

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт им. О.А. Байконурова

Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»

Шаркенова Даяна

«Исследование углеродной нейтральности городов Казахстана (на примере города Алматы)»

6B05205 «Химическая и биохимическая инженерия»

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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


Горно-металлургический институт им. 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

Заведующий кафедрой
«Химические процессы и
промышленная экология»
канд. тех наук, доцент

 Кубекова Ш.Н.
« 7 » 06 2024 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Исследование углеродной нейтральности городов Казахстана (на примере города
Алматы)»

6B05205 - «Химическая и биохимическая инженерия»

Выполнил:

Шаркенова Д.К.





Рецензент

Научный руководитель

канд. тех. Наук, главный
специалист отдела водных
ресурсов и нормирования
ТОО «КАПЭ»

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

 Дюсенова Ж.А.

 Кезембаева Г.Б.

« 06 » 06 2024 г.

« 07 » 06 2024г.

Алматы 2024

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

6B05205 – «Химическая и биохимическая инженерия»



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающейся: Шаркеновой Даяне Кенжебековне

Тема: «Исследование углеродной нейтральности городов Казахстана (на примере города Алматы)».

Утверждена приказом Ректора Университета № 548 от 4 декабря 2023 г.

Срок сдачи законченной работы « 7 » 06 2024 г.

Исходные данные к дипломной работе:

Краткое содержание дипломной работы:

- анализ выбросов парниковых газов в городе Алматы (ТЭЦ, автотранспорт, ЖКХ;
- расчет выбросов парниковых газов от ТЭЦ и автотранспорта;
- пути и методы решения для достижения углеродной нейтральности города Алматы.

Перечень графического материала: представлен в виде презентации на слайдов.

Рекомендуемая основная литература: из 18 наименований.


ГРАФИК

подготовки дипломной работы

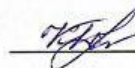
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечания
Введение	10 января 2024	выполнено
Анализ выбросов парниковых газов в городе Алматы	15 февраля 2024	выполнено
Расчеты выбросов парниковых газов от ТЭЦ и автотранспорта	23 марта 2024	выполнено
Пути и методы достижения углеродной нейтральности в городе Алматы	11 апреля 2024	выполнено
Заключение	1 мая 2024	выполнено

Подписи

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

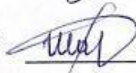
Наименование разделов	Консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтроль	Кезембаева Г.Б.	07.06.24	

Научный руководитель



Кезембаева Г.Б.

Задание принял к исполнению обучающийся



Шаркенова Д.К.

Дата

«07» 06 2024 г

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассматриваются вопросы углеродной нейтральности и снижения выбросов парниковых газов в городе Алматы. Актуальность темы обусловлена негативным воздействием урбанизации на качество воздуха и климатические условия, что существенно влияет на здоровье жителей и состояние экосистемы. Основной целью работы является проведение инженерно-экологических мероприятий, направленных на включение Алматы в список "зеленых городов" и создание условий для поддержания углеродной нейтральности. В ходе исследования были проанализированы источники выбросов парниковых газов, такие как ТЭЦ и автотранспорт, и разработаны меры по их снижению. Также рассмотрены международный опыт достижения углеродной нейтральности и политика Казахстана в данной области. Работа включает в себя анализ экономической эффективности и экологической устойчивости предложенных мер, а также рекомендации для городской администрации Алматы.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Алматы қаласында көміртекті бейтараптық және парниктік газдар шығарындыларын азайту мәселелері қарастырылады. Тақырыптың өзектілігі урбанизацияның ауа сапасы мен климаттық жағдайларға теріс әсерінен туындайды, бұл тұрғындардың денсаулығы мен экожүйенің жағдайына айтарлықтай әсер етеді. Жұмыстың негізгі мақсаты Алматыны "жасыл қалалар" тізіміне енгізуге және көміртегі бейтараптығын сақтау үшін жағдай жасауға бағытталған инженерлік-экологиялық іс-шараларды жүргізу болып табылады. Зерттеу барысында ЖЭО және автокөлік сияқты парниктік газдар шығарындыларының көздері талданды және оларды азайту шаралары әзірленді. Сондай-ақ, көміртегі бейтараптығына қол жеткізудің халықаралық тәжірибесі және Қазақстанның осы саладағы саясаты қаралды. Жұмыс ұсынылған шаралардың экономикалық тиімділігі мен экологиялық тұрақтылығын талдауды, сондай-ақ Алматы қалалық әкімшілігі үшін ұсынымдарды қамтиды.

ABSTRACT

This thesis examines the issues of carbon neutrality and reduction of greenhouse gas emissions in the city of Almaty. The relevance of the topic is due to the negative impact of urbanization on air quality and climatic conditions, which significantly affects the health of residents and the state of the ecosystem. The main purpose of the work is to carry out engineering and environmental measures aimed at including Almaty in the list of "green cities" and creating conditions for maintaining carbon neutrality. The study analyzed sources of greenhouse gas emissions, such as thermal power plants and motor vehicles, and developed measures to reduce them. The international experience of achieving carbon neutrality and Kazakhstan's policy in this area are also considered. The work includes an analysis of the economic efficiency and environmental sustainability of the proposed measures, as well as recommendations for the Almaty City administration.

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	
1	Теоретические основы углеродной нейтральности	8
1.1	Международный опыт углеродной нейтральности	8
1.2	Политика Казахстана в области углеродной нейтральности	10
2	Анализ источников выбросов парниковых газов в городе Алматы	13
2.1	Расчет образования выбросов парниковых газов от ТЭЦ	13
2.2	Расчет образования выбросов парниковых газов от автотранспорта	17
3	Меры по снижению выбросов парниковых газов в городе Алматы	22
3.1	Технологические меры для ТЭЦ	22
3.2	Технологические меры для автотранспорта	23
3.3	Повышение энергоэффективности в строительстве и жилищном секторе	25
3.4	Внедрение ВИЭ в инфраструктуру города	26
4	Оценка экономической эффективности и экологической устойчивости	29
4.1	Экономическая оценка снижения выбросов парниковых газов в Алматы	29
4.2	Оценка экологических выгод	30
4.3	Примеры успешных проектов в других городах	31
4.4	Рекомендации для городской администрации Алматы	32
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	35
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	37

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы обусловлена тем, что в настоящее время Алматы, как крупнейший город Казахстана, сталкивается с типичными проблемами урбанизации, такими как загрязнение воздуха и транспортные проблемы, которые способствуют выбросам парниковых газов. Парниковые газы способствуют изменению климата, что может привести к увеличению температур, изменению сезонных циклов, увеличению количества экстремальных погодных явлений, таких как засухи или наводнения. Некоторые парниковые газы, например, оксиды азота, являются также важными загрязнителями воздуха. Это может приводить к плохому качеству воздуха в городе, что оказывает негативное воздействие на здоровье жителей и экосистему.

Данная дипломная работа посвящена улучшению качества воздуха в городе Алматы для комфортного пребывания в городской среде без рисков для жизни и здоровья.

Цель работы: исследование источников выбросов парниковых газов и разработка методов, позволяющих городу Алматы войти в список «зеленых городов».

Задачи работы:

1. Проанализировать источники выбросов парниковых газов в городе Алматы;
2. Разработать стратегию и меры по достижению углеродной нейтральности;
3. Оценить перспективы и риски на пути к углеродной нейтральности.

Объект исследования: объекты города Алматы, являющиеся источниками выбросов ПГ.

Предмет исследования: ТЭЦ, автотранспорт, жилой сектор.

1. Теоретические основы углеродной нейтральности

Углеродная нейтральность (или углеродный баланс, carbon neutrality) — это состояние, при котором чистый выброс углекислого газа (CO₂) в атмосферу равен нулю. Это достигается путем балансирования выбросов CO₂ с эквивалентным удалением или компенсацией углерода.

Основные компоненты углеродной нейтральности:

Выбросы углерода: это выбросы углекислого газа и других парниковых газов, происходящие в результате человеческой деятельности, такой как сжигание ископаемого топлива, промышленное производство, сельское хозяйство и транспорт.

Поглощение углерода: естественные или искусственные процессы, которые поглощают углекислый газ из атмосферы. К ним относятся фотосинтез растений, океаны и искусственные технологии, такие как улавливание и хранение углерода (CCS).

Компенсация углерода: меры, направленные на уравнивание выбросов путем финансирования или реализации проектов, которые уменьшают или предотвращают выбросы углекислого газа в других местах. Это может включать лесовосстановление, развитие возобновляемых источников энергии и энергоэффективные технологии.

1.1 Международный опыт углеродной нейтральности

Достижение углеродной нейтральности требует комплексного подхода и координации на международном уровне. Различные страны и организации разрабатывают свои стратегии, принимая во внимание уникальные экономические, географические и социальные условия. В таблице 1 приведены примеры успешного опыта развитых стран и регионов.

Таблица 1 - Международный опыт достижения углеродной нейтральности

Страна	Дата сдачи	Цель	Сектора	Подходы
1	2	3	4	5
Австралия	29.10.2021	Сокращение выбросов на 35% к 2030 г. и углеродная нейтральность к 2050 г. при одновременном росте экономики и рабочих мест	Энергия; Транспорт; Здания; Сельское хозяйство; Лесное и иное землепользование.	1. Технологии вместо налогов – никаких новых затрат для домохозяйств или предприятий; 2. Расширение выбора источников энергии; 3. Снижение стоимости новых энергетических технологий;

1	2	3	4	5
Германия	17.11.2016	Снижение выбросов на 80-95% по сравнению с 1990 г.	Энергия; Здания; Транспорт; Сельское хозяйство; Лесное и иное землепользование.	1. Ставка на технологическую нейтральность и открытость к инновациям; 2. Возобновляемые источники энергии и энергоэффективность – стандарт для инвестиций.
Канада	17.11.2016	Снижение выбросов на 80% по сравнению с 2005 г.	Энергия; Леса; Сельское хозяйство; Отходы.	1. Электрификация; 2. Энергоэффективность является ключом к достижению значительного сокращения выбросов парниковых газов; 3. Некоторые отрасли перейдут на топливо с более низким или низким содержанием углерода, в том числе биотопливо второго поколения или водород; 4. Борьба с выбросами парниковых газов, помимо CO ₂ , является приоритетной задачей; 5. Леса и земли Канады будут продолжать играть важную роль в улавливании газов;
Китай	28.10.2021	Достичь пика выбросов CO ₂ до 2030 г. и добиться углеродной нейтральности до 2060 г.	Энергия; Промышленность; Транспорт; Сельское хозяйство.	1. Ускорить экологически чистые и низкоуглеродные преобразования в промышленном секторе; 2. Активно продвигать изменения в производстве и потреблении энергии; 3. Всесторонне продвигать «зеленое» и низкоуглеродное развитие городского и сельского строительства; 4. Ускорить развитие низкоуглеродной транспортной системы и активно расширять применение электроэнергии, водородной энергии, природного газа и современного жидкого биотоплива на транспорте;

1	2	3	4	5
Нидерланды	11.12.2021	Сократить выбросы на 95% к 2050 г. по сравнению с 1990 г.	Здания; Промышленность; Транспорт; Лесное и иное землепользование.	1. Трансформация энергетической системы; 2. Долгосрочный подход во всех секторах; 3. Работа над привлекательной перспективой для всех заинтересованных сторон; 4. Быть адаптивным, не отставая; 5. Активизация трансграничного сотрудничества.
Норвегия	25.11.2020	Сокращение выбросов не менее чем на 50% и до 55% к 2030 г. по сравнению с уровнем 1990 г.	не определены	1. Приспособиться к новой ситуации, где страна больше не имеет ресурсов нефти и газа; 2. Предоставляется прямая поддержка развития технологий; 3. Установление цены на выбросы – СТВ; 4. Налогообложение; 5. Принимаются законы по регулированию вопросов.
США	01.11.2021	Сокращение выбросов не менее чем на 80 % к 2050 г.	Энергия; Транспорт; Здания; Промышленность; Лесное и иное землепользование.	1. Декарбонизация электроэнергии; 2. Электрификация конечных пользователей и переход на другие чистые виды топлива; 3. Сокращение потери энергии; 4. Сокращение метана и других продуктов, помимо CO ₂ ; 5. Масштабировать удаление CO ₂ .

Опираясь на опыт развитых стран и регионов, мы можем брать за пример их меры по достижению углеродной нейтральности и внедрять эти меры в нашей стране подстраивая их под себя.

1.2 Политика Казахстана по достижению углеродной нейтральности

Казахстан активно работает над сокращением выбросов углерода и достижением углеродной нейтральности к 2060 году, признавая важность перехода к зеленой экономике и выполнения международных обязательств по борьбе с изменением климата [1].

Страна поставила цель достичь углеродной нейтральности к 2060 году, что было объявлено президентом Касым-Жомартом Токаевым в 2020 году на климатическом саммите. В рамках этого Казахстан разработал несколько стратегий и программ, включая Концепцию перехода к зеленой экономике [2], которая была представлена в 2013 году и направлена на модернизацию экономики путем внедрения экологически чистых технологий, рационального использования природных ресурсов и развития возобновляемой энергетики. Стратегический план развития Казахстана до 2050 года также включает цели по увеличению доли возобновляемых источников энергии и улучшению энергоэффективности.

Казахстан активно развивает возобновляемую энергетику. К 2030 году доля возобновляемых источников энергии в общем объеме производства электроэнергии должна достичь 15%, а к 2050 году – 50%. В стране строятся солнечные, ветровые и гидроэлектростанции, и к 2020 году функционировало более 100 объектов возобновляемой энергетики. В дополнение к этому, Казахстан планирует модернизацию угольных электростанций, с постепенным переходом от угля к газу и возобновляемым источникам энергии, а также внедрение энергосберегающих технологий для повышения энергоэффективности в промышленности и строительстве.

Технологии улавливания и хранения углекислого газа (CCS) рассматриваются как одна из возможностей снижения выбросов, особенно в энергетическом и промышленном секторах. Казахстан также активно сотрудничает на международном уровне, ратифицировав Парижское соглашение в 2016 году и участвуя в международных усилиях по снижению выбросов парниковых газов. В рамках сотрудничества с международными финансовыми институтами, страна привлекает инвестиции в зеленые проекты через Зеленый климатический фонд.

Национальный план действий по изменению климата включает разработку и реализацию мер по адаптации к изменению климата и снижению выбросов парниковых газов, а также интеграцию климатических рисков в государственную политику и планирование. Важным аспектом политики является восстановление лесов и озеленение территорий для увеличения углеродного поглощения, а также программы по охране и восстановлению экосистем, включая защиту биоразнообразия и управление природными ресурсами.

Практические меры включают строительство крупных солнечных и ветровых электростанций, таких как солнечная электростанция "Бурное" и ветропарк "Ерейментау", модернизацию ТЭЦ и переход с угля на газовое топливо, внедрение энергосберегающих технологий в промышленности и строительстве, а также программы по повышению энергоэффективности в жилом секторе. Казахстан также реализует программы по повышению осведомленности населения о важности борьбы с изменением климата и поддержке образовательных инициатив в области устойчивого развития.

Таким образом, политика Казахстана в области углеродной нейтральности направлена на сокращение выбросов парниковых газов, развитие возобновляемых источников энергии, повышение энергоэффективности и международное сотрудничество. Страна предпринимает активные шаги для достижения углеродной нейтральности к 2060 году, признавая важность этих усилий для устойчивого развития и глобальной борьбы с изменением климата.

2. Анализ источников выбросов парниковых газов в городе Алматы

Доля выбросов парниковых газов Казахстана составляет чуть меньше 1% от всех выбросов в мире. Этого достаточно, чтобы включиться в борьбу с изменением климата.

Крупнейший мегаполис Казахстана, город Алматы, испытывает экологические проблемы. Город находится в числе одних из самых загрязненных в мире. Источниками загрязнения являются выбросы от автотранспорта и стационарных объектов.

Расположение г. Алматы в предгорьях Заилийского Алатау и климатические условия района создают предпосылки для накопления в атмосфере города загрязняющих веществ [3]. Основные виды ЗВ приведены в таблице 2 [4].

Таблица 2 - Основные ЗВ и источники их выделения

Загрязняющее вещество	Источник
Твердые вещества (зола, пыль)	Энергетика, транспорт
Сернистый ангидрид	Энергетика, транспорт
Оксид углерода	Энергетика, транспорт
Углеводороды	Автотранспорт
Оксиды азота	Энергетика, транспорт

По расчетам, в 2019 году в атмосферу г. Алматы поступило 144 тысячи тонн загрязняющих веществ. В таблице 3 приведены основные источники загрязнения и доля выбросов каждого источника [5].

Таблица 3 - Основные источники выбросов ЗВ по городу Алматы за 2019 год

Источник загрязнения	Тонн загрязняющих веществ	Процентное соотношение
ТЭЦ-2	37440	26%
1	2	3
ТЭЦ-3	11520	8%
Автотранспорт	74880	52%
Частный сектор	20160	14%
Всего	144000	100%

2.1 Расчет образования выбросов парниковых газов от ТЭЦ

Объемы образующихся парниковых газов в тоннах CO₂ эквивалента по потребляемым энергоресурсам в городе Алматы, не включая Алматинскую область представлены в таблице 4[6]. Расчеты проведены только для выбросов CO₂, т.к. данный расчет наиболее прост и не зависит от типа установок, где происходит сжигание энергоресурса (печного или моторного топлива). Расчет по другим компонентам парниковых газов не представляется возможным в виду отсутствия достоверных данных, при том, что их доля незначительна и составляет менее 3 % от общего объема.

Таблица 4 - Топливо-энергетический баланс г. Алматы за 2019 год

Топливо-энергетический ресурс	Ед. изм.	Выбросы CO ₂ , тонн	Доля, %
Уголь каменный, включая лигнит	тонн	4 240 999,15	47,21
Моторный бензин	тонн	2 111 553,16	23,51
Газ природный	тыс. м ³	1 260 888,32	14,04
Газойли	тонн	876 638,42	9,76
Битум нефтяной и сланцевый	тонн	238 503,13	2,66
Пропан и бутан сжиженный	тонн	179 781,07	2,00
Керосин	тонн	49 250,04	0,55
Мазут топочный	тонн	23 919,23	0,27
Топливо печное бытовое	тонн	950,31	0,01
Общая сумма		8 982 482,84	100,00

В таблице 4 не учитывается расход угля и дров для отопления частных домовладений (0,16 %) из-за недостатка данных. Важно отметить, что выбросы продуктов сгорания, образующиеся при использовании моторного бензина, дизельного топлива, нефтяного битума, пропана и сжиженного бутана, а также при использовании домашних отопительных систем, составляют 3 407 426,10 тонн углекислого газа в год или 37,93 %.

Большая часть топливо-энергетических ресурсов (ТЭР) используется для обеспечения комфортных условий в осенне-зимний период, в основном для отопления. Из-за этого распределение потребления ТЭР в течение года неравномерно: максимальное потребление приходится на холодный период, а минимальное - на теплое время года. Примерная динамика потребления основных видов ТЭР представлена на рисунке 1 [4].

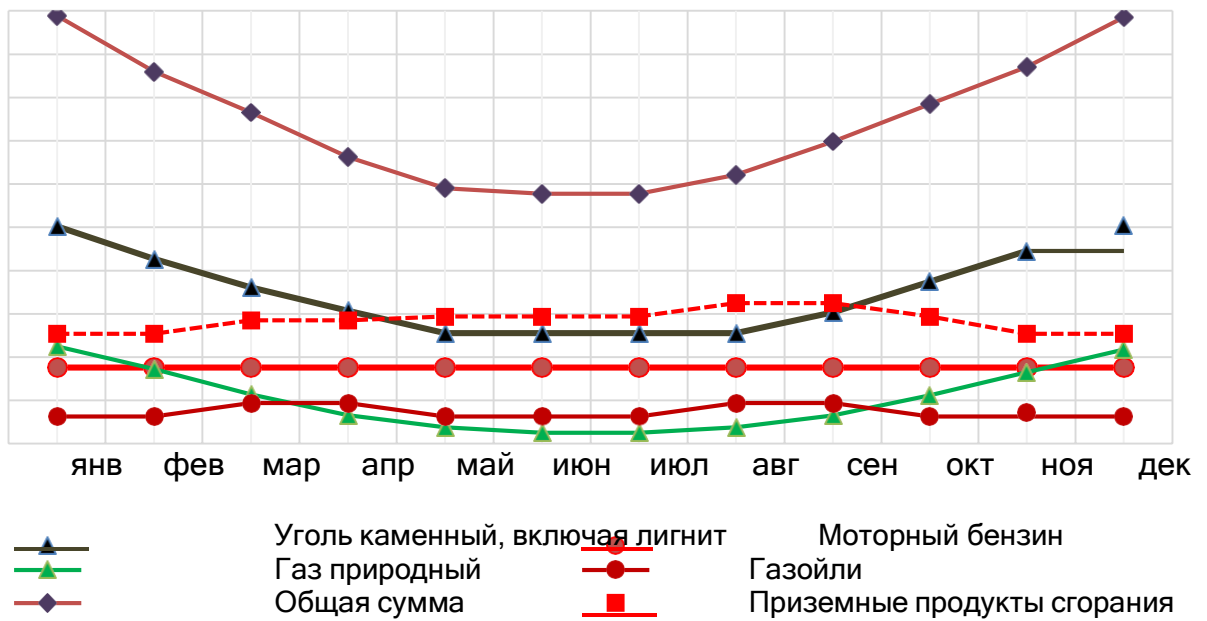


Рисунок 1 - Распределение образования выбросов CO₂ в г. Алматы по месяцам года

2.1.1 Расчет выбросов ПГ от ТЭЦ 2

Алматинская ТЭЦ-2 является одной из ключевых теплоэлектроцентралей в Алматы, обеспечивающей город электрической и тепловой энергией. На рисунке 2 показано размещение ТЭЦ-2 и связанных с ней объектов.

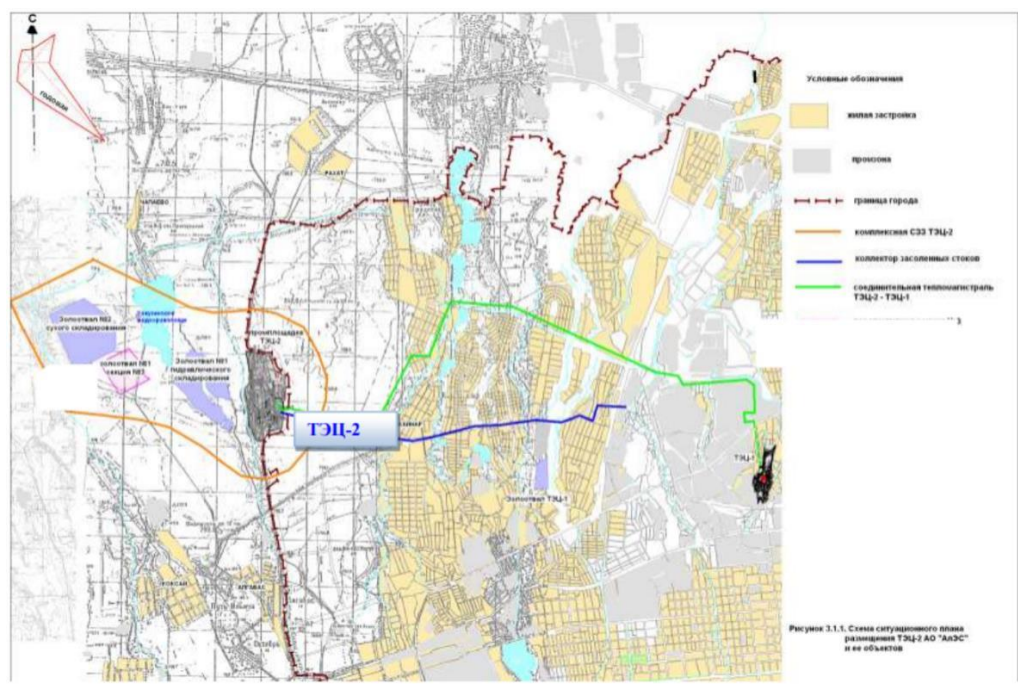


Рисунок 2 – Ситуационная схема ТЭЦ-2

ТЭЦ-2 находится в западной части Алматы и является одной из крупнейших теплоэлектроцентралей города. Она играет важную роль в снабжении города электричеством и теплом. Вокруг ТЭЦ-2 расположены жилые районы (обозначены желтым цветом), что делает важным обеспечение экологической безопасности и снижение выбросов от теплоэлектроцентрали. Промышленные зоны (обозначены серым цветом) указывают на значительное промышленное развитие в районе и потребность в стабильном энергообеспечении.

На схеме также обозначены границы города Алматы красной пунктирной линией, показывающие территориальное расположение ТЭЦ-2 в контексте всего города. Коллектор засоленных стоков (обозначен оранжевой линией) способствует управлению отходами и загрязнениями, что важно для экологической устойчивости. Соединительная тепломагистраль между ТЭЦ-2 и ТЭЦ-1 (обозначена зеленой линией) обеспечивает связность и надежность теплоснабжения в городе

Алматинская ТЭЦ-2 играет ключевую роль в обеспечении устойчивого развития и энергетической безопасности города Алматы. Она является важным источником энергии для города, обеспечивая значительную часть потребностей в электричестве и тепле. Рассчитаем выбросы ПГ от ТЭЦ на углет от ТЭЦ на природном газе и сравним их.

Для расчета выбросов парниковых газов была использована методика для расчета выбросов ПГ на всех тепловых электростанциях и котельных. На ТЭЦ 2 в год сжигается 2000000 тонн угля и 6286,5 тонн мазута. Поскольку никаких данных о режиме сжигания топлива нет кроме его количества, то расчеты выполнены по уравнению 1[7].

$$M_{\text{ПГ}} = \sum_1^n m_k \times k \times k_{\text{ПГ}} \times \Phi \quad (1)$$

где m_k – количество сожженного топлива данного типа, в тоннах;

k – коэффициент для пересчета топлива из тыс.т. в терраДжоули, согласно таблице 5;

$k_{\text{ПГ}}$ – удельный коэффициент выбросов данного парникового взятый «по умолчанию» (кг/1Тдж). Для CO_2 он равен содержанию в топливе углерода, умноженному на $\frac{44}{12}$. В таблице 5 даны величины удельных

коэффициентов, уже умноженные на эту величину;

Φ – фракция окисления, в настоящее время принимается, что $\Phi=1$. Данный коэффициент нужен для лучшего согласования с теорией и понимания физической сути вычислений;

n – число видов топлива которые были использованы. Для каждого вида расчеты выполняются независимо, а суммы того или другого ПГ затем складываются.

Оценим сначала выбросы CO_2 от сжигания угля. Результаты расчетов приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Величина выбросов CO₂ от сжигания угля и мазута на ТЭЦ 2

Топливо	Количество, тонны	Коэффициент пересчета в ТДж	Количество в ТДж	Удельный коэффициент выбросов CO ₂ /ТДж	Выбросы CO ₂ , т
Шубаркольский уголь	2000000	19,64	39280	96,1	3774808
Мазут	6286,5	41,15	258,6895	77,4	20022,56537
Итого					3794830,565

Выбросы CH₄ и N₂O рассчитываются по той же формуле 1. Данные по выбросам CH₄ и N₂O представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Величины выбросов CH₄ и N₂O от сжигания угля и мазута

Топливо	Количество, ТДж	Удельный коэффициент выбросов CH ₄ т/ТДж	Выбросы CH ₄ , т	Удельный коэффициент выбросов N ₂ O, т/ТДж	Выбросы N ₂ O, т
Шубаркольский уголь	39280	0,001	39,28	0,0015	0,05892
Мазут	258,689475	0,001	0,258689	0,0006	0,155213685

2.2 Расчет образования выбросов парниковых газов от автотранспорта

Автотранспорт является одним из основных источников выбросов углерода в крупных городах, включая Алматы. Учитывая значительное количество легковых автомобилей и их возрастающее потребление топлива, влияние автотранспорта на экологическую обстановку города становится все более заметным.

В таблице 7 представлены данные о количестве легкового автотранспорта и потреблении топлива за период с 2019 по 2023 год.

Таблица 7 - Количество реализованного топлива легковым автотранспортом

Год	Количество легкового автотранспорта, тыс	Кол-во использованного бензина, тыс. тонн	Кол-во использованного дизельного топлива, тыс. тонн
1	2	3	4

1	2	3	4
2019	455	460	120
2020	450	440	115
2021	470	470	130
2022	448,2	480	135
2023	460	495	140

Исходя из данной таблицы, мы можем сделать выводы, что количество легкового автотранспорта колебалось, достигнув пика в 2021 году с 470 тыс. единиц, после чего в 2022 году снизилось до 448.2 тыс. единиц, а в 2023 году вновь увеличилось до 460 тыс. единиц. Потребление бензина постепенно увеличивалось с 440 тыс. тонн в 2020 году до 495 тыс. тонн в 2023 году. Потребление дизельного топлива также показало рост, увеличившись с 115 тыс. тонн в 2020 году до 140 тыс. тонн в 2023 году.

Эти данные указывают на возрастание потребления топлива, несмотря на незначительные колебания в количестве легкового автотранспорта.

Исходя из этих данных, мы можем посчитать количество парниковых газов, выброшенных от автотранспорта в период 2019-2023 гг.

Для расчета выбросов парниковых газов от автотранспорта была использована методика МГЭИК для выброса основного парникового газа для всех типов автомобильных и дизельных двигателей независимо от технического состояния. Ведем расчет по уравнению 2[7]:

$$M_{CO_2} = \sum_1^n m_m \times k_m \times k_э \quad (2)$$

где m_m – количество сожженного автомобилями данного класса (потребление топлива тонны);

k_m – переводной множитель, *ТДж* (ед. топлива);

$k_э$ – коэффициент эмиссии CO_2 для данного вида топлива, по умолчанию равен 69,3 т/ТДж.

n – число автомобилей, по которым затем производится суммирование выбросов CO_2 .

Все необходимые для расчетов коэффициенты приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Переводные множители для расчета выбросов CO_2

Множитель	Величина
1	2
Множитель k_m для перевода тыс.т. (или тыс м ³) в терраДжоули (<i>ТДж</i>)	
- бензин	43,97
- дизтопливо	42,50
- масла отработанные	40,19
- пропан и бутан сжиженные	47,31

1	2
2. Фракция окисления, Φ для всех видов топлива	1,00

При расчетах, содержащихся в таблицах 9-13, коэффициент для перевода топлива в [ТДж] взят из таблицы 8. Удельный коэффициент для CO_2 был взят по умолчанию и был переведен в [т/ТДж] для удобства расчетов.

Таблица 9 - Расчет выброса CO_2 от автотранспорта по городу Алматы за 2019 год

Типы автомобилей	Количество сожженного топлива, тыс.т	Коэффициент K_m	Количество топлива, ТДж	Удельный Коэффициент выбросов CO_2	Количество CO_2 , т
		тыс. т/ТДж		т/ТДж	
легковые	460	43,97	20226,2	69,3	1401675,66

Таблица 10 - Расчет выброса CO_2 от автотранспорта по городу Алматы за 2020 год

Типы автомобилей	Количество сожженного топлива, тыс.т	Коэффициент K_m	Количество топлива, ТДж	Удельный Коэффициент выбросов CO_2	Количество CO_2 , т
		тыс. т/ТДж		т/ТДж	
легковые	440	43,97	19346,8	69,3	1340733,24

Таблица 11 - Расчет выброса CO_2 от автотранспорта по городу Алматы за 2021 год

Типы автомобилей	Количество сожженного топлива, тыс.т	Коэффициент K_m	Количество топлива, ТДж	Удельный Коэффициент выбросов CO_2	Количество CO_2 , т
		тыс. т/ТДж		т/ТДж	
легковые	470	43,97	20665,9	69,3	1432146,87

Таблица 12 - Расчет выброса CO_2 от автотранспорта по городу Алматы за 2022 год

Типы автомобилей	Количество сожженного топлива, тыс.т	Коэффициент K_m	Количество топлива, ТДж	Удельный Коэффициент выбросов CO_2	Количество CO_2 , т
		тыс. т/ТДж		т/ТДж	
легковые	480	43,97	21105,6	69,3	1462618,08

Таблица 13 - Расчет выброса CO₂ от автотранспорта по городу Алматы за 2023 год

Типы автомобилей	Количество сожженного топлива, тыс.т	Коэффициент k _m	Количество топлива, ТДж	Удельный Коэффициент	Количество CO ₂ , т
		тыс. т/ТДж		выбросов CO ₂ т/ТДж	
легковые	495	43,97	21765,15	69,3	1508324,9

Таблица 14 - Расчет выбросов CO₂ от автотранспорта по городу Алматы за 2019-2023 гг.

Годы	Количество легкового автотранспорта, тыс. шт.	Кол-во использованного бензина, тыс. тонн	Кол-во использованного дизельного топлива, тыс. тонн	выбросы CO ₂ , т
2019	455	460	120	1401676
2020	450	440	115	1340733
2021	470	470	130	1432147
2022	448,2	480	135	1462618
2023	460	495	140	1508325

На рисунке 3 предоставлены результаты расчетов выбросов CO₂ от легкового автотранспорта за 2019-2023 гг.

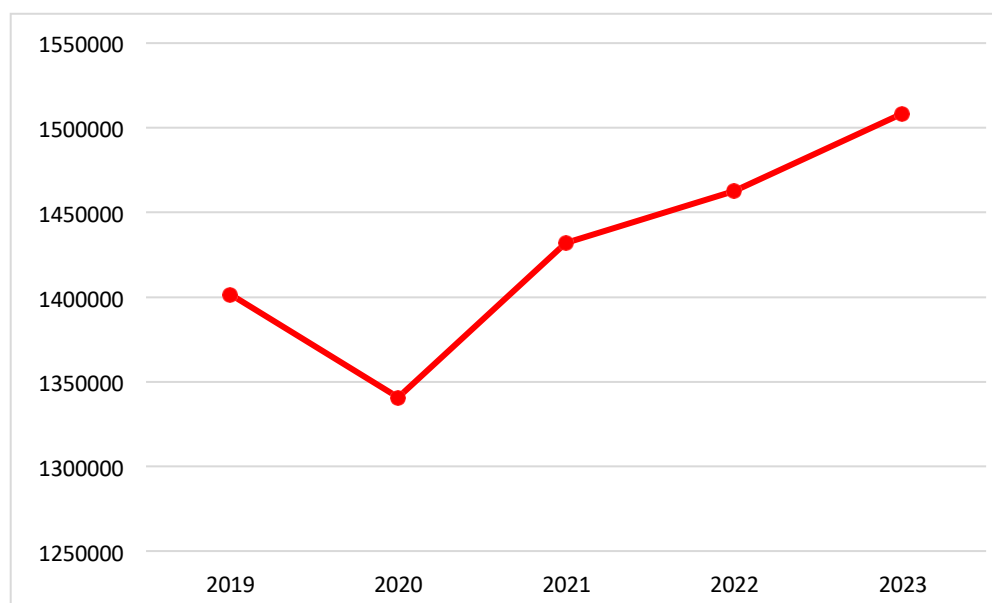


Рисунок 3 - Выбросы CO₂ по г. Алматы от легкового автотранспорта за 2019-2023 гг.

Транспорт в процессе сжигания топлива осуществляет выбросы непосредственно на поверхности земли в зоне области дыхания людей и в безветренной обстановке тяжелые выхлопные газы и продукты сгорания застилают приземную территорию и порой становятся видны невооруженным глазом.

Примерный состав выхлопных газов в зависимости от типа двигателя представлен в таблице 15 [8].

Таблица 15 - Состав выхлопных газов автомобильного транспорта

Компонент	Объемная доля в двигателе, %		Токсичность
	бензиновом	дизельном	
Азот, N ₂	74 – 77	76 – 78	Нетоксичен
Кислород, O ₂	0,3 – 8	2 – 18	Нетоксичен
Водород, H ₂	0 – 5,0	–	Нетоксичен
Водяной пар, H ₂ O	3 – 5,5	0,5 – 4	Нетоксичен
Диоксид углерода, CO ₂	5 – 12	1 – 10	Нетоксичен
Оксид углерода (СО угарный газ)	0,5 – 12	0,01 – 5	Токсичен
Углеводороды C _x H _y	0,2 – 3	0,009 – 0,5	Токсичны
Альдегиды	0 – 2	0,001 – 0,009	Токсичны
Диоксид серы, SO ₂	0 – 0,002	0 – 0,03	Токсичен
Сажа, г/м ³	0 – 0,04	0,1 – 1,1	Канцерогены
Бензапирен, г/м ³	0,01 – 0,02	0 – 0,01	Канцерогены

3 Меры по снижению парниковых газов в городе Алматы

Для снижения выбросов парниковых газов в городах, таких как Алматы, можно применить комплексный подход, включающий различные меры в транспортной, энергетической, строительной и других секторах. В Казахстане уже предпринимаются различные меры для снижения выбросов парниковых газов и улучшения экологической ситуации. Например, в Астане внедряется программа по введению электробусов для общественного транспорта, что существенно сокращает выбросы выхлопных газов. В городе строятся здания с использованием энергоэффективных технологий, таких как теплоизоляционные материалы и системы автоматического управления отоплением. На некоторых государственных и коммерческих зданиях устанавливаются солнечные панели, а в пригородах города ведется строительство ветряных электростанций. В Алматы также можно применять данные практики.

3.1 Технологические меры для ТЭЦ

Исходя из вышеприведенных расчетов выброса парниковых газов от угля и мазута, мы видим долю выбросов от нынешней ТЭЦ 2. В сравнение для выработки того же количества электроэнергии и тепла потребуется 785000 тонн природного газа. Расчеты выбросов парниковых газов при использовании природного газа представлены в таблицах 16 и 17.

Таблица 16 - Выбросы CO₂ при сжигании природного газа

Топливо	Количество, тонны	Коэффициент пересчета в ТДж	Количество в ТДж	Удельный коэффициент выбросов CO ₂ т/ТДж	Выбросы CO ₂ , т
природный газ	785 000	34,78	27302,3	15,04	410626,592

Таблица 17 - Выбросы CH₄ и N₂O при сжигании природного газа

Топливо	Количество, ТДж	Удельный коэффициент выбросов CH ₄ т/ТДж	Выбросы CH ₄ , т	Удельный коэффициент выбросов N ₂ O, т/ТДж	Выбросы N ₂ O, т
природный газ	27 302	0,004	109,2092	0,001	0,0273023

Исходя из полученных результатов, мы видим, что выбросы CO₂ при использовании природного газа как вида топлива уменьшаются в 10 раз с значительно меньшим потреблением сырья.

Также для уменьшения выбросов углекислого газа (CO₂) от сжигания угля и мазута на алматинской ТЭЦ-2 можно использовать различные методы и технологии очистки, а также внедрять более эффективные и экологически

чистые технологии.

Например, установка систем улавливания и хранения углерода (CCS). Системы CCS позволяют улавливать CO₂ до его выброса в атмосферу и хранить его в подземных резервуарах или использовать для других целей.

Предположим, что внедрение систем CCS позволит улавливать 85% выбросов CO₂. Тогда из 3,794,830 тонн выбросов удастся улавливать:

$$3,794,830 \times 0.85 = 3,225,605.5 \text{ тонн CO}_2$$

Таким образом, оставшиеся выбросы составят:

$$3,794,830 - 3,225,605.5 = 569,224.5 \text{ тонн.}$$

Улучшение процесса сжигания угля и мазута может существенно уменьшить количество выбросов, производимых на единицу энергии. Для этого используются следующие методы: оптимизация горелок, улучшение контроля подачи топлива и использование технологий циркулирующего кипящего слоя (CFB). Оптимизация горелок включает корректировку работы горелок для достижения более полного и эффективного сгорания топлива. Улучшение контроля подачи топлива обеспечивает точное регулирование подачи топлива и воздуха для создания оптимальных условий горения. Применение CFB-технологий позволяет добиться более равномерного сгорания и повысить КПД установки. Внедрение этих мер позволяет снизить выбросы CO₂ до 10-15% за счет повышения КПД.

Параллельно с этим, постепенное замещение части энергии, производимой на ТЭЦ, возобновляемыми источниками, такими как солнечная или ветровая энергия, представляет собой ещё одну важную стратегию снижения выбросов парниковых газов. Основные преимущества этого подхода включают снижение зависимости от ископаемых видов топлива и сокращение выбросов CO₂. Однако для создания инфраструктуры возобновляемой энергии требуются значительные инвестиции. В комплексе эти меры помогут значительно снизить углеродный след ТЭЦ и способствовать переходу к более устойчивой энергетической системе.

3.2 Технологические меры для автотранспорта

Общие выбросы парниковых газов (ПГ) от автотранспорта в городе Алматы за 2019-2023 гг. составили приблизительно 7145498,745 тыс. тонн.

Выбросы парниковых газов от автотранспорта в Алматы составляют значительную часть от общих выбросов города, что указывает на необходимость мер по сокращению выбросов именно в этом секторе.

Увеличение доли электромобилей и гибридных автомобилей в Алматы может существенно снизить выбросы CO₂.

Проведем расчет для частичного перехода автопарка на электромобили.

Предположим, что определенный процент автопарка переходит на электромобили, и оценим сокращение выбросов, данные возьмем за 2023 год.

Исходные данные:

Выбросы от автотранспорта за 2023 год: 1508325 тонн/год

Процент автопарка, который переходит на электромобили: допустим, 30%.

Оценка выбросов от электромобилей:

Предположим, что электромобили сокращают выбросы на 90% по сравнению с обычными автомобилями, учитывая полный жизненный цикл.

Сокращение выбросов при переходе на электромобили:

Процент автопарка, состоящий из электромобилей: 30%.

Сокращение выбросов от электромобилей = $1508325 * 0.3 * 0.9 = 407248$ тонн/год

Оставшиеся выбросы от электромобилей:

Выбросы от электромобилей (10% от исходных выбросов на 30% автопарка) = $1508325 * 0.3 * 0.1 = 45250$ тонн/год

Выбросы от оставшегося автопарка (обычные автомобили):

Процент автопарка, состоящий из обычных автомобилей: 70%.

Выбросы от обычных автомобилей = $1508325 * 0.7 = 1055828$ тонн/год

Общие оставшиеся выбросы:

Общие оставшиеся выбросы = выбросы от электромобилей + выбросы от обычных автомобилей.

Общие оставшиеся выбросы = $45250 + 1055828 = 1101078$ тонн/год

Итог:

После частичного перехода 30% автопарка на электромобили общие выбросы парниковых газов от автотранспорта в городе Алматы снизятся с 1508325 тонн/год до 1101078 тонн/год. Это означает сокращение выбросов на 407248 тонн/год или примерно на 27%.

Поддержка использования электромобилей является важным аспектом. Создание инфраструктуры для зарядки, субсидии и налоговые льготы для покупателей электромобилей, а также освобождение от налогов и сборов для владельцев электромобилей способствуют переходу на чистые виды транспорта.

Развитие общественного транспорта также играет важную роль. Это включает в себя обновление парка городского транспорта за счет электробусов и гибридных автобусов, что сокращает выбросы выхлопных газов, а также увеличение числа маршрутов и частоты движения общественного транспорта для удобства жителей.

Развитие велосипедной и пешеходной инфраструктуры также имеет важное значение. Это включает в себя строительство велосипедных дорожек, создание станций проката велосипедов, а также расширение и благоустройство пешеходных зон в центре города и других районах.

Популяризация каршеринга и карпулинга также способствует снижению количества личных автомобилей на дорогах. Поддержка каршеринговых

компаний и стимулирование карпулинга помогают уменьшить трафик и, следовательно, выбросы.

Кроме того, ограничение использования личных автомобилей путем введения платы за въезд в центр города и ограничения количества парковочных мест также способствует снижению выбросов. Информационные кампании и образовательные программы о вреде выхлопных газов и преимуществах использования экологически чистого транспорта также играют важную роль.

Технологические инновации, такие как интеллектуальные транспортные системы для оптимизации движения и мониторинга выбросов, также могут содействовать снижению выбросов парниковых газов. Важно внедрять эти меры в комплексе, чтобы обеспечить наилучшие результаты и устойчивое развитие городского транспорта.

3.3 Повышение энергоэффективности в строительстве и жилищном секторе

Согласно данным системного оператора Единой электроэнергетической системы Казахстана АО «КЕГOC», на рисунке 4 мы можем видеть объемы потребления электрической энергии в стране в период с 2017 по 2021 год.



Рисунок 4 - объемы потребления электрической энергии в стране в период с 2017 по 2021 год.

По данным системного оператора ЕЭС Казахстана за 2021 год также видно, что наиболее высокие показатели потребления электроэнергии в стране

имеют города республиканского значения, а также города с крупными промышленными предприятиями [5].

Нур-Султан: 4,8 млрд кВт·ч;

Алматы: 5,3 млрд кВт·ч;

Шымкент: 1,7 млрд кВт·ч.

Как видно из данной статистики Алматы является лидером по потреблению электроэнергии, а потребление энергии по Казахстану увеличивается в геометрической прогрессии.

Энергоэффективные технологии и практики могут сократить общий объем энергии, потребляемой городом. Это означает меньшее использование ископаемых топлив и, следовательно, сокращение выбросов углерода из электростанций и других источников энергии. Модернизация зданий, установка более эффективной системы отопления, кондиционирования воздуха и освещения, а также улучшение транспортной инфраструктуры, помогут сократить энергопотребление и, следовательно, уменьшить выбросы углерода. Добавление дополнительного слоя утеплителя на стены, кровлю и полы помогает сократить потери тепла в зимний период и сохранить прохладу в летний период. Это уменьшает необходимость в отоплении и кондиционировании воздуха. Замена устаревших систем на более энергоэффективные модели, такие как тепловые насосы, высокоэффективные котлы и кондиционеры, позволяет снизить энергопотребление и улучшить комфорт внутри помещений [9]. Использование окон и дверей с хорошей теплоизоляцией помогает минимизировать потери тепла через окна и уменьшить энергопотребление на отопление и кондиционирование воздуха. Замена обычных ламп на энергоэффективные LED-лампы снижает энергопотребление и уменьшает расходы на электроэнергию. Установка систем автоматизации и управления, которые регулируют освещение, отопление, кондиционирование и другие системы в здании в зависимости от реальных потребностей и внешних условий, способствует оптимизации энергопотребления. Установка солнечных панелей, ветряных генераторов или других систем для производства собственной электроэнергии позволяет сократить зависимость от традиционных источников энергии и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Проведение обучающих программ и информационных кампаний для собственников и жильцов зданий о методах энергосбережения и энергоэффективности помогает повысить осведомленность и мотивацию к принятию устойчивых практик. Эти методы могут быть эффективно применены как в новых строениях, так и при реконструкции существующих зданий и инфраструктуры, способствуя снижению энергопотребления и улучшению общей энергетической эффективности [10].

3.4 Внедрение ВИЭ в инфраструктуру города

Внедрение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) является

ключевым элементом стратегии по снижению выбросов парниковых газов (ПГ) в Алматы. Ниже представлены основные аспекты и преимущества использования ВИЭ.

Во-первых, солнечная энергия. Установка солнечных панелей на крышах жилых и коммерческих зданий может значительно уменьшить потребление электроэнергии из ископаемых источников. Солнечные фермы на окраинах города также могут внести значительный вклад в общий энергобаланс.

Во-вторых, ветровая энергия. Установка ветряных турбин в окрестностях Алматы, где позволяют климатические условия, может обеспечить устойчивое производство электроэнергии.

В-третьих, гидроэнергия. Использование рек и водоемов для малых гидроэлектростанций может дополнить энергосистему города, особенно в районах с подходящими географическими условиями.

Наконец, биомасса и биогаз. Применение органических отходов для производства биогаза и биоэнергии не только уменьшает объем отходов, но и обеспечивает дополнительный источник чистой энергии.

Использование ВИЭ снижает выбросы углекислого газа, так как эти источники энергии не сжигают ископаемое топливо, что существенно уменьшает углеродный след города. Использование ВИЭ снижает выбросы вредных веществ, таких как диоксиды серы и азота, а также твердых частиц, что улучшает качество воздуха и здоровье жителей. ВИЭ являются неисчерпаемыми ресурсами, что позволяет сохранить ископаемые виды топлива для будущих поколений и снизить воздействие на окружающую среду от их добычи и транспортировки [11].

Развитие отрасли ВИЭ создает новые рабочие места в строительстве, установке, обслуживании и управлении возобновляемыми энергетическими системами. В долгосрочной перспективе ВИЭ могут снизить затраты на энергию для потребителей, так как эксплуатационные расходы на солнечные и ветровые установки ниже, чем на традиционные электростанции. Развитие ВИЭ снижает зависимость города от импорта ископаемых видов топлива, что повышает энергетическую безопасность.

Примеры успешного внедрения ВИЭ в других странах подтверждают их эффективность. В Германии введение программ поддержки солнечной и ветровой энергии привело к значительному снижению выбросов ПГ и созданию тысяч рабочих мест в отрасли ВИЭ. В Дании активное развитие ветроэнергетики позволило стране достичь высокого уровня использования ВИЭ в энергобалансе, что существенно снизило выбросы CO₂. В Китае инвестиции в солнечную и ветровую энергетику сделали страну мировым лидером по установленной мощности ВИЭ, что способствует улучшению качества воздуха в городах.

Для успешного внедрения ВИЭ в Алматы необходимо реализовать несколько стратегий. Во-первых, государственная поддержка. Введение субсидий, налоговых льгот и программ финансирования для частных лиц и

компаний, инвестирующих в ВИЭ. Во-вторых, образование и информирование. Проведение образовательных кампаний для повышения осведомленности населения о преимуществах ВИЭ и способах их использования. В-третьих, планирование и регулирование. Разработка и внедрение стратегий городского планирования, учитывающих интеграцию ВИЭ в общую энергетическую инфраструктуру города [12].

Внедрение ВИЭ в Алматы является важным шагом на пути к снижению выбросов ПГ и достижению углеродной нейтральности. Этот процесс требует комплексного подхода, включая государственную поддержку, инвестиции в инфраструктуру и активное участие всех заинтересованных сторон.

4 Оценка экономической эффективности и экологической устойчивости

4.1 Экономическая оценка снижения выбросов парниковых газов в Алматы

Переход города Алматы к углеродной нейтральности требует значительных инвестиций и комплексного подхода к реализации различных мер по снижению выбросов парниковых газов. Основные аспекты экономической оценки включают:

Энергоэффективность зданий: инвестиции в модернизацию зданий с целью повышения энергоэффективности могут существенно снизить выбросы парниковых газов. По оценкам, такие меры, как улучшение теплоизоляции, установка энергоэффективных окон и использование систем управления энергопотреблением, могут сократить выбросы CO₂ на 20-30%. Стоимость этих мер варьируется, но обычно составляет от \$50 до \$100 за тонну CO₂, что делает их экономически оправданными в долгосрочной перспективе [13].

Развитие возобновляемых источников энергии: переход на возобновляемые источники энергии, такие как солнечные и ветровые электростанции, может существенно снизить зависимость от ископаемых видов топлива и уменьшить выбросы CO₂. Инвестиции в эту сферу обычно окупаются через 5-10 лет, учитывая экономию на закупке топлива и потенциальные субсидии. Стоимость производства электроэнергии из возобновляемых источников уже сравнима с традиционными видами энергии, особенно при учете экономии на выбросах CO₂.

Инфраструктура для электромобилей: развитие инфраструктуры для электромобилей, включая зарядные станции и стимулы для покупки электромобилей, может значительно уменьшить выбросы от автотранспорта. По оценкам, замена традиционных автомобилей на электромобили может сократить выбросы CO₂ на 60-70% на километр пробега. Инвестиции в инфраструктуру для электромобилей могут окупиться за 7-10 лет благодаря снижению расходов на топливо и техническое обслуживание.

Оптимизация управления отходами: меры по улучшению управления твердыми бытовыми отходами (ТБО), такие как переработка и компостирование, могут значительно снизить выбросы метана (CH₄) из свалок. По оценкам, переработка и компостирование могут снизить выбросы парниковых газов на 50-70% по сравнению с традиционными методами захоронения отходов. Стоимость таких мер может варьироваться, но обычно составляет от \$20 до \$50 за тонну CO₂-эквивалента [14].

Зеленые зоны и лесонасаждения: создание и поддержание зеленых зон в городе способствует поглощению CO₂ и улучшению качества воздуха. Лесонасаждения могут поглощать значительное количество углерода — до 15 тонн CO₂ на гектар в год. Инвестиции в озеленение окупаются через 10-20 лет благодаря улучшению здоровья населения и снижению расходов на

здравоохранение [15].

Примеры успешного снижения выбросов в других городах Казахстана:

- **Астана:** инвестиции в модернизацию систем отопления и повышение энергоэффективности зданий. В городе активно внедряются проекты по установке солнечных панелей на крышах зданий.

- **Шымкент:** программа по развитию общественного транспорта и создание велосипедной инфраструктуры. Эти меры направлены на сокращение выбросов от автотранспорта и улучшение качества воздуха.

Экономическая оценка мер по снижению выбросов парниковых газов в Алматы показывает, что инвестиции в энергоэффективность, возобновляемые источники энергии, инфраструктуру для электромобилей, управление отходами и зеленые зоны являются экономически оправданными и эффективными в долгосрочной перспективе.

4.2 Оценка экологических выгод

Переход к углеродной нейтральности в Алматы приносит значительные экологические выгоды. В таблице 18 показаны основные экологические выгоды от перехода к углеродной нейтральности.

Таблица 18 - Экологические выгоды при переходе к углеродной нейтральности

Виды выгоды	Описание
1	2
Снижение уровня загрязнения воздуха	Меры по сокращению выбросов парниковых газов уменьшают выбросы вредных веществ (NO ₂ , PM2.5, PM10), улучшая качество воздуха. Чистый воздух снижает риск заболеваний дыхательной и сердечно-сосудистой систем, уменьшает расходы на здравоохранение и повышает общий уровень здоровья населения.
Замедление изменения климата	Уменьшение выбросов CO ₂ и других парниковых газов помогает замедлить глобальное потепление, снижая частоту и интенсивность экстремальных погодных явлений (наводнения, засухи, штормы), что уменьшает ущерб инфраструктуре и сельскому хозяйству.
Сохранение биоразнообразия	Снижение выбросов парниковых газов сохраняет биоразнообразие, так как изменение климата негативно влияет на экосистемы и виды. Стабилизация климата сохраняет природные местообитания и виды. Создание зеленых зон и лесонасаждений улучшает состояние экосистем и увеличивает поглощение CO ₂ растениями
Экологическая устойчивость	Переход на возобновляемые источники энергии и энергоэффективные технологии способствует устойчивому использованию природных ресурсов, уменьшая воздействие на окружающую среду. Улучшение управления твердыми бытовыми отходами (переработка, компостирование) снижает выбросы метана (CH ₄) из свалок.

1	2
Экономический рост и создание рабочих мест	Инвестиции в экологически чистые технологии и инфраструктуру развивают новые отрасли экономики и создают рабочие места. Строительство и обслуживание ветро- и солнечных электростанций требуют специализированных кадров, способствуя экономическому росту и снижению безработицы.
Повышение конкурентоспособности города	Города, переходящие к углеродной нейтральности, становятся более привлекательными для инвесторов, туристов и жителей. Экологическая чистота и устойчивость инфраструктуры делают город привлекательным местом.
Улучшение общественного здоровья	Уменьшение загрязнения воздуха и улучшение экологической ситуации снижают заболеваемость и смертность от болезней, связанных с загрязнением окружающей среды, улучшая качество жизни горожан и снижая расходы на медицинское обслуживание.
Привлечение международного внимания и поддержки	Города, активно работающие над сокращением выбросов парниковых газов, могут рассчитывать на поддержку и финансирование со стороны международных организаций, правительств и некоммерческих фондов, что способствует реализации проектов и достижению поставленных целей

Итак, переход к углеродной нейтральности в Алматы не только принесет значительные экологические выгоды, но также будет способствовать экономическому росту, улучшению здоровья населения, повышению конкурентоспособности города и привлечению международной поддержки. Эти многочисленные плюсы делают этот переход необходимым и стратегически важным для долгосрочного благополучия города и его жителей.

Примеры успешного снижения выбросов в других городах Казахстана подтверждают эффективность этих мер. В Астане внедрение программ модернизации систем отопления и повышение энергоэффективности зданий привело к значительным экологическим выгодам. В Шымкенте развитие общественного транспорта и создание велосипедной инфраструктуры способствовали снижению выбросов от автотранспорта и улучшению качества воздуха [16].

Таким образом, экологические выгоды от снижения выбросов парниковых газов в Алматы включают улучшение качества воздуха, замедление изменения климата, сохранение биоразнообразия, устойчивое использование ресурсов и улучшение качества жизни. Эти выгоды имеют долгосрочный положительный эффект на здоровье населения, состояние экосистем и экономическое развитие города, что делает переход к углеродной нейтральности стратегически важной задачей для Алматы.

4.3 Примеры успешных проектов в других городах

В таблице 19 приведены примеры городов, которые уже реализовали успешные проекты по достижению углеродной нейтральности или

значительно продвинулись в этом направлении. Эти города демонстрируют, что целеустремленные и хорошо спланированные действия могут привести к значительным экологическим и социальным преимуществам.

Таблица 19 - Успешные проекты углеродной нейтральности

Город	Проект	Основные меры
Копенгаген	Углеродная нейтральность к 2025 году	-Развитие велоинфраструктуры -Внедрение возобновляемых источников энергии
Стокгольм	Углеродная нейтральность к 2015 году	-Использование биоэнергии -Снижение выбросов от транспорта -Энергоэффективные здания
Фрайбург	Город зеленой энергии	-Солнечная энергетика -Энергосберегающие дома -Развитие общественного транспорта и велосипедных дорожек
Ванкувер	Зеленая Ванкувесраская инициатива	-Энергоэффективность зданий -Переход на возобновляемые источники энергии -Развитие зеленых зон и городского сельского хозяйства
Рейкьявик	Углеродная нейтральность к 2040 году	-Использование геотермальной и гидроэнергии -Электрический транспорт -Энергоэффективные здания
Куритиба	Модель устойчивого города	-Инновационная система общественного транспорта -Зеленые зоны и парки -Программы переработки отходов
Осло	Углеродная нейтральность к 2020 году	-Электрический транспорт -Возобновляемая энергия -Энергоэффективность зданий
Хельсинки	Углеродная нейтральность к 2035 году	-Энергоэффективные здания -Развитие общественного транспорта -Переход на возобновляемые источники энергии
Лаhti	Углеродная нейтральность к 2025 году	-Программы переработки отходов -Зеленая энергетика -Устойчивый городской транспорт

Эти города являются яркими примерами успешной реализации устойчивых решений и служат вдохновением для других городов, стремящихся к углеродной нейтральности.

4.4 Рекомендации для городской администрации Алматы

На основании проведенного анализа и выявленных успешных практик достижения углеродной нейтральности в других городах, администрация Алматы может рассмотреть следующие рекомендации для реализации устойчивых и экологически чистых инициатив:

1. Разработка стратегического плана по достижению углеродной нейтральности:

-Создать долгосрочный план, включающий конкретные цели и этапы достижения углеродной нейтральности.

-Включить в план меры по повышению энергоэффективности, развитию возобновляемых источников энергии, улучшению управления отходами и развитию устойчивого транспорта.

2. Модернизация и улучшение транспортной инфраструктуры:

-Расширить сеть общественного транспорта, внедрить электрические и гибридные автобусы.

-Развивать инфраструктуру для велосипедистов и пешеходов, создавая безопасные и удобные маршруты.

-Внедрить стимулы для использования экологически чистого транспорта, такие как налоговые льготы и субсидии на покупку электромобилей [17].

3. Повышение энергоэффективности зданий:

-Ввести строгие стандарты для новых строящихся зданий, требующие использования энергоэффективных технологий и материалов.

-Модернизировать существующие здания для повышения их энергоэффективности, предлагая финансовую поддержку и стимулируя проведение энергетических аудитов.

-Поощрять установку солнечных панелей и других возобновляемых источников энергии на крышах зданий [18].

4. Модернизация тепловых электростанций (ТЭЦ):

-Инвестировать в модернизацию существующих ТЭЦ с целью повышения их эффективности и сокращения выбросов.

-Переходить от использования угля и газа к более экологически чистым источникам энергии, таким как биомасса и геотермальная энергия.

-Внедрить технологии улавливания и хранения углекислого газа (CCS) на ТЭЦ.

5. Управление отходами и переработка:

-Внедрить системы отдельного сбора отходов по всему городу, обеспечив доступность контейнеров для сортировки мусора.

-Развивать инфраструктуру для переработки и утилизации отходов, включая создание заводов по переработке органических отходов для производства биогаза.

-Проводить информационные кампании для повышения осведомленности населения о важности переработки и правильного управления отходами.

6. Развитие зеленых зон и городских экосистем:

-Создать новые парки, скверы и городские леса, а также поддерживать и расширять существующие зеленые зоны.

-Внедрять программы по озеленению улиц и дворов, стимулируя участие местных жителей и организаций.

-Развивать городское сельское хозяйство, поддерживая создание городских ферм и садов.

7. Образовательные программы и участие общественности:

-Организовать образовательные программы и кампании для повышения осведомленности населения о климатических изменениях и мерах по их предотвращению.

-Вовлекать школы, университеты и общественные организации в экологические проекты и инициативы.

-Создать платформы для активного участия горожан в принятии решений по вопросам устойчивого развития, включая общественные слушания и онлайн-платформы для предложений и обсуждений.

8. Международное сотрудничество и обмен опытом:

-Установить партнерские отношения с другими городами и международными организациями для обмена опытом и лучшими практиками.

-Привлекать международное финансирование и техническую помощь для реализации экологических проектов.

-Реализация этих рекомендаций потребует координированных усилий со стороны городской администрации, бизнеса и общественности. Принятие данных мер поможет создать более устойчивую, экологически чистую и комфортную среду для проживания, а также сделает Алматы примером для других городов в регионе и за его пределами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были проанализированы различные аспекты достижения углеродной нейтральности в городах и предложены конкретные меры, которые могут быть применены в Алматы для снижения выбросов парниковых газов и улучшения экологической обстановки.

Основные выводы, сделанные в результате проведенного исследования, включают:

Необходимость системного подхода: Достижение углеродной нейтральности требует комплексного и интегрированного подхода, включающего развитие транспортной инфраструктуры, энергоэффективность зданий, использование возобновляемых источников энергии и участие местного населения в экологических инициативах. Это означает, что действия должны быть согласованы между различными секторами экономики и управления города.

Развитие устойчивого транспорта: Один из ключевых элементов стратегии — развитие экологически чистых видов транспорта. Это включает в себя расширение сети общественного транспорта, создание условий для использования велосипедов и пешеходного движения, а также стимулирование перехода на электрический и гибридный транспорт. В Алматы это может быть реализовано через модернизацию существующей инфраструктуры и введение новых маршрутов электрического транспорта, а также создание велосипедных дорожек и зон для пешеходов.

Энергоэффективность и возобновляемая энергия: Важным аспектом является повышение энергоэффективности существующих и новых зданий, а также использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, для обеспечения потребностей города в электроэнергии и тепле. В Алматы это может включать внедрение стандартов зеленого строительства, модернизацию существующих зданий для повышения их энергоэффективности и установку солнечных панелей на крышах домов.

Реформирование ТЭЦ: Существенным направлением для достижения углеродной нейтральности является модернизация тепловых электростанций (ТЭЦ). Переход от угольных к газовым ТЭЦ и к более экологически чистым технологиям, таким как использование биомассы, геотермальной энергии и улавливание углерода, может значительно снизить выбросы парниковых газов. Инвестиции в инновационные технологии и повышение эффективности работы ТЭЦ также способствуют сокращению углеродного следа. В Алматы это может включать модернизацию существующих ТЭЦ с целью увеличения их эффективности и сокращения выбросов, а также переход на альтернативные источники энергии.

Зеленые зоны и экосистемы: Развитие и поддержка зеленых зон, таких как парки, скверы и городские леса, помогают не только улучшить качество воздуха и микроклимат, но и способствуют поглощению углекислого газа. Важно также поддерживать биоразнообразие и развивать городское сельское

хозяйство. В Алматы это может включать расширение существующих зеленых зон, создание новых парков и садов, а также поддержка городского сельского хозяйства через создание городских ферм и садов.

Образование и участие общественности: Для успешного достижения углеродной нейтральности необходимо активное участие местного населения. Образовательные программы и кампании по повышению осведомленности об экологических проблемах и мерах по их решению играют ключевую роль в этом процессе. В Алматы это может включать проведение образовательных кампаний, вовлечение школ и университетов в экологические проекты, а также создание платформ для активного участия горожан в принятии решений по вопросам устойчивого развития.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что Алматы обладает значительным потенциалом для внедрения устойчивых практик и достижения углеродной нейтральности. Реализация предложенных мер потребует совместных усилий со стороны местных властей, бизнеса и населения, а также последовательного и долгосрочного планирования. Успех в этой области не только улучшит экологическую обстановку в городе, но и повысит качество жизни его жителей, сделав Алматы примером для других городов Казахстана и мира. Внедрение данных мер станет важным шагом на пути к устойчивому развитию, обеспечивая экологическое благополучие будущих поколений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Об утверждении Стратегии достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года
- 2 О Концепции по переходу Республики Казахстан к "зеленой экономике"
- 3 Г.М. Тютөбаева, А.Н. Алдиярова. Улучшение экологии г.Алматы при использовании ГТУ
- 4 А.К. Хасенов. Перспектива перевода Алматинских электростанций на природный газ
- 5 Сетевое издание, ИА, портал ZAKON.KZ
- 6 Луканин, В.Н. Промышленно-транспортная экология: учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 2001. – 273 с.
- 7 Методические указания по расчету выбросов парниковых газов от тепловых электростанций и котельных, Астана 2010
- 8 Методические указания по расчету выбросов парниковых газов от предприятий автотранспорта, Астана 2010
- 9 "Energy Efficiency 2019" от International Energy Agency (IEA)
- 10 "Sustainable Urban Energy Planning: A Handbook for Cities and Towns" от United Nations Environment Programme (UNEP)
- 11 Отчеты и публикации Агентства Республики Казахстан по статистике
- 12 Отчет "Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation" от Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
- 13 Международное энергетическое агентство (IEA), "Energy Efficiency 2021"
- 14 Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC): отчеты IPCC AR5 и AR6
- 15 Агентство по охране окружающей среды США (EPA): Руководства и отчеты, "Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks" и "Waste Reduction Model (WARM)"
- 16 Программа ООН по окружающей среде (UNEP) отчет "Emissions Gap Report"
- 17 Агентство по охране окружающей среды США (EPA): "Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks"
- 18 Агентство по охране окружающей среды США (EPA): "Waste Reduction Model (WARM)"

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

РЕЦЕНЗИЯ

на Дипломную работу

Шаркенова Даяна Кенжебековна

6B05205– «Химическая и биохимическая инженерия»

На тему: «Исследование углеродной нейтральности городов Казахстана (на примере города Алматы)»

Выполнено:

- а) графическая часть на 15 листах
- б) пояснительная записка на 30 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Исследование углеродной нейтральности городов приобретает всё большую актуальность в условиях глобального изменения климата. Алматы, крупнейший город Казахстана, играет важную роль в реализации стратегий устойчивого развития и снижения выбросов углерода. В данном исследовании анализируются усилия Алматы по достижению углеродной нейтральности, оцениваются текущие инициативы и предлагаются рекомендации для достижения данной цели. В процессе ознакомления с работой, выделены следующие замечания:


1. Расчет выбросов парниковых газов для ЖКХ можно было бы дополнить.

Оценка работы

С учетом выделенных замечаний, которые не снижают практическую и познавательную ценность, дипломная работа на тему: «Исследование углеродной нейтральности городов Казахстана (на примере города Алматы)», выполненная Шаркеновой Даяной Кенжебековной заслуживает оценки «отлично» (95 баллов, А, 95%).

Рецензент:

канд. тех. наук,
главный специалист отдела водных ресурсов
и нормирования ТОО «КАПЭ»

 Дюсенова Ж.А.

«06» 06 2024 г

*Формальность подписи Дюсенова Ж.А. завершено.
Инженер по персоналу Шаура Д.А.*



ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На Дипломную работу

Шаркеновой Даяны Кенжебековны

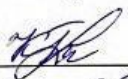
6B05205– «Химическая и биохимическая инженерия»

Тема: «Исследование углеродной нейтральности городов Казахстана (на примере города Алматы)»

Перед дипломантом были поставлены следующие задачи: выявить и проанализировать источники выбросов парниковых газов в городе Алматы; разработать стратегию и меры по достижению углеродной нейтральности; оценить перспективы и риски на пути к углеродной нейтральности.

Данное исследование является актуальным в связи с принятыми Казахстаном обязательствами по достижению углеродной нейтральности к 2060 году. Дипломант успешно справилась с поставленными задачами. В работе проведен анализ зарубежного опыта, представлены расчеты по выбросам парниковых газов от автотранспорта и ТЭЦ 2 города Алматы. Выполнен расчет выбросов ПГ при переходе ТЭЦ 2 на газ. Разработаны рекомендации по достижению углеродной нейтральности города. Оценка отлично 95 баллов.

Научный руководитель
старший преподаватель, ДВА

 Кезембаева Г.Б.
«07» 06 2024 г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Шаркенова Даяна Кенжебековна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Исследование по углеродной нейтральности городов Казахстана (на примере города Алматы)

Научный руководитель: Гульмира Кезембаева

Коэффициент Подобия 1: 4.5

Коэффициент Подобия 2: 3

Микропробелы: 5

Знаки из других алфавитов: 1

Интервалы: 2

Белые Знаки: 23

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 7.06.2024г.

Заведующий кафедрой Куз
Кубаева с.н.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Шаркенова Даяна Кенжебековна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Исследование по углеродной нейтральности городов Казахстана (на примере города Алматы)

Научный руководитель: Гульмира Кезембаева

Коэффициент Подобия 1: 4.5

Коэффициент Подобия 2: 3

Микропробелы: 5

Знаки из других алфавитов: 1

Интервалы: 2

Белые Знаки: 23

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: *Уровень подобия не превышает допустимого предела*

Дата 05.06.2024

С.В. Карсенбаев проверяющий эксперт
Карсенбаев С.В.