозу для персонала.

После этого отходы поступают в разрыватель пакетов, который вскрывает мусорные мешки, высвобождая их содержимое для дальнейшей обработки.

Следующим этапом является механическая сортировка, включающая использование различных сепараторов и грохотов для разделения отходов по физическим характеристикам. Барабанные грохоты представляют собой вращающиеся цилиндрические сита, которые разделяют материалы по размеру: мелкие фракции проходят через отверстия, а крупные продолжают движение по барабану. Вибрационные грохоты функционируют аналогично, но используют вибрацию для разделения частиц.

Магнитные сепараторы применяются для извлечения металлических предметов из общего потока отходов с помощью магнитного поля. Вихретоковые сепараторы предназначены для отделения цветных металлов, создавая вихревые токи, которые отталкивают эти металлы от конвейерной

ленты.[6]

Оптические сепараторы используют сенсоры для идентификации материалов по цвету или составу и отделяют их с помощью воздушных потоков или механических устройств.

Баллистические сепараторы разделяют материалы по плотности и форме, используя наклонные поверхности и вибрацию, а воздушные сепараторы отделяют лёгкие материалы (например, пластик) от тяжёлых (например, стекло) с помощью воздушного потока. После механической сортировки осуществляется дополнительная ручная сортировка, где операторы отбирают определённые материалы, которые сложно отделить автоматически. Отсортированные фракции направляются на прессование или измельчение для уменьшения объёма и удобства транспортировки.

Прессы и компакторы уплотняют материалы, а шредеры измельчают их до необходимого размера. Технологическая схема мусоросортировочного комплекса может включать следующие основные компоненты: приёмный бункер, конвейерную систему, разрыватель пакетов, различные сепараторы и грохоты, сортировочные платформы, прессы и компакторы. Каждый из этих элементов играет важную роль в обеспечении эффективной сортировки и переработки отходов. Эта схема подробно показано на рисунке 2.3

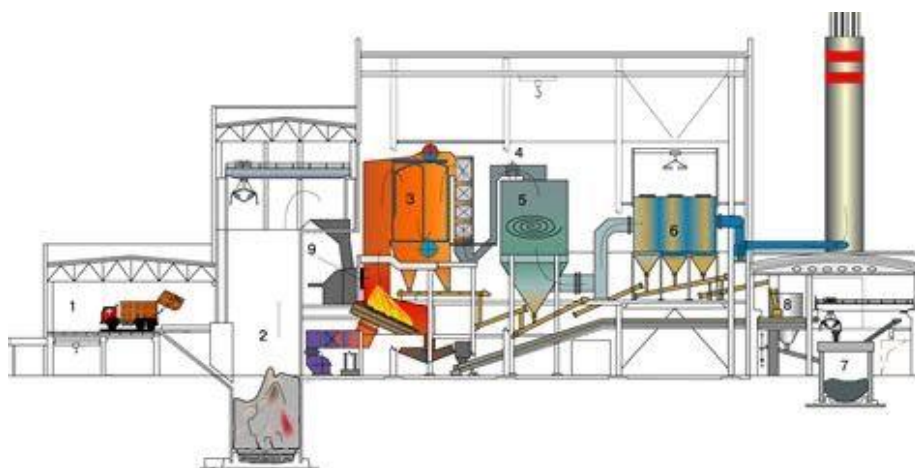


Рисунок 2.3 - Схема мусоросортировочного завода

1. Приемный бункер: это начальная точка, куда поступают отходы для дальнейшей обработки. На начальном этапе мусоровозы прибывают на территорию завода и проходят через электронную весовую, где осуществляется взвешивание поступивших отходов. Это позволяет вести точный учёт объёмов принимаемого мусора и контролировать загрузку предприятия. Дополнительно проводится радиационный контроль для выявления возможных опасных веществ в составе отходов.

2. Конвейерная система: перемещает отходы от приемного бункера к следующим этапам сортировки. После взвешивания мусоровозы направляются в разгрузочную зону, где отходы выгружаются в приёмный бункер. Здесь

осуществляется первичная ручная сортировка, в ходе которой удаляются крупногабаритные предметы и материалы, способные повредить оборудование (например, строительный мусор, металлические конструкции, крупные пластиковые изделия).

3. Разрыватель пакетов: устройство для вскрытия и высвобождения их содержимого. Отходы поступают на конвейерную ленту, где проходят через разрыватель пакетов, освобождая содержимое для дальнейшей обработки. Затем отходы направляются на барабанный грохот, который разделяет материалы по размерам. Крупные фракции направляются на дальнейшую сортировку, мелкие — на компостирование или утилизацию.

4. Барабанный грохот: вращающийся цилиндр с отверстием для разделения отходов по размеру. На этом этапе используются различные сепараторы для разделения отходов по типам материалов:

Магнитные сепараторы: извлекают ферромагнитные металлы (железо, сталь).

Оптические сепараторы: распознают и сортируют пластик, бумагу и другие материалы по цвету и составу.

Баллистические сепараторы: разделяют материалы по плотности и форме, отделяя плоские и объёмные предметы.

5. Магнитный сепаратор: извлекает металлические предметы из общего потока отходов с помощью магнитного поля. После автоматической сортировки проводится ручная до-сортировка, где операторы удаляют оставшиеся нежелательные материалы и контролируют качество разделения фракций. Это обеспечивает высокую степень чистоты получаемого вторсырья.

6. Оптический сепаратор: идентифицирует материалы по цвету или составу и отделяет их с помощью воздушных потоков или механических устройств.

7. Сортировочная платформа: место, где операторы вручную отбирают определенные материалы, которые сложно отделить автоматически.

8. Прессы и компакторы: уплотняют отсортированные материалы для уменьшения объема и удобства транспортировки.

2.2 Сжигание отходов

Сжигание отходов — это термический метод утилизации, при котором мусор уничтожается при высоких температурах, в результате сгорания образуется тепло, которое используется для генерации электроэнергии и отопления. На мусоросжигательных заводах отходы предварительно сортируются, после чего подаются в печи, где они сжигаются с подачей кислорода. После процесса горения образуется зола и газовые выбросы, которые очищаются перед попаданием в атмосферу.

Тепловая энергия, выделяемая в процессе горения, преобразуется в пар, который в свою очередь, приводит в движение турбины для формирования электроэнергии. Главной составляющей технологии является система очистки

дымовых газов, которая включает фильтрацию и химическую нейтрализацию для снижения концентрации опасных веществ, таких как оксиды азота, серы, диоксины. Несмотря на возможность переработки исходного объема мусора, метод сжигания требует строгого соблюдения экологических норм, высоких затрат на строительство и эксплуатацию заводов. В некоторых городах, особенно тех, где проблема захоронения мусора становится критичной, сжигание отходов рассматривается как способ не только утилизации, но и получения источника энергии, однако общественные мнения и экологические стандарты требуют постоянной технологической очистки и контроля. [6]

2.2.1 Загрязняющие вещества при сжигании ТБО

В процессе сжигания ТБО, особенно без предварительной сортировки, в печь попадают самые разнообразные материалы: пластик, бумага, текстиль, пищевые отходы, резина, батарейки, стекло, металл и др. Под действием высокой температуры органические вещества сгорают, а неорганические расплавляются и превращаются в золу. Вместе с тем формируются дымовые газы, содержащий высокий спектр загрязняющих веществ, показанных в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Загрязняющие вещества при сжигании ТБО

Загрязнитель	Источники образования	Влияние на здоровье/экологию
Диоксины и фураны	Возникают при сжигании пластика, хлорсодержащих веществ	Канцерогенные, мутагенные
Оксиды азота	Высокая температура горения	Образование озона на уровне земли, кислотные дожди, ухудшение качества воздуха, респираторные заболевания
Оксиды серы SO ₂	Сжигание отходов, содержащих серу	Образование кислотных дождей, ухудшение качества воздуха, респираторные заболевания
Угарный газ CO	При недостатке кислорода во время горения	Токсичен, нарушает доставку кислорода в органы

Продолжение таблицы 2.1

Загрязнитель	Источники образования	Влияние на здоровье/экологию
Пыль и зола	Мелкие частицы не сгоревших веществ	Проникают в легкие, в сердце
Тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий)	Металлические части отходов, батареек	Накопительный токсичный эффект

Среди наиболее опасных компонентов этих выбросов- диоксины и фураны. Эти соединения очень токсичны и образуются при неполном сгорании хлорорганических веществ, например при сжигании пластика или некоторых видов упаковки. И даже в очень малых концентрациях они могут вызвать серьезные заболевания, включая онкологию, нарушение иммунной системы.

Диоксины они накапливаются в организме человека и животных, переходя по пищевой цепочке в мясо, молочные продукты и рыбу. Другим крупным классом загрязнителей являются оксиды азота, которые формируются при высокотемпературном сгорании любого органического материала. Они вызывают раздражение слизистых оболочек, ухудшении функции дыхания, а также участвуют в формировании смога в городских условиях.

Оксиды серы часто встречаются в мусоросжигательных заводах. Их образование связано с наличием серосодержащих веществ в отходах: например, текстиля, резины, остатков чистящих средств. Эти газы способствуют формированию кислотных дождей и вредны для дыхательной системы человека.

Не менее опасен угарный газ, особенно если горение происходит при недостатке кислорода. Он токсичен и способен блокировать доставку кислорода к органам, соединяясь с гемоглобином крови. Угарный газ не имеет цвета и запаха, поэтому очень сложно обнаружить его в окружающей среде.

Также при сжигании выделяются твердые частицы- пыль и зола. Эти частицы опасны тем, что они проникают глубоко в легкие и даже в кровь, способствуя развитию хронических болезней дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

Особое внимание уделяется выбросам тяжелых металлов: ртути, свинца, кадмия и мышьяка. Эти вещества могут выделяться при сжигании батареек, люминесцентных ламп, старой электроники, а также пигментированных пластиков. Даже микроскопические дозы тяжелых металлов могут накапливаться в организме, вызывая необратимые поражения печени, почек, мозга и других органов.

Сжигание отходов с получением тепловой энергии осуществляется в специально оборудованных печах при высоких температурах. В процессе сжигания органические вещества полностью окисляются выделяя, значительное количество тепла. Образующиеся газы, в основном диоксид углерода и водяной пар, проходят через систему очистки перед выбросом в атмосферу. Выделенное при сжигании тепло используется для производства

пара, который направляется на турбины для генерации электроэнергии или используется в системах отопления. А также тепло может подаваться в городские тепловые сети для отопления и горячего водоснабжения.

2.2.2. Технологическая схема процесса сжигания отходов

Технологическая схема процесса сжигания отходов включает несколько этапов. Сначала отходы поступают в бункер приема, откуда подаются на подвижную колосниковую решетку, охлаждаемую воздухом. Здесь происходит сжигание при температуре около 1260 градусов цельсия. Образующиеся горячие газы направляются в котел-утилизатор, где тепло передается воде, превращая ее в пар.

Далее пар используется для выработки электроэнергии или подается в систему теплоснабжения. Оставшаяся зола собирается и отправляется на дальнейшую обработку или захоронение. Дымовые газы проходят через систему очистки, удаляющую вредные вещества, после чего выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу. Технологическая схема представлена на рисунке 2.4.

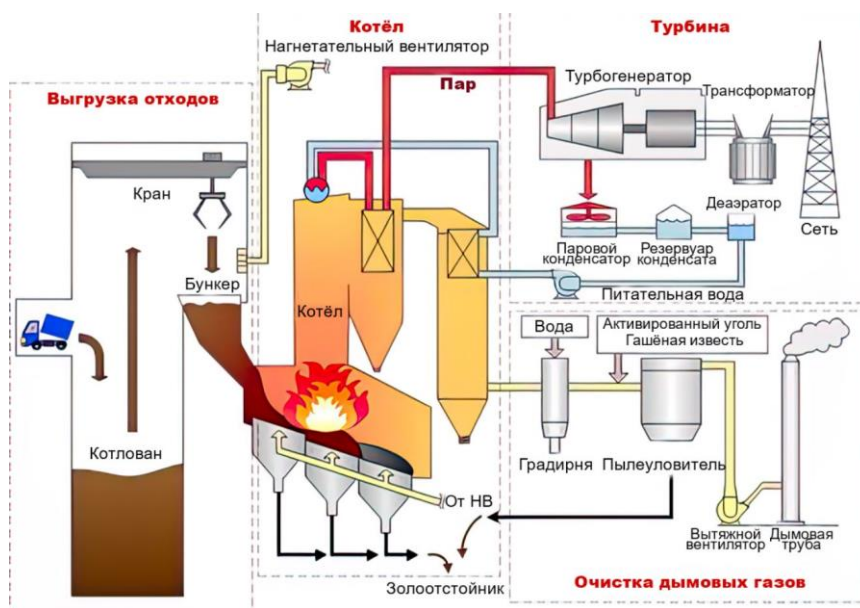


Рисунок 2.4 - Технологическая схема сжигания отходов

2.2.3 Газификация отходов

Газификация представляет собой термохимический процесс преобразования твердых бытовых и промышленных отходов в синтетический газ, состоящий из оксида углерода, водорода и метана, и других газов. Газификация происходит при высокой температуре в условиях ограниченного поступления кислорода или при подаче парокислородной смеси.

Отходы, которые уже отсортированы и высушены, подаются в разгрузочный бункер, откуда по шнековому транспортеру или под действием силы тяжести направляются в зону термической обработки внутри

газификатора.

В реакторе отходы подвергаются первичному разложению, сначала происходит испарение влаги, затем следует стадия пиролиза, при которой органическая часть отходов разлагается на летучие соединения и твердый углеродистый остаток - кокс. Далее начинается собственно газификация: кокс реагирует с ограниченным количеством кислорода и водяным паром, в результате чего формируется синтез-газ. Этот газ проходит через зону дожигания или охлаждения в зависимости от типа установки, а затем поступает в систему многоступенчатой очистки. Здесь он сначала проходит циклон для удаления крупных частиц золы, затем через скруббер или фильтр для тонкой очистки от кислотных газов, тяжелых металлов, диоксинов и фуранов. Иногда добавляется этап биологической очистки. После этого очищенный газ либо направляется в газовые турбины или ДВС для выработки электроэнергии, либо используется как топливо или химическое сырьё. Оставшийся после процесса шлак и зола выносятся из реактора, охлаждаются и отправляются либо на переработку, либо на захоронение.

Газификация, в отличие от прямого сжигания, считается более экологичным методом утилизации отходов, поскольку образуется меньшее количество токсичных выбросов и возможно повторное использование полученного газа. Схема изображена на рисунке 2.5.

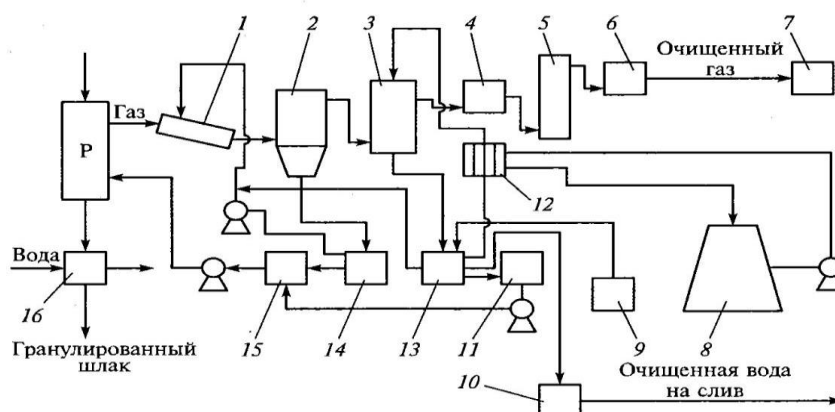


Рис. 12.9. Технологическая схема получения газообразного топлива (пи-рогаза) из твердых отходов:

Р — реактор; 1 — газосборник; 2 — сепаратор; 3 — скруббер; 4 — эксгаустер; 5 — электрофильтр; 6 — газгольдер; 7 — газовая турбина; 8 — градирня; 9 — емкость с щелочью; 10 — биохимическая очистка; 11, 15 — промежуточные сборники; 12 — трубочатый холодильник; 13, 14 — отстойники; 16 — приемник шлака

Рисунок 2.5 – Технологическая схема газификации

2.3 Получение биогаза

Получение биогаза — это метод анаэробного разложения органических отходов без доступа кислорода, который приводит к образованию горючих газов.

На полигонах ТБО биогазовые установки состоят из реакционного резервуара и метантанка, в который загружаются органические отходы. Этот

резервуар полностью герметичен, чтобы избежать попадания кислорода, так как процесс разложения происходит в анаэробных условиях. Сырье для переработки может включать пищевые отходы, навоз, растительных остатки, бумагу и другие биоразлагаемые материалы.

Перед загрузкой в метантанк отходы проходят предварительную подготовку. После подготовленная масса поступает в реактор, где запускается процесс анаэробного сбраживания.

Сама переработка происходит в нескольких этапах. Сначала гидролизные бактерии разрушают сложные органические соединения, такие как белки, жиры и углеводы, превращая их в более простые вещества. Затем кислотообразующие бактерии перерабатывают эти вещества, выделяя органические кислоты, спирты, водород и углекислый газ. На последнем этапе метанобразующие бактерии разлагают органические кислоты, превращая их в метан и углекислый газ.

На полигонах твёрдых бытовых отходов свалочный газ образуется из-за разложения мусора без доступа воздуха. Этот газ состоит в основном из метана и углекислого газа. Метан опасен, потому что он легко воспламеняется и усиливает парниковый эффект. Чтобы не допустить его выброс в атмосферу и использовать в полезных целях, на полигонах устанавливают специальную систему сбора и утилизации газа.

Внутри полигона бурят глубокие скважины. Через эти скважины свалочный газ собирается и направляется по трубам в одну точку. Чтобы газ лучше поступал, иногда подключают специальные насосы, которые втягивают его, создавая небольшое разрежение. Дальше свалочный газ либо сжигают, либо используют. Если полигон не оснащён установками для переработки, газ просто обезвреживают. Для этого его сжигают в факельной установке. При горении метан превращается в углекислый газ и водяной пар. Это безопаснее для атмосферы, потому что углекислый газ менее вреден, чем метан.

Если полигон оснащён системой утилизации газа, то его очищают от грязи, воды и сернистых соединений. После очистки газ может использоваться для производства электроэнергии, отопления зданий или в качестве топлива для двигателей. Таким образом, система сбора и утилизации свалочного газа помогает защитить воздух от загрязнения, уменьшить количество парниковых газов и одновременно получить полезную энергию из мусора. Технологическая схема получения биогаза представлена в рисунке 2.6.

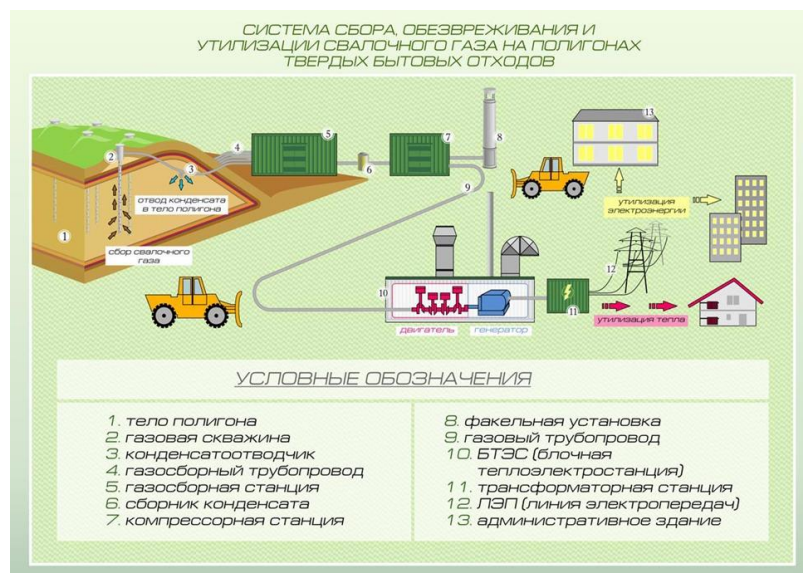


Рисунок 2.6 - Технологическая схема получения биогаза

2.7. Подробная схема биогазовой установки подробно показана на рисунке

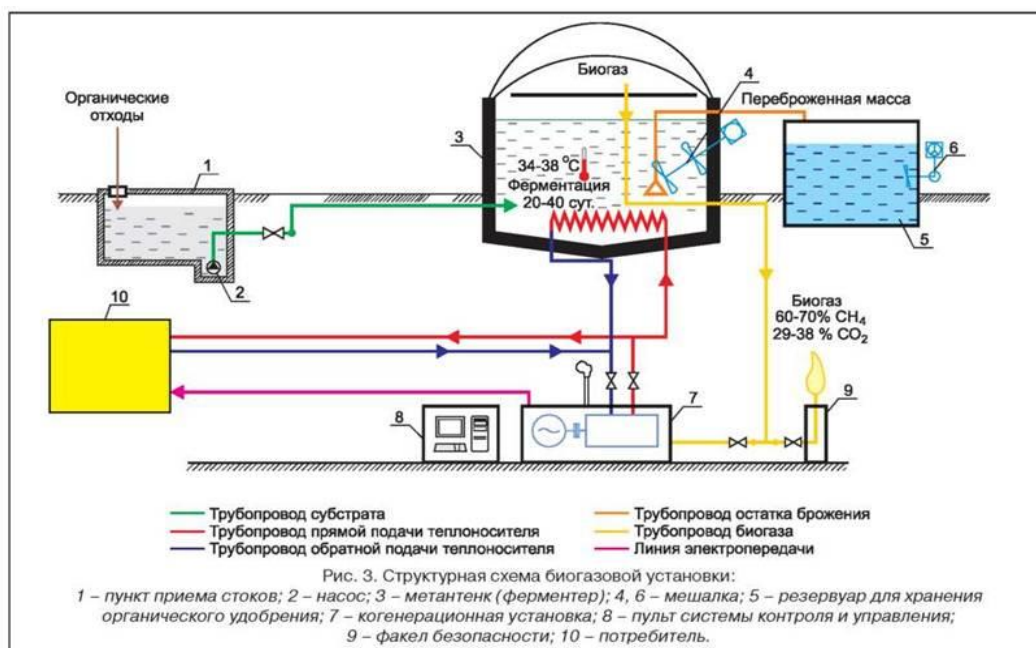


Рисунок 2.7. - Схема биогазовой установки

2.3.1 Роль бактерий в процессе получения биогаза

Вся переработка отходов в биогазовой установке происходит благодаря деятельности микроорганизмов. Среди них основную роль играют три группы бактерий, предоставленные в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Группы бактерий при получении биогаза

№ Группы	Наименование	Характеристика
1	Гидролизные бактерии	Они разрушают сложные молекулы белков, жиров и углеводов до более простых соединений – аминокислот, жирных кислот и сахаров. Этот процесс критически важен, так как делает питательные вещества доступными для последующих этапов брожения.
2	Кислотообразующие бактерии	Они перерабатывают полученные вещества, выделяя органические Кислоты (например, уксусную, масляную), а также спирты, водород и углекислый газ. Этот этап важен для подготовки субстрата к конечному превращению в биогаз.
3	Метаногенные бактерии	Являются наиболее чувствительными к условиям окружающей среды. Они питаются органическими кислотами и выделяют метан в процессе своей жизнедеятельности.

2.3.2 Преимущества биогазовых станций на полигонах ТБО

Использование биогазовых установок на мусорных полигонах имеет множество преимуществ. Во-первых, это помогает уменьшить объёмы отходов. Переработка органической фракции позволяет снизить количество мусора, требующего захоронения, а также продлить срок службы полигонов.

Во-вторых, биогазовые станции производят возобновляемую энергию. Биогаз может использоваться для генерации электроэнергии, отопления зданий или даже в качестве моторного топлива, заменяя ископаемые углеводороды. Это снижает зависимость от традиционных источников энергии и способствует сокращению выбросов парниковых газов.

В-третьих, процесс биогазового брожения позволяет получать ценное органическое удобрение – дигестат. Он богат питательными веществами и может использоваться в сельском хозяйстве для улучшения плодородия почвы.

Кроме того, биогазовые установки помогают сократить выбросы метана в атмосферу. На обычных мусорных полигонах разложение органики приводит к выделению метана, который уходит в воздух и способствует глобальному потеплению. В биогазовых установках этот газ улавливается и используется по назначению, что значительно снижает его негативное влияние на климат

3. Расчет эколого-экономической эффективности методов утилизации ТБО.

3.1 Расчет мусоросортировочного завода

3.1.1 Расчет капитальных затрат и эксплуатационных расходов

В капитальные затраты мусоросортировочного завода входят: стоимость оборудования; затраты на сооружение металлоконструкций, трубопроводов в пределах установки; затраты на строительные работы, т. е. стоимость здания, фундамента и других сооружений.

Исходными данными для определения стоимости оборудования является перечень установленного оборудования, а также цены на оборудование, принимаемые по прейскурантам или по сметной стоимости. При расчете стоимости оборудования учитывают только основное оборудование (циклон «К», рукавный фильтр ФРКН10ВУ- 01). Стоимость остального неучтенного оборудования (электродвигателей, контрольно-измерительных приборов и т. п.) можно оценивать в долях от основного оборудования (20%). При определении стоимости оборудования по прейскуранту к ней должны быть прибавлены затраты на транспортировку оборудования с предприятия изготовителя к месту монтажа, которые принимают в среднем равными 8,5% от стоимости оборудования по прейскуранту. Также сюда относят монтаж оборудования в размере 30–40% от стоимости основного оборудования.

Результаты расчета стоимости оборудования приведены в таблице 3.1.

Стоимость мусоросортировочного завода ориентировочно составляет 10 000 000 тыс. тенге.

Таблица 3.1 - Стоимость основного и вспомогательного оборудования

Наименование	Основное оборудование	Дополнительное оборудование, 20%	Транспортировка оборудования, 8,5%	Монтаж оборудования, 30%	Всего, млн. тг
Мусороперерабатывающий завод	10,00	2,00	0,85	3,0	15,85

Эксплуатационные расходы включают в себя:

- Заработную плату рабочих;
- Амортизационные отчисления;
- Планово-предупредительный, текущий и капитальный ремонты.

3.1.2 Основная $C_{осн}$ и дополнительная $C_{доп}$ заработная плата производственных рабочих, обслуживающих природоохранные объекты, а также отчисления на социальное страхование $C_{стр}$.

Затраты на заработную плату рабочих, занятых на мусороперерабатывающем заводе, определяется по формуле:

$$C_{з/п} = C_{осн} + C_{доп}, \quad (3.1)$$

где $C_{зп}$ – Общая заработная плата;

$C_{осн}$ – Основная заработная плата;

$C_{доп}$ – Дополнительная заработная плата

Основная и дополнительная заработная плата рабочих, обслуживающих завод рассчитывается по формуле 3.2 и 3.3:

$$C_{з/п} = C_{осн} + C_{доп}, \quad (3.2)$$

где $C_{осн}$ - основная заработная плата, тг/мес;

$C_{доп}$ - дополнительная заработная плата (10%), тг/мес.

$$C_{осн} = C_{прям} + Д_1 + Д_2 \quad (3.3)$$

где $C_{прям}$ - заработная плата, тг/мес;

$Д_1$ - доплата премиальная (20%), тг;

$Д_2$ - доплата остальная (10%), т

Тогда ЗП для ИТР составит:

$$Д_1 = 120\,000 \times 0,2 = 24\,000 \text{ тг/мес}$$

$$Д_2 = 120\,000 \times 0,1 = 12\,000 \text{ тг/мес}$$

$$C_{осн} = 120\,000 + 24\,000 + 12\,000 = 156\,000 \text{ тг/мес}$$

$$C_{доп} = 0,1 \times 156\,000 = 15\,600 \text{ тг/мес}$$

$$C_{зп} = 156\,000 + 15\,600 = 171\,600 \text{ тг/мес}$$

$$\text{Соцстрахование} = 0,3 \times 171\,600 = 51\,480 \text{ тг}$$

Прямая заработная плата определяется по тарифным ставкам. Величина доплаты $Д_1$ состоит из премии и прочих доплат и принимается в размере 20% от суммы прямой заработной платы. Доплаты $Д_2$ по районному коэффициенту берутся в интервале от 1,0 до 2,0 от суммы ($C_{сп} + Д_1$).

Дополнительная заработная плата $C_{доп}$ принимается в размере 10% от суммы основной заработной платы.

Отчисления на социальное страхование - 30% от суммы ($C_{осн} + C_{доп}$)

Расчет фонда заработной платы представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Расчет фонда заработной платы

Профессия	Число рабочих		Количество смен	Ставка, тг/мес	Итого тг/мес	Соц. отчисления, тг/мес	Общий фонд, млн.тг/год
	Явочный	Списочный					
Рабочий	6	6	1	100 000	185 900	42 900	13 384 800
ИТР	1	1	1	120 000	171 600	51 480	2 676 960
							Итого: 16 061 760

Рабочие:

Премия (20%):

$$100\,000 \times 0,2 = 20\,000 \text{ тг/мес}$$

Прочие доплаты (10%):

$$100\,000 \times 0,1 = 10\,000 \text{ тг/мес}$$

$S_{\text{осн}}$:

$$100\,000 + 20\,000 + 10\,000 = 130\,000 \text{ тг/мес}$$

Доп зарплата (10% от осн):

$$130\,000 \times 0,1 = 13\,000 \text{ тг/мес}$$

Итого з/п:

$$130\,000 + 13\,000 = 143\,000 \text{ тг/мес}$$

Социальные отчисления (30%):

$$143\,000 \times 0,3 = 42\,900 \text{ тг}$$

Итого на 1 рабочего в месяц:

$$143\,000 + 42\,900 = 185\,900 \text{ тг/мес}$$

На 6 рабочих в месяц:

$$185\,900 \times 6 = 1\,115\,400 \text{ тг/мес}$$

В год:

$$1\,115\,400 \times 12 = 13\,384\,800 \text{ тг/год}$$

ИТР:

Премия (20%):

$$120\,000 \times 0,2 = 24\,000 \text{ тг/мес}$$

Прочие доплаты (10%):

$$120\,000 \times 0,1 = 12\,000 \text{ тг/мес}$$

Сосн:

$$120\,000 + 24\,000 + 12\,000 = 156\,000 \text{ тг/мес}$$

Дополнительная зарплата (10%):

$$156\,000 \times 0,1 = 15\,600 \text{ тг/мес}$$

Итого з/п:

$$156\,000 + 15\,600 = 171\,600 \text{ тг/мес}$$

Соц отчисления (30%):

$$171\,600 \times 0,3 = 51\,480 \text{ тг}$$

Итого на 1 ИТР в месяц:

$$171\,600 + 51\,480 = 223\,080 \text{ тг/мес}$$

В год:

$$223\,080 \times 12 = 2\,676\,960 \text{ тг}$$

Итого: 16,062 млн тг/год

3.1.3 Расчет амортизационных отчислений

Расчет амортизационных отчислений производится по формуле 3.4:

$$Ca = K \times \frac{Ha}{100} \quad (3.4)$$

где К - полные капитальные затраты, млрд тг;

Н_а - норма амортизации на полное восстановление (принимается по таблице 15), %.

Таблица 3.3 - Предельные нормы амортизации основных средств

Наименование основных средств	Предельные нормы амортизации, %
Технологическое оборудование и машины, электронное оборудование, подвижный состав автотранспорта	15
Железнодорожный транспорт, силовые машины и оборудование, теплотехническое оборудование, электродвигатели и дизельные генераторы	8
Здания, сооружения, строения	7
Инструменты, инвентарь, принадлежности	20

$$K = 10\,000\,000 \text{ тыс. тг} = 10 \text{ млрд. тг}$$

$$Ha = 15\% (\text{для тех оборудования})$$

$$Ca = \frac{10 \times 15}{100} = 1,5 \text{ млрд тг/год}$$

Затраты на ремонт оборудования включают в себя затраты на капитальный ремонт и текущий ремонт. Затраты на капитальный ремонт оборудования принимаем в размере 30% от амортизационных отчислений, т. е. млн тг. Затраты на текущий ремонт оборудования принимаем в размере 5% от полных капитальных затрат, т. е. млн тг.

Затраты на текущий ремонт зданий и сооружений принимаем в размере 3,5% от стоимости зданий и сооружений, т. е. млн тг.

Затраты на исследование и испытание оборудования принимаем в размере 1% от общего фонда заработной платы, т. е. млн тг.

Затраты на охрану труда принимаем в размере 5% от общего фонда заработной платы, т. е. млн тг.

Расходы на эксплуатацию оборудования принимаем в размере 0,5% от полных капитальных затрат, т. е. млрд тг.

При расчете эксплуатационных затрат нами дополнительно были учтены

платежи за эмиссии мусоросортировочным комплексом.

3.1.4 Расчет платы за выбросы ЗВ и размещение отходов потребления мусоросортировочным заводом

Оплата за выбросы в окружающую среду, осуществляемые природопользователями в пределах установленных нормативов, отражённых в экологическом разрешении, производится на основании перечня загрязняющих веществ и типов отходов, утверждённого Правительством Республики Казахстан.

Порядок исчисления платы за эмиссии регламентируется методикой, утверждённой уполномоченным государственным органом в сфере охраны окружающей среды.

3.1.5 Расчет платы за выбросы i-го загрязняющего вещества от стационарных источников в пределах нормативов эмиссии

Расчет платы за выбросы i-го загрязняющего вещества от стационарных источников в пределах нормативов эмиссии осуществляется по следующей формуле [9]:

$$C_{\text{выб.}} = N_{\text{выб.}} \times M_{\text{выб.}} \quad (3.5)$$

где

$C_{\text{выб.}}^i$ - плата за выбросы i-го загрязняющего вещества от стационарного источника (МРП);

$N_{\text{выб.}}^i$ - ставка платы за выбросы i-го загрязняющего вещества, установленная в соответствии с налоговым законодательством Республики Казахстан (МРП/тонн) определяется по таблице 3.4

$M_{\text{выб.}}^i$ - суммарная масса всех разновидностей i-го загрязняющего вещества, выброшенного в ОС за отчетный период (тонн).

Таблица 3.4 - Ставки платы за выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников.

Виды загрязняющих веществ	Ставки платы за 1 тонну, (МРП)	Ставки платы за 1 килограмм, (МРП)
Окислы серы	20	
Окислы азота	20	
Пыль и зола	10	
Свинец и его соединения	3986	
Сероводород	124	
Фенолы	332	
Углеводороды	0,32	

Продолжение таблицы 3.4

Формальдегид	332	
Окислы углерода	0,32	
Метан	0,02	
Сажа	24	
Окислы железа	30	
Аммиак	24	
Хром шестивалентный	798	
Окислы меди	598	
Бенз(а)пирен		996,6

Таблица 3.5 – Расчет ставки платы [4]

Наименование вещества	М, т/год	Ставки платы за 1 тонну (МРП)	Плата за эмиссии
Оксид углерода	2,53695	20х3932	199505,75
Оксид азота	3,40705	20х3933	267930,41
Аммиак	1,872	120 х3932	883284,48
Четыреххлористый углерод	0,00828	0,32 х3932	10,42
Формальдегид	0,00828	332 х3932	0,27
Диоксид азота	0,69572	20 х3932	54711,42
Оксиды хрома (VI)	0,001	798 х3932	3137,74
Диоксид серы	0,342	20 х3932	26894,88
Сероводород	0,1818	124 х3932	88639,86
Метан	0,5184	0,02 х3932	40,77
Итого			1524155,99

Расчет платы за размещение отходов после их сортировки мусоросортировочным заводом осуществляется по формуле [9]:

$$C_{\text{отх.}} = N_{\text{отх.}} \times M_{\text{отх.}} \quad (3.6)$$

где $C_{\text{отх.}}^i$ - плата за размещение i -го вида отходов производства и потребления (МРП);

$N_{\text{отх.}}^i$ - ставка платы за размещение 1 тонны i -го вида отходов производства и потребления, установленная в соответствии с налоговым законодательством Республики Казахстан (МРП/тонн), устанавливается по таблице 5;

$M_{\text{отх.}}^i$ - масса i -го вида отходов производства и потребления, размещенного природопользователем в процессе производственной

деятельности за отчетный период (тонн, Гбк – для радиоактивных отходов)

3.1.6. Расчет платы за размещение отходов до и после переработки

Таблица 3.6 – ставка платы за размещение отходов [5]

№ п/п	Виды отходов	Ставки платы (МРП)	
		за 1 тонну	за 1 гигабеккерель (Гбк)
1.	За захоронение отходов производства и потребления на полигонах, в накопителях и специально отведенных местах:		
1.1.	Отходы, по которым для целей исчисления платы учитываются свойства опасности, за исключением отходов, указанных в строке 1.2 настоящей таблицы:		
1.1.1.	опасные отходы	8,01	
1.1.2.	неопасные отходы	1,06	
1.2.	Отдельные виды отходов, по которым для целей исчисления платы свойства опасности не учитываются:		
1.2.1.	Коммунальные отходы (твердые бытовые отходы, ил канализационных очистных сооружений)	0,38	
1.2.2.	Отходы горнодобывающей промышленности и разработки карьеров (кроме добычи нефти и природного газа):		
1.2.2.1.	вскрышные породы	0,004	
1.2.2.2.	вмещающие породы	0,026	
1.2.2.3.	отходы обогащения	0,02	
1.2.2.4.	шлаки, шламы	0,038	
1.2.3.	Шлаки, шламы, образуемые на металлургическом переделе при переработке руд, концентратов, агломератов и окатышей, содержащих полезные ископаемые, производстве сплавов и металлов	0,038	

Продолжение таблицы 3.6

1.2.4.	Зола и золошлаки	0,66	
1.2.5.	Отходы сельхозпроизводства, в том числе навоз, птичий помет	0,002	
1.2.6.	Радиоактивные отходы:		
1.2.6.1.	трансурановые		0,76
1.2.6.2.	альфа-радиоактивные		0,38
1.2.6.3.	бета-радиоактивные		0,04
1.2.6.4.	ампульные радиоактивные источники		0,38

По выполненным расчетам количество отходов в 2024 году составило 1038,63482 т/год, тогда плата составит:

$$1038,63482 \cdot 0,38 \cdot 3932 = 1\,551\,887 \text{ тенге.}$$

Мусороперерабатывающий завод утилизирует 40% отходов, отсюда плата за размещение отходов уменьшится на 40% и составит 620 754,64

Таблица 3.6 – Расчет прибыли от реализации вторичного сырья

Вид фракции	Доля переработки	Масса отходов на реализацию, т	цена, тг/т	доход, тг
Пластик	40,00%	415425,3928	60 000	24925523,568
Макулатура	30,00%	311569,0446	35 000	10904916,561
Металл	20,00%	207712,6964	90 000	18694142,676
Прочее	10,00%	103856,3482	20 000	2077126,964
Итого				56601709,769

Прибыль от реализации отсортированных отходов составила 56 601 709,769 тенге.

Расчет общих затрат на эксплуатационные расходы представлен в таблице 3.7.

Таблица 3.7 - Расчет общих затрат на мусороперерабатывающий завод

Наименование затрат	Стоимость, млн тг
Капитальные затраты	15,85
Общий фонд заработной платы	26,77
Амортизационные отчисления	1,5
Капитальный ремонт оборудования	0,45
Текущий ремонт оборудования	0,5
Текущий ремонт зданий и сооружений	0,105

Продолжение таблицы 3.7

Исследование и испытание оборудования	2,67
Охрана труда	1,34
Эксплуатация оборудования	0,05
Платежи за эмиссии	1,524
Плата за размещение отходов в год до ПМ	1,552
Плата за размещение отходов в год после ПМ	0,621
Продажа извлеченных материалов	56,60

Затраты на ремонт оборудования включают в себя затраты на капитальный ремонт и текущий ремонт. Затраты на капитальный ремонт оборудования принимаем в размере 30% от амортизационных отчислений, т. е. 0,45 млн тг. Затраты на текущий ремонт оборудования принимаем в размере 5% от полных капитальных затрат, т. е. 0,25 млн тг.

Затраты на текущий ремонт зданий и сооружений принимаем в размере 3,5% от стоимости зданий и сооружений, т. е. 0,105 млн тг.

Затраты на исследование и испытание оборудования принимаем в размере 1% от общего фонда заработной платы, т. е. 0,268 млн тг.

Затраты на охрану труда принимаем в размере 5% от общего фонда заработной платы, т. е. 1,339 млн тг.

Расходы на эксплуатацию оборудования принимаем в размере 0,5% от полных капитальных затрат, т. е. 0,000025 млрд тг.

3.1.7 Определение показателей экономической эффективности природоохранных решений

Для оценки эффективности природоохранных мероприятий предлагается использовать критерии абсолютной и сравнительной эффективности.

Абсолютная эффективность капитальных вложений в природоохранные мероприятия определяется по формуле :

$$E_p = \frac{\left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m (\Delta y_{ij} - C) \right]}{K} \quad (3.7)$$

где E_p - показатель общей эффективности капитальных вложений в природоохранные мероприятия;

Δy_{ij} - результат (эффект) природоохранных мероприятий i -го вида на j -м объекте ($\Delta y_{ij} = \Delta Y = 57,531$ млн тг/год)

C - годовые эксплуатационные расходы на обслуживание основных фондов (33,385 млн. тг.);

K - капитальные затраты в природоохранные мероприятия (15,85 млн).

Отсюда $E_p = 1,52$

Для оценки целесообразности внедрения мероприятий предлагается сравнивать E_p с коэффициентом эффективности капитальных вложений E_H

$=0,12$ для природоохранных мероприятий. При условии $E_y \geq E_n$ мероприятие признается экономически эффективным.

3.2 Расчет мусоросжигательного завода

Экономическая окупаемость мусоросжигательных заводов (МСЗ)

Получение энергии от сжигания твердых бытовых отходов (ТБО) в экономическом плане часто уступает стоимости энергии, полученной от ископаемого топлива. МСЗ более эффективны в странах с ограниченными земельными ресурсами, где важно уменьшить объем отходов. Однако строительство таких заводов требует значительных инвестиций и имеет длительный срок окупаемости. Часто для их запуска необходимы государственные субсидии и гарантии.

В странах с более просторными территориями, таких как США, сжигание отходов не является приоритетом, и более выгодным остается использование полигонов для захоронения мусора. В Европе и Японии, где земля ограничена, МСЗ активно используются для переработки отходов с рекуперацией энергии, позволяя сократить объем отходов на 85-90% и вес на 70-85%.

Строительство МСЗ значительно дороже, чем создание современных полигонов с необходимыми очистными системами. Хотя такие полигоны могут улавливать до 60% вредных газов, они все равно уступают МСЗ по эффективности в плане снижения выбросов парниковых газов.

Энергия, получаемая из отходов, является дорогой, почти в два раза дороже, чем энергия от других источников. Большинство МСЗ работают с убытками и нуждаются в субсидиях, как, например МСЗ в Индии, которые не могут функционировать без государственной поддержки.

Строительство нового МСЗ требует значительных вложений, обычно от 100 миллионов долларов, и может занять годы для окупаемости. Ожидаемые доходы включают плату за прием отходов, продажу электроэнергии в сеть и возможную прибыль от переработки металлов из золы. Однако, для обеспечения долгосрочной окупаемости, МСЗ нуждаются в стабильных поставках отходов, что ограничивает развитие переработки и ведет к постоянному поступлению мусора на заводы. Срок службы МСЗ составляет 30-50 лет. При этом, для того чтобы сжигать большое количество отходов, нужно чтобы было постоянное количество отходов. Сортировка отходов почти не осуществляется, только 19% отходов перерабатываются, а более 80% направляются на захоронение. Несмотря на это, проект МСЗ не включает обязательную систему предварительной сортировки у населения- вместо этого предусмотрена сортировка уже на заводе, эффективность которой крайне низка. Это означает, что на сжигание будут попадать также полезные, перерабатываемые материалы. Это может повлиять на уровень загрязнения атмосферы, так как при сжигании отходов образуются токсичные выбросы. В таблице 3.8 приведены выбросы загрязняющих веществ от мусоросжигательной

установки мощностью 5 000 тон в год. В таблице 3.9 представлен расчет платы за эмиссии.

3.2.1 Расчет капитальных затрат и эксплуатационных расходов

В капитальные затраты мусоросжигающего завода входят: стоимость оборудования; затраты на сооружение металлоконструкций, трубопроводов в пределах установки; затраты на строительные работы, т. е. стоимость здания, фундамента и других сооружений.

Исходными данными для определения стоимости оборудования является перечень установленного оборудования, а также цены на оборудование, принимаемые по прейскурантам или по сметной стоимости. При расчете стоимости оборудования учитывают только основное оборудование (циклон «К», рукавный фильтр ФРКН10ВУ- 01). Стоимость остального неучтенного оборудования (электродвигателей, контрольно-измерительных приборов и т. п.) можно оценивать в долях от основного оборудования (20%). При определении стоимости оборудования по прейскуранту к ней должны быть прибавлены затраты на транспортировку оборудования с предприятия изготовителя к месту монтажа, которые принимают в среднем равными 8,5% от стоимости оборудования по прейскуранту. Также сюда относят монтаж оборудования в размере 30–40% от стоимости основного оборудования.

Результаты расчета стоимости оборудования приведены в таблице 3.2.1

Стоимость мусоросжигающего завода ориентировочно составляет 300 000 000 тыс. тенге.

Таблица – 3.2.1 Расчет стоимости оборудования

Наименование	Основное оборудование	Дополнительное оборудование, 20%	Транспортировка оборудования, 8,5%	Монтаж оборудования, 30%	Всего, млн. тг
Мусороперерабатывающий завод	300,00	60,00	25,50	90,00	475,5

Эксплуатационные расходы включают в себя:

- Заработную плату рабочих;
- Амортизационные отчисления;
- Планово-предупредительный, текущий и капитальный ремонты.

3.2.2 Методика определения заработной платы производственных рабочих и обслуживающих природоохранные объекты.

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих, обслуживающих природоохранные объекты, а также отчисления на социальное страхование.

Затраты на заработную плату рабочих, занятых на мусоросжигающем

заводе, определяется по формуле (3.1)

Основная и дополнительная заработная плата рабочих, обслуживающих завод рассчитывается по формуле (3.2) и (3.3)

Тогда ЗП для ИТР составит:

$$D_1 = 120\,000 \times 0,2 = 24\,000 \text{ тг/мес}$$

$$D_2 = 120\,000 \times 0,1 = 12\,000 \text{ тг/мес}$$

$$C_{осн} = 120\,000 + 24\,000 + 12\,000 = 156\,000 \text{ тг/мес}$$

$$C_{доп} = 0,1 \times 156\,000 = 15\,600 \text{ тг/мес}$$

$$C_{зп} = 156\,000 + 15\,600 = 171\,600 \text{ тг/мес}$$

$$\text{Соцстрахование} = 0,3 \times 171\,600 = 51\,480 \text{ тг}$$

Прямая заработная плата определяется по тарифным ставкам. Величина доплаты D_1 состоит из премии и прочих доплат и принимается в размере 20% от суммы прямой заработной платы. Доплаты D_2 по районному коэффициенту берутся в интервале от 1,0 до 2,0 от суммы $(C_{сп} + D_1)$.

Дополнительная заработная плата $C_{доп}$ принимается в размере 10% от суммы основной заработной платы.

Отчисления на социальное страхование - 30% от суммы $(C_{осн} + C_{доп})$

Расчет фонда заработной платы представлен в таблице 3.2.2

Таблица 3.2.2 - Расчет фонда заработной платы

Профессия	Число рабочих		Количество смен	Ставка, тг/мес	Итого тг/мес	Соц. отчисления, тг/мес	Общий фонд, млн.тг/год
	Явочный	Списочный					
Рабочий	6	6	1	100 000	185 900	42 900	13 384 800
ИТР	1	1	1	120 000	171 600	51 480	2 676 960
							Итого: 16 061 760

Рабочие:

Премия (20%):

$$100\,000 \times 0,2 = 20\,000 \text{ тг/мес}$$

Прочие доплаты (10%):

$$100\,000 \times 0,1 = 10\,000 \text{ тг/мес}$$

С_{осн}:

$$100\,000 + 20\,000 + 10\,000 = 130\,000 \text{ тг/мес}$$

Доп зарплата (10% от осн):

$$130\,000 \times 0,1 = 13\,000 \text{ тг/мес}$$

Итого з/п:

$$130\,000 + 13\,000 = 143\,000 \text{ тг/мес}$$

Социальные отчисления (30%):

$$143\,000 \times 0,3 = 42\,900 \text{ тг}$$

Итого на 1 рабочего в месяц:

$$143\,000 + 42\,900 = 185\,900 \text{ тг/мес}$$

На 6 рабочих в месяц:

$$185\,900 \times 6 = 1\,115\,400 \text{ тг/мес}$$

В год:

$$1\,115\,400 \times 12 = 13\,384\,800 \text{ тг/год}$$

ИТР:

Премия (20%):

$$120\,000 \times 0,2 = 24\,000 \text{ тг/мес}$$

Прочие доплаты (10%):

$$120\,000 \times 0,1 = 12\,000 \text{ тг/мес}$$

Сосн:

$$120\,000 + 24\,000 + 12\,000 = 156\,000 \text{ тг/мес}$$

Дополнительная зарплата (10%):

$$156\,000 \times 0,1 = 15\,600 \text{ тг/мес}$$

Итого з/п:

$$156\,000 + 15\,600 = 171\,600 \text{ тг/мес}$$

Соц отчисления (30%):

$$171\,600 \times 0,3 = 51\,480 \text{ тг}$$

Итого на 1 ИТР в месяц:

$$171\,600 + 51\,480 = 223\,080 \text{ тг/мес}$$

В год:

$$223\,080 \times 12 = 2\,676\,960 \text{ тг}$$

Итого: 16,062 млн тг/год

3.2.3 Расчет амортизационных отчислений

Расчет амортизационных отчислений производится по формуле 3.4:

Для расчета предельных норм амортизации основных средств были приняты показатели из таблицы 3.3

$$K = 300\,000\,000 \text{ тыс. тг} = 300 \text{ млрд. тг}$$

$$Na = 15\% \text{ (для тех оборудования)}$$

$$Ca = \frac{10 \times 15}{100} = 45 \text{ млрд тг/год}$$

Затраты на ремонт оборудования включают в себя затраты на капитальный ремонт и текущий ремонт. Затраты на капитальный ремонт оборудования принимаем в размере 30% от амортизационных отчислений, т. е. 12,0 млн тг. Затраты на текущий ремонт оборудования принимаем в размере 5% от полных капитальных затрат, т. е. 0,5 млн тг.

Затраты на текущий ремонт зданий и сооружений принимаем в размере 3,5% от стоимости зданий и сооружений, т. е. 0,105 млн тг.

Затраты на исследование и испытание оборудования принимаем в размере 1% от общего фонда заработной платы, т. е. 0,268 млн тг.

Затраты на охрану труда принимаем в размере 5% от общего фонда заработной платы, т. е. 1,339 млн тг.

Расходы на эксплуатацию оборудования принимаем в размере 0,5% от полных капитальных затрат, т. е. 0,000025 млрд тг.

3.2.4 Расчет платы за выбросы ЗВ и размещение отходов потребления мусоросжигающим заводом

Оплата за выбросы в окружающую среду, осуществляемые природопользователями в пределах установленных нормативов, отражённых в экологическом разрешении, производится на основании перечня загрязняющих веществ и типов отходов, утверждённого Правительством Республики Казахстан.

Порядок исчисления платы за эмиссии регламентируется методикой, утверждённой уполномоченным государственным органом в сфере охраны окружающей среды.

Размеры ставок устанавливаются маслихатами областей, а также города республиканского значения и столицы.

Ставки платы регламентируются налоговым законодательством РК.

3.2.5 Расчет платы за выбросы загрязняющего вещества от стационарных источников в пределах нормативов эмиссии

Расчет платы за выбросы *i*-го загрязняющего вещества от стационарных источников в пределах нормативов эмиссии [9] осуществляется по следующей формуле (3.5)

Таблица 3.2.3 - выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от мусоросжигательной установки.

Наименование вещества	ПДК максим.р азовая мг/м3	ПДК средне-суточная , мг/м3	ОБУВ	Выброс вещества , г/с	Выброс вещества, т/год
Железа оксид		0,04		0,0547	0,1418
Марганец и его соединения	0,01	0,001		0,0008	0,0022
Азот оксид	0,4	0,06		0,022493 6	0,6517156
Гидрохлорид (Водород хлористый;	0,2	0,1		0,00366	0,1154
Соляная кислота) /по молекуле HCl)					
Углерод (сажа)	0,15	0,05		0,001875	0,02957
Бензин	5	1,5		0,0056	0,003152
Углеводороды предельные C 12-19	1			0,0013	0,0007

Продолжение таблицы 3.2.3

Взвешенные вещества	0,5	0,15		0,4238	9,1579
Пыль светловолокна			0,06	0,00729	0,105
Пыль поливинилхлорида			0,1	0,0194	0,28
Пыль древесная			0,1	0,0024	0,0335
Пыль бумаги			0,1	0,0024	0,035
Азота диоксид	0,02	0,04		0,152611 6	3,9983955
Сера диоксид	0,5	0,05		0,357221 5	10,565152
Сероводород	0,008			0,000004	0,000002
Углерод оксид	5	3		0,26333	4,56143
Фтористые газообразные соединения	0,02	0,005		0,00762	0,2403
Пыль неорганическая: 70-20% двуокиси кремния	0,3	0,1		0,033	0,875
ВСЕГО				1,359505 7	30,796217

Расчет платы от мусоросжигающего завода представлены в таблице 3.2.4

Таблица 3.2.4 – Расчет платы за выбросы от мусоросжигающего завода

Код загрязняющего вещества	Наименование вещества	Выброс вещества, т/год	Ставка платы	плата
123	Железа оксид	0,1418	30*3932	16726,728
304	Азот оксид	0,6517156	20*3932	51250,9148
328	Углерод (сажа)	0,02957	24*3932	2790,46176
2754	Углеводороды предельные C 12-19	0,0007	0,32*3932	0,880768
2902	Взвешенные вещества	9,1579	10*3932	360088,628
2915	Пыль светловолокна	0,105	10*3932	4128,6

Продолжение таблицы 3.2.4

Код загрязняющего вещества	Наименование вещества	Выброс вещества, т/год	Ставка платы	плата
2921	Пыль поливинилхлорида	0,28	10*3932	11009,6
2936	Пыль древесная	0,0335	10*3933	1317,22
2962	Пыль бумаги	0,035	10*3934	1376,2
301	Азота диоксид	3,9983955	20*3935	314433,822
330	Сера диоксид	10,565152	20*3936	830843,553
333	Сероводород	0,000002	124*3937	0,975136
337	Углерод оксид	4,56143	0,32*3938	5739,37368
2908	Пыль неорганическая: 70-20% двуокиси кремния	0,875	10*3940	34405
	ВСЕГО	30,796217	10*3941	1634111,96

Расчет платы за размещение отходов после мусоросжигающим заводом осуществляется по формуле [9]:

$$C_{\text{отх.}} = N_{\text{отх.}} \times M_{\text{отх.}} \quad (3.2.1)$$

где $C_{\text{отх.}}^i$ - плата за размещение i -го вида отходов производства и потребления (МРП);

$N_{\text{отх.}}^i$ - ставка платы за размещение 1 тонны i -го вида отходов производства и потребления, установленная в соответствии с налоговым законодательством Республики Казахстан (МРП/тонн), устанавливается по таблице 5;

$M_{\text{отх.}}^i$ - масса i -го вида отходов производства и потребления, размещенного природопользователем в процессе производственной деятельности за отчетный период (тонн, Гбк – для радиоактивных отходов)

3.2.6. Расчет платы за размещение отходов до и после переработки

Ставка платы за размещение отходов представлена в таблице 3.6.

По выполненным расчетам количество отходов в 2024 году составило 1038,63482 т/год, тогда плата составит:

$$1038,63482 \times 0,38 \times 3932 = 1\,551\,887 \text{ тенге.}$$

Расчет общих затрат для мусоросжигающего завода представлен в таблице 3.7.

Таблица 3.7 - Расчет общих затрат на мусоросжигающий завод

Наименование затрат	Стоимость, млн тг
Капитальные затраты	475,5
Общий фонд заработной платы	26,77
Амортизационные отчисления	40,00
Капитальный ремонт оборудования	12,0
Текущий ремонт оборудования	0,5
Текущий ремонт зданий и сооружений	0,105
Исследование и испытание оборудования	2,67
Охрана труда	1,34
Эксплуатация оборудования	0,05
Платежи за эмиссии	0,945
Плата за размещение отходов в год до ПМ	1,552
Плата за размещение отходов в год после ПМ	0
Продажа электроэнергии	50,60
Итого эксплуатационные	83,4

Таким образом, среди всех рассмотренных способов обращения с твёрдыми бытовыми отходами наибольшую экологическую и экономическую эффективность демонстрирует внедрение мусоросортировочного комплекса. Этот подход позволяет не только значительно сократить объёмы отходов, подлежащих захоронению, но и извлекать вторичное сырьё, которое может быть повторно использовано или реализовано.

Мусоросортировка снижает нагрузку на полигоны, уменьшает выбросы вредных веществ в атмосферу и способствует формированию замкнутого производственного цикла. В отличие от захоронения и даже сжигания, сортировка отходов не сопровождается крупномасштабными выбросами или рисками для здоровья населения. При этом она требует значительно меньших капитальных вложений, быстро окупается за счёт продажи отсортированных материалов и позволяет оптимизировать систему экологических платежей.

Исходя из анализа всех факторов — экологических, экономических и социальных можно сделать вывод, что мусоросортировка является наиболее рациональным, безопасным и устойчивым решением для города Алматы в сфере обращения с ТБО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы была рассмотрена одна из наиболее острых экологических проблем города Алматы — увеличение объёмов твёрдых бытовых отходов и их негативное влияние на окружающую среду. Существующая система захоронения отходов приводит к загрязнению воздуха, почвы и вод, а также сопровождается большими финансовыми затратами на плату за эмиссии.

В работе проведены расчёты образования отходов и суммы платы за выбросы загрязняющих веществ в соответствии с нормативами 2024 года. Эти расчёты показали, что захоронение без предварительной обработки не только наносит вред экологии, но и требует значительных расходов из бюджета. Были определены наиболее загрязняющие вещества, а также рассчитан общий вред от размещения отходов на полигоне.

Для снижения нагрузки на окружающую среду и оптимизации затрат были рассмотрены современные методы обращения с отходами, в том числе внедрение мусоросортировочного завода. Анализ показал, что сортировка позволяет извлекать полезные материалы, снижать объём захоронения, уменьшать выбросы и получать доход от реализации вторичного сырья. Также была рассмотрена возможность применения биогазовых установок и других технологий, направленных на экологизацию отрасли.

По итогам анализа можно сделать вывод, что переход от простой схемы сбор — вывоз — захоронение к более продуманной системе с сортировкой, переработкой и утилизацией отходов является реальным шагом к улучшению экологической ситуации в Алматы. Это не только уменьшает вред природе, но и позволяет снизить затраты, получить дополнительную экономическую выгоду и приблизить город к стандартам устойчивого развития.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Данные по образованию твердо-бытовых и коммунальных отходов
<https://stat.gov.kz/ru/region/almatyobl/>
- 2 Норма накопления ТБО на одного жителя
<https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100024212>
- 3 Официальная статистика по отходам за 2022–2023 годы
<https://stat.gov.kz/ru/region/almatyobl/>
- 4 Методика расчета платы за эмиссии в окружающую среду. Утверждена приказом Министра экологии, геологии и природных ресурсов РК от 27 декабря 2021 года № 598.
- 5 Постановление маслихата города Алматы от 27 декабря 2023 года № 172 «О ставках платы за эмиссии в окружающую среду на 2024 год».
- 6 ГОСТ 30772-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения.
- 7 Веб-портал открытых данных РК. Экологические показатели регионов и информация о ТБО <https://data.egov.kz/>
- 8 Материалы лекций и практических занятий кафедры «Химические процессы и промышленная экология» КазННТУ им. К. И. Сатпаева.
- 9 Методика расчета платы за эмиссии в окружающую среду
<https://adilet.zan.kz/rus/docs/V090005672>
- 10 СТ КазННТУ – 09 – 2023 Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию, текстового и графического материала.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Образование твердых бытовых отходов, коммунальных отходов и уровень их переработки											
		Единица измерения	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	Твердые бытовые отходы (ТБО)*										
1	Образование ТБО	тыс. тонн	5 467,3	5 400,9	4 864,3	4 319,2	4 736,6	4 551,7	4 214,1	4 340,6	4 352,1
2	Переработка, вторичное использование ТБО	тыс. тонн	99,7	140,3	440,0	497,1	705,2	868,9	985,2	1 103,1	1 029,6
3	Доля переработки, вторичного использования ТБО	процент	1,8	2,6	9,0	11,5	14,9	19,1	23,4	25,4	23,7
	Коммунальные отходы**										
1	Образование коммунальных отходов	тыс. тонн	3 235,5	2 813,6	3 415,0	3 692,0	3 674,0	3 708,5	4 006,5	3 822,8	4 142,9
3	Переработка и утилизация коммунальных отходов	тыс. тонн	372,5	346,1	442,7	427,1	418,3	760,0	546,3	595,3	556,3
5	Доля переработки и утилизации коммунальных отходов	процент	11,5	12,3	13,0	11,6	11,4	20,5	13,6	15,6	13,4
Справочно:											
1	Валовой внутренний продукт (ППС, в постоянных ценах 2017 года)	млн. международных долл.	426 122,1	430 809,4	448 472,6	466 860,0	487 868,7	475 672,0	496 125,0	512 002,0	
2	Валовой внутренний продукт (ППС, в постоянных ценах 2021 года)	млн. международных долл.	558 688,0	564 833,5	587 991,7	612 099,4	639 643,8	623 652,7	650 469,8	671 284,8	705 520,4
3	ВВП в постоянных ценах 2005 года	млн.долл. США	97 224,5	98 309,8	102 365,6	106 535,6	111 334,0	108 535,0	113 219,1	116 818,0	122 758,8
4	ВВП в постоянных ценах 2005 года	млн.тенге	12 919 190,1	13 063 411,4	13 602 343,6	14 156 456,9	14 794 066,7	14 422 127,7	15 044 556,3	15 522 763,7	16 312 185,4
5	Население страны	человек	17 542 806	17 794 055	18 037 775	18 276 452	18 513 673	18 755 666	19 000 987	19 634 983	19 900 325

Рисунок А.1 - Образования твердо-бытовых, коммунальных отходов и уровень их переработки

Monitoring the quality of atmospheric air in the city of Almaty and its impact on public health

G.B. Kezembayeva*, Zh.A. Dyusenova, A.E. Pak, A.R. Zhumusova, A.A. Rysbaeva
Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: g.kezembayeva@satbayev.university

Abstract. The article presents the results of a study conducted by students of the "Engineering Ecology" program of the "Chemical Processes and Industrial Ecology" department of the Kazakh National Technical University named after K.I. Satpaeva. The study involved calculating the health risks of students (more than 12,000 people) and university employees (2,312 people) based on the concentration of pollutants in the air in the territory adjacent to the university. To assess the health risks of students, employees and residents of nearby buildings, Professor S.M. Novikov was used, which is based on the average daily values of pollutants exceeding the maximum permissible concentrations (MPCs) and the effect depending on the degree of their excess. This approach allows for a more accurate assessment of health risks, taking into account current and potential long-term risks arising from air pollution.

Keywords: Almaty city, health risk, pollutants, monitoring, industrial enterprises, motor transport.

1. Введение

Загрязнение атмосферного воздуха остается одним из ведущих факторов, оказывающих неблагоприятное влияние на здоровье населения. Как показали многочисленные научные исследования последнего десятилетия, масштабы преждевременной смертности, обусловленные загрязнением воздуха, оказались значительно выше, чем предполагалось ранее [1].

В связи с этим крайне важно внедрение стратегий по снижению выбросов вредных веществ в атмосферу и ограничению их воздействия на население. Влияние загрязнения воздуха на здоровье людей является значительным и влечет за собой серьезные социально-экономические последствия.

Летом 2024 года Институт влияния на здоровье (Health Effects Institute), в сотрудничестве с ЮНИСЕФ, представил пятое издание доклада «Состояние глобального воздуха – 2024», в котором содержится детальный анализ качества воздуха в различных регионах мира и его воздействия на здоровье.

Согласно этому исследованию, более 90% смертей, вызванных загрязнением воздуха (7,8 млн случаев), связаны с присутствием в атмосфере мелкодисперсных частиц PM_{2.5} (размером 2,5 мкм и менее). Эти частицы оседают в легких, проникают в кровоток, поражая внутренние органы и увеличивая вероятность развития сердечно-сосудистых заболеваний, инсульта, диабета, онкологических патологий легких и хронической обструктивной болезни

© 2025. G.B. Kezembayeva, Zh.A. Dyusenova, A.E. Pak, A.R. Zhumusova, A.A. Rysbaeva

<https://conference.satbayev.university/>. Published by Satbayev University

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

легких. В докладе отмечается, что концентрация PM_{2.5} является наиболее точным индикатором неблагоприятного состояния окружающей среды [2].

Дополнительно в отчете указано, что в 2021 году загрязнение воздуха стало причиной 8,1 млн смертей, заняв второе место среди факторов риска смертности. Миллионы людей по всему миру страдают от хронических заболеваний, связанных с качеством воздуха, что оказывает значительное давление на системы здравоохранения, экономику и общество [2]. Прогнозы свидетельствуют, что к 2060 году число смертей, связанных с загрязнением воздуха, может удвоиться или утроиться [1].

Основными источниками PM_{2.5} являются сжигание ископаемого топлива и биомассы, транспорт, строительство, угольная энергетика, промышленность, а также лесные пожары. Помимо воздействия на здоровье человека, эти выбросы способствуют формированию парниковых газов, что усиливает процесс глобального потепления. В наибольшей степени страдают уязвимые слои населения, испытывая двойной удар – от последствий изменения климата и загрязнения воздуха.

В 2021 году длительное воздействие озона привело к 489 518 случаям смертей по всему миру. В условиях продолжающегося глобального потепления в районах с высоким содержанием диоксида азота концентрация озона, вероятно, будет увеличиваться, что приведет к еще более серьезным последствиям для здоровья населения [3].

Исследования показывают, что высокие концентрации пыли и летучих соединений, выбрасываемых автомобильным транспортом, имеют прямую связь с развитием многих заболеваний. Обеспокоенность населения вопросами охраны окружающей среды растет, поскольку качество воздуха напрямую влияет на здоровье нынешних и будущих поколений.

Наибольший вред загрязненный воздух наносит людям, проживающим вблизи транспортных магистралей. В выхлопных газах содержится множество вредных веществ, в том числе сажа, способная оседать в легких и накапливать тяжелые металлы. Ситуацию усугубляет тот факт, что выбросы автомобилей распространяются на уровне дыхательных путей человека, а плотная городская застройка препятствует их рассеиванию.

Существуют научные доказательства, что люди, живущие рядом с оживленными дорогами, более подвержены онкологическим заболеваниям и воздействию токсичных веществ, таких как диоксид азота, оксид углерода, формальдегид, диоксид серы, свинец, углеводороды и взвешенные частицы. Организм человека не способен эффективно выводить большое количество этих веществ, что приводит к их накоплению и нарушению нормального функционирования [4].

Анализ ситуации показывает, что в последние годы выбросы от стационарных источников стабилизировались на уровне 3 миллионов тонн в год, тогда как выбросы автотранспорта продолжают увеличиваться и уже превысили 1 миллион тонн в год. В крупных городах Казахстана вклад транспорта в загрязнение атмосферы достигает 60% и более, а в Алматы – до 90% от общего объема выбросов [5].

В 2024 году общий объем промышленных выбросов в атмосферу в Алматы составил 2995,912 тонн [6], что оказывает негативное влияние на здоровье населения. В связи с этим студенты образовательной программы «Инженерная экология» кафедры «Химические процессы и промышленная экология» КазНУ имени К.И. Сатпаева (Satbayev University) провели исследование оценки рисков для здоровья 12 000 студентов и 2 312 сотрудников, основываясь на данных о концентрациях загрязняющих веществ в воздухе [7].

В Таблице 1 представлены фактические концентрации загрязняющих веществ, их превышение предельно допустимых нормативов и частота зафиксированных случаев превышения. Данные предоставлены РГП «Казгидромет» по городу Алматы за 2024 год [6].

Таблица 1. Данные по результатам мониторинга атмосферного воздуха города Алматы.

Примесь	Средняя концентрация		Максимальная разовая концентрация		НП	Число случаев превышения ПДКм.р.		
	мг/м³	Кратность ПДК _{с.с.}	мг/м³	Кратность ПДК _{м.р.}		%	>ПДК	>5 ПДК
					В том числе			
г. Алматы								
Взвешенные частицы (пыль)	0,15	1,0	0,66	1,3	2	64		
Взвешенные частицы РМ2.5	0,02	0,64	0,92	5,7	7	3236	4	
Взвешенные частицы РМ10	0,03	0,46	0,93	3,1	2	1091		
Диоксид серы	0,03	0,65	1,37	2,7	7	2271		
Оксид углерода	0,86	0,29	28,68	5,7	8	4406	10	
Диоксид азота	0,06	1,6	1,02	5,1	19	11024	1	
Оксид азота	0,05	0,78	1,00	2,5	3	1830	0	
Озон	0,04	1,3	1,26	7,9	21	8036	1438	
Фенол	0,001	0,34	0,008	0,80	0			
Формальдегид	0,01	0,76	0,11	2,20	0	1		
Бензол	0,007	0,07	0,02	0,07	0			
Хлорбензол	0,005		0,01	0,10	0			
Этилбензол	0,005		0,01	0,50	0			
Бенз(а)пирен	0,0006	0,56	0,001		0			
Параксилол	0,01		0,02	0,10	0			
Метаксилол	0,00		0,02	0,10	0			
Ортоксилол	0,00		0,02	0,10	0			
Кумол	0,01		0,02	1,43	1	1		
Кадмий	0,001	0,00						

Результаты исследования показали значительное воздействие загрязненного воздуха на здоровье студентов, сотрудников Satbayev University, а также жителей, проживающих в непосредственной близости от университета.

Новизна исследования заключается в том, что впервые на территории Satbayev University были проведены системные измерения качества атмосферного воздуха с целью выявления потенциальных рисков для здоровья студентов и персонала.

Научная и практическая значимость исследования

Ранее проведенные исследования в Казахстане подтверждают, что уровень заболеваемости населения тесно связан с качеством атмосферного воздуха.

Некоторые загрязняющие вещества, такие как оксид углерода (CO) и диоксид азота (NO₂), потенциально опасны, но их роль в развитии рака менее очевидна. Хотя в высоких

концентрациях они могут проявлять канцерогенные свойства, их основное влияние связано с заболеваниями дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

Диоксид серы (SO_2) в основном известен негативным влиянием на дыхательную систему человека и окружающую среду, но при длительном воздействии в сочетании с другими канцерогенными веществами может повышать риск онкологических заболеваний.

Разработанный в рамках данного исследования метод мониторинга качества воздуха может быть применен для оценки экологических рисков на территориях детских садов, школ, колледжей и вузов Алматы и других городов Казахстана.

Объект исследования – атмосферный воздух на территории Satbayev University.

2. Материалы и методы

В проекте были выполнены следующие действия:

1. Отбор проб атмосферного воздуха;
2. Обработка данных и их анализ;
3. Расчет по модели индивидуальных порогов действия загрязняющего вещества на здоровье населения.

Для проведения мониторинга были проведены отборы проб атмосферного воздуха на территории Satbayev University газоанализатором Элан.

Согласно Правилам ручного отбора проб, пробы отбирались 4 раза в сутки в 07, 13, 19, 01 часов. Значения концентраций загрязняющих веществ были зафиксированы на газоанализаторе Элан и занесены в таблицы. Отбор проб проводился в осенне-весенний период, так как концентрация загрязняющих веществ в теплое время года наиболее высокая.

На рисунках 1-4 представлен газоанализатор Элан и процесс ручного отбора проб атмосферного воздуха на улицах Сатпаева-Бухар Жырау -Масанчи- Байтурсынова. На рисунке 5 представлена карта с точками отбора проб.



Рисунок 1. Газоанализатор Элан



Рисунок 2. Отбор проб на пересечении улиц Сатпаева-Бухар Жырау

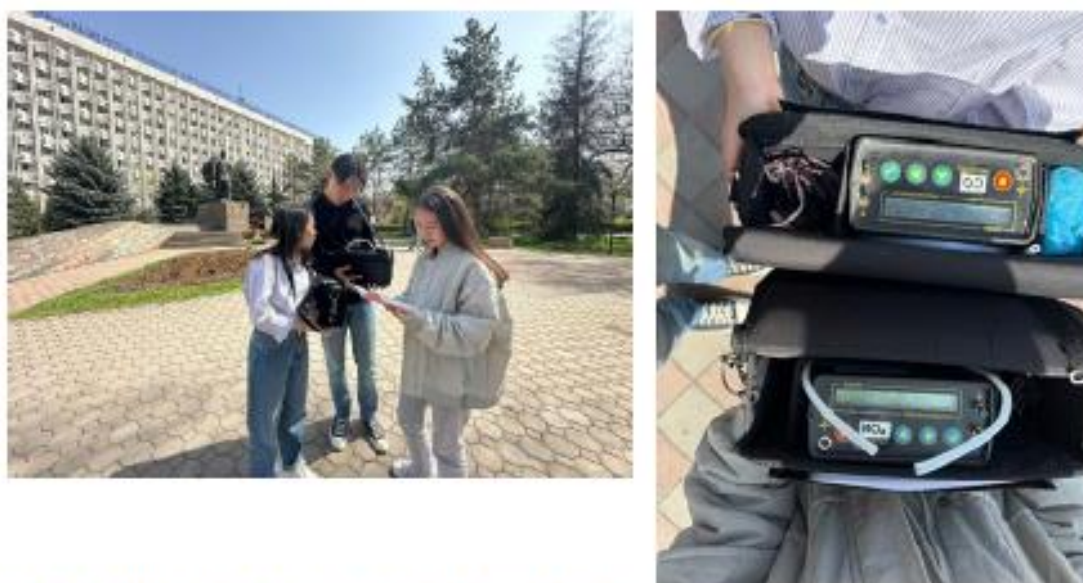


Рисунок 3. Отбор проб на пересечении улиц Сатпаева-Байтурсынова

Рисунок 4. Отбор проб на пересечении улиц Сатпаева-Масанчи



Рисунок 5. Карта отбора проб

3. Результаты и обсуждение

Мониторинг был проведен по пяти загрязняющим веществам, представленным в таблице 2. Данные по мониторингу были усреднены и сведены в таблицу.

Таблица 2. Исходные данные.

Наименование загрязняющих веществ	Среднегодовое значение, $\text{мг}/\text{м}^3$	Класс опасности	$\text{ПДК}_{\text{ср.г.}}, \text{мг}/\text{м}^3$
CO	0,455792	4	5
NO ₂	0,079708	2	0,085
PM10	0,006792	3	0,3
PM2.5	0,003958	3	0,16
SO ₂	0,057708	3	0,05

Для определения риска здоровью студентов, сотрудников и жителей ближайших домов была использована модель, разработанная профессором С.М. Новиковым (Научно-исследовательский институт экологии человека и ГОС им. Сырина, Россия), которая базируется на двух основных принципах:

- превышение среднесуточной предельно допустимой концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе вызывает опасность (риск) для здоровья людей;
- уровень воздействия (степень превышения $\text{ПДК}_{\text{ср.г.}}$) загрязняющего вещества и опасность для здоровья человека, вызванная воздействием данного загрязнителя, имеют степенную (логарифмическую) зависимость

Данная модель была выбрана ввиду схожести климатических и социально-экономических условий России и Казахстана, а также при определении воздействия загрязняющих веществ на здоровье людей используется норматив ПДК .

Для расчета риска хронической интоксикации организма человека, в результате загрязнения атмосферы, в большинстве случаев используется линейно-экспоненциальная зависимость, которая описывается формулой 1 [8], [9]:

$$R_i = 1 - \exp \left[-0,174 \left(\frac{C}{\text{ПДК}_{\text{с.с.}} * K_3} \right)^\beta * t \right], \quad (1)$$

где: $1/K_3$ — единичный риск — коэффициент пропорциональности, связывающий риск и концентрацию токсиканта (таблица 3);

β — коэффициент, учитывающий особенности токсикологических свойств веществ (таблица 3);

C — максимальная приземная концентрация вещества, оказывающая воздействие в течение времени;

$\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ — предельно допустимая среднесуточная концентрация загрязняющего вещества в воздухе населенных пунктов, мг/м^3 . Параметры для расчета риска представлены в таблице 3.

Таблица 3. Параметры для расчета риска

Класс опасности вещества	Характеристика веществ	β	K_3
1-й	Чрезвычайно опасные	2,40	7,5
2-й	Высокоопасные	1,31	6,0
3-й	Умеренно опасные	1,00	4,5
4-й	Малоопасные	0,86	3,0

Расчет риска был произведен по формулам представленным в таблице 4.

Таблица 4 – Формулы расчета риска

Класс опасности вещества	Формула
1-й	$\text{ВЭ} = -9,15 + 11,66 \lg(C/\text{ПДК}_{\text{с.с.}})$
2-й	$\text{ВЭ} = -5,51 + 7,49 \lg(C/\text{ПДК}_{\text{с.с.}})$
3-й	$\text{ВЭ} = -2,35 + 3,73 \lg(C/\text{ПДК}_{\text{с.с.}})$
4-й	$\text{ВЭ} = -1,41 + 2,33 \lg(C/\text{ПДК}_{\text{с.с.}})$

где: ВЭ - вероятность эффекта (риск), выраженный в пробитах, определяется по таблице 6 нормального вероятностного распределения [8].

Результаты исследования

Расчет риска здоровью студентов был проведен согласно формулам в таблице 4, полученные данные были сведены в таблицу 5.

Таблица 5. Расчет риска

Наименование загрязняющих веществ	Среднегодовое значение	Класс опасности	ПДК	ВЭ	Риск
CO	0,455792	4	3	-3,83367	0,0001
NO ₂	0,079708	2	0,04	-5,7191	0,0001
PM10	0,006792	3	0,06	-5,87915	0,0001
PM2.5	0,003958	3	0,035	-5,88079	0,0001
SO ₂	0,057708	2	0,5	-12,5336	0,0001

Таблица 6. Нормальное вероятностное распределение

ВЭ (пробит)	Риск	ВЭ (пробит)	Риск
-3,0	0,001	0,1	0,540
-2,5	0,006	0,2	0,579
-2,0	0,023	0,3	0,618
-1,9	0,029	0,4	0,655
-1,8	0,036	0,5	0,692
-1,7	0,045	0,6	0,726
-1,6	0,055	0,7	0,758
-1,5	0,067	0,8	0,788
-1,4	0,081	0,9	0,816
-1,3	0,097	1,0	0,841
-1,2	0,115	1,1	0,864
-1,1	0,136	1,2	0,885
-1,0	0,157	1,3	0,903
-0,9	0,184	1,4	0,919
-0,8	0,212	1,5	0,933
-0,7	0,242	1,6	0,945
-0,6	0,274	1,7	0,955
-0,5	0,309	1,8	0,964
-0,4	0,345	1,9	0,971
-0,3	0,382	2,0	0,977
-0,2	0,421	2,5	0,994
-0,1	0,460	3,0	0,999
0,0	0,50		

4. Выводы

Выполнена оценка острых токсических воздействий загрязняющих веществ на организм студентов и сотрудников университета.

Вероятность возникновения риска для здоровья студентов, от воздействия химических загрязнителей атмосферного воздуха, обусловлена большим скоплением автотранспорта на пересечении улиц Сатпаева и Масанчи. Пересечение данных улиц характеризуется хорошей продуваемостью, что препятствует длительному скоплению загрязняющих веществ. Расчет показал, что индивидуальный канцерогенный риск, связанный с присутствием в атмосфере оксида углерода, азота диоксид, PM10, PM2.5 и диоксида серы не вызывает риска здоровью студентов и сотрудников университета. Следовательно, студенты, сотрудники университета и жители ближайших домов не подвергаются острому токсическому воздействию по всем выбрасываемым веществам. Данные исследования показывают, что на территории университета хорошее проветривание этой зоны, а также достаточное количество зеленых насаждений, так как вблизи расположен ботанический сквер.

Благодарность

Выражаем огромную благодарность директору компании ТОО «ЛабСЭМ» Ким М.В. за предоставление измерительного прибора газоанализатора Элан, благодаря которому был произведен отбор проб атмосферного воздуха на территории Satbayev University.

References

- [1] OECD (2019), РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В КАЗАХСТАНЕ: Руководящие принципы реформирования политики в области экологических платежей, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/4a86e63d-ru>.
- [2] <https://news.un.org/ru/story/2024/06/1453411>
- [3] <https://www.ungeneva.org/ru/news-media/news/2024/06/94551/zagryaznenie-vozdukha-stalo-vtorym-po-znachimosti-faktorom-riska>
- [4] Л.А. Пепина, А.Н. Созонтова. Загрязнение атмосферного воздуха автомобильно-дорожным комплексом. *Alfabuild*. 1 (1). 2017. 99-110
- [5] Джайлаубеков, Е.А. Расчет и анализ выбросов вредных загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух в Республике Казахстан (монография). Под ред. д.т.н, проф. Кулмановой Н.К. Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева. 2010г.
- [6] <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesvachnyy-informatsionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy/2024>
- [7] <https://sso.satbayev.university/#1/34>
- [8] Киселев А.В., Фридман К.Б. Оценка риска здоровью. СПб: Международный институт 1997. 100с.
- [9] Алымов В.Т., Тарасова Н.П. Техногенный риск: Анализ и оценка: Учебное пособие для вузов. – М.: ИКЦ «Академизнито», 2005. – 118с.: ил.

Алматы қаласының атмосфералық ауасының сапасын және оның халықтың денсаулығына әсерін бақылау

Г.Б. Кезембаева*, Ж.А. Дюсенова, А.Е. Пак, А.Р. Жунусова, А. А. Рысбаева

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

*Корреспонденция үшін автор: g.kezembayeva@satbayev.university

Аннотация. Мақалада Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ-дың «Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология» кафедрасының «Инженерлік экология» бағдарламасының студенттері жүргізген зерттеу нәтижелері берілген. Зерттеу университетке іргелес аумақтағы ауадағы ластаушы заттардың концентрациясына негізделген студенттердің (12 000-нан астам адам) және университет қызметкерлерінің (2 312 адам) денсаулығына қауіп-қатерді есептеуге қатысты. Студенттердің, қызметкерлердің және жақын маңдағы ғимараттардың тұрғындарының денсаулығына қауіпті бағалау үшін профессор С.М. Новико қолданылды., ол ластаушы заттардың орташа тәуліктік мөлдерінің шекті рұқсат етілген концентрацияларынан (ШРҚ) асып кетуіне және олардың асып кету дәрежесіне байланысты әсеріне негізделген. Бұл тәсіл ауаның ластануынан туындайтын ағымдағы және ықтимал ұзақ мерзімді қауіптерді ескере отырып, денсаулыққа қатысты тәуекелдерді дәлірек бағалауға мүмкіндік береді.

Негізгі сөздер: Алматы қаласы, Денсаулық тәуекелі, ластаушы заттар, мониторинг, өнеркәсіптік кәсіпорындар, автокөлік.

Мониторинг качества атмосферного воздуха в городе Алматы и его влияние на здоровье населения

Г.Б. Кезембаева*, Ж.А. Дюсенова, А.Е. Пак, А.Р. Жунусова, А. А. Рысбаева
Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева,
Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: g.kezembayeva@satbayev.university

Аннотация. Загрязнение атмосферного воздуха является одним из главных факторов экологических рисков здоровью населения. Как установлено в ряде научных исследований, проведенных в текущем десятилетии, загрязнение атмосферного воздуха ведет к значительно большому числу преждевременных смертей, чем считалось ранее. Основными источниками загрязнения в городах являются промышленные предприятия, ТЭЦ и автотранспорт. Здоровье будущих поколений во многом зависит от состояния атмосферного воздуха. Целью устойчивого развития 3 «Хорошее здоровье и благополучие» является обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте.

Институт влияния на здоровье (Health Effects Institute) опубликовал отчет «Состояние глобального воздуха-2024», подготовленное в партнерстве с ЮНИСЕФ, и представил всесторонний анализ данных о качестве воздуха по всему миру и его воздействии на здоровье. Согласно отчету, серьезное воздействие на здоровье человека во всем мире оказывают такие загрязнители, как мелкодисперсные твердые частицы (PM_{2.5}), озон (O₃) и диоксид азота (NO₂). Наличие данных веществ характерно и для города Алматы.

В статье предоставлены данные исследования, проведенное студентами ОП «Инженерная экология» кафедры «Химические процессы и промышленная экология» КазНТУ имени К.И.Сатпаева по расчету рисков здоровью студентов (более 12 000 человек) и сотрудников (2 312 человек) основываясь на концентрациях загрязняющих веществ в атмосфере на территории, прилегающей к университету. Для определения риска здоровью студентов, сотрудников и жителей ближайших домов была использована модель, разработанная профессором С.М. Новиковым, которая основывается на превышении ПДК среднесуточного и воздействием загрязнителей в зависимости от степени его превышения.

Ключевые слова: город Алматы, риск здоровью, загрязняющие вещества, мониторинг, промышленные предприятия, автотранспорт.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

Жунусовой Айгерим Рустамовны

6B05206 – Инженерная экология

На тему: «Эколого-экономическая эффективность методов утилизации ТБО»

Перед дипломантом была поставлена задача проанализировать методы утилизации твердых бытовых отходов (ТБО). Дать экологическое обоснование методов утилизации ТБО и провести расчет их экономической эффективности

Дипломант успешно справился с заданием, выполнив все поставленные задачи.

Проблема ТБО носит глобальный характер, что и обусловило ее актуальность. В данной дипломной работе рассмотрены дипломантом основные методы обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов, их состав и характеристика, а также эколого-экономическая оценка этих методов.

В дипломной работе приведен литературный обзор по методам утилизации твердых бытовых отходов. Приведен расчет двух основных методов утилизации ТБО: мусоросортировка и мусоросжигание.

По результатам работы, были сделаны выводы, что не все методы утилизации отходов экономически эффективны.

В целом работа выполнена в соответствии с ГОСТом, и заслуживает оценки отлично 96 баллов (А).

Научный руководитель
старший преподаватель, DBA

 Кезембаева Г.Б.
«09» 06 2025 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на Дипломную работу

Жунусовой Айгерим Рустамовны

6B05206 – Инженерная экология

На тему: «Эколого-экономическая эффективность методов утилизации ТБО городов
Казахстана (на примере города Алматы)»

Выполнено:

а) графическая часть на 10 листах

б) пояснительная записка на 41 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Актуальность дипломной работы обусловлена растущими экологическими рисками, связанными с увеличением объёмов твёрдых бытовых отходов в крупных городах Казахстана, в частности в Алматы. Работа направлена на анализ современных методов утилизации ТБО с оценкой их экологической и экономической эффективности, что имеет практическое значение для реализации принципов устойчивого развития и повышения экологической культуры в регионе. Особое внимание уделено выбору наиболее рационального метода переработки, включающему расчёты выбросов, платы за эмиссии и экономического эффекта от реализации вторичного сырья.

Замечание: Незначительные замечания, графический материал можно дополнить схемой технологического процесса выбранного метода утилизации. А также в работе следовало бы более подробно раскрыть вопросы нормативного регулирования в области утилизации ТБО на региональном уровне. Однако они не снижают общего уровня работы.

Оценка работы

С учетом замечаний, которые не снижают практическую значимость, дипломная работа на тему «Эколого-экономическая эффективность методов утилизации ТБО городов Казахстана (на примере города Алматы)», выполненная Жунусовой Айгерим Рустамовной, заслуживает оценки «отлично» (95 баллов, А, 95%).

Рецензент
Кандидат технических наук,
ассоциированный профессор
ИР - ДЕПАРТАМЕНТ Ажиева Г.И.
«09» 2025 г.
Подпись: Ажиева Г.И.
заверяю
ИР департамент
« » 20

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жунусова Айгерим Рустамовна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Эколого-экономическое обоснование методов утилизации ТБО

Научный руководитель: Гульмира Кезембаева

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 5

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 9.06.2025

Заведующий кафедрой Ю.П.П.З.
Кузнецова И.В.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жунусова Айгерим Рустамовна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Эколого-экономическое обоснование методов утилизации ТБО

Научный руководитель: Гульмира Кезембаева

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 5

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, являются законными и не являются плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование: *Сопоставление и заимствование не уменьшает суть работы и не нарушает самостоятельный характер работы*

Дата

06.06.25г

С.С. Сагсенбаев Р.Д.

проверяющий эксперт