

**Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный  
экономический университет»**

На правах рукописи

**КОПАНСКАЯ АЛЕНА АЛЕКСАНДРОВНА**

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ**

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Специальность 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством  
(экономика природопользования)

**Научный руководитель:**  
кандидат экономических наук,  
доцент, Трейман М.Г.

Санкт-Петербург – 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	4
<b>ГЛАВА 1. Теоретические основы экономики природопользования и охраны окружающей среды на горно-обогатительных предприятиях</b> .....	11
1.1. Предприятия горнодобывающей промышленности как специфический объект политики и управления в сфере экономики природопользования и охраны окружающей среды.....	11
1.2. Нормативно-методические основы управления эколого-экономической деятельностью горнодобывающих предприятий.....	22
1.3. Особенности управления углеродным следом горно-обогатительных комбинатов.....	32
<b>ГЛАВА 2. Методические основы управления снижением выброса парниковых газов на горно-обогатительных комбинатах</b> .....	54
2.1. Методический подход к исследованию и оценке эколого-экономической деятельности предприятий горнодобывающей отрасли.....	54
2.2. Методические основы оценки эффективности транспортно-логистических систем горно-обогатительных комбинатов в контексте выброса ими парниковых газов.....	59
2.3. Процессный подход к формированию корпоративных программ повышения экологической эффективности горно-обогатительных предприятий.....	82
<b>ГЛАВА 3. Методические аспекты адаптации научного аппарата управления снижением выброса парниковых газов к особенностям конкретного горно-обогатительного комбината</b> .....	102
3.1. Апробация методики оценки экологической эффективности технико-технологических мероприятий, направленных на совершенствование транспортно-логистической инфраструктуры АО «Ковдорский ГОК».....	102
3.2. Апробация методики оценки экологической эффективности модернизированной структуры бизнес-процессов АО «Ковдорский ГОК».....	121

3.3. Оптимизация параметров организационно-экономического механизма стимулирования горно-обогатительных предприятий к снижению выбросов парниковых газов.....	138
<b>Заключение.....</b>	<b>146</b>
<b>Список литературы.....</b>	<b>149</b>
<b>Приложение 1.....</b>	<b>161</b>
<b>Приложение 2.....</b>	<b>175</b>
<b>Приложение 3.....</b>	<b>176</b>
<b>Приложение 4.....</b>	<b>177</b>
<b>Приложение 5.....</b>	<b>178</b>
<b>Приложение 6.....</b>	<b>179</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность темы диссертационного исследования.**

Климатические изменения, произошедшие вследствие интенсификации процессов глобального потепления, ведут к формированию значительных рисков для благоприятной жизнедеятельности населения. Для России эти риски, прежде всего, связаны с изменчивостью и экстремальностью климата, возможным сбоем функционирования продовольственных систем, увеличением смертности и ухудшением показателей по заболеваемости населения, изменением морских и прибрежных экосистем и др. В связи с этим, научным сообществом активно проводятся исследования, направленные на изучение механизмов образования парниковых газов и формирование эколого-экономических подходов и концепций, ориентированных на снижение эмиссии парниковых газов.

К антропогенным источникам, вносящим значительный вклад в формирование и образование парниковых газов, относят прежде всего промышленные комплексы. В связи с этим, одной из приоритетных задач последних лет федерального и регионального уровня, является разработка эколого-экономических инструментов, направленных на экологизацию производственных процессов и стимулирование перехода промышленных предприятий на «зеленые» технологии.

Особенно актуальны подобные исследования для горно-обогатительных промышленных комплексов, обладающих развитой транспортно-логистической инфраструктурой. Разработка эффективных программ и мероприятий для горно-обогатительных комбинатов позволит оптимизировать деятельность промышленных комплексов с учетом их негативного воздействия на окружающую среду, снизить оказываемую антропогенную нагрузку на регион, в том числе уменьшить объем выбросов парниковых газов, что позволит внести вклад в стабилизацию погодно-климатических процессов.

Данное направление является крайне актуальным, с одной стороны в связи с мировыми тенденциями по формированию экологически безопасной среды в соответствии с концепцией устойчивого развития, с другой стороны, в связи с

ужесточением природоохранной политики Российской Федерации и ее ориентацией на внедрение стратегии низкоуглеродного тренда.

Кроме того, являясь градообразующими предприятиями, горно-обогатительные комбинаты вносят наибольший вклад в формирование негативных экологических сценариев и способствуют развитию неблагоприятной обстановки в регионах. Повышение экологической эффективности горно-обогатительных комбинатов позволит существенно снизить выбросы парниковых газов и улучшить социально-экономическую обстановку в регионе.

**Степень разработанности научной проблемы.** Обозначенной проблемой занимались зарубежные и отечественные авторы, исследования которых можно подразделить по следующим научным направлениям:

в части разработки методических подходов, направленных на развитие эколого-экономической деятельности предприятий и разработке программ по их экологизации – Д. Боданский, М. Петерсон, Р. Викленд, М.Г. Аверкин, А.Г. Айрапетова, Т.И. Безденежных, Д.Ф. Годман, Т.А. Евсеенкова, В.И. Ефимов, М.Ф. Замятина, Э.М. Зомонова, Л.М. Капустина, Н.Ф. Полякова, И.А. Пономарева, С.Г. Шеина и др.;

в части определения и оценки влияния на окружающую природную среду предприятий горно-обогатительного комплекса – Д. Вирт, Д. Джонес, С. Мюррей, А.Ш. Гиясидинов, О.С. Зиновьева, И.В. Ларионов, Н.А. Икромов, М.А. Любарская, О.И. Москвина, В.С. Меркушев, В.С. Рузиматов, М.Л. Хазин, А.В. Хохряков, Е.М. Цейтлин и др.

Несмотря на значительное количество научных публикаций и исследований, на сегодняшний момент до сих пор недостаточно проработаны вопросы оценки эколого-экономической эффективности природоохранных программ для горно-обогатительных комбинатов.

**Цель данного исследования:** разработка методического обеспечения и формирования эколого-экономических направлений деятельности горно-обогатительных комбинатов за счет снижения выброса ими парниковых газов.

В соответствии с основной целью в работе сформулированы следующие **задачи**:

– обосновать возможность выделения горнодобывающей промышленности в качестве самостоятельного объекта исследования и формирования политики в сфере экономики природопользования и охраны окружающей среды, идентифицировать её основные специфические особенности;

– уточнить роль и место выбросов парниковых газов предприятиями горнодобывающей промышленности при определении критериев эколого-экономического обоснования хозяйственных решений для управления деятельностью таких предприятий;

– обосновать потребность в дополнительном, учитывающем специфические особенности горно-обогатительных комплексов, методическом обеспечении деятельности по разработке эффективных эколого-экономических направлений деятельности этих предприятий в реализации экологически значимых мероприятий, в том числе, по сокращению выброса ими парниковых газов;

– разработать методический подход к оценке в процессе формирования программ повышения эффективности функционирования горно-обогатительного предприятия его негативного воздействия на окружающую природную среду и соответствующие методики;

– разработать методическое обеспечение для выработки первоочередных мероприятий по повышению эффективности функционирования транспортно-логистической инфраструктуры горно-обогатительного предприятия за счет снижения выброса парниковых газов, в том числе, по модернизации структуры бизнес-процессов предприятия от добычи до реализации готовой продукции, а также по оценке их эффективности;

– выполнить апробацию разработанного методического обеспечения предложений на примере АО «Ковдорский ГОК».

**Объект исследования:** производственная деятельность горно-обогатительных комбинатов.

**Предмет исследования** – механизмы развития эколого-экономических направлений деятельности горно-обогатительных комбинатов за счет снижения выброса ими парниковых газов.

**Научная гипотеза** исследования заключается в предположении, что деятельность горно-обогатительных комбинатов необходимо контролировать и стимулировать к разработке программ по снижению выбросов парниковых газов и формированию методического обеспечения эколого-экономической деятельности, что впоследствии позволит существенно снизить их негативное воздействие на окружающую среду на региональном уровне.

**Теоретической основой исследования** послужили концепции и методы, разработанные на основе постулатов таких областей научного знания как: концепция устойчивого развития, экономика природопользования, эколого-экономическое управление производственными системами.

**Методологическую основу диссертационного исследования** составляет совокупность общенаучных и специализированных методов и принципов научного исследования, обеспечивающих реализацию аналитических исследований с применением следующих методов: анализа и синтеза, индукции и дедукции, применения экономико-математических методов и методов прогнозирования и другие современные способы обработки статистических данных.

**Информационной базой исследования** послужили материалы Федеральной службы государственной статистики, обзорно-аналитические материалы, опубликованные в периодической печати, отчетные данные и материалы горно-обогатительных комбинатов, нормативно-правовые документы в сфере охраны окружающей среды.

**Обоснованность и достоверность результатов исследования** обеспечиваются тем, что результаты диссертационного исследования основаны на фундаментальных теориях в области экономики природопользования, концепции устойчивого развития с применением нормативно-правовых документов в области охраны окружающей среды Российской Федерации и использовании

информации из официальных отчетов и статистических данных. При подготовке диссертационного исследования применены методы системного и комплексного анализа, была проведена апробация результатов исследования на международных и всероссийских научно-практических конференциях.

**Соответствие диссертации Паспорту научной специальности.** Область исследования соответствует паспорту специальности ВАК 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» – Экономика природопользования: п. 7.1. «Теоретические основы экономики природопользования и охраны окружающей среды. Устойчивость и эффективность социо-эколого-экономического развития. Система показателей устойчивого развития для совершенствования управления», п. 7.5. «Исследование выбора критериев эколого-экономического обоснования хозяйственных решений для различных уровней управления», п. 7.25. «Разработка методов и программ повышения заинтересованности предприятий в реализации экологически значимых мероприятий», п.7.26. «Формирование программ повышения эффективности и устойчивости функционирования предприятий за счет их экологизации».

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в разработке методик, позволяющих развивать эколого-экономическую деятельность горно-обогатительных комбинатов, направленную на снижение выбросов парниковых газов. К числу наиболее значимых и обладающих **новизной научных результатов, полученных лично соискателем**, относятся следующие:

1. Разработаны подходы к формированию механизма по снижению негативного воздействия на окружающую природную среду в связи с наличием источника загрязнения атмосферного воздуха в регионе – горно-обогатительного комбината; определены принципы управления, позволяющие обосновать принимаемые решения для мониторинга природоохранной деятельности горно-обогатительных комбинатов.

2. Разработаны методические рекомендации, позволяющие анализировать и оценивать как экологическую деятельность горно-обогатительных комбинатов с

точки зрения сокращения выбросов парниковых газов, так и эффективность отдельных экологических мероприятий.

3. Обоснована унифицированная схема функционирования транспортно-логистической инфраструктуры горно-обогатительного комплекса и разработаны показатели по оценке ее эффективности, что позволит в дальнейшем сократить негативное воздействие на окружающую природную среду и сформировать экологическую программу работы предприятия в новых условиях.

4. Разработана система критериев эколого-экономического обоснования управленческих решений и оценки негативного воздействия предприятий горно-обогатительной отрасли, что позволило скорректировать методы эколого-экономической оценки эффективности функционирования транспортно-логистической инфраструктуры предприятий.

5. Предложена методика расчета углеродного налога как механизма стимулирования горнодобывающих предприятий к сокращению выбросов парниковых газов, что позволяет определить размер налога, а также оценить эколого-экономическую эффективность деятельности горно-обогатительных комбинатов.

**Теоретическая значимость результатов исследования** определяется развитием научно-теоретических аспектов в управлении производственных систем с учетом концепции устойчивого развития и разработки мер и инструментов оценки организационно-экономического стимулирования предприятий горнодобывающего комплекса к снижению негативного воздействия на окружающую среду.

**Практическая значимость результатов исследования** заключается в разработке методик и алгоритмов, которые могут быть использованы для совершенствования эколого-экономической деятельности горно-обогатительных комбинатов, ориентированных на повышение экологической эффективности.

Результаты исследования могут быть также использованы в высших учебных заведениях при подготовке специалистов, получающих образование по

специальностям: «Экономика природопользования», «Экологический менеджмент», «Производственный менеджмент».

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования были доложены и получили одобрение на международных и всероссийских научно-практических конференциях, материал которых раскрывает проблемы эколого-экономического управления производственными системами горно-обогатительных комбинатов.

Разработанные методики и подходы внедрены на предприятиях ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» и ООО «Внедренческий центр перспективных технологий плюс», а также в учебном процессе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», что подтверждено актами о внедрении.

**Публикации результатов исследования.** Основные результаты и положения исследования отражены в 12 научных статьях, в том числе в 5 статьях, опубликованных в рецензируемых журналах, включенных в рекомендованный список ВАК Российской Федерации, общим объемом 4,15 п.л. (в том числе авторским – 3,4 п.л.).

**Структура диссертации.** Цели и задачи диссертационного исследования определили его структуру. Структура диссертационного исследования раскрывается во введении, трех главах, заключении. Диссертационная работа содержит 181 страницу основного текста, включает список использованной литературы из 106 наименований, 36 таблиц, 15 рисунков, 6 приложений.

# **ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОНОМИКИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

## **1.1. Предприятия горнодобывающей промышленности как специфический объект политики и управления в сфере экономики природопользования и охраны окружающей среды**

Рассматривая промышленные отрасли с точки зрения их воздействия на окружающую среду, необходимо выделить горнодобывающий сектор, как вносящий значительный вклад в загрязнение экосистем региона и оказывающий негативное воздействие на качество жизни и здоровья населения.

Горная промышленность относится к первичному сектору экономики и представляет собой совокупность отраслей промышленности по добыче, обогащению и переработке полезных ископаемых. Важно отметить, что для России доля горной промышленности в формировании внутреннего валового продукта составляет 9,8% по данным на 2020 год [91]. Это говорит о том, что предприятия данной отрасли играют важную роль в формировании и развитии экономики страны. В связи с этим, очень важно выстроить эффективную систему управления предприятиями горнодобывающего комплекса, учитывая тенденции государства к развитию промышленности в рамках концепции устойчивого развития. Данное направление предполагает формирование комплексного подхода к менеджменту предприятий с учетом экономического, экологического и социального аспектов. Для горной отрасли это крайне актуально, учитывая особенности данного типа предприятий.

Прежде всего, необходимо отметить существенное негативное воздействие на окружающую среду в ходе извлечения и обогащения природных ресурсов. Так при открытых разработках, а также в результате складирования отходов обогащения, отчуждаются большие полезные площади с полным уничтожением экосистем на них и соответственно уменьшением биологического разнообразия

флоры и фауны в данном регионе. Загрязнение атмосферы и гидросферы в ходе проведения производственных процессов наносят значительный ущерб окружающей среде, что негативно сказывается на здоровье работников предприятий горной отрасли и населения ближайших населенных пунктов. Также можно отметить, что в ходе процессов добычи сырья нарушается гидрологический режим водоносных пластов, что может привести к вторичному загрязнению водоемов. Горные предприятия обладают расширенным транспортным парком, включающим, в том числе широкий список специализированной техники, которая способствует росту выбросов парниковых газов в атмосферу и влияет на изменение климата. Аналогичным воздействием обладают котельные и теплоэлектроцентрали, расположенные на территории предприятий и используемые в производственных процессах. Особенно данный фактор следует учитывать при планировании методов управления горнодобывающими комбинатами, находящимися на Крайнем Севере и входящими в Арктическую зону Российской Федерации, так как повышение температуры в ходе парникового эффекта вызовет нежелательные климатические явления на региональном уровне [42,55].

В соответствии с санитарной классификацией СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, предприятия горной отрасли относятся к I-III классу опасности, причем некоторые объекты могут переходить даже в IV класс опасности при определенном формировании технологического процесса (например, при добыче мрамора, песка, глины с отгрузкой сырья по транспортерной ленте). При этом к первому классу опасности относятся предприятия по добыче нефти, газа, горючих сланцев, угольные разрезы, горно-обогажительные комбинаты, промышленные объекты по добыче полиметаллических руд. Во II класс выделяют предприятия по добыче асбеста, железных руд, металлоидов и горных пород открытым способом. К III классу относят промышленные объекты по добыче фосфоритов, апатитов, колчеданов, торфа, каменного, бурого и других углей, гидрошахты.

Следует отметить, что наибольшему негативному воздействию от промышленной деятельности горнодобывающих предприятий любого класса

опасности подвергается атмосферный воздух. Здесь можно выделить несколько групп загрязняющих веществ, образующихся в ходе производственных процессов. К первой группе можно отнести парниковые газы, которые в основном представлены диоксидом углерода. Ко второй группе относятся выбросы от сжигания различных видов топлива, включающие оксиды азота, оксид углерода, керосин, сажу. К третьей группе можно отнести неорганическую пыль различной крупности, которая образуется на всех этапах производственной деятельности и формирует аэрозвеси мелкодисперсных частиц. Остальные загрязняющие вещества вносят меньший негативный вклад в загрязнение окружающей среды и образуются от вспомогательных процессов [70].

Данные выбросы оказывают серьезное влияние на атмосферный воздух и формируют экологическую обстановку в регионе, в котором расположен горный комбинат. При этом следует отметить важную особенность горно-обогатительных комбинатов, которая заключается в зависимости их местоположения от расположения добываемых полезных ископаемых. В связи с этим, они часто выступают как градообразующие предприятия и соответственно вносят значительный вклад в формирование социальных и экологических аспектов региона. Особенно это характерно для предприятия Крайнего Севера, где в силу природных характеристик сложно развивать другие отрасли промышленности. Так на примере Мурманской области можно проследить, как некоторые предприятия являются единственными крупными экономическими субъектами в отдельных городах.

В таблице 1 представлен перечень основных крупных предприятий Мурманской области и их местоположение. Как видно из представленных данных, за исключением Мурманска, для других наиболее крупных населенных пунктов региона, горно-обогатительная отрасль будет являться приоритетной. Это значит, что именно предприятия данного сектора будут формировать экологическую и социальную обстановку региона.

Таблица 1. Промышленные предприятия Мурманской области [10,97]

Наименование предприятия	Направление деятельности	Расположение предприятия
Кировский филиал АО «Апатит»	Добыча и обогащение апатитовых руд.	г.Кировск
АО «Северо-Западная фосфорная компания»	Добыча и обогащение апатито-фосфорных руд.	г.Кировск
АО «Кольская горно-металлургическая компания»	Добыча никелевых, кобальтовых и медных руд.	г.Мончегорск-7
АО «Ковдорский ГОК»	Добыча и обогащение железо-apatитовых руд.	г.Ковдор
АО «Оленегорский ГОК»	Добыча и обогащение железистых руд.	г.Оленегорск
ОАО «Оленегорский механический завод»	Машино и станкостроение для горной отрасли.	г.Оленегорск
Филиал АО«Центр судоремонта «Звездочка»«СРЗ «Нерпа»	Производство судоремонтных работ.	г.Снежногорск
Филиал АО «РУСАЛ Урал» в г.Кандалакше«ОК РУСАЛ КАЗ»	Производство глинозема.	г.Кандалакше
ООО «Ловозерский ГОК»	Добыча руд щелочных металлов.	п.Ревда
АО «10 СРЗ»	Производство судоремонтных работ.	г.Полярный
АО «Мурманский тарный комбинат»	Производство упаковочной продукции.	г.Мурманск
Филиал АО «Центр судоремонта «Звездочка»«35 СРЗ»	Производство судоремонтных работ.	г.Мурманск
АО «82 СРЗ»	Производство судоремонтных работ.	г.Мурманск
ООО «НОВАТЭК-Мурманск»	Добыча природного газа.	г.Мурманск

В связи с этим, крайне важно разработать методы и инструменты управления горно-обогатительным комбинатом, которые позволили бы повысить эффективность природоохранной деятельности, снизить негативное воздействие

на атмосферу и вклад в парниковый эффект, выявить наиболее проблемную инфраструктуру, а также разработать для нее подходящие «зеленые» инструменты управления.

Для этого необходимо провести эколого-экономический анализ производственной деятельности горно-обогатительного комбината с выделением основных производственных процессов и инфраструктурных объектов, которые эти процессы осуществляют [35].

На рисунке 1 представлена схема основных и вспомогательных производственных процессов горно-обогатительного комбината с характеристикой выбросов, образующихся на различных этапах промышленной деятельности.

В данной схеме можно выделить следующие основные процессы:

1. *Процессы добычи и транспортировки.* Добыча полезных ископаемых осуществляется буровзрывным методом с последующей экскавацией разрыхленной руды. Применяемые буровые станки и экскаваторы чаще всего электрические с использованием аккумуляторных батарей. Транспортировка руды от мест добычи до обогатительных фабрик производится специализированной техникой, выбор которой будет зависеть от ряда природных и экономических факторов. Наиболее распространенным способом является транспортировка автотранспортом, железнодорожным способом и транспортерными или конвейерными лентами. Основное вредное воздействие, которое будет оказываться на окружающую среду от этих процессов, заключается в пылении при проведении различных работ, загрязнении атмосферы выбросами от двигателей внутреннего сгорания, среди которых можно выделить оксиды азота, оксид углерода, сажа, керосин, а также выбросы парниковых газов, представленные диоксидом углерода.

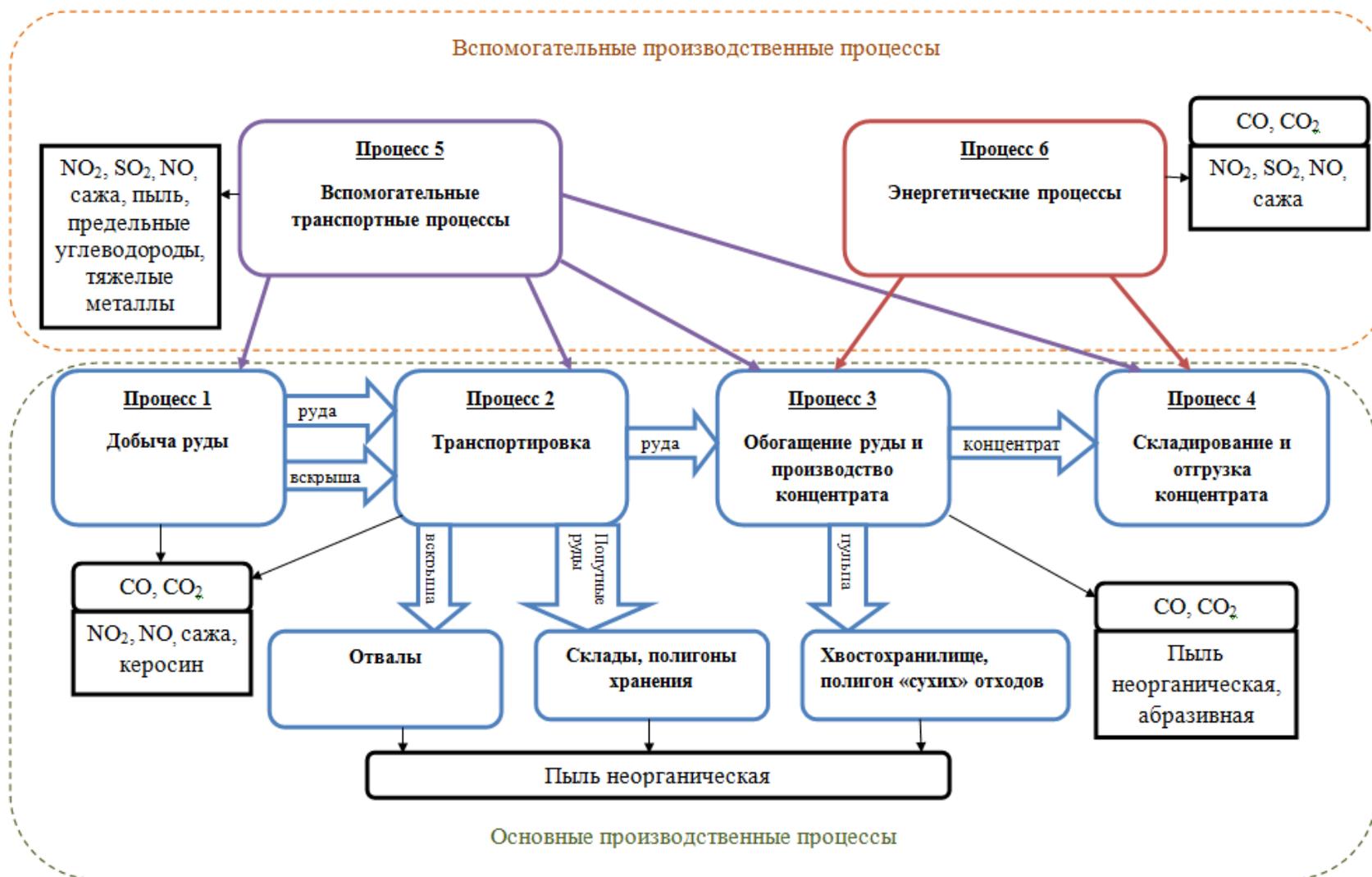


Рис.1. Производственные процессы горно-обогатительного комбината и их влияние на атмосферу (разработано автором)

2. *Процессы обогащения руды.* Обогащение и производство готового концентрата происходит на дробильной и обогатительной фабрике, структура объектов, которых зависит от первоначального состава добываемой руды и производимой готовой продукции. К обязательным элементам можно отнести дробильные установки, которые выделяют значительные объемы неорганической пыли в атмосферу, а также сушильные камеры, которые требуют значительного расхода энергетических ресурсов. Отходы обогатительной фабрики представляют собой пастообразный отход, который в зависимости от влажности транспортируют на специализированные места размещения: хвостохранилище или полигон «сухих» отходов. Данные инфраструктурные объекты создают дополнительное загрязнение атмосферы в виде аэрозвесей неорганических веществ в летний период при пылении, а также при осуществлении погрузочно-разгрузочных работ.

3. *Процессы складирования.* В ходе добычи сырой руды образуются большое количество вскрышных и попутных пород, которые складированы на специальных площадках. Данные процессы осуществляются при помощи технологического транспорта, деятельность которых приводит к выбросам неорганической пыли и выбросам от сжигания дизельного топлива. Деятельность складских комплексов, на которых размещается готовая продукция, других сопутствующих материальных потоков, а также хранение топлива способствует процессам пыления, а также загрязнению атмосферы и почв нефтепродуктами и его производными.

4. *Вспомогательные транспортные процессы* направлены на формирование необходимой инфраструктуры основного производства, осуществления движения вспомогательных материальных потоков, проведения ремонта и обслуживания технологического парка машин и оборудования. При этом применяется расширенный список специализированной техники, использующей дизельное и бензиновое топливо, что создает дополнительные выбросы парниковых газов и других выбросов от двигателей внутреннего сгорания. В ходе ремонтных работ и обслуживания в атмосферу попадают

тяжелые металлы и их соединения, металлическая стружка, предельные углеводороды и другие соединения.

5. *Процессы производства энергетических ресурсов* направлены на обеспечение производственных нужд электричеством, горячей водой и паром. Осуществляются за счет сжигания различных видов топлив в котельных или теплоэлектроцентралях. В зависимости от сжигаемого топлива, в атмосферу выделяются выбросы оксидов и диоксидов углерода, оксиды азота, оксиды серы, сажа [46,51,82].

В связи с последними тенденциями в природоохранной политике России, направленными на формирование низкоуглеродной экономики, необходимо провести анализ инфраструктуры горно-обогатительного комбината и выделить объекты, которые являются источниками парниковых газов. В первую очередь, здесь можно выделить логистическую и энергетическую системы, представленные на рисунке 2.

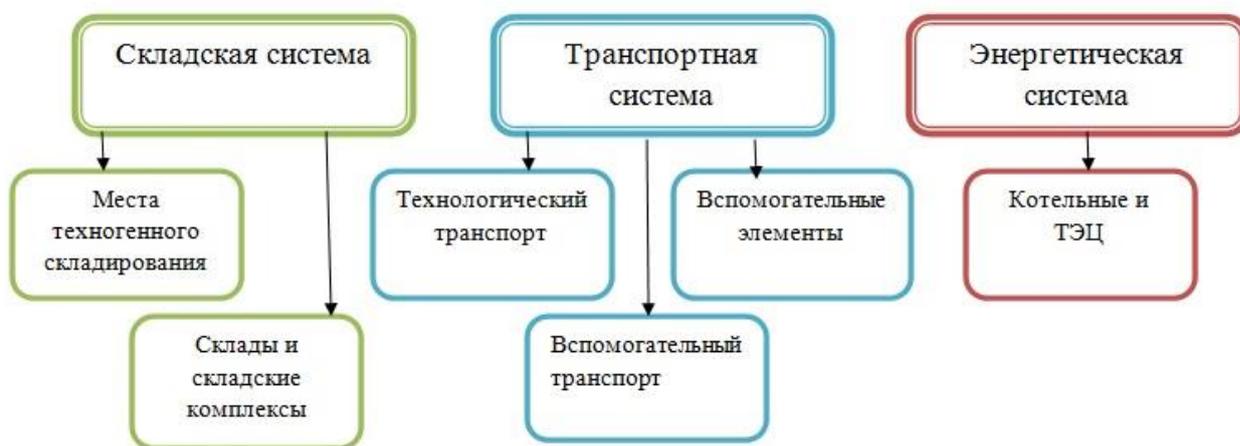


Рис. 2. Источники образования парниковых газов на горнодобывающих предприятиях

Логистическая инфраструктура представлена транспортной системой и складским комплексом. Добыча и транспортировка руды являются важными производственными процессами горно-обогатительных комбинатов и осуществляются технологическим транспортом, также эти процессы являются экологически опасными. Выбор применяемого транспорта зависит от ряда

факторов, но большинство горных предприятий использует автомобильные способы транспортировки руды или комбинированные, которые включают комбинацию автосамосвалов с железнодорожным транспортом. В результате работы двигателей внутреннего сгорания, транспорта в атмосферу поступает значительный объем диоксида углерода [18,46].

Следует также учитывать, что горно-обогатительные комбинаты обладают расширенным парком вспомогательного автотранспорта, вносящего дополнительный вклад в загрязнение атмосферы и также оказывающего влияние на усиление парникового эффекта.

Складская инфраструктура представлена в виде объектов технологического складирования и комплекса складов для хранения материальных ресурсов, участвующих в производственных процессах.

Непосредственно на складах отсутствуют источники выбросов парниковых газов, но следует учитывать, что мероприятия по повышению энергоэффективности и снижению тепловых потерь, позволят сократить потребность в электроэнергии и тепла, что в конечном итоге сократит объемы сжигаемого топлива на ТЭЦ и снизит антропогенную нагрузку в целом по региону.

Отдельно необходимо рассмотреть объекты технологического складирования, на которых проводятся работы по добыче, отвалообразованию, экскавации и др. Такие работы являются источниками парниковых газов и других выбросов в атмосферу.

Энергетическая система является значительным источником парниковых выбросов на предприятии, которые образуются в результате сжигания различных топлив в котлах. К наиболее вредным можно отнести мазут и уголь, к более безопасному природному газу, но при использовании любого вида топлива в атмосферу будет выделяться диоксид углерода.

Для оценки влияния инфраструктуры горнодобывающего предприятия на парниковый эффект, целесообразно разработать классификацию, которая на

основе объемов образующихся парниковых выбросов позволит выявлять наиболее проблемные объекты.

Автор предлагает выделять 4 класса инфраструктурных объектов. К первому классу относятся элементы инфраструктуры, в ходе производственных процессов которых образуются парниковые газы в количестве свыше 150 тыс. тонн в год, ко второму классу относится инфраструктура предприятия, производящая массу парниковых газов в пределах от 50 до 150 тыс. тонн в год, к третьему классу можно отнести объекты с выбросами от 1 до 50 тыс. тонн в год и к четвертому классу соответственно относят все инфраструктурные объекты с выбросами менее 1 тыс. тонн в год. Такая градация выбрана на основе углеродного регулирования в России и в зарубежных странах. Так в соответствии с законом № 296-ФЗ от 02.07.2021 года предприятия с выбросами парниковых газов свыше 150 000 тыс. тонн в год подлежат контролю и мониторингу со стороны государства и должны формировать отчетность по парниковым выбросам. Кроме того, Министерство экономического развития рассматривает возможность введения углеродных сборов за объемы выбросов свыше 150000 тонн. В связи с этим, критерий в 150 тыс. тонн выбран как предельная граница, после которого источники выбросов можно признать, как оказывающие крайне негативное воздействие на климатические процессы [87]. В зарубежных странах существуют более строгие нормы регулирования и многие экономические инструменты применяются для предприятий с выбросами парниковых газов свыше 50 тыс.тонн. Так, например, в Канаде применяют систему ценообразования за углерод по системе «OBPS», когда компания оплачивает углеродные единицы при превышении их выбросов свыше 50 тыс.тонн. В России также предусмотрено ужесточение углеродного законодательства с 2025 года, после которого мониторингу и контролю будут подлежать предприятия с выбросами 50000 тонн и выше. В связи с этим, источники парниковых газов, выделяющие 50 тыс. тонн отнесены к объектам со значительным влиянием на климатические процессы [5]. Отдельно можно отметить, что часть производственных парниковых выбросов может быть скомпенсировано за счет поглощения их природными экосистемами.

В связи с этим, источники с выбросами менее 1 тыс. т/год оказывают незначительное влияние на климатические процессы. Остальные объекты оказывают умеренное воздействие на процессы усиления парникового эффекта. Классификация объектов инфраструктуры по отношению к парниковым газам представлена в таблице 2.

Таблица 2. Классификация объектов инфраструктуры по отношению к парниковым газам

Классность по отношению к парниковым газам	Масса выбросов CO <sub>2</sub> – экв. тыс.т/год	Характеристика объектов инфраструктуры
1	Свыше 150	Объекты инфраструктуры, оказывающие крайне негативное воздействие на климатические процессы.
2	50-150	Объекты инфраструктуры, оказывающие значительное негативное воздействие на климатические процессы.
3	1-50	Объекты инфраструктуры, оказывающие умеренное воздействие на климатические процессы.
4	Менее 1	Объекты инфраструктуры, оказывающие незначительное воздействие на климатические процессы.

Данная классификация позволяет выделить на предприятии инфраструктуру, которая оказывает наибольшее воздействие на климатические процессы и способствует формированию грамотной эколого-экономической стратегии предприятия.

Таким образом, горно-обогатительные комбинаты оказывают значительное негативное воздействие на окружающую среду, при этом происходит воздействие на все элементы природной среды. В независимости от способов добычи природных ресурсов, предприятия горно-обогатительного сектора, используют расширенный парк транспортной техники, который загрязняет атмосферный

воздух, в том числе происходят значительные выбросы парниковых газов. Также значительный вклад в выбросы парниковых газов, вносят котельные и теплоэлектроцентрали, которые часто обеспечивают энергоресурсами не только потребности предприятия, но и покрывают нужды населенных пунктов, расположенных в непосредственной близости. Являясь часто градообразующими предприятиями, горно-обогатительные комбинаты формируют экологическую обстановку в регионе и оказывают непосредственное влияние на качество жизни и здоровье населения. В связи с этим, крайне важным является создание комплексного подхода в управлении предприятиями с учетом экологических и социальных аспектов. Разработка инструментов регулирования парниковых газов позволит также сформировать оптимальные методы и инструменты эколого-экономической деятельности горно-обогатительных комбинатов и выработать эффективные природоохранные мероприятия [73,76].

## **1.2. Нормативно-методические основы управления эколого-экономической деятельностью горнодобывающих предприятий**

Развитие природоохранного направления на горно-обогатительных предприятиях является важным фактором, формирующим благоприятную и экологически безопасную среду региона.

В основе экологической деятельности предприятия лежит механизм взаимодействия промышленных комплексов с органами государственной власти и местного самоуправления, представленный на рисунке 3.

В качестве объекта управления необходимо рассматривать горно-обогатительный комбинат, который в результате своей деятельности наносит существенный ущерб окружающей среде и является источником образования загрязняющих веществ. Для осуществления управленческого воздействия на региональном и федеральном уровне сформированы субъекты управления, представленные органами государственной власти и местного самоуправления.



Рис.3.Механизм взаимодействия горно-обогатительных комбинатов с органами государственной власти

Законодательную власть в области природоохранной деятельности осуществляет Государственная дума, в состав которой входит Комитет по экологии и Комитет по природопользованию и сырьевым ресурсам. Данные субъекты управления разрабатывают и утверждают политику в области экологии, рационального использования ресурсов и охраны окружающей среды. Для проведения экспертных оценок, проведения эколого-аналитических прогнозов, для осуществления экологических экспертиз законопроектов, указов и др. нормативно-правовых актов, создан Высший экологический совет при Комитете по экологии. Также при Правительстве Российской Федерации выделен Отдел природопользования и защиты окружающей среды, принимающий участие в подготовке проектов, указов, законов и решений Президента и Правительства РФ, связанных с решением экологических аспектов [15,96].

На сегодняшний момент в рамках рассмотрения природоохранного законодательства для горной отрасли можно выделить следующие основные нормативно-правовые акты и законы, представленные в таблице 3.

Таблица 3. Перечень нормативно-правовых актов, регламентирующих природоохранную деятельность горнодобывающих предприятий [76,96]

Наименование нормативно-правового акта	Характеристика нормативно-правового акта
Международная декларация от 25 сентября 2015 года: «Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года»	Формирует цели и направления развития по решению глобальных проблем современности, в том числе связанных с загрязнением окружающей среды и климатическими изменениями в мире[107].
Серия стандартов ИСО 14000	Международная серия стандартов, содержащая требования к системе экологического управления.
ГОСТ Р 56276 -2014 (ИСО 14067)	Российский стандарт на основе международного документа ИСО 14067, детализирующий принципы, требования и указания для определения углеродного следа продукции.
Водный кодекс РФ	Регулирует взаимоотношения в области водопользования и рационального использования водных ресурсов
Земельный кодекс РФ	Устанавливает право собственности на землю: предоставление и изъятие земельных участков на основе обеспечения рационального использования земельных ресурсов и их охраны.
Лесной кодекс РФ	Регулирует лесные отношения, в том числе обеспечивает многоцелевое, рациональное и неистощимое использование лесов и лесонасаждений.
Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»	Направлен на эколого-правовое регулирование отношений в природной сфере. Представляет собой комплексный правовой акт, регулирующий все природоохранные отношения [1].
Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»	Определяет требования по сохранению качества атмосферного воздуха и мероприятий по его улучшению, в соответствии с темпами антропогенного воздействия[2].

Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»	Определяет правовые основы обращения с отходами производства и потребления в целях предотвращения или снижения негативного воздействия на окружающую среду.
Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении»	Определяет и отражает понятия, применяемые в сфере водоснабжения, в том числе требования по сохранению качества водоемов.
Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»	Данный законопроект обязывает вести соответствующую отчетность и формирует понятийную базу (климатический проект, углеродная единица, реестр углеродных единиц, кадастр парниковых газов и т.д.) для обращения углеродных единиц[102].
Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности»	Выделяет отдельные виды деятельности, требуемые лицензирование со стороны государства. В том числе, можно отнести деятельность по добыче и первичной переработке полезных ископаемых, деятельность по обращению с отходами, экологическое аудирование и др.
Федеральный закон от 26.07.2019 № 195-ФЗ «О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха»	Регулирует проведение квотирования выбросов на территориях эксперимента особого порядка, а именно регулирует выбросы на основе сводных расчетов с учетом целевых показателей[102].
Закон Российской Федерации от 21.02.1992 № 2395-1 «О недрах»	Регулирует отношения в области геологического изучения, использования и охраны недр.

На основе данных Федеральных Законов и международных документов формируются подзаконные акты, природоохранные программы и стратегии,

приказы и другие нормативно-правовые документы, направленные на формирование природоохранной политики, в том числе и на региональном уровне. Каждый субъект РФ вправе разрабатывать собственные программы по охране окружающей среды на основе Федеральных законов и государственных стратегий.

В качестве примера региональных нормативно-правовых актов в области охраны окружающей среды можно привести:

➤ Экологический кодекс Санкт-Петербурга от 29 июня 2016 года, регулирующий отношения в сфере природопользования, охраны окружающей среды и обеспечение экологической безопасности на территории Санкт-Петербурга;

➤ Закон Московской области от 22 декабря 2006г. № 240/2006 - ОЗ «Об охране окружающей среды в Московской области»;

➤ Постановление правительства Иркутской области от 29.10.2018 № 776-пп «Об утверждении государственной программы Иркутской области «Охрана окружающей среды» на период 2019-2024».

Подобные региональные природоохранные документы позволяют учесть особенности региона и сформировать приоритетные направления экологического развития, обеспечить максимальное снижение антропогенного воздействия на окружающую среду и сформировать наиболее значимые экологические показатели по региону.

Разработкой и формированием данных нормативно-правовых актов занимаются региональные органы власти, которые также осуществляют обеспечение контроля и выполнения принятой законодательной базы в области экологии со стороны предприятия. В первую очередь, можно выделить Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, осуществляющую государственное регулирование и межотраслевую координацию по вопросам использования и изучения недр. Данный государственный орган подразделяется на Федеральную службу по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральную службу по

надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор), агентства водных ресурсов, лесного хозяйства, по недропользованию. Территориальные комитеты по охране природной среды осуществляют регулирование природопользованием, осуществление экологической экспертизы, организацию контроля, проведения лабораторных исследований, ведение кадастра. Также государственное регулирование промышленной безопасности и надзор по безопасному ведению работ всеми пользователями недр, включая предупреждение вредного воздействия на население, окружающую среду, объекты народного хозяйства осуществляется Госгортехнадзором РФ [28,96].

Для осуществления контроля за соблюдением природоохранного законодательства, со стороны предприятия осуществляется обратная связь в виде экологической отчетности в региональные подразделения Росприроднадзора. К данным формам можно отнести: отчетность об образовании, утилизации, обезвреживании и размещении отходов, паспорта отходов, формы 2-ТП, инвентаризации выбросов, отчетность о выбросах вредных веществ в атмосферный воздух, экологическая декларация, отчетность по программе ПЭК.

Следует отметить, что последнее время государство направлено на усиление контроля и ужесточения механизмов управления в области охраны окружающей среды и разработало ряд государственных стратегий:

- стратегия экологической безопасности РФ на период до 2025 года;
- стратегия развития минерально-сырьевой базы РФ до 2023 года;
- национальный проект «Экология»;
- стратегия социально-экономического развития Российской Федерации

с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года [88].

Помимо ужесточения экологического законодательства, предполагается разработка мер поддержки, в том числе и на региональном уровне в виде:

- предоставления субсидий на возмещение части затрат, потраченных на строительство природоохранной и иной инфраструктуры;
- возмещение части лизинговых платежей;

- возмещение части затрат на оборудование, соответствующее современным требованиям экологичности и энергоэффективности;
- освобождение от уплаты транспортного налога;
- поддержка гарантийных фондов, которые создаются органами исполнительной власти субъекта РФ, финансируется из бюджета субъекта РФ и действуют исключительно на территории того субъекта РФ, где созданы [27,40].

При этом важно отметить, что сам регион выступает как внешняя среда и оказывает воздействие на разработку подходов экологического управления. Среди региональных факторов, которые могут оказывать влияние на регулирование парниковых газов, можно отметить: количество и территориальное размещение промышленных предприятий, структуру экономических отраслей, степень развития транспортно-логистической инфраструктуры, климатические и природные особенности региона, индекс загрязненности региона и др.

Соответственно субъекты РФ, имеющие значительные экологические проблемы, могут на основе эколого-экономических инструментов стимулировать промышленные предприятия, расположенные на территории региона, к развитию и совершенствованию своего природоохранного управления.

Для эффективного внедрения и последующего успешного использования «зеленых» технологий на промышленном предприятии, может применяться модель, распространенная в системе экологического менеджмента, «Планируй-Делай-Проверяй-Действуй» (PDCA), представленная на рисунке 4[4,13].

На этапе планирования формируются экологические цели и задачи, в ходе анализа деятельности предприятия, ее воздействия на окружающую среду и выявления проблемных зон. Подобный анализ позволяет создать комплексный подход в управлении производственной и логистической деятельностью и ее экологическими приложениями, выбрать приоритетные механизмы и способы решения экологических проблем в выявленных слабых зонах и сформировать критерии оценки выбранных решений.

На этапе «делай» происходит внедрение отобранных «зеленых» технологий на проблемных объектах. При этом важно следить, чтобы принимаемые методы и

технологии проводились строго в соответствии с планом природоохранных мероприятий, для достижения наибольшей эффективности.



Рис. 4. Модель PDCA в рамках применения «зеленых» технологий в транспортных системах

На этапе «проверяй» проводится оценка результатов, применяемых «зеленых» решений, в ходе мониторинга и анализа. Активное внедрение цифровых технологий в значительной мере позволяет упростить процессы оценки. Так использование датчиков передачи данных и GPS-приборов позволяют осуществлять контроль в реальном времени за различными элементами логистической инфраструктуры и производственными процессами, а возможность применения технологии «big data» упрощает анализ большого количества информации и позволяет выбирать необходимые данные в кратчайшие сроки.

На этапе «действуй» на основе соответствия полученных данных запланированным критериям и показателям, проводится оценка необходимости проведения корректировки предпринимаемых действий [42].

Следует отметить, что данная модель направлена на постоянное улучшение, оценку пригодности и эффективности экологических результатов деятельности предприятия. Поэтому даже при достижении запланированных экологических показателей, необходимо отслеживать актуальные тенденции и методики, чтобы своевременно включать их в систему эколого-экономического управления предприятием.

Современная и эффективная эколого-экономическая система, основанная на использовании «зеленых» подходов, позволяет предприятиям получить значительные конкурентные преимущества за счет:

- комплексного управления транспортными и иными системами предприятия, с учетом их влияния на окружающую среду и оптимальности осуществления процессов;
- снижения финансовых издержек при транспортировке, складировании и упаковке продукции, в результате оптимизации логистических процессов, а также применении технологий цифровизации, использовании методов рециклинга упаковочного материала и др. [36,45];
- снижения финансовых издержек за счет снижения выбросов, сбросов и объемов размещаемых отходов, что ведет к уменьшению платы за негативное воздействие на окружающую среду;
- повышения производительности процессов, в ходе замены устаревших технологий и применения экологичных безопасных решений, а также комплексного использования ресурсов;
- снижения энергоемкости предприятия, в результате применения энергоэффективного оборудования и методов энергосбережения [32,45];
- повышения эффективности информационных потоков, позволяющих увеличить скорость передачи, обработки и анализа данных, в том числе и между отдельными подразделениями предприятия [12,45];
- создания благоприятного имиджа компании, что особенно актуально для предприятий, ориентированных на импортный рынок;

➤ снижения выбросов парниковых газов и перехода на низкоуглеродные технологии [72].

Несмотря на перечисленные значительные преимущества, в России «зеленые» тенденции не нашли пока еще широкого применения в производственной области. Это связано с определенными проблемами внедрения технологий экологической направленности, с которыми сталкиваются производители:

1. *Отсутствие запроса со стороны потребителей.* Конечный потребитель при выборе между экологичным товаром, но по более высокой цене и менее экологичным товаром такой же категории по более низкой цене выберет последний. Экологичность товара или его производство будет иметь влияние как критерий выбора только в случае нахождения товаров в одной ценовой категории. Но необходимо отметить тенденцию, что потребители в возрасте 25-35 лет среднего достатка отдают предпочтение товарам от производителей с «зеленой» репутацией и согласны платить больше за экологичные товары. В последнее десятилетие осведомленность населения в вопросах негативного воздействия на окружающую среду и бережливого природопользования возрастает. При условии улучшения экономической ситуации в стране, снижения уровня бедности населения и повышения доходов, критерий экологичности товара или его производства может стать одним из решающих при выборе товаров или услуг [79].

2. *Отсутствие заинтересованности производителя.* Любые инновационные методы и технологии ресурсо- и энергосбережения требуют значительных финансовых вложений, имеющих долгосрочный срок окупаемости. Отсутствие существенных методов стимулирования, а часто и недостаток финансовых возможностей делает внедрение «зеленых» технологий нерентабельным.

3. *Отсутствие обязательных государственных механизмов и нормативно-правовых актов, стимулирующих предприятия для перехода на стратегию «зеленых» технологий.* Российское законодательство в

природоохранной области значительно отстает от развитых зарубежных стран. ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды» был принят в 2002 году, но только в последнее пятилетие наметились тенденции к формированию эффективной модели регулирования [15,32].

### **1.3. Особенности управления углеродным следом горно-обогатительных комбинатов**

Усугубление экологических проблем и ухудшение качества окружающей среды, вызванных выбросами от промышленных предприятий парниковых газов на различных этапах производства продукции, а также ее транспортировки до конечного потребителя, требует усиления мониторинга и повышения контроля за данными загрязняющими веществами. В начале августа 2021 года Межправительственной группой экспертов по изменению климата был представлен доклад о прогнозе влияния антропогенной деятельности человека на климат планеты. Предполагается, что к 2040 году глобальная температура вырастет на 1,5 градуса и, в зависимости от интенсивности выбросов парниковых газов, к 2100 году увеличение температуры составит уже от 1,8 до 4,4 градусов. При этом в Докладе отмечается, что уже при потеплении на 1,5 градуса, повышение уровня океана относительно 1900 года составит 0,3 метра, прежде всего, за счет активного таяния ледников на полюсах планеты и на горных вершинах. Усугубятся по силе экстремальные природные явления, и даже при стабилизации температуры на 1,5 градуса увеличится их число, в том числе и в регионах, где ранее они не фиксировались. При достижении температуры 2 градуса их число удвоится, а при дальнейшем потеплении увеличится в 4 раза. Также возникнет риск потери уникальных экосистем, не обладающих высокой адаптивностью. Предполагается, что увеличение температуры на 4 градуса приведут к потерям в экономике до 5 % глобального ВВП ежегодно [11,80,85]. В целом игнорирование проблемы выбросов парниковых газов приведет к

необратимым последствиям и, прежде всего, содержит высокие риски для глобальной и продовольственной безопасности.

Основная задача, которая ставится перед странами, разработать методики управления выбросами парниковых газов и снизить их количество, при этом предполагается снижение выбросов CO<sub>2</sub> до нулевых значений. Это позволит удержать в оптимистичном прогнозе увеличение температуры на уровне 1,5 градуса, при приближении выбросов CO<sub>2</sub> к нулю к 2050 году. Снижение CO<sub>2</sub> вдвое к 2050 году приведет к повышению среднемировой температуры на 1,8 градуса, при условии, что в дальнейшем концентрация парниковых газов продолжит понижаться. Только переход к низкоуглеродной экономики и достижение углеродной нейтральности поможет достигнуть стабилизации негативных климатических изменений [11,19].

В зарубежных странах к одним из наиболее эффективных мер регулирования выбросов парниковых газов можно отнести экономические инструменты, где, в первую очередь, можно выделить углеродные налоги и систему торговли квотами. Так, в Китае с 2011 года запущена программа торговли квотами на выбросы CO<sub>2</sub>, а в 2017 году был разработан и выпущен Национальный план развития углеродного рынка. Данная программа должна охватить более 5 Гт годовых выбросов парниковых газов, тем самым это одна из самых крупнейших систем торговли квотами в мире. В целом в Китае разработана долгосрочная политика, направленная на достижение углеродной нейтральности к 2060 году, так как страна подписала Парижскую Конвенцию о снижении выбросов до 2060 года, а к 2030 году планируется сократить выбросы CO<sub>2</sub> минимум на 65% по сравнению с 2005 годом [24,63].

В Австралии также существуют своя система единого национального реестра и фонд, управляющий торговлей углеродными единицами, с проведением аукционов. Здесь были предприняты попытки ввести углеродной налог в 2011 году, но спустя три года в связи с экономическим кризисом, данный экономический механизм был отменен. В Австралии разрабатывают

долгосрочную водородную стратегию, направленную на создание водородных хабов, цепочек поставок, системы «зеленой» сертификации [66].

Среди стран, которые активно разрабатывают подходы по регулированию парниковых газов можно выделить Канаду и Японию. В Канаде с 2016 года действует «Общеканадская рамочная стратегия чистого роста и адаптации к изменениям климата», которая предполагает снижение уровня выбросов на 88% к 2050 году по отношению к уровню выбросов 2015 года. Данный показатель планируется достигнуть за счет перехода к чистым источникам выработки электроэнергии, а также отказу к 2040 году от двигателей внутреннего сгорания и использования легковых автомобилей с нулевым уровнем выбросов (гибридных, электрических или водородных). В Канаде существует две федеральные системы ценообразования на углерод: налог на выбросы (20\$ за тонну с постепенным повышением до 50\$ за тонну) и система ценообразования на основе объема производства «OBPS» (предприятия платят за выбросы при превышении отметки в 50 тыс. тонн). В Японии также активно используются меры экономического регулирования, но в отличие от других стран здесь система торговли квотами не используется в национальном масштабе, а представлена в виде региональных проектов. Так, например, в Токио применяется введенная в 2010 году система «Cap – and – tradescheme», а в Сайтаме – «Emissionstradingscheme». В Японии разработана стратегия «зеленого» роста для достижения углеродной нейтральности к 2050 году. Данный проект предполагает создание надежного энергобаланса, включающего водород и возобновляемые источники энергии [66,84,104].

Среди стран ближнего зарубежья, необходимо выделить Казахстан, который регулирует как выбросы углерода, так и метана, и оксида азота, но система торговли квотами покрывает только выбросы CO<sub>2</sub>. Также в Казахстане применяются прямые и косвенные налоги, способствующие снижению выбросов парниковых газов: постоянный налог на автотранспортные средства, налоги на выбросы парниковых газов в окружающую среду, налоги на добычу полезных ископаемых. Косвенные налоги применяются также в Индии, прежде всего, это

косвенный сбор на уголь (ранее – «Clean Energy Cess», с 2017 заменен на «GST Compensation Cess»). При этом в Индии нет системы торговли квотами, но существует система сертификатов, обязывающая закупать определенный процент энергии из возобновляемых источников [63,104].

Таким образом, мировые тенденции направлены на регулирование выбросов парниковых газов и их снижение. Большинство стран планирует достигнуть углеродной нейтральности к 2050-2060 годам, за счет перехода от использования углеродных видов топлива к возобновляемым источникам энергии, водородному топливу и другим альтернативным источникам энергии, а также использованию электромобилей и отказу от традиционных видов топлива. В основном применяются экономические меры и стимулирующие механизмы регулирования парниковых газов, которые включают в себя: прямые и косвенные налоги, системы торговли квотами, системы сертификации и лицензирования и др.

21 сентября 2019 года Россия также ратифицировала Парижское соглашение в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата, ориентированной на создание регулирующих мер по снижению выбросов CO<sub>2</sub>. В настоящий момент разрабатывается программа в области экологического развития и климатических изменений на период с 2021 по 2030 гг. Она предполагает создание систем мониторинга как за климатическими изменениями среды, так и за объемами выбросов парниковых газов в жизненном цикле продукции, а также разработку технологий, направленных на снижение негативной нагрузки от отраслей экономики, оценку их эффективности и др. На рисунке 5 представлены основные направления реализации данной программы и ожидаемые результаты [37,50].

Для достижения поставленных целей, предполагается взаимодействие различных групп участников, к которым относят: государственные органы власти и министерства, научное сообщество, организации реального сектора экономики.

Если рассматривать данную программу в разрезе промышленных комплексов, то учет, контроль и разработка природоохранных мероприятий,

направленных на снижение парниковых газов, должно стать частью системы экологического менеджмента предприятия, особенно это касается тех отраслей промышленного сектора, которые обладают производственными процессами и инфраструктурой, образующиеся значительные выбросы парниковых газов.



Рис. 5. Направления реализации Федеральной научно-технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021-2030 гг. [5,90]

В России к парниковым газам относят: диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ), закись азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ), гидрофторуглеводороды (HFC), перфторуглеводороды (PFC), гексафторид серы ( $\text{SF}_6$ ), трифторид азота ( $\text{NF}_3$ ). При этом в структуре совокупных выбросов парниковых газов наибольшая доля приходится на диоксид углерода и метан. В 2019 год на  $\text{CO}_2$  пришлось 79,24% от всех выбросов парниковых газов, а на  $\text{CH}_4$  – 14,88% [7,101].

Рассматривая динамику изменения парниковых выбросов за период 1990 – 2019 года, можно отметить их значительное снижение по отношению к 1990 году начиная с 1995 года. На рисунке 6 представлен график совокупных антропогенных выбросов парниковых газов в пересчете на CO<sub>2</sub>-экв.

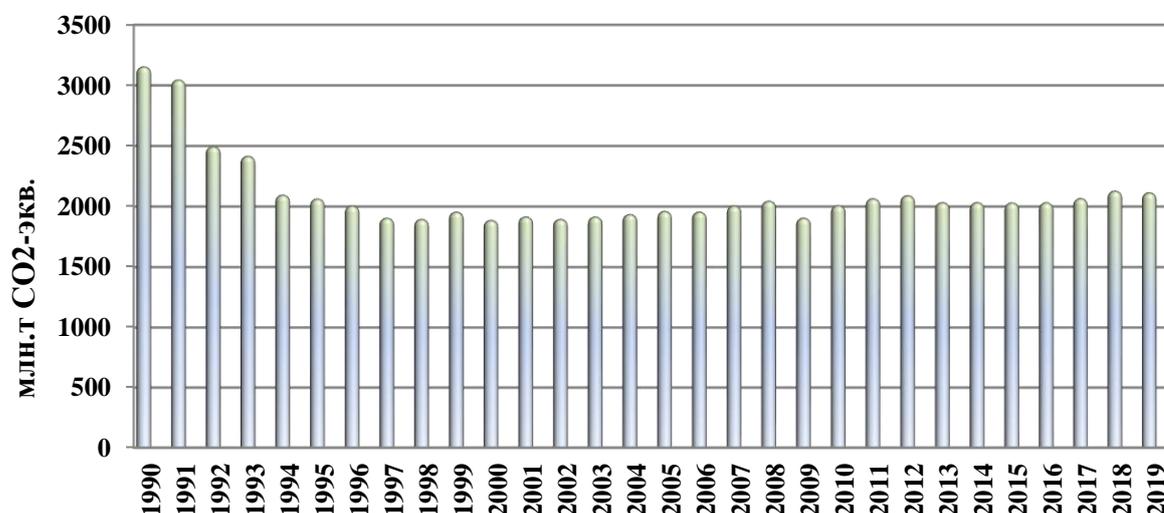


Рис.6. Совокупный антропогенный выброс парниковых газов в пересчете на CO<sub>2</sub>-экв. за период 1990-2019 года [9,43]

В период с 1999 по 2008 год можно отметить возрастание выбросов, связанное с периодом экономического подъема в стране и активного роста производственных отраслей. В 2009 году в период экономического кризиса объем парниковых выбросов сокращается, в связи с закрытием промышленных предприятий, но начиная с 2010 года, можно отметить снова их рост до 2012 года. Последующий период характеризуется резким ростом количества личных автомобилей, активным развитием транспортных систем и увеличением темпов индустриализации, а также реформами в области охраны окружающей среды. Несмотря на формирование новых подходов эколого-экономического регулирования, вплоть до 2018 года наблюдается увеличение совокупного выброса парниковых газов. В период 2017-2018 года рост суммарных выбросов составил 4,7%. Только в 2019 году отмечено снижение по отношению к 2018 году, которое составило 0,7%, при увеличении ВВП на 2,0%. Постепенное внедрение «зеленых» технологий, за счет разработки эколого-экономических инструментов управления и стимулирования промышленных комплексов, способно снизить

негативное воздействие на атмосферу, даже в условиях роста промышленности в стране.

Рассматривая структуру источников парниковых выбросов, в первую очередь выделяют категории, относящиеся к энергетике и производственные процессы, связанные со сжиганием различных видов топлива. В таблице 4 представлена характеристика основных источников парниковых газов.

Таблица 4. Характеристика источников выбросов парниковых газов [6,9]

Наименование категории	Парниковый газ	Величина выброса, тыс.т CO <sub>2</sub> -экв.
Сжигание топлива – энергетическая промышленность (газообразные топлива)	CO <sub>2</sub>	478 021,41
Сжигание топлива – промышленное производство (газообразные топлива)	CO <sub>2</sub>	65 538,64
Другие сектора (газообразные топлива)	CO <sub>2</sub>	149 678,93
Другие сектора и сжигание топлива, не учтенные ранее (газообразное топливо)	CO <sub>2</sub>	12 623,65
Сжигание топлива – энергетическая промышленность (твердые топлива)	CO <sub>2</sub>	232 055,23
Сжигание топлива – промышленное производство (твердые топлива)	CO <sub>2</sub>	44 068,30
Сжигание топлива – энергетическая промышленность (жидкие топлива)	CO <sub>2</sub>	72 047,53
Сжигание топлива – промышленное производство (жидкие топлива)	CO <sub>2</sub>	33 682,02
Другие сектора (жидкие топлива)	CO <sub>2</sub>	44 410,26
Другие сектора и сжигание топлива, не учтенные ранее (жидкое топливо)	CO <sub>2</sub>	11 820,5
Сжигание топлива (другие ископаемые)	CO <sub>2</sub>	25 700,81
Сжигание топлива – промышленное производство (другие ископаемые)	CO <sub>2</sub>	17 699,38
Дорожный транспорт	CO <sub>2</sub>	158 886,39

Внутренняя авиация	CO <sub>2</sub>	13 429,86
Другие виды транспорта	CO <sub>2</sub>	61 852,13
Производство чугуна, железа прямого восстановления и стали	CO <sub>2</sub>	92 604,39
Эмиссия от утечек и испарения топлив	CO <sub>2</sub>	41 028,49
Производство аммиака	CO <sub>2</sub>	35 093,26
Производство цемента	CO <sub>2</sub>	20 306,19
Нефтехимическое производство и производство сажи	CO <sub>2</sub>	13 038,04
Эмиссия от утечек и испарения топлив природного газа	CH <sub>4</sub>	49 774,19
Эмиссия от утечек и испарения твердых топлив	CH <sub>4</sub>	68 247,79
Эмиссия от утечек и испарения нефти	CH <sub>4</sub>	33 093,28
Эмиссия от утечек и испарения топлив – газоотведение и сжигание	CH <sub>4</sub>	17 970,43
Захоронение твердых отходов	CH <sub>4</sub>	75 892,88
Внутренняя ферментация	CH <sub>4</sub>	39 090,43
Очистка сточных вод	CH <sub>4</sub>	24 411,79
Использование в системах кондиционирования воздуха и охлаждения	Все фторсодержащие газы	18 855,19
Производство фторсодержащих соединений	Все фторсодержащие газы	16 095,77
Прямые выбросы от обрабатываемых почв	N <sub>2</sub> O	52 557,64

Анализируя данные, можно сделать вывод, что наибольший вклад в загрязнение атмосферы парниковыми газами вносят процессы сжигания топлива в ходе производства энергетических ресурсов, либо при осуществлении непосредственно производственных процессов на предприятиях. Общая масса

выбросов составляет 118 7346,66 тыс. т CO<sub>2</sub>- экв. или 56,1% от общей массы парниковых газов, при чем все эти выбросы приходятся на CO<sub>2</sub>. Вторым крупным источником парниковых газов является транспорт, который также вносит вклад в выбросы диоксида углерода, в результате работы двигателей внутреннего сгорания. На данный источник загрязнения приходится 234 168,38 тыс. т CO<sub>2</sub>- экв., что составляет 11% от общей массы парниковых газов. Также можно отметить, что в результате утечек метана и углекислого газа в атмосферу выделилось 210 114,18 тыс. т CO<sub>2</sub>- экв. парниковых газов, что составило 9,8% от их суммарного количества.

На рисунке 7 представлено распределение парниковых газов по источникам загрязнения парниковых газов.

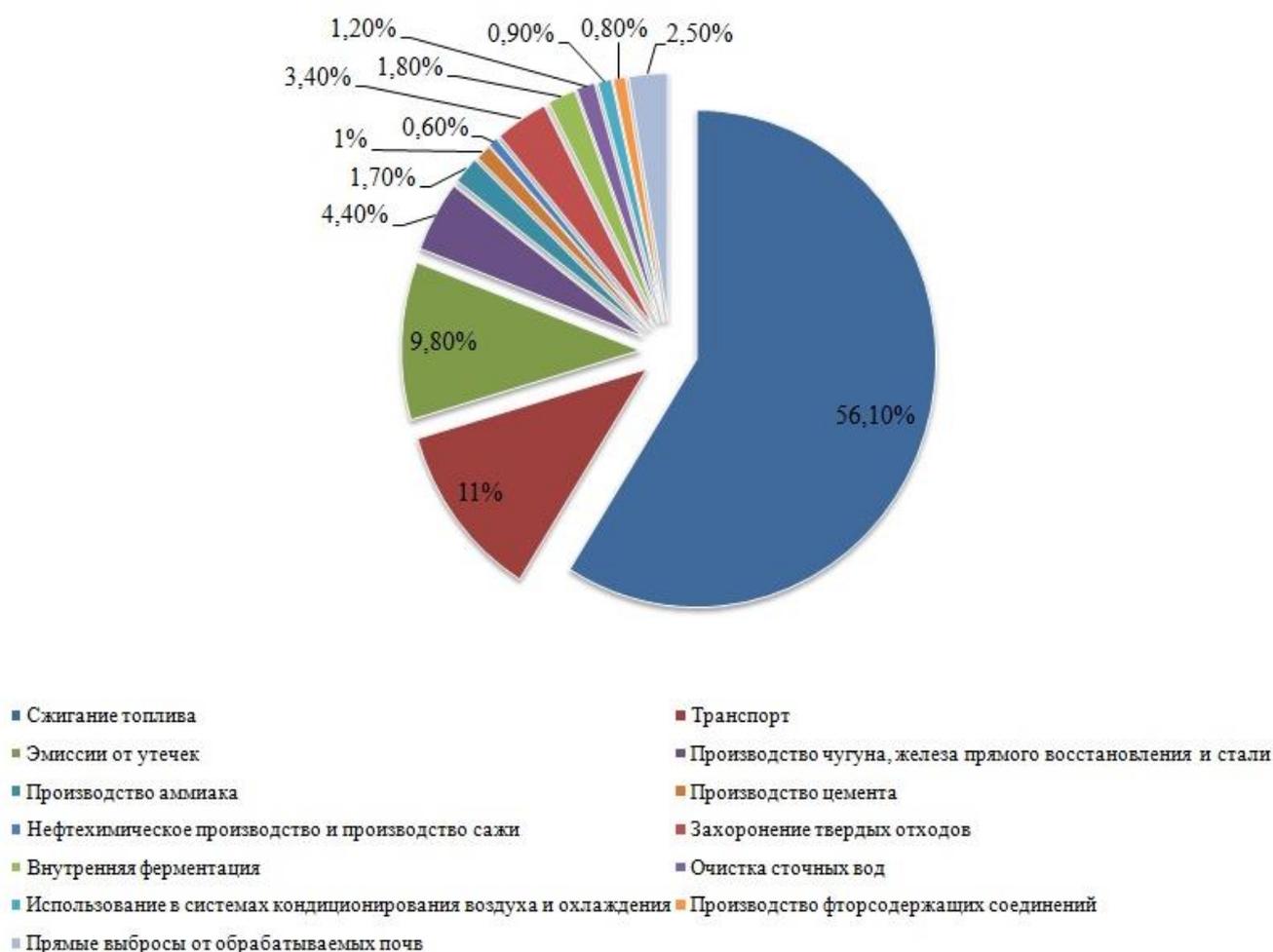


Рис. 7. Вклад источников загрязнений в совокупный выброс парниковых газов [6,8]

Необходимо учитывать, что помимо прямых выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, существуют еще косвенные источники, также оказывающие влияние на парниковый эффект. Данная категория объектов создает дополнительную нагрузку на станции по выработке тепла и электричества, за счет применения устаревших технологий и оборудования, несоответствия строительных конструкций современным требованиям тепло и энергосбережения. Прежде всего, здесь можно выделить склады и складские комплексы, обладающие высокими потолками и большими дверными проемами; использование устаревшей инфраструктуры, не отвечающей современным нормам энергосбережения; недостаточная термоизоляция и модернизация существующих нежилых зданий; неэффективные системы освещения и др. [38].

Мониторинг и контроль за парниковыми газами позволит учитывать углеродный след производимой продукции и разрабатывать мероприятия по их снижению.

Под углеродным следом продукции понимается сумма выбросов парниковых газов в пересчете на CO<sub>2</sub>-экв., которые образуются на протяжении жизненного цикла продукции с использованием одной категории воздействия – изменение климата. Таким образом, расчет углеродного следа продукции позволяет оценить негативное воздействие на климат при его производстве и использовании, выявить процессы оказывающее максимальное негативное воздействие и разработать мероприятия по его снижению [26,81].

При этом для промышленных комплексов углеродный след может выступать как фактор оптимизации эколого-экономической и производственной деятельности.

В данной области можно выделить следующие направления оптимизации и модернизации промышленных предприятий:

➤ повышение эффективности транспортных систем, в том числе использование автомобилей с меньшим объемом выбросов оксидов углерода и оптимизация способов транспортировки готовой продукции до конечного потребителя;

- внедрение энергосберегающих технологий, включающее строительство энергоэкономичных складов и промышленных зданий, а также повышение эффективности систем теплоснабжения, снижение теплопотерь, экономия электрической энергии, воды и пр.;
- разработка и внедрение новых систем очистных сооружений, очистка дымовых газов от теплоэлектростанций;
- применение методов по отдельному сбору отходов, с дальнейшей их утилизацией или повторным вовлечением в производственный цикл;
- использование возобновляемых источников энергии, разработка и использование новых, более безопасных видов топлива;
- оптимизация существующих производственных процессов, применение наилучших доступных технологий;
- формирование и реализация новых подходов к организации и управлению производственными и логистическими процессами [16,47,83].

Для оптимизации деятельности предприятия выбирают и формируют наиболее эффективный план мероприятий. При этом, на рисунке 8 представлены факторы, оказывающие влияние на выбор мероприятий по снижению парниковых газов.



Рис.8. Факторы, оказывающие влияние на выбор мероприятий по снижению парниковых газов [47]

Следует отметить, что к факторам, характеризующим источники выбросов парниковых газов необходимо отнести такие как:

- технологическая схема производственных процессов;
- характеристика технологических машин и оборудования;
- характеристика вспомогательных и логистических процессов [69].

К факторам, которые характеризуют эффективность мероприятий можно отнести:

- экологические факторы, учитывающие объем и концентрацию загрязняющих веществ, климатические характеристики региона;
- экономические факторы, включающие оценку себестоимости проведения мероприятия, наличия финансовых средств, плату за негативное воздействие на окружающую среду, эффекты от внедрения мероприятия;
- социальные факторы, которые учитывают численность населения в зоне влияния предприятия, удаленность предприятия от населенного пункта, уровень безопасности ведения производственных работ [15,47].

Также следует отметить важность влияния существующих законодательных и нормативных требований. При этом, данные методы могут нести как ограничительный характер, так и стимулирующий характер. В качестве ограничительных мер могут применяться квоты и дополнительные платы за парниковые газы, налоги на выбросы углекислого газа, пошлины на импортные товары с высоким углеродным следом, повышенные тарифы при транспортировке товаров. Стимулирующие меры направлены на формирование заинтересованности со стороны предприятия на оптимизацию своей деятельности.

На сегодняшний момент в отличие от европейского законодательства, в России отсутствуют дополнительные ограничительные меры для бизнеса в области управления выбросов парниковых газов. Учитывая это, важно выработать оптимальные методы стимулирования природоохранной деятельности со стороны государства. В соответствии со «Стратегией долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» предполагается:

1. создание системы субсидирования и льготного кредитования проектов, направленных на снижение углеродного следа, включающее налоговые льготы, налоговые кредиты, налоговые субсидии и системы возврата уплаченных налогов;

2. развитие программ по повышению энергоэффективности, введение обязательных стандартов по выбросам парниковых газов на единицу готовой продукции или услуги, программы по развитию и внедрению альтернативной энергии и безопасных видов топлива;

3. заключение соглашений между отраслевыми сообществами и государственным сектором по достижению установленных ключевых показателей выбросов парниковых газов;

4. субсидирование энергии для отдельных групп потребителей, гарантированные тарифы на сбыт «зеленой» энергии;

5. лицензирование отдельных видов деятельности с низкими параметрами энергоэффективности [5,28].

Данные инструменты позволят создать подходы управления промышленными предприятиями, в том числе и в горном секторе, но для эффективного углеродного регулирования на горно-обогатительных комбинатах необходимо выделить основные элементы инфраструктуры, оказывающей воздействие на атмосферу и вносящей вклад в развитие парникового эффекта, при этом отдельно необходимо обозначить ту инфраструктуру, которая оказывает прямое воздействие на формирование парниковых газов, так как в дальнейшем это позволит учитывать углеродный след продукции. Данные об инфраструктуре и ее экологическая характеристика представлена в таблице 5.

Таблица 5. Экологическая характеристика инфраструктуры горно-обогатительного комбината [55,74]

Наименование	Процесс образования выбросов	Выбросы в атмосферу	Парниковые выбросы (отсутствуют/ присутствуют)
Технологический	Выбросы от двигателей	Оксиды азота, оксиды	+

транспорт	внутреннего сгорания.	серы, оксид углерода, керосин, сажа, пыль неорганическая.	
Вспомогательный транспорт	Выбросы от двигателей внутреннего сгорания.	Оксиды азота, оксиды серы, оксид углерода, керосин, сажа, бензин, пыль неорганическая.	+
Корпуса по обслуживанию транспорта	Выбросы от двигателей внутреннего сгорания и от процессов ремонта и обслуживания транспорта.	Оксиды азота, оксиды серы, оксид углерода, керосин, сажа, тяжелые металлы, непредельные углеводороды.	-
Места техногенного складирования	Процессы пыления.	Пыль неорганическая.	-
Склады складские комплексы	Складирование, хранение материальных ценностей.	Пыль неорганическая.	-
Хвостохранилище	Процессы пыления.	Пыль неорганическая.	-
Дробильная фабрика	Процессы дробления.	Пыль неорганическая.	-
Обогатительный комплекс	Процессы сушки, обогащения.	Пыль неорганическая.	-
Котельная	Процессы выработки горячей воды и пара.	Оксиды азота, оксиды серы, оксид углерода, мазутная зола, сажа, бензапирен.	+
Теплоэлектроцентраль	Процессы выработки электроэнергии.	Оксиды азота, оксиды серы, оксид углерода, мазутная зола, сажа, бензапирен.	+
Транспортно-топливный участок	Процессы хранения, размещения, транспортировки и заправки топлива.	Дигидросульфид, предельные углеводороды.	-

Таким образом, основными источниками парниковых газов прежде всего являются процессы, связанные с сжиганием топлива. Для горно-обогатительного комбината можно выделить транспортную систему, котельные и ТЭЦ. При этом, следует отметить, что некоторые вредные загрязняющие вещества, такие как неорганическая пыль, не обладают прямым парниковым эффектом, но могут образовывать аэрозольные мелкодисперсные частицы, которые обладают свойствами, усиливающими негативный эффект от парниковых газов.

Характеристика объектов инфраструктуры с точки зрения выбросов парниковых газов представлена в таблице 6. В таблице также приведен пример данных парниковых газов по предприятию АО «Ковдорский ГОК».

Таблица 6. Характеристика объектов инфраструктуры как источников парниковых газов на примере АО «Ковдорский ГОК»

Объект инфраструктуры	Краткая характеристика	Классность по отношению к парниковым газам	Данные по АО «Ковдорский ГОК», т/год
Технологический транспорт	Основной процесс - движение основного материального потока.	2	127,592
Вспомогательный транспорт	Осуществляет процессы движения вспомогательных материальных потоков, обустройство стационарных и временных коммуникаций, обеспечение исправности технологического транспорта.		

Котельная	Производит горячую воду и пар для нужд предприятия и ближайших населенных пунктов.	1	235,123
Теплоэлектростанция	Производит электричество для нужд предприятия и ближайших населенных пунктов.	2	146,498

Следует отметить, важность включения показателей выброса парниковых газов в структуру управления природоохранной деятельностью предприятия, в связи с формированием низкоуглеродной политики и стремлением государства снизить выбросы парниковых газов в атмосферу. Это позволит в дальнейшем рассчитывать углеродный след продукта, который представляет собой совокупный объем парниковых газов, которые образуются на протяжении всего жизненного цикла продукции: от добычи сырья до утилизации и размещения отходов. Снижение углеродного следа продукции является мировой тенденцией, и в области управления промышленным предприятием направлено на снижение или прекращение выбросов парниковых газов за счет модернизации оборудования, оптимизации производственных процессов, повышения эффективности управленческой деятельности компании, внедрении наилучших доступных технологий и «зеленых» решений [29,31].

Для горной отрасли применение «зеленых» подходов является особенно актуальным в связи со значительным воздействием производственных и вспомогательных процессов на окружающую среду. Включение концепции устойчивого развития позволяет в значительной мере не только снизить выбросы парниковых газов, но и повысить эффективность деятельности предприятия и решить ряд проблем:

1. *Проблемы производственной неэффективности*: низкая производительность и недогрузка оборудования, отсутствие своевременной информации о качестве и количестве руды, устаревшие технологии и оборудование, отсутствие оптимизированного планирования, неэффективное управление запасами, недостаточное техническое обслуживание транспортного парка, отсутствие возможностей для моделирования общего плана добычи, невозможность видеть добытую руду на разных этапах производственной цепочки.

2. *Проблемы загрязнения окружающей среды*: негативное воздействие на атмосферу и гидросферу, минимальное использование техногенных отходов в производственных процессах, отсутствие комплексного мониторинга за выбросами, сбросами и отсутствие оценок их воздействия.

3. *Проблемы безопасности труда*: недостаточные возможности для мониторинга за опасными ситуациями, низкая координация между разными сотрудниками / группами сотрудников / отделами.

4. *Проблемы управления кадрами*: недостаток квалификации сотрудников, сложность управления большим количеством сотрудников (в том числе временных), низкая экологическая ответственность среди персонала.

5. *Проблемы оптимизации сбытовых операций*: колебания в спросе на руду, недостаточная интеграция всех элементов производственной цепочки со сбытовым отделом, изменение веса и характеристик руды в ходе транспортировки, недостаточная интеграция коммерческой деятельности и производственного планирования [21,36].

Рассматривая пути реализации методов «зеленых» технологий на промышленных предприятиях для совершенствования транспортных и других производственных систем можно выделить следующие основные направления внедрения:

1. транспортная система;
2. складская система;
3. энергетическая система;

#### 4. информационная система.

К методам и технологиям, направленным на экологизацию *транспортных систем* можно отнести:

- развитие имеющихся систем диспетчеризации, модернизация оборудования и контроль расхода топлива;
- использование лазерных дальномеров и беспилотников, позволяет качественно отслеживать этапы работ и своевременно управлять процессами погрузки и разгрузки руды;
- модернизация экскаваторов и вспомогательного оборудования, увеличение объема кузовов карьерных самосвалов в целях повышения грузоподъемности, сокращение холостых пробегов и горячих простоев, а также улучшение обслуживания горной техники и настройка двигателей;
- повышение профессионализма среди машинистов самосвалов и бульдозеров, создание виртуальных классов, совершенствование систем нормирования и мотивации [48,78];
- применение более экологичных видов транспорта, переход на автотранспорт с электродвигателем, запитанным от контактной сети;
- переход на экологичные виды топлива и улучшение свойств горюче-смазочных материалов. К перспективным технологиям относятся направления перевода техники на сжиженный природный газ;
- разработка и производство удаленно-управляемой техники и полностью роботизированных систем добычи и транспортировки руды;
- оптимизация маршрутов, более полная загрузка самосвалов;
- применение беспилотных горных транспортных средств, для планирования и управления горной техникой и горнодобывающих работ;
- консолидация грузовых партий в логистических каналах, в том числе с другими предприятиями, для снижения издержек транспортировки [17,34,48].

К основным «зеленым» технологиям *складских систем* можно отнести:

- исключение промежуточного складирования и перевалок грузов за счет создания поточных (непрерывных) транспортных потоков;
- создание автоматизированной системы учета запасов, цифровизация складской деятельности, оптимизация процессов снабжения;
- применение современных систем очистки по снижению пыления и обеспечению нормативных экологических показателей;
- снижение энергопотребления складских помещений, за счет применения энергоэффективного оборудования и технологий энергосбережения [20,31].

К методам и технологиям, направленным на экологизацию *энергетических систем* можно отнести:

- переход на использование природного газа и применение экологически безопасных видов топлива;
- использование альтернативных источников энергии;
- автоматизация энергетических процессов [23].

Среди методов оптимизации *информационных систем* можно выделить:

- применение информационных платформ со встроенными интеллектуальными технологиями, которые включают в себя искусственный интеллект, машинное обучение и расширенную предиктивную аналитику;
- применение технологий «цифровых двойников», формирующих цифровую модель предприятия целиком, так и отдельных элементов производственной и логистической системы;
- применение технологий «интернета вещей»;
- использование виртуальной дополненной реальности для создания обучающих программ персонала и оценки рисков проведения горных работ [14,17,49].

Данные мероприятия позволяют не просто оптимизировать существующие производственные и логистические процессы, но и снизить негативное

воздействие на окружающую среду, в том числе уменьшить количество выделяемых парниковых газов.

Таким образом, можно сделать вывод, что в структуре выбросов в атмосферу, парниковые газы занимают особое место, так как они обладают значительным влиянием на изменение климата и оказывают непосредственное воздействие на происходящие процессы глобального потепления в мире. К структурным элементам, которые формируют наибольшее количество парниковых газов, прежде всего, относят процессы сжигания топлива, в том числе транспортные процессы, при которых образуются выбросы от двигателей внутреннего сгорания транспорта. Эколого-экономическая деятельность промышленных предприятий, которые обладают расширенной транспортной и энергетической инфраструктурой должна учитывать образование парниковых газов от своей инфраструктуры и разрабатывать комплексные подходы, которые позволили бы рассчитывать углеродной след продукции, оценивать влияние производственной деятельности на атмосферу и вырабатывать наиболее эффективные меры по снижению негативного воздействия. В значительной мере, развитию подобных подходов способствует государственная политика, связанная с формированием стратегии низкоуглеродной экономики в России, направленной на стимулирование природоохранных мероприятий на промышленных предприятиях.

Обобщающие выводы к первой главе диссертационного исследования:

1. Горнодобывающая промышленность обладает отличительными особенностями, совокупность которых позволяет выделить её в качестве самостоятельного объекта исследования в сфере экономики природопользования и охраны окружающей среды. К важнейшим из таких особенностей относятся безальтернативность выбора места размещения горнодобывающих предприятий, безальтернативность выбора предмета труда и невозможность изолирования основных технологических процессов от непосредственного контакта с окружающей средой.

2. Несмотря на то, что предприятия горнодобывающей промышленности могут относиться к разным классам опасности по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 – I («угольные разрезы»), II («добыча железных руд, асбеста»), III («добыча фосфоритов, апатитов, колчеданов») и даже IV («добыча карбоната калия»), при значительных объемах добычи сырья объём выбросов парниковых газов транспортными средствами и системами, обслуживающими такие предприятия, может превышать 150 тысяч тонн в год, что требует специального контроля со стороны государства и стимулирования горнодобывающих предприятий к разработке специальных программ по сокращению выброса парниковых газов в целом и их транспортно-логистическими системами в первую очередь, вне зависимости от нормативного класса опасности предприятия.

3. Исходя из того, что, наряду с парниковыми газами, в процессе функционирования предприятия горно-обогажительной отрасли эмитируют другие вещества, загрязняющие атмосферу, в том числе, аэрозольные мелкодисперсные частицы неорганических веществ, способных методом переноса также загрязнять почвы и поверхностные воды, и при этом в состав парниковых газов входят увеличивающие параметры процессов такого переноса газы с удельной плотностью ниже воздуха, при расчете эффективности мероприятий горнодобывающих предприятий по сокращению выброса парниковых газов следует учитывать косвенный эффект от сопутствующего сокращения эмиссии и переноса других загрязняющих атмосферу веществ.

4. В России не применяется такой хорошо зарекомендовавший себя в зарубежной практике механизм дополнительного стимулирования горнодобывающих предприятий к реализации мероприятий по сокращению выброса парниковых газов, как законодательное установление ограничений и индуцирующих мер – квот и дополнительной платы за парниковые газы, налогов на выбросы углекислого газа, пошлин на импортные товары с высоким углеродным следом, повышенных тарифов при перемещении товаров транспортом, использующим в качестве топлива нефтепродукты.

5. Разработка эффективных программ по сокращению выброса парниковых газов от горно-обогатительных предприятий и механизмов дополнительного стимулирования горно-обогатительных комбинатов к реализации мероприятий по сокращению выброса парниковых газов требуют разработки методического обеспечения, позволяющего анализировать и оценивать как экологическую деятельность предприятий горно-обогатительного сектора, в том числе, с точки зрения сокращения выброса парниковых газов, так и эффективность отдельных экологических мероприятий и их комплекса, предполагающего получение синергетического эффекта.

## **ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ СНИЖЕНИЕМ ВЫБРОСА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТАХ**

### **2.1. Методический подход к исследованию и оценке эколого-экономической деятельности предприятий горнодобывающей отрасли**

Горно-обогатительный комбинат является сложной и многофункциональной системой, включающий в свой состав большое количество элементов и подсистем. Для полноценной оценки его эколого-экономической деятельности необходимо определить этапы проведения исследования.

Для проведения анализа и оценки деятельности предприятий горно-обогатительного сектора необходимо разработать методику идентификации механизмов негативного влияния горного комбината на окружающую природную среду, данные подходы должны складываться из следующих составляющих:

1. Определить способы негативного влияния на окружающую природную среду горно-обогатительного комбината и выявить источники наибольшего негативного воздействия с их последующей характеристикой.
2. Составить общую информацию по проведению анализа сильных и слабых сторон деятельности предприятий горно-обогатительного сектора.
3. Провести анализ и экологическую оценку производственной инфраструктуры горно-обогатительного комбината на основе исследования его основных подсистем (транспортной, складской, информационной).
4. Провести апробацию методики анализа на данных конкретного предприятия.

Проведение аналитического исследования позволит конкретизировать негативное воздействие, определить его источники и впоследствии предложить эколого-экономические инструменты, позволяющие регулировать природоохранную деятельность горно-обогатительного комбината и определять критерии обоснования эколого-экономической деятельности и осуществления

хозяйственных решений на их основе. Разработанные автором методики могут быть использованы и адаптированы для любого предприятия, относящегося к горно-обогатительной отрасли, и их апробация проводится исходя из статистических и отчетных данных горно-обогатительного предприятия.

Рассмотрим подробнее каждый конкретный пункт методики анализа негативного воздействия горно-обогатительного комбината на окружающую природную среду для последующей оценки его влияния и построения эколого-экономической деятельности на предприятии (таблица 7).

Таблица 7. Этапы методики идентификации механизмов негативного влияния горно-обогатительного комбината на окружающую природную среду

№ п/п	Наименование	Характеристика этапа
1	Определение способов негативного влияния на окружающую природную среду горно-обогатительного комбината и выявления источников наибольшего негативного воздействия с их последующей характеристикой.	В исследовании дана классификация способов и источников негативного влияния промышленного комплекса на экологическую обстановку в регионе, адаптированная для горно-обогатительного комбината и определено основное направления загрязнения.
2	Составление сводной информации по проведению анализа сильных и слабых сторон горно-обогатительного комбината.	Проведение исследования методом SWOT-анализа позволит определить перспективные направления в развитии природоохранной деятельности горно-обогатительных предприятий, а также выделить возможные проблемы, препятствующие его развитию. Адаптация данного метода анализа для горно-обогатительных комбинатов позволит учесть их специфику и инфраструктурные особенности, а также позволит отразить влияние транспортных систем на углеродный след региона.
3	Анализ и экологическая оценка	В работе раскрыты особенности влияния

	производственной инфраструктуры горно-обогатительного комбината на основе исследования его основных подсистем.	транспортной, складской и информационной инфраструктур, присутствующих на любом горно-обогатительном комбинате и проведен их подробный анализ, позволяющий оценить качественный и количественный вклад выбросов в загрязнение атмосферы и образование углеродного следа. Для анализа инфраструктуры используется процессный подход, позволяющий классифицировать источники воздействия и максимально подробно охарактеризовать технологические процессы предприятия.
4	Апробация методики анализа на данных конкретного предприятия.	Апробация методики осуществлена на данных предприятия АО «Ковдорский ГОК» и позволяет отразить степень его вклада в углеродный след и оценить влияние на загрязнение атмосферного воздуха региона.

Использование предложенной методики идентификации механизмов негативного влияния предприятий горно-обогатительного сектора на окружающую природную среду, позволит определить элементы, вносящие наибольший вклад в загрязнение и впоследствии разработать инструменты эколого-экономической оценки и мониторинга вклада выбросов от инфраструктуры горно-обогатительного комбината.

В результате производственной деятельности горно-обогатительное предприятие оказывает значительное антропогенное воздействие на окружающую среду и экосистемы в области:

– *образования отходов.* Вскрышные, попутные и бедные руды относятся к отходам производства и размещаются на специализированных площадках: отвалах и складах попутных руд. Сами по себе эти отходы относятся к 4 классу опасности и не вносят серьёзного химического загрязнения

атмосферного воздуха, почвы или водоемов, но необходимо учитывать тот фактор, что для их размещения изымаются большие площади, на которых происходит уничтожение экосистемы, нарушение гидрологического режима подземных вод.

– *загрязнения водных систем.* К одним из основных факторов загрязнения водных объектов относятся образование отстойников в хвостохранилищах. Данные сточные воды могут содержать различные химические элементы и загрязнять близко расположенные водоемы и подземные воды;

– *загрязнения атмосферы.* Наибольший ущерб горно-обогатительная деятельность наносит атмосфере. К основным источникам загрязнения можно отнести: буровзрывные работы, погрузочно-разгрузочные работы, транспортную деятельность, выбросы от пыления. Эти источники относятся к неорганизованным и снизить их воздействие можно грамотно выстроив работу предприятия. Кроме того, большой вклад в загрязнение атмосферы вносят выбросы при обслуживании транспортных средств [25].

Для выработки эффективной стратегии деятельности предприятия и оценки возможных перспектив и рисков, применяется SWOT-анализ, представленный в таблице 8.

Таблица 8. SWOT-анализ деятельности горно-обогатительного комбината [54,86]

Сильные стороны	Слабые стороны
<p>1. Высокая производительная мощность предприятия;</p> <p>2. Внедряет на практику принципы управления ресурсами и устойчивого развития;</p> <p>3. Уникальные производственные технологии, способствующие снижению конкуренции;</p> <p>4. Значительные производственные мощности, обеспечивающие возможность;</p>	<p>1. Ухудшение качества минерально-сырьевой базы из-за неполноты извлечения ресурса в ходе производственных процессов;</p> <p>2. Существенное экологическое воздействие на окружающую среду при проведении горных работ;</p> <p>3. Неактивное внедрение цифровых технологий в производственные и логистические процессы на предприятии;</p> <p>4. Транспортировка руды</p>

<p>двухнедельной бесперебойной работы дробильно-обогажительного комбината, при полном прекращении добычи руды.</p>	<p>осуществляется преимущественно автотранспортом;</p> <p>5. Сложные горно-геологические условия добычи руды;</p> <p>6. Высокий процент транспортных расходов в общих издержках предприятия;</p> <p>7. Необходимы существенные капитальные вложения для реорганизации логистических схем и замены оборудования и техники.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Возможности</b></p> <p>1. Развитие производственных и вспомогательных процессов с применением концепции устойчивого развития и последующей оценки углеродного следа от транспортных систем;</p> <p>2. Управление ресурсами и производственной инфраструктурой на основе процессного подхода и моделирование систем;</p> <p>3. Увеличение объемов добычи производственных ресурсов и более рациональное использование существующих технологий;</p> <p>4. Развитие систем управления и внедрение инновационных разработок и цифровых технологий в инфраструктуру горнодобывающего предприятия;</p> <p>5. Создание комплексных подходов в рамках регионального развития предприятия и создание стратегии для предприятия;</p> <p>6. Создание цельной логистической инфраструктуры, позволяющей предприятию</p>	<p style="text-align: center;"><b>Угрозы</b></p> <p>1. Увеличение себестоимости готовой продукции;</p> <p>2. Несовершенство нормативно-правовой и законодательной базы в части регулирования логистической и эколого-экономической деятельности;</p> <p>3. Нестабильность социально-экономической ситуации и существенное ухудшение экологической обстановки из-за деятельности предприятия (рост заболеваемости населения региона из-за загрязнения атмосферного воздуха);</p> <p>4. Высокие экологические и экономические риски из-за неверных управленческих решений в части организации работы предприятия;</p> <p>5. Не отлажена транспортная инфраструктура и недостаточным образом организованы транспортные потоки;</p> <p>6. Отсутствуют организационные механизмы управления транспортной и эколого-экономической деятельностью и</p>

динамично развиваться.	инструменты их стимулирования, как в рамках предприятия, так и в рамках региона.
------------------------	--

Приведенный SWOT-анализ деятельности горно-обогатительного комбината показывает, что предприятие с одной стороны не обладает оптимальной логистической системой, которая учитывала бы современные тенденции и возможности организации и управления транспортными потоками и логистической инфраструктурой, что приводит к значительному загрязнению окружающей при добыче и переработке сырья, увеличению издержек и себестоимости продукции.

Учитывая значительное негативное воздействие на окружающую среду от логистических процессов на предприятиях, относящихся к горно-обогатительной отрасли, при управлении данными процессами следует оценивать возможные экологические последствия и риски. Следует отметить, что в соответствии с Постановлением № 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III, IV категорий», горно-обогатительные комбинаты относятся к предприятиям 1 категории. Данным предприятиям необходимо максимально оптимизировать свои производственные процессы, внедрить наилучшие доступные технологии, разработать план природоохранных мероприятий [3]. Для эффективного и грамотного подхода управления с учетом экологических факторов, следует рассматривать производство и в том числе логистическую систему с точки зрения процессного подхода, что и будет представлено в параграфе 2.2.

## **2.2. Методические основы оценки эффективности транспортно-логистических систем горно-обогатительных комбинатов в контексте выброса ими парниковых газов**

Для грамотного и эффективного природоохранного управления инфраструктурой горно-обогатительного комбината необходимо рассмотреть

деятельность предприятия с точки зрения процессного подхода. Данные процессы формируют схему управления и организации производственной деятельности горнообогатительных комбинатов, представленной на рисунке 9.

*Процесс 1 – «Добыча руды».* Производственная деятельность горнообогатительных комбинатов начинается с добычи руды на карьере. В зависимости от горно-геологических условий залегания руды этот процесс может быть открытым и закрытым. При открытом методе разработки применяется буровзрывной способ с последующими выемочными работами экскаваторами. Взрыхленная порода погружается в транспортные средства, предназначенные для перевозки руды. К средствам механизации производящим погрузочно-выемочные работы относят: экскаваторы, бульдозеры, роторные установки. В ходе деятельности нарушается почвенный покров, уничтожаются экосистемы, осуществляются выбросы в атмосферу от работы двигателей внутреннего сгорания технологического транспорта, пыление в ходе буровзрывных работ и от перемещения транспорта. Также, учитывая, что полезные ископаемые залегают на определенной глубине, все вскрышные породы и руды, содержащие малое количество полезного сырья относят к отходам и размещают в местах накопления [46,64].

*Процесс 2 – «Транспортировка».* Данный этап представляет собой процесс перемещения руды, вскрыши и попутных руд из карьера. Вскрышные породы и попутные руды перемещаются в отвалы, минеральное сырье транспортируется на усреднительные склады, откуда грузятся на конвейерную линию обогатительной фабрики. Способы транспортировки выбираются в зависимости от природных и экономических условий, наиболее часто применяемые являются автомобильный и железнодорожный транспорт. В соответствии с этим основными выбросами будут вредные вещества от транспорта: диоксиды углерода, пыль, оксиды серы, азота, керосин. На некоторые горно-обогатительные комбинаты часто применяют конвейерный способ перевозок, который с точки зрения негативного воздействия на окружающую среду является наиболее экологичным [46,64].

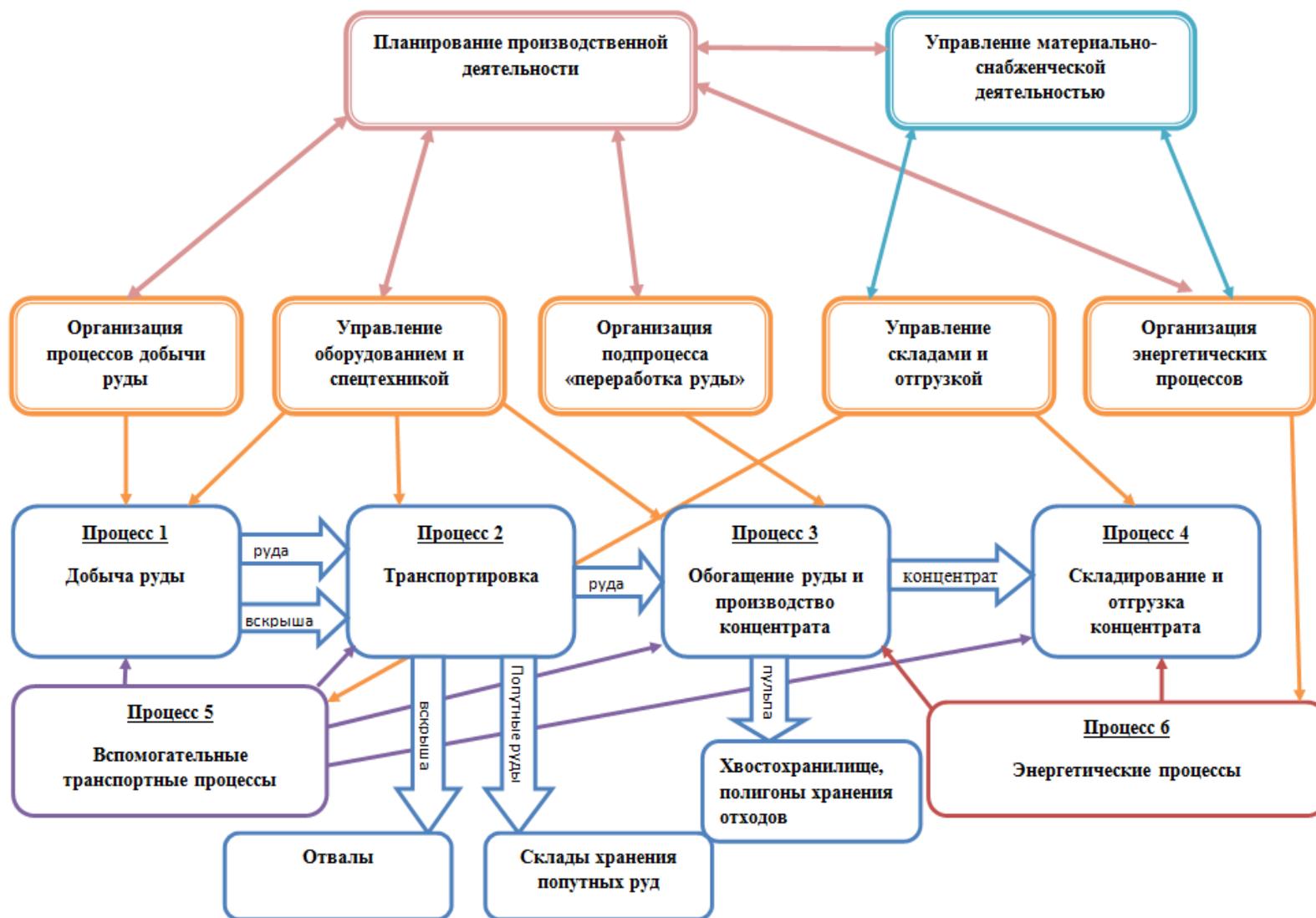


Рис.9. Процессный подход к формированию, оценке и управлению природоохранной деятельностью на горно-обогатительном комбинате (разработано автором)

Следует также учитывать, что при любом способе транспортировки с поверхности перевозимой руды происходит пыление, что вносит дополнительное загрязнение региона.

*Процесс 3 – «Обогащение руды и концентрата».* Первичный процесс переработки руды представляет собой процесс максимального извлечения полезных элементов и получение минеральной продукции. Первый этап представляет собой дробление и измельчения сырья. Дальнейшие этапы зависят от состава полезных ископаемых и извлекаемых компонентов. Отходы обогатительной фабрики представляют собой пастообразный отход, которые в зависимости от влажности транспортируют на хвостохранилища или полигон «сухих» отходов. Процессы дробления сопровождаются повышенным пылением, которое внутри помещений очищается при помощи газоочистного оборудования.

*Процесс 4 – «Складирование и отгрузка концентрата».* Полученную готовую продукцию складировывают на площадках хранения и транспортируют потребителю. Готовая продукция может представлять собой сыпучие фракции разной крупности, в связи с этим, процессы фасовки и отгрузки являются основными источниками пыления. Транспортировка готовой продукции зависит от местоположения горно-обогатительной фабрики и потребителя, логистических издержек, но чаще применяется железнодорожный транспорт.

*Процесс 5 – «Вспомогательные транспортные процессы».* Задачами вспомогательного транспорта и других вспомогательных элементов является обеспечение функционирования деятельности предприятия. При этом происходит движение вспомогательных материальных потоков, обустройство стационарных и временных коммуникаций, обеспечение исправности технологического транспорта и др. Вспомогательный транспорт и вспомогательные элементы транспортной системы оказывают значительное влияние на окружающую среду, в особенности на атмосферу. Прежде всего, это выбросы от работы двигателей внутреннего сгорания. Ремонт и диагностика транспорта вносит дополнительные загрязняющие вещества в окружающую среду, часть которых является чрезвычайно опасными и высоковредными и относится к 1-2 классу опасности.

*Процесса б – «Энергетические процессы».* Для обеспечения производственных нужд в энергетических ресурсах, на территории горно-обогатительных комбинатов располагаются котельные и теплоэлектроцентрали. В зависимости от типа сжигаемого топлива, в атмосферу выделяются выбросы оксидов и диоксидов углерода, оксиды азота, оксиды серы, сажа и др. [46]

В предложенной схеме выделены процессы организации, управления и планирования производственными и вспомогательными процессами, которые позволяют организовать деятельность горно-обогатительного предприятия. Процессы планирования формируют стратегические и операционные цели и плановые показатели. На основании данных показателей осуществляется деятельность по добыче полезных ископаемых и разрабатывается оптимальная транспортно-логистическая система. Подпроцесс «организация переработки руды» регулирует деятельность дробильно-обогатительной фабрики и ее производственных процессов. Складская деятельность и движение неосновных материальных потоков организуется процессом «управление складами и отгрузкой». Отдельно выделен процесс управления энергетическими системами, позволяющий регулировать деятельность котельных и теплоэлектроцентралей, расположенных на территории предприятия [46,82].

В рамках эколого-экономического управления горно-обогатительных комбинатов, наиболее значимым является разработка инструментов управления логистической и энергетической системами промышленного комплекса.

При этом автором была предложена классификация объектов элементов логистической инфраструктуры для горно-обогатительных комбинатов (рисунок 10) с выделением трех систем:

- транспортная система горно-обогатительного комбината;
- складская система горно-обогатительного комбината;
- информационная система, используемая для управления горно-обогатительного комбината.



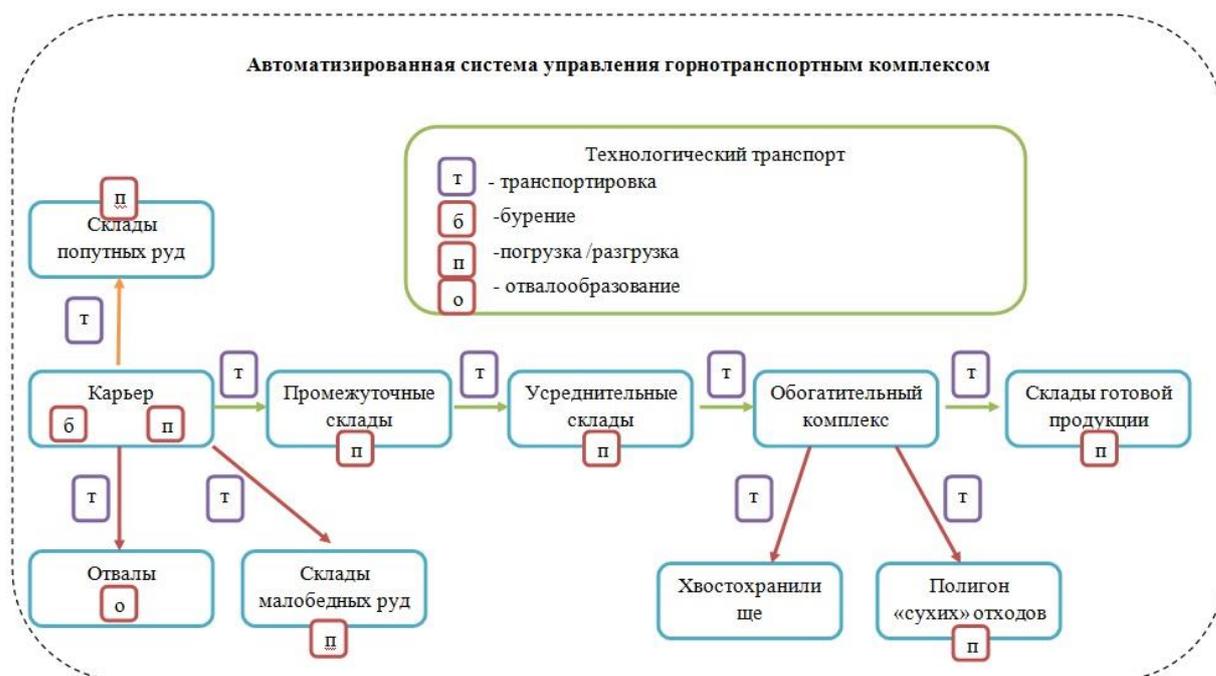
Рис.10. Классификация элементов производственной инфраструктуры для горно-обогатительного комбината (разработано автором)[46]

С точки зрения построения производственных систем, следует выделить особенность горно-обогатительных комплексов, в которых процессы транспортировки руды внутри предприятия можно отнести к одному из этапов основной производственной деятельности. В связи с этим, внутри каждой системы выделены подклассы, отражающие инфраструктуру, которую можно отнести к основному производственному процессу. Для транспортной системы к данному типу инфраструктуры необходимо отнести «технологический транспорт», в складской системе – «места техногенного складирования», в информационных системах – «автоматизированные системы управления горнотранспортным комплексом». Данные элементы создают неблагоприятную окружающую среду, за счет использования устаревшего и неэкологичного оборудования, а также применения недостаточно эффективных инструментов эколого-экономического управления [33,46].

Для комплексного подхода при разработке эколого-экономических механизмов управления проведем анализ и раскрытие производственной инфраструктуры горнодобывающего комплекса с учетом ее воздействия на окружающую среду.

Производственная инфраструктура формирует на предприятиях горно-обогатительного сектора транспортные потоки движения руды от мест добычи до фабрики по первичной их переработке. Кроме того, в ходе производственной деятельности формируются дополнительные материальные потоки, в виде отходов производства (вскрышные и малобедные породы) из попутных руд.

На рисунке 11 приведена схема формирования материальных потоков в ходе основных производственных процессов и применяемая инфраструктура на горных предприятиях, обеспечивающая движение этих потоков.



Условные обозначения:

- – основной материальный поток
- – поток отходов производственного процесса
- – поток попутных руд

Рис. 11. Технологическая схема инфраструктуры основного производственного процесса горно-обогатительного комбината

Основной материальный поток образуется на карьерах с применением технологического транспорта. Главной задачей является создание бесперебойной схемы транспортировки руды для обеспечения потребностей обогатительной фабрики. В дальнейшем товарная продукция размещается на складах готовой продукции. В ходе производственных процессов образуются отходы в виде вскрышных пород, которые складировываются в отвалах, малобедных пород, размещаемых на складах малобедных пород. Отходы от обогатительной фабрики складировываются на хвостохранилищах и полигоне «сухих» отходов.

Учитывая, необходимость включения оценки экологических факторов при формировании и управлении логистической инфраструктурой предприятия, в ниже представленной характеристике элементов, произведен анализ негативного воздействия от этих объектов на окружающую среду.

Улучшение экологической обстановки в регионе возможно за счет оптимизации механизмов негативного влияния горно-обогатительного предприятия на окружающую природную среду за счет изменения схемы бизнес-процессов предприятия в сочетании с показателями, позволяющими проводить этот мониторинг.

**1. Транспортная система горно-обогатительного производства** представляет собой упорядоченную совокупность взаимосвязанных транспортных средств, устройств и механизмов, предназначенных для транспортирования полезных ископаемых, вспомогательных грузов и людей. Она должна решать ряд технологических, операционных и организационных задач и играет важную роль на предприятии, так как является основным элементом технологического процесса добычи полезных ископаемых и входит в себестоимость готовой продукции.

➤ *Технологический транспорт.* При открытых разработках используется большое количество специализированной техники, выбор видов и ее технологических характеристик которых, будет зависеть от природных, технологических, технических, экономических факторов. В таблице 9 представлены основные технологические процессы, их описание и применяемые средства механизации.

Следует отметить, что перечень основных технологических процессов для всех горно-обогатительных комбинатов будет одинаковым, но выбор методов механизации может существенно отличаться по следующим причинам:

- технологии вскрытия карьера;
- глубины и характера заложения полезных ископаемых;
- объемов добычи;
- механических свойств добываемой породы;
- расположения обогатительной фабрики, отвалов, складов попутных руд [78].

Таблица 9. Характеристика технологических процессов открытых горных работ [35,59]

Технологический процесс	Описание технологического процесса	Средства механизации	Основные выбросы
Подготовка горных пород к выемке	Подготовка горных пород представляет собой отделение горной руды от массива и ее рыхления. При добыче твердых полезных ископаемых чаще всего применяется буровзрывные методы.	1.карьерные буровые станки.	Пыль неорганическая.
Погрузка горной массы	Представляет собой процесс погрузки взрыхленной горной руды в транспортные средства, предназначенные для дальнейшего транспортирования.	1.экскаваторы; 2. погрузчики; 3.роторные комплексы.	Оксид и диоксид углерода, оксид и диоксиды азота, сажа, керосин, пыль неорганическая.
Транспортирование горной массы	Транспортирование горной массы представляет процесс перевозки горной массы из забоев до промышленной площадки или отвалов.	1.самосвалы; 2.железнодорожный транспорт.	Оксид и диоксид углерода, оксид и диоксиды азота, сажа, керосин, пыль неорганическая.
		3.скиповые подъемники; 4.конвейер; 5.подвесные канатные дороги.	Пыль неорганическая.

## Окончание таблицы 9

Отвалообразование	<p>Процесс отвалообразования представляет складирование вскрышных пород в специальные искусственные насыпи – отвалы.</p> <p>Процесс отвалообразования включает в себя следующие элементы:</p> <p>1. возведение первоначальных насыпей;</p> <p>2. разгрузка и складирование вскрышных пород;</p> <p>3. планировка поверхности отвала и перемещения транспортных средств по нему.</p>	1. абзетцер; 2. бульдозер;	Оксид и диоксид углерода, оксид и диоксиды азота, сажа, керосин, пыль неорганическая.
		3. думпкал; 4. экскаватор; 5. конвейер.	Пыль неорганическая.
Транспортировка отходов обогатительных фабрик	Отходы обогатительных фабрик могут поступать в жидком виде на специализированный полигон – хвостохранилище, в твердом виде на полигоны «твердых» отходов.	1. автосамосвал.	Оксид и диоксид углерода, оксид и диоксиды азота, сажа, керосин, пыль неорганическая.
		2. гидротранспорт; 3. конвейер.	Пыль неорганическая.

Важно выделить, что транспортировка сырой руды является наиболее энергоемким этапом производственного процесса горного комбината. На транспортную систему в разрезе общих издержек при разработке месторождений может приходиться до 60 % затрат.

В зависимости от вида перевозимого карьерного груза, можно выделить различные виды грузопотоков (или технологических потоков) на предприятии. Все грузопотоки начинаются в забойной части карьера и оканчиваются в зависимости от вида перевозимого груза. Основное минеральное сырье доставляется до обогатительной фабрики, вскрышные породы складировуются в отвалах, попутные руды и обедненные руды в складах хранения.

Под грузопотоком потоком понимается технологически связанная совокупность горных машин и транспорта определенной производительности, независимо ведущих разработку определенной зоны карьера с выполнением всех технологических процессов, начиная от подготовки горных пород к выемке до отвалообразования и складирования [35,60].

В зависимости от условий на карьере может быть два (вскрышной и добычный) или несколько транспортных потоков.

В результате все транспортные процессы, представлены в таблице 9, отражают существенное загрязнение атмосферного воздуха вредными газовыми выбросами, в составе которые преобладает оксид и диоксид углерода, входящий в состав парниковых газов.

При цикличном способе организации технологии горных работ, технологический транспорт работает в определенном ритме. Чаще всего на горных комбинатах применяют автомобильный и железнодорожный транспорт в связке с экскаваторами и бульдозерами. Автомобильный карьерный транспорт является наиболее универсальным и позволяет быстро подстраиваться под изменяющиеся условия добычи руды, возведение транспортных коммуникаций для автосамосвалов относительно других способов доставки обладает простотой и наименьшими издержками. Но следует учитывать значительное воздействие на

атмосферный воздух при проведении производственных работ от работы двигателей внутреннего сгорания [39,60].

Железнодорожный транспорт является наиболее экологичным, так как не создает серьезной нагрузки на окружающую среду и обладает низкой энергоемкостью, что снижает себестоимость перевозок. Однако имеет небольшую производительность и ряд ограничений по строительству железнодорожных путей, но при этом вклад в углеродный след осуществляется за счет сжигания топлива и осуществления грузоперевозок, особенно это касается сыпучих грузов [39,60].

Таким образом, технологический транспорт играет важную роль в процессе добычи руды, так как с одной стороны является элементом производственной логистической инфраструктуры, с другой полностью создает и обеспечивает производственный процесс добычи и доставки руды до обогатительной фабрики. Необходимо отметить, что технологический транспорт вносит значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха, поэтому важно при проектировании и планировании горных работ учитывать экологические факторы и риски, оценивать негативные последствия от применения тех или иных способов формирования грузопотоков и внедрять современные «зеленые» технологии в производственные процессы предприятий и компаний.

*– Вспомогательный транспорт и вспомогательные элементы транспортной системы*

Задачами вспомогательного транспорта и других вспомогательных элементов является обеспечение функционирования деятельности предприятия. При этом происходит движение вспомогательных материальных потоков, обустройство стационарных и временных коммуникаций, обеспечение исправности технологического транспорта и другие процессы.

Основные элементы, их краткая характеристика и оказываемое негативное воздействие приведены в таблице 10.

Таблица 10. Характеристика элементов инфраструктуры транспортной системы

горно-обогатительного комплекса [59,64]

Вид элемента инфраструктуры	Краткая характеристика	Оказываемое негативное воздействие
Вспомогательный транспорт		
Транспорт для осуществления горно-капитальных работ	Применяют для строительства грунтовых дорог, прокладку железнодорожных путей, разработку грунтов в траншеи, планировка откосов, а также разработка грунтов под котлованы. К основным видам применяемого транспорта относятся экскаваторы, бульдозеры, грейдеры, трюбовочные катки, краны на колесной базе, трубоукладчики, автосамосвалы.	Оксид и диоксид углерода, оксид и диоксиды азота, сажа, керосин, бензин, пыль неорганическая.
Транспорт для перевозки персонала	Предназначен для доставки персонала на точку производства работ. Используются автобусы и микроавтобусы, легковые машины и другой пассажирский транспорт.	
Транспорт для перевозки топлива	Автозаправка технологического транспорта может быть организована непосредственно на местах производственных процессов. Для доставки топлива применяются автоцистерны.	
Транспорт для перевозки грузов	Для обеспечения вспомогательных материальных потоков необходимыми ресурсами применяются бортовые машины, фургоны, прицепы и полуприцепы. Попутные полезные ископаемые в виде песка, щебня, песчано-щебеночной смеси, камней и пр. также могут перевозиться автосамосвалами и железнодорожным транспортом.	

Транспорт для погрузочно-разгрузочных работ	Для осуществления складских работ и погрузки и разгрузки различных грузов, не относящихся к основному производству, могут применяться погрузчики, экскаваторы.	
Специализированная техника	Для осуществления отдельных видов деятельности предприятие может располагать специализированной техникой.	
Вспомогательные элементы транспортной системы		
Ремонтно-механическое хозяйство	Обеспечения исправности транспортной техники, проведения контроля и диагностических работ. К основным видам производимых работ относят: техобслуживание и ремонт; ремонт двигателей внутреннего сгорания, ремонт топливной аппаратуры, ремонт кузовов, шиномонтаж и вулканизация, металлопрокат, сварочные работы, окрасочные работы.	Оксид железа, оксид и диоксид азота, сажа, оксид углерода, керосин, оксид серы, фтористые газообразные соединения, марганец и его соединения, пары серной кислоты, различные виды пыли.
Автозаправочная станция	Для заправки всех единиц техники на территории горнообогатительных комбинатов располагают собственные автозаправочные станции. В качестве топлива используется дизель и бензин марок АИ-78, АИ-92, АИ-95.	Пары нефтепродуктов, сероводород, предельные углеводороды, этилбензол, амилены, бензол, толуол, алканы.

Стоянки	Технологический транспорт работает в три смены, поэтому нуждается в отдельных стоянках, только при ремонтных работах и при обслуживании. Вспомогательный транспорт осуществляет парковку на специально выделенных площадках, которые могут быть открытого и закрытого вида.	Оксид и диоксид углерода, оксид и диоксиды азота, сажа, керосин, пыль неорганическая.
Мойки	На территории предприятия могут располагаться мойки автотранспорта. В основном применяются для подготовки транспортных средств к ремонтным работам, поэтому чаще всего в структуре предприятия относятся к ремонтно-механическому хозяйству.	Сточные воды, содержание СПАВ, взвешенные вещества, нефтепродукты.
Дороги, железнодорожные пути, железнодорожные станции	В зависимости от схемы организации грузопотоков на предприятии, горнодобывающее предприятие обладает сетью дорог и железнодорожных путей. Автомобильные пути по которым проходят технологические потоки являются грунтовыми и в летний период пылят при прохождении по ним транспорта. Внутренние дороги предприятия заасфальтированы и выбросов в атмосферу не вносят, также как и железнодорожные пути.	Пыление в летний период от грунтовых дорог.

Вспомогательный транспорт и вспомогательные элементы транспортной системы оказывают значительное влияние на окружающую среду, в особенности на атмосферный воздух. Прежде всего, это выбросы от работы двигателей внутреннего сгорания. Ремонт и диагностика транспорта вносит дополнительные загрязняющие вещества в окружающую среду, некоторые из которых относятся к 1-2 классу опасности.

Таким образом, основная экологическая нагрузка от вспомогательной транспортной системы приходится на атмосферный воздух и в результате их деятельности выделяются парниковые газы. В основном загрязнение образуется от работы двигателей внутреннего сгорания транспорта.

**2. Складская система горно-обогатительного комбината** представлена элементами складирования двух типов. К первому типу можно отнести склады и места размещения техногенных ресурсов, ко второму типу – складские комплексы и склады для обеспечения вспомогательной деятельности.

В таблице 11 приведены основные элементы складских комплексов, их краткая характеристика и создаваемое негативное воздействие.

С точки зрения воздействия на окружающую среду, наибольшей опасностью представляют элементы техногенного складирования. Занимаемые под размещение большие полезные площади требуют дальнейших вложений для рекультивации этих земель, но это возможно только после вывода объектов из технологического процесса. Процессы отвалообразования и погрузочно-разгрузочные работы создают дополнительные источники пыления и требуют проведения природоохранных мероприятий. Следует отметить и опасность прорыва дамбы хвостохранилищ при неправильной организации объекта, что повлечет уничтожение экосистем на значительных площадях и загрязнение водоемов [36].

Таблица 1. Характеристика элементов инфраструктуры складской системы горно-обогатительного комплекса [57]

Вид элемента инфраструктуры	Краткая характеристика	Оказываемое негативное воздействие
Места техногенного складирования		
Отвалы вскрышных пород, склады пустых и малобедных руд	Обеспечивают хранение вскрыши, пустых пород и пород содержащие незначительное количество минерального сырья, которые покрывают полезные ископаемые и при открытых разработках подлежат выемке, перемещению и складированию как отвальный грунт. Внутренние отвалы и склады располагаются в выработанном пространстве карьера, что позволяет значительно сократить расстояние перевозки вскрыши и пород и не отчуждать дополнительные земли под их складирование. Однако располагать внутренние отвалы и склады внутри карьера можно только при горизонтальном или пологом заложении полезных ископаемых.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– изъятие полезных земель под площади отвалов;</li> <li>– пыление при процессах отвалообразования и при сильном ветре.</li> </ul>
Полигон «полусухих» отходов	Полигон полусухих отходов представляет собой специально выделенную площадку на которой складировать «сухие» отходы обогащения руды. Транспортировка отходов осуществляется автомобильным или конвейерным способом. При автомобильном способе транспортировки, производят разгрузку, планировку и уплотнение при помощи бульдозеров. При использовании конвейера складирование отходов производят непосредственно в насыпь.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– пыление при сильном ветре;</li> <li>– пыление при разгрузочных работах;</li> <li>– высокая энергозатратность.</li> </ul>

Продолжение таблицы 11

<p>Хвостохранилище</p>	<p>Хвостохранилище представляет собой искусственную или естественную емкость с гидротехнической системой, системой гидротранспорта, которая также может содержать площадки отвалов хвостов при «полусухом» складировании.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– изъятие полезных земель под площади отвалов;</li> <li>– пыление;</li> <li>– риск прорыва дамбы.</li> </ul>
<p>Промежуточные и усреднительные склады</p>	<p>При применении комбинированного транспорта, особенно на горных или глубоких карьерах, в местах погрузки с одного вида транспорта на другой устанавливаются аккумулирующие емкости (бункеры) или организуются промежуточные места хранения руды, которые являются связующим элементом транспорта частей потока, позволяющего организовать независимый ритм работы транспортных средств в каждой части. Усреднительные склады применяются для разделения разнотипного полезного ископаемого, а также для усреднения однотипного сырья, поступающего на переработку.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– изъятие полезных земель под площади отвалов;</li> <li>– пыление.</li> </ul>
<p>Складские комплексы и склады</p>		
<p>Склад готовой продукции</p>	<p>Конечной продукцией горнообогатительных комплексов является руда с повышенным содержанием полезного компонента. В зависимости от фракционного состава различают: концентрат, агломерат, окатыши или брикеты. Склады готовой продукции представляют собой силосные банки различной емкости с запорной арматурой.</p>	<p>Пыление при погрузочно-разгрузочных работах.</p>

Склады горюче-смазочных материалов и мазутохранилище	Наличие большого парка технологического и вспомогательного требует организации мест хранения дизельного и бензинового топлива, а также мазута для железнодорожного транспорта и топлива для котельной. Чаще всего для этого применяются вертикальные и горизонтальные резервуары различного объема. Задачей данного типа складов является обеспечение топливом всех видов применяемого транспорта.	Сероводород, предельные углеводороды, толуол, бензол, амилен.
Центральные инструментальные склады и цеховые склады	Складские помещения размещаются на территории комбината с учетом технологической связи между отдельными складами, цехами и участками производства, а также в соответствии с требованиями пожарной безопасности. Одна из главных задач такого типа складов заключается в организации доставки материалов и инструментов в цеха и подразделения комбината для осуществления деятельности.	Неправильно построенные и обустроенные здания складов могут обладать повышенной теплоотдачей и низкой энергоэффективностью.
Склады взрывчатых веществ	Представляют собой сооружения для хранения взрывчатых веществ, выделяют базисные и расходные склады. Первый тип применяется для размещения и хранения больших объемов взрывчатых материалов, расходные склады хранят относительно небольшие объемы взрывчатых веществ и служат для их выдачи при производстве работ.	

Таким образом, складские элементы, участвующие в производственных процессах, значительно загрязняют атмосферный воздух, в ходе пыления при проведении работ. Поэтому важно проводить мониторинг и контроль данных складских элементов и осуществлять мероприятия по снижению выбросов пыли. Пристального внимания требуют склады топлива и мазутохранилища, так как при неправильной эксплуатации загрязняют почвенные покровы и создают дополнительные выбросы в атмосферный воздух. Складские комплексы и склады, для хранения инструментов, запчастей, узлов необходимо оснастить энергоэффективным оборудованием в рамках развития принципов «зеленых» складов, что позволит снизить потребление энергоресурсов.

Производственная инфраструктура горно-обогатительного комбината выделяет значительное количество пыли, вредных газов, которые оказывают существенное негативное воздействие на окружающую природную среду региона, что впоследствии вносит значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха и образование углеродного следа в конкретном регионе, оказывает существенное влияние на здоровье населения, организация управления данными процессами позволит впоследствии минимизировать это воздействие.

### ***3. Информационные системы, используемые для управления горно-обогатительным комбинатом***

Цифровизация промышленности на сегодняшний момент является одним из перспективных инновационных направлений в области модернизации управления предприятием. Цифровизация в горной отрасли тесно связана с «зелеными» технологиями, так как позволяет в значительной мере упростить управление как отдельными элементами инфраструктуры предприятия, так и создать более эффективные взаимодействия во внутренней и внешней среде. В целом это позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду за счет оптимизации транспортной системы, контроля и своевременного ремонта оборудования и техники, передачи в реальном времени данных.

К элементам информационной инфраструктуры можно отнести прежде всего программное обеспечение, прикладные программы, базы данных, оборудование мобильных объектов, системы передачи данных, оборудование рабочих мест и пр.

В свою очередь все элементы информационной логистической инфраструктуры можно отнести к иерархической системе управления горно-обогатительным комбинатом. В таблице 12 представлены основные информационные системы и их характеристика.

Следует отметить, что активная цифровизация предприятия связана с повышением энергозатрат, поэтому важно, чтобы используемое оборудование отвечало современным требованиям энергоэффективности и энергосбережения.

Использование информационных систем впоследствии позволит создать автоматизированную методику учета выбросов от производственных объектов, позволит осуществить оценку влияния каждого объекта и элемента инфраструктуры на окружающую природную среду, рассчитывать денежные потери предприятия и его вклада в общий парниковый эффект.

Современный подход в управлении инфраструктурой предприятия направлен на создание процессно-ориентированной системы управления, в которой логистическая, информационная и эколого-экономическая система рассматривается в виде последовательных бизнес-процессов. Для промышленных предприятий такой подход является более эффективным, так как направлен на конечный результат. Предприятие становится системой, в которой все процессы взаимосвязаны и любое изменение в них рассматриваются с точки зрения влияния на конечный продукт. В результате этого решается ряд важных задач: исчезает проблема обособленности отдельных функциональных подразделений, упрощается информационный обмен между ними, вырабатываются единые согласованные цели и др. [68]

Таблица 12. Характеристика элементов инфраструктуры информационной системы горно-обогатительного комбината [62,103]

Вид элемента инфраструктуры	Краткая характеристика	Оказываемое негативное воздействие
Автоматизированные системы управления горнотранспортным комплексом (АСУ ГТК)	АСУ ГТК отвечает за сбор и передачу технологической и другой информации с объектов контроля и управления. Передача данных происходит в режиме реального времени и позволяет наиболее быстро реагировать на любые изменения в работе горного комбината. Основными компонентами системы являются: оборудование мобильных объектов, широкополосные системы передачи данных, оборудование диспетчерского центра, административных зданий, удаленных пользователей, программное обеспечение.	В качестве негативного воздействия можно отнести повышение энергопотребления предприятия.
Системы управления производственными процессами на уровне цеха и отдельных фондов	Программное обеспечение, позволяющее собирать, хранить и обрабатывать поступающую информацию на уровне цеха и отдельных фондов.	
ERP-системы планирования, анализа и управления	Комплексные программы предназначены для автоматизации оперативного, управленческого, регламентированного учета и планирования деятельности горнодобывающих предприятий, осуществляющих добычу полезных ископаемых, а также перерабатывающих предприятий.	
Системы интеллектуального управления SAPS/4 HANA	Представляет собой систему планирования ресурсов предприятия (ERP) со встроенными интеллектуальными технологиями, среди которых искусственный интеллект, машинное обучение и расширенная аналитика.	

Кроме того, применение процессного подхода позволяет более рационально подходить к использованию ресурсов, возможности их повторного применения и выработать методы для снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду. Использование процессов управления важно, так как предприятие данного типа является замкнутой системой, эффективно функционирующей в современной действительности при ее комплексной организации. В параграфе 2.3. представлено методическое обеспечение реализации эколого-экономической составляющей горно-обогатительного комбината.

### **2.3. Процессный подход к формированию корпоративных программ повышения экологической эффективности горно-обогатительных предприятий**

Транспортные потоки оказывают существенное негативное влияние на окружающую среду, это связано в первую очередь с недостаточно экологичным топливом и нерациональной организацией перемещения транспортной сети на предприятии. Для улучшения деятельности любого предприятия важно выстроить грамотное управление транспортными системами как с эколого-экономической, так и с логистической точки зрения, что позволит снизить вклад в объем образующихся парниковых газов. Для построения системы управления необходимо разработать методику оценки экологической эффективности технико-технологических мероприятий, направленных на совершенствование каждого из выделенных элементов транспортно-логистической инфраструктуры горно-обогатительного предприятия, которая будет складываться из следующих этапов:

1. Определение необходимых мер в сфере управления горно-обогатительным комбинатом.
2. Создание мероприятий и методики оценки эффективности, модернизированной в соответствии с предложенным подходом структуры бизнес-процессов горно-обогатительных комбинатов.

3. Формирование организационно-экономических механизмов, позволяющих оценить и повысить устойчивость и экологизировать деятельность предприятий, относящихся к горно-обогатительному комплексу.

Подробное раскрытие данных этапов представлено в таблице 13.

Таблица 13. Методика оценки экологической эффективности технико-технологических мероприятий, направленных на совершенствование каждого из выделенных элементов транспортно-логистической инфраструктуры горно-обогатительных комбинатов

№ п/п	Наименование этапа	Характеристика этапа
1	Определение необходимых мер в сфере управления горнодобывающим предприятием.	Анализ информации из главы 2 позволил вывести основные направления развития горно-обогатительных комбинатов.
2	Создание мероприятий и методики оценки эффективности модернизированной в соответствии с предложенным подходом структуры бизнес-процессов горно-обогатительного предприятия.	Составляющие элементы методики сводятся к следующим: <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирование схемы бизнес-процессов с определением функциональных взаимосвязей и подразделения их по типам влияния;</li> <li>- адаптация системы оценки эффективности формирования функциональных взаимосвязей в схеме бизнес-процессов и оценка их эффективности;</li> <li>- создание системы процентного распределения выбросов для оптимизации инфраструктуры промышленного предприятия;</li> <li>- создание системы ключевых индикаторных показателей для горно-обогатительного предприятия, позволяющих создать комплексную систему оценки вклада предприятия в парниковый эффект;</li> <li>- апробация результатов расчета на данных конкретного горно-обогатительного</li> </ul>

		предприятия и создание рейтингового сравнения горно-обогатительных комбинатов.
3	Формирование организационно-экономических механизмов, позволяющих оценить и повысить устойчивость и экологизировать деятельность предприятий, относящихся к горно-обогатительному комплексу.	К основным организационно-экономическим механизмам, позволяющим стимулировать эколого-экономическую деятельность на предприятиях можно отнести следующие: - создание методики расчета углеродного налога для горно-обогатительных комбинатов; - апробация методики расчета на данных горно-обогатительного комбината.

Использование данной методологии позволит сформировать комплекс мероприятий, позволяющих улучшить эколого-экономическую деятельность, повысить устойчивость эколого-экономических систем региона, существенно снизить негативное воздействие и более рационально использовать природные ресурсы предприятием.

Важными мерами для развития эколого-экономической деятельности горнодобывающего комплекса являются:

✓ *Замена устаревшего оборудования и технологий*, данные мероприятия включают в себя внедрение беспилотной горной техники, масштабное техническое перевооружение, использование инновационного промышленного оборудования.

✓ *Цифровизация производства*, ориентированная на диспетчеризацию транспортных и производственных процессов; использование цифровых двойников; роботизация процессов в сложных природных условиях, применение искусственного интеллекта [17,67].

✓ *Экологизация транспортных систем*, направленная на использование непрерывных видов транспорта (конвейерный, гидравлический, канатные дороги), применение транспорта с гибридным двигателем, переход на топливо и

горюче-смазочные материалы с улучшенными экологическими характеристиками, создание и использование альтернативных видов топлива [45,77].

✓ *Применение государственного регулирования*, включающее совершенствование законодательной базы в горной отрасли, введение эффективных программ субсидирования, направленных на модернизацию техники и оборудования; развитие и поддержка науки в области горной добычи; применение мер экономической поддержки, стимулирующих комплексную переработку сырья и применением экологизированных видов транспорта.

✓ *Регулирование процессов, влияющих на углеродный след*, направление на оценку, мониторинг и формирование механизмов, позволяющих провести оценку влияния отдельных элементов инфраструктуры на эмиссию парниковых газов и сформировать подходы для их снижения [53].

Таким образом, внедрение данных мер в деятельность горно-обогатительных комбинатов позволит улучшить экологическую обстановку в регионе, внедрить в регионе принципы устойчивого развития. Горно-обогатительный комбинат является особо опасным экологическим объектом, занимающимся добычей руды и, поскольку добыча ресурса – это достаточно трудоемкий, сложный процесс, он в достаточной мере оказывает серьезное экологическое влияние на состояние окружающей природной среды, особенно по критерию «выбросы в атмосферный воздух».

Для создания системы управления транспортными потоками автор предложил составление алгоритма бизнес-процессов для предприятий горно-обогатительного сектора с выделением основных процессов и определение оптимальных подходов к эколого-экономическому развитию отрасли.

Таким образом, можно представить модернизированную схему бизнес-процессов для горно-обогатительного комбината на рисунке 12.

На схеме выделены следующие производственные процессы, характерные для горнодобывающего предприятия:

*Процесс 1:* Добыча руды;

*Процесс 2:* Транспортировка добытой руды, попутных руд, вскрышных пород и образованных отходов;

*Процесс 3:* Обогащение руды и производство концентрата;

*Процесс 4:* Складирование и отгрузка концентрата;

*Процесс 5:* Вспомогательные транспортные процессы;

*Процесс 6:* Энергетические процессы [46].

Организация процессов добычи руды включает в себя разработку планов и проектов ведения горных работ, при этом учитывается движение и состояние полезных ископаемых, потери при добыче сырья, процессы деформации пород и земной поверхности при проведении разработки карьера. С точки зрения экологического менеджмента, при организации горных работ также необходимо учитывать пыление в ходе взрывных и погрузочно-разгрузочных работ, выбросы от технологического транспорта, возможности использования и утилизации вскрышных и попутных руд.

Процесс управления оборудованием и спецтехникой осуществляет выбор используемого технологического оборудования и транспорта, а также их своевременное техническое обслуживание и ремонт. Данный процесс управляет спецтранспортом на карьерах, технологически транспортом и конвейерно-поточной линией на дробильно-обогатительном комплексе. Выбор и замена устаревшего оборудования должна производиться с учетом современных экологических требований и применять технологии ресурсосбережения и энергоэффективности.

Одна из задач организации подпроцессов «переработки руды» создание бесперебойной работы поточной линии. Учитывая специфику работы дробильно-обогатительного комплекса, с точки зрения эффективного эколого-экономического управления, организация работы должна быть направлена на снижение пыления внутри помещений, в том числе за счет установки газоочистного оборудования, уменьшение просыпок на конвейерной ленте и узлах пересыпок, более комплексную переработку сырья.

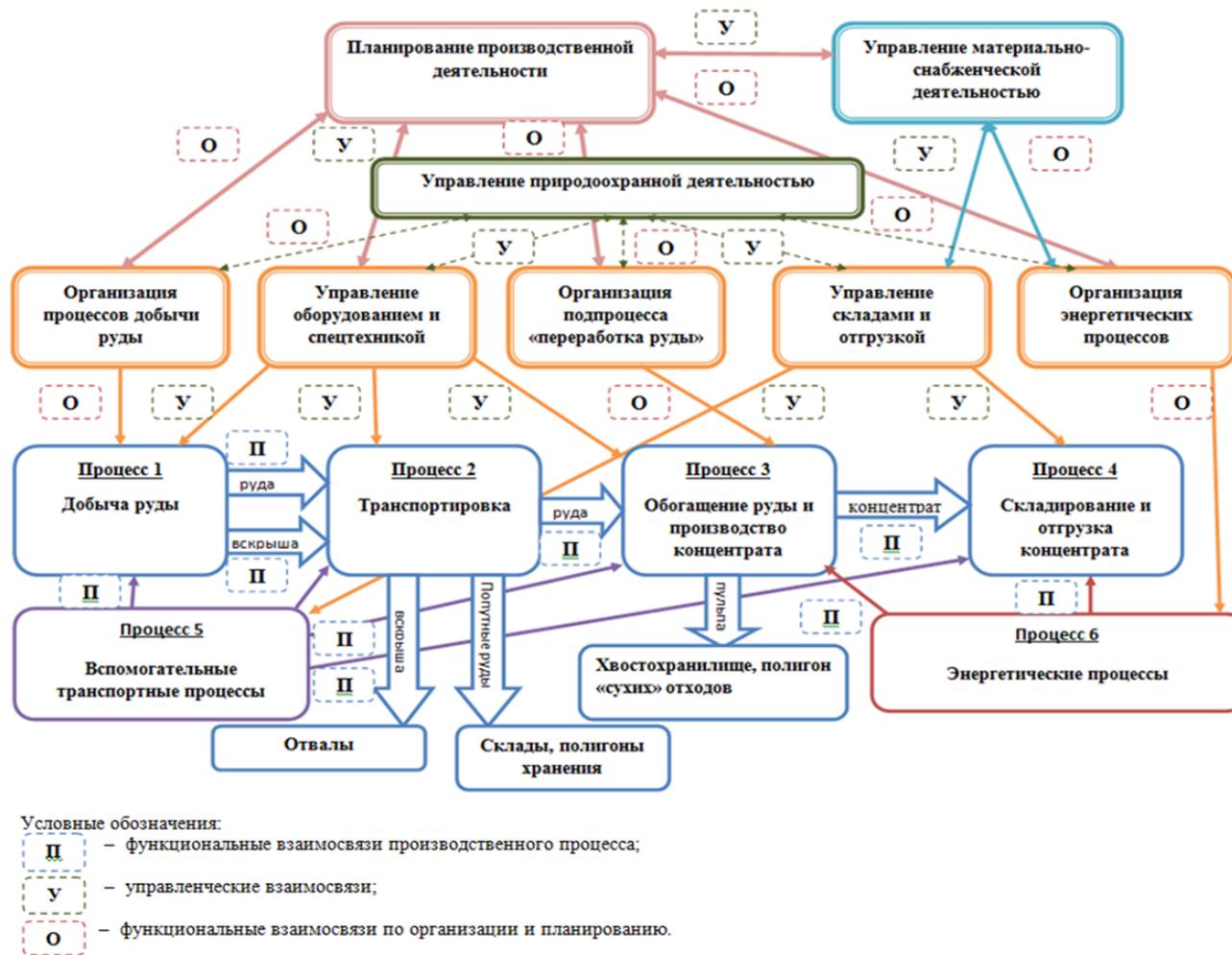


Рис. 12. Усовершенствованная схема производственных бизнес-процессов горно-обогатительного комбината (разработано автором)

Процесс «управление складом и отгрузкой» позволяет учитывать поступление и расходование готовой продукции, оптимизировать и ускорить разгрузочно-погрузочные работы, организовать доставку. Учитывая, что готовый концентрат представляет собой сыпучую фракцию, необходимо максимально избежать потерь в виде просыпок, а также организовать безопасную упаковку и транспортировку конечной продукции.

Планирование производственной деятельностью позволяет скоординировать между собой производственные процессы и организовать их бесперебойность, а взаимодействие с процессом «управление материально-снабженческой деятельностью» позволяет регулировать отправку готовой продукции и осуществлять своевременную закупку оборудования и техники, его отдельных узлов, сменных деталей и инструментов.

Взаимодействие организационно-управленческих процессов с процессами управления природоохранной деятельности позволяет выстроить комплексный подход управления производственными процессами с учетом их антропогенного воздействия на всех этапах от добычи до реализации готовой продукции. Это позволяет выработать более экологичный подход в управлении предприятием и организации горно-обогатительных работ.

Дополнительный экологический эффект от предложенных автором мероприятий обеспечивается за счет роста экологической эффективности каждого из элементов транспортной инфраструктуры горно-обогатительного комбината и основывается на изменении подходов к организации управленческих процессов на предприятии и согласованности их с методами управления природоохранной деятельности, которые в комплексе позволяют выстроить экологизированную производственную деятельность горного предприятия.

Оценку эффективности предложенной структуры бизнес-процессов горно-обогатительного комбината можно провести, используя анализ на основе методики SADT [75]. Выделяют следующие количественные показатели бизнес-процессов:

✓ *Сложность* характеризует сложность иерархической структуры бизнес-процессов;

✓ *Процессность* отражает степень взаимосвязи отдельных элементов бизнес-процессов причинно-следственными связями и их горизонтальную интегрированность;

✓ *Контролируемость* демонстрирует эффективность управления бизнес-процессом;

✓ *Ресурсоемкость* отражает эффективность использования ресурсов в конкретном бизнес-процессе;

✓ *Регулируемость* характеризует уровень регулируемости исследуемых бизнес-процессов.

В таблице 14 представлены формулы расчета показателей бизнес-процессов и их нормативные значения, позволяющие провести анализ схемы производственных бизнес-процессов горно-обогатительного комбината.

Таблица 14. Расчетные значения показателей эффективности бизнес-процессов

Показатели эффективности бизнес - процессом	Формула	Нормативное значение
Сложность	$k_c = \sum P_{ур} / \sum P_{экз}, \quad (1)$ <p>где:  <math>k_c</math> – сложность бизнес-процесса, б/р;  <math>P_{ур}</math> – количество уровней бизнес-процессов, ед.;  <math>P_{экз}</math> – количество экземпляров бизнес-процессов, ед.</p>	$k_c \leq 0,66$
Процессность	$k_{пр} = \sum P_{раз} / \sum P_{кп}, \quad (2)$ <p>где:  <math>k_c</math> – процессность бизнес-процесса, б/р;  <math>P_{раз}</math> – количество разрывов процессов в экземплярах бизнес-процессов, ед.;  <math>P_{кп}</math> – количество классов бизнес-процессов, ед.</p>	$k_{пр} < 1$
Контролируемость	$k_{отв} = CП / \sum P_{кп}, \quad (3)$	$k_{отв} = 1$

	где: $k_{отв}$ – контролируемость бизнес-процесса, б/р; СП – число собственников бизнес-процессов, ед.; $P_{кп}$ – количество классов бизнес-процессов, ед.	
Ресурсность	$k_p = P / \sum P_{вых}, \quad (4)$ где: $k_p$ – ресурсность бизнес-процесса, б/р; P – количество использованных ресурсов в бизнес-процессе, ед.; $P_{вых}$ – количество «выходов» в экземплярах бизнес-процессов, ед.	$k_p < 1$
Регулируемость	$k_{рег} = \sum P_{рег} / \sum P_{кп}, \quad (5)$ где: $k_{рег}$ – регулируемость бизнес-процесса, б/р; $P_{рег}$ – число регламентирующей нормативной документации, ед.; $P_{кп}$ – количество классов бизнес-процессов, ед.	$k_{рег} \geq 1$

Для оценки транспортно-логистической деятельности горно-обогатительного комбината целесообразно разработать систему ключевых показателей.

Под ключевыми показателями (КРІ) понимают совокупность показателей, позволяющих оценить фактическую и потенциальную эффективность исследуемой системы [58].

Обычно предприятия не включают в систему ключевых показателей по оценке управления транспортными и другими инфраструктурными элементами критерии оценки воздействия на окружающую среду. В случае, когда инфраструктура оказывает значительное экологическое воздействие (как в случае с горно-обогатительной отраслью), целесообразно разработать систему ключевых показателей, позволяющую выявлять проблемы в управлении производственной

инфраструктурой и оценить эффективность принимаемых решений, направленных на снижение антропогенного воздействия.

Система ключевых показателей с учетом экологических аспектов позволяет:

- 1) выявить проблемные элементы и зоны производственной инфраструктуры, оказывающие наиболее значимое негативное воздействие;
- 2) оценить эффективность транспортно-логистической системы, с точки зрения ее экологической деятельности;
- 3) разработать план наиболее оптимальных природоохранных мероприятий, направленных на энергосбережение, ресурсосбережение элементов инфраструктуры [44,56].

К эколого-экономическим показателям, которые могут быть включены в систему ключевых индикаторов, прежде всего, можно отнести процентное распределение выбросов от элементов логистической инфраструктуры, которое позволяет оценить вклад отдельных источников загрязнения в совокупный выброс загрязняющих веществ от предприятия. Отдельно можно выделить удельную нагрузку на атмосферный воздух на 1 млн.т добытого сырья и интенсивность выбросов загрязняющих веществ от транспорта на ткм. В управлении объектами инфраструктуры данные показатели позволяют оценивать эффективность принимаемых экологических решений, а также посредством сравнения с другими горно-обогатительными комбинатами выявлять наиболее эффективные методы управления логистическими системами с точки зрения их минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду.

Средний выброс загрязняющих веществ от единицы транспорта отражает экологическую нагрузку, которую создает единица отдельного вида транспорта.

Для учета влияния элементов инфраструктуры горно-обогатительного комбината на изменение климата, в систему ключевых показателей включена оценка выбросов парниковых газов. Для учета углеродного следа при производстве единицы продукции используется показатель интенсивности парниковых газов.

Для оценки эффективности существующих транспортных потоков можно применять ряд логистических показателей:

- мощность транспортной системы, которая позволяет оценить годовой объем добываемой сырой руды по каждому транспортному потоку;
- эксплуатационная скорость позволяет оценить среднюю скорость транспортировки руды;
- среднесуточный пробег с грузом оценивает интенсивность работы автосамосвалов;
- число грузовых перевозок в день оценивает насколько загружен транспортный поток;
- процентное распределение время работы двигателя при различных режимах (холостой ход/частичная мощность/максимальная мощность) позволяет оценить простои транспорта;
- доля автоматизированного транспорта позволяет оценить автоматизированность транспортной инфраструктуры.

В таблице 15 разработана система ключевых показателей для оценки эколого-экономической деятельности транспортной системы горно-обогатительных комбинатов.

Таблица 15. Система ключевых показателей оценки эколого-экономической и логистической деятельности предприятий горно-обогатительного сектора (разработано автором) [44]

Наименование показателя	Формула	Экономический смысл
Процентное распределение выбросов от элементов логистической инфраструктуры	$C_i^{\text{лог}} = (M_i^{\text{эл}}/M_i) \times 100\%, \quad (6)$ <p>где:  <math>C_i^{\text{лог}}</math> – процентное распределение выбросов от элементов логистической инфраструктуры, %;  <math>M_i^{\text{эл}}</math> – масса i-го выброса от элемента логистической инфраструктуры, т/год;  <math>M_i</math> – масса i-го выброса от предприятия, т/год.</p>	Позволяет оценить вклад источника загрязнения (зоны) от общей массы выброса.
Удельная нагрузка на атмосферный воздух на ед. добытого сырья	$C_i^{\text{тр}} = M_i/m, \quad (7)$ <p>где:  <math>C_i^{\text{тр}}</math> – удельная нагрузка на атмосферный воздух на ед. добытого сырья, б/р;  <math>M_i</math> – масса i-го выброса от предприятия, т/год;  <math>m</math> – масса добытой сырой руды, млн т/год.</p>	Оценка экологического воздействия на атмосферу при добыче 1 млн. т сырья.
Средний выброс загрязняющих веществ от единицы транспорта	$M_i^{\text{тр}} = (M_i^{\text{двс}} + M_i^{\text{пыли}} + M_i^{\text{обсл}}) / \Phi, \quad (8)$ <p>где:  <math>M_i^{\text{тр}}</math> – средний выброс загрязняющих веществ от единицы транспорта, т/ед.;  <math>M_i^{\text{двс}}</math> – масса i-го выброса от работы двигателя при перевозки руды, т;</p>	Позволяет оценить экологическую нагрузку от 1 единицы транспорта.

	$M_i^{\text{пыли}}$ – масса пыли, образующая от пыления дорог при транспортировки руды, т; $M_i^{\text{обсл}}$ – масса i-го выброса от обслуживание транспорта, т; $\Phi$ – количество транспорта, ед.	
Интенсивность выброса загрязняющих веществ от транспорта на ткм	$I = \frac{M_i}{m \times L}, \quad (9)$ <p>где:  <math>I</math> – интенсивность выброса загрязняющих веществ от транспорта на ткм, т/ткм;  <math>M_i</math> – масса i-го выброса, т.;  <math>m</math> – масса перевезенной руды, т.;  <math>L</math> – пройденное расстояние, км.</p>	Оценка выбросов в атмосферу, приходящая на 1 ткм перевозимой руды.
Процентное распределение времени работы двигателя при различных режимах	$T_{xx} = (t^{xx}/t^{об}) \times 100\%, \quad (10)$ $T_{чм} = (t^{чм}/t^{об}) \times 100\%, \quad (11)$ $T_{мм} = (t^{мм}/t^{об}) \times 100\%, \quad (12)$ <p>где:  <math>T_{xx}</math> – процентное распределение времени работы двигателя при холостом ходе, %;  <math>T_{чм}</math> – процентное распределение времени работы двигателя при частичной мощности, %;  <math>T_{мм}</math> – процентное распределение времени работы двигателя при</p>	Определяет эффективность работы транспорта, позволяет выявить простои.

	<p>максимальной мощности, %;</p> <p><math>t^{xx}</math> – время работы двигателя на холостом ходу, ч;</p> <p><math>t^{чм}</math> – время работы двигателя на частичной мощности, ч;</p> <p><math>t^{мм}</math> – время работы двигателя на максимальной мощности, ч;</p> <p><math>t^{об}</math> – общее время работы двигателя, ч.</p>	
<p>Число грузовых перевозок в день</p>	$N_d = N \times n, \quad (13)$ <p>где:</p> <p><math>N_d</math> – число грузовых перевозок в день;</p> <p><math>N</math> – число грузовых перевозок в смену / количество рейсов в смену;</p> <p><math>n</math> – количество смен.</p>	<p>Определяет эффективность работы транспорта, позволяет оценить загруженность транспортного потока.</p>
<p>Мощность транспортной системы горного предприятия</p>	$M = \sum_{i=1}^n (\Phi \times N \times n \times v), \quad (14)$ <p>где:</p> <p><math>M</math> – мощность транспортной системы, м<sup>3</sup>/год;</p> <p><math>\Phi</math> – количество ед. транспорта;</p> <p><math>N</math> – число грузовых перевозок в смену / количество рейсов в смену;</p> <p><math>n</math> – количество рабочих смен в год;</p> <p><math>v</math> – объем перевозимый руды за рейс одним автосамосвалом м<sup>3</sup>/рейс.</p>	<p>Позволяет оценить годовой объем транспортируемой руды, оценивает мощность транспортных потоков.</p>

Продолжение таблицы 15

Среднесуточный пробег	$L_{cc} = L_{общ} / N_a, \quad (15)$ <p>где:  <math>L_{cc}</math> – среднесуточный пробег, км /сут.;  <math>L_{общ}</math> – общий пробег, км;  <math>N_a</math> – количество автомобиле-дней в работе.</p>	Оценивает интенсивность работы грузового автопарка.
Эксплуатационная скорость	$V_э = L / t, \quad (16)$ <p>где:  <math>V_э</math> – эксплуатационная скорость, км/ч;  <math>L</math> – пройденное расстояние, км;  <math>t</math> – время на линии, ч.</p>	Определяет эффективность работы транспорта, оценивает среднюю скорость в транспортном потоке.
Доля транспортных средств оборудованных средствами автоматизации	$D_a = \Phi_a / \Phi, \quad (17)$ <p>где:  <math>D_a</math> – доля транспортных средств, оборудованных средствами автоматизации, б/р;  <math>\Phi_a</math> – транспорт, оснащенный средствами автоматизации, ед.;  <math>\Phi</math> – количество единиц транспорта, ед.</p>	Определяет автоматизацию транспортной системы.
Интенсивность парниковых газов на единицу выпускаемой продукции	$I_{п.г.} = M_{CO_2-экв} / m_{п.г.}, \quad (18)$ <p>где:  <math>I_{п.г.}</math> – интенсивность парниковых газов на единицу выпускаемой продукции, т/т;</p>	Позволяет оценить углеродный след при производстве единицы продукции

	$M_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}$ – суммарная масса парниковых газов в пересчете на $\text{CO}_2$ -экв., т/год; $m_{\text{Г.П.}}$ – масса выпущенной продукции, т/год;	
Доля эмиссии парниковых газов от транспортной системы	$D_{\text{тр.}}^{\text{п.г.}} = M_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}} / M_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}^{\text{тр.}} \quad (19)$ <p>где:</p> $D_{\text{тр.}}^{\text{п.г.}}$ – доля эмиссии парниковых газов от транспортной системы, б/р; $M_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}$ – суммарная масса парниковых газов в пересчете на $\text{CO}_2$ -экв., т/год; $M_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}^{\text{тр.}}$ – масса парниковых газов в пересчете на $\text{CO}_2$ -экв. выделившаяся от транспортной системы, т/год.	Позволяет выделить вклад транспортной системы в формирование углеродного следа продукции

Грамотно разработанная система ключевых показателей, позволяет создать инструменты, ориентированные на оценку влияния отдельных элементов инфраструктуры на качество окружающей среды. На рисунке 15 приведена схема эколого-экономического управления элементами производственной инфраструктуры для горно-обогатительной отрасли с применением процентного распределения выбросов.

Далее на рисунке 13 приведена схема эколого-экономического управления элементами производственной инфраструктуры для горно-обогатительной отрасли с применением процентного распределения выбросов.

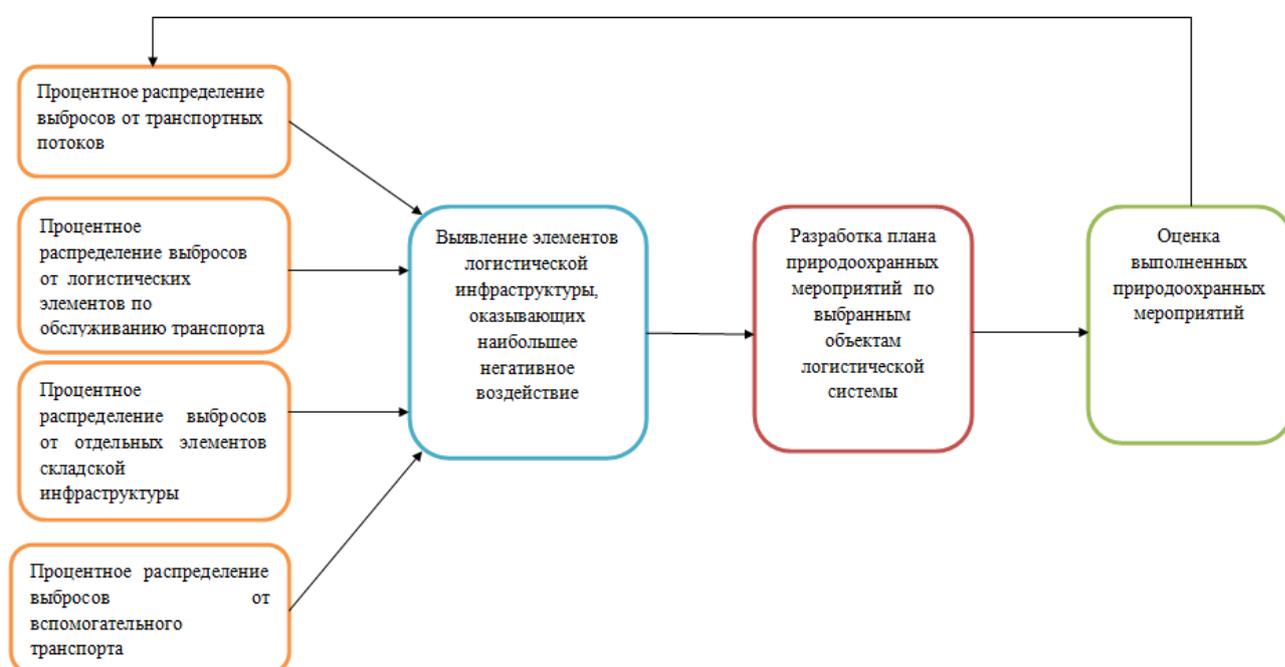


Рис. 13. Эколого-экономическое управление элементами производственной инфраструктуры с применением процентного распределения выбросов (разработано автором) [44]

*Первый этап* включает в себя расчеты процентного распределения выбросов по объектам логистической системы. Для горно-обогатительных комбинатов этот расчет, прежде всего, необходимо провести по основным транспортным потокам, которые будут включать в себя выбросы от технологического транспорта, пыления при его движении, а также пыление от элементов складирования руд. Также рассчитывается процентное распределение

выбросов по вспомогательным транспортным элементам, которые включают в себя циклично-поточную линию, вспомогательный транспорт и его обслуживание. Отдельно рассчитываем этот показатель для элементов складской системы.

*Второй этап* включает в себя анализ полученных данных и выбор логистических элементов с максимальным процентным вкладом загрязняющих веществ.

*На третьем этапе* для выбранных элементов логистической инфраструктуры составляется план природоохранных мероприятий, направленных на снижение или предотвращение выбросов с максимальным или значительным процентным распределением. В первую очередь, проверяется соответствие производственных процессов наилучшим доступным технологиям в горной отрасли, соответствие транспорта техническому регламенту, возможность применения «зеленых» технологий, возможность оптимизации транспортных потоков и замены используемого оборудования на более экологически безопасное.

*На четвертом этапе* проводят оценку эффективности выполненных природоохранных мероприятий. Оценивают количественное и качественное снижение выбросов, уменьшение платы за негативное воздействие и проводят расчет предотвращенного экологического ущерба [44].

Эколого-экономическая оценка данного предложения будет проводиться на основании количественной оценки снижения выбросов, а также расчетов снижения финансовых издержек за счет уменьшения платы за загрязнение окружающей среды и расчета предотвращенного ущерба.

Таким образом, представленные методические положения позволят оценить негативное влияние и вклад в парниковый эффект горнодобывающих предприятий на региональном уровне.

Обобщающие выводы ко второй главе диссертационного исследования:

1. Для проведения анализа и оценки экологической деятельности горно-обогатительного комбината может быть применен разработанный автором

методический подход к оценке его негативного воздействия на окружающую природную среду, включающий методики:

- определения механизмов негативного влияния горно-обогатительных комбинатов на окружающую природную среду и выявления источников наибольшего негативного воздействия с их последующей характеристикой;
- выполнения SWOT-анализа сильных и слабых экологических аспектов деятельности горно-обогатительных предприятий;
- осуществления анализа и экологической оценки производственной инфраструктуры горно-обогатительного комбината на основе исследования основных подсистем его транспортно-логистической системы.

2. Разрабатываемые в рамках реализации предложенного методического подхода методики должны обладать свойствами адаптируемости, то есть быть пригодными для их апробации на любом конкретном предприятии горно-обогатительной отрасли с использованием стандартных источников и форматов данных, и счётности, то есть предполагать выработку имеющих количественные параметры рекомендаций, в частности, по сокращению выбросов парниковых газов.

3. Совместное удовлетворение методики идентификации механизмов негативного влияния горно-обогатительного предприятия на окружающую природную среду и степени такого влияния требований адаптируемости и счётности может быть обеспечено за счет применения унифицированной схемы функционирования транспортно-логистической инфраструктуры горно-обогатительного комбината, построенной с использованием процессного подхода и данных стандартных форм экологического мониторинга.

4. Основными элементами транспортно-логистической инфраструктуры горно-обогатительного предприятия, участвующими в реализации всех элементов унифицированной схемы функционирования горно-обогатительного комбината и оказывающими максимальное влияние на экологическую эффективность его работы, являются транспортная система предприятия, его складская система и информационная система, используемая для управления горным предприятием.

Повышение экологической эффективности функционирования именно этих элементов должно стать первоочередной задачей совершенствования транспортно-логистической инфраструктуры горно-обогатительных комбинатов в регионах.

5. Дополнительный эффект от реализации технико-технологических мероприятий, направленных на повышение экологической эффективности функционирования каждого из выделенных элементов транспортно-логистической инфраструктуры горно-обогатительного комбината, может быть обеспечен как за счет их взаимоувязки и согласованности, так и за счет взаимодействия организационно-управленческих процессов с процессами управления природоохранной деятельностью предприятия в целом, что позволит выстроить комплексный подход к управлению производственными процессами с учетом их антропогенного воздействия на всех этапах от добычи до реализации готовой продукции.

6. Оценка эффективности, модернизированной в соответствии с изложенным подходом структуры бизнес-процессов горно-обогатительного предприятия, может быть выполнена с использованием анализа на основе методики SADT, адаптированной автором к организационно-управленческим и технологическим особенностям функционирования горно-обогатительных предприятий, в том числе, их транспортно-логистической инфраструктуры.

### **ГЛАВА 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АДАПТАЦИИ НАУЧНОГО АППАРАТА УПРАВЛЕНИЯ СНИЖЕНИЕМ ВЫБРОСА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ К ОСОБЕННОСТЯМ КОНКРЕТНОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА**

#### **3.1. Апробация методики оценки экологической эффективности техничко-технологических мероприятий, направленных на совершенствование транспортно-логистической инфраструктуры АО «Ковдорский ГОК»**

АО «Ковдорский ГОК» является вторым по величине производителем апатитового концентрата в России и единственный производитель бадделеитового концентрата в мире. Обладает производственной мощностью по апатиту 2,450 тыс. т в год, по железной руде 5,550 тыс. т в год и по бадделеиту 8 тыс. т в год. С 2001 года Ковдорский горно-обогатительный комбинат входит в состав минерально-химической компании «Еврохим», специализирующийся на добыче апатитовых и фосфатных руд и производстве удобрений.

В 2016 году на АО «Ковдорский ГОК» было произведено 2,7 млн. т апатитового концентрата, а также 6,3 млн. т железорудного концентрата и 7840 т бадделеитового концентрата в качестве сопутствующих продуктов. Концентраты позволяют компании «Еврохим» существенно сократить себестоимость добычи апатита и являются защитой от волатильности цен на удобрения. Однако объемов апатитового концентрата, производимых сегодня с учетом полной загрузки мощностей недостаточно для обеспечения собственных нужд, вследствие чего предпринимаются шаги по наращиванию производственных мощностей на АО «Ковдорский ГОК» [93].

В рамках выполнения проекта по разносу бортов карьера был разработан график, состоящий из нескольких этапов. Был завершен первый и второй этап проекта, который позволил увеличить мощность по обогащению апатит-магнетитовой руды с 15 до 20 млн. т. Третий этап, предполагающий рост

мощности вплоть до 25 млн. т в настоящее время находится на рассмотрении вместе с несколькими проектами по снижению расходов на транспортировку вскрыши и руды на фабрику, а также по оптимизации эксплуатационных расходов и повышению надежности [89].

Значительное увеличение объемов добычи полезных ископаемых ведет к возрастающей нагрузке, прежде всего, на транспортную инфраструктуру комбината и требует, как осуществление модернизации и расширения парка большегрузных машин, так и совершенствования управления логистической деятельности предприятия.

Предприятие является градообразующим для города Ковдор с населением около 20 тыс. человек и связано асфальтированной 100 км дорогой с автомагистралью «Мурманск – Санкт-Петербург», имеет железнодорожную ветку с выходом на Октябрьскую железную дорогу.

Сырьевой базой для предприятия является Ковдорское месторождение бадделеит-апатит-магниевого руд – рудник «Железный».

Совершенствование системы управления эколого-экономической деятельностью предприятия с применением «зеленых» технологий позволяет достигнуть более высокой стабильной производительности и повысить качество работы горнодобывающей техники. Также сократить затраты на ремонты и техническое обслуживание карьерного транспорта и улучшить качество окружающей среды региона.

В таблице 16 представлена сводная экологическая характеристика логистических объектов и транспортных потоков предприятия АО «Ковдорского ГОК». Подробная информация представлена в Приложении 1.

Таблица 16. Экологическая характеристика логистических объектов и транспортных потоков АО «Ковдорский ГОК»

Участок	Выбросы в атмосферу	
	Наименование	Масса выброса, т/год
Транспортный поток: Карьер «Железный» - усреднительный склад	Азота диоксид	163,10
	Азота оксид	26,05
	Углерод черный (сажа)	9,25

	Углерода оксид	75,17
	Керосин	35,53
	Пыль неорганическая: до 20%	127,85
Транспортный поток: Карьер АШР – усреднительный склад	Азота диоксид	145,28
	Азота оксид	23,61
	Углерод черный (сажа)	8,44
	Углерода оксид	67,31
	Керосин	32,41
	Пыль неорганическая: 70- 20%	244,45
	Транспортный поток: Карьер «Железный» - отвал № 3	Азота диоксид
Азота оксид		21,345
Углерод черный (сажа)		5,6
Углерода оксид		54,53
Керосин		18,81
Пыль неорганическая: до 20%		191,31
Транспортный поток: Карьер АШР – отвал № 2	Азота диоксид	152,63
	Азота оксид	24,8
	Углерод черный (сажа)	8,0
	Углерода оксид	67,34
	Керосин	29,96
	Пыль неорганическая: 70- 20%	928,13
Транспортный поток: Карьер «Железный» – склад МЖАР	Азота диоксид	12,77
	Азота оксид	2,07
	Углерод черный (сажа)	0,57
	Углерода оксид	5,58
	Керосин	2,39
	Пыль неорганическая: до 20%	53,10
Техногенное месторождение	Азота диоксид	76,01
	Азота оксид	12,35
	Углерод черный (сажа)	4,62
	Углерода оксид	36,46
	Керосин	18,13
	Пыль неорганическая: до 20%	21,06
Карьер ПГС	Азота диоксид	8,36
	Азота оксид	1,36
	Углерод черный (сажа)	0,40
	Углерода оксид	4,47
	Керосин	2,17
	Пыль неорганическая: до 20%	5,29
Отвал № 1	Пыль неорганическая: до 20%	8,56
Хвостохранилище	Пыль неорганическая: до 20%	1,51
Циклично-поточная линия	Пыль неорганическая: до 20%	17,26
Склад мазутохранения	Сероводород	0,015
	Предельные углеводороды C12-C9	3,447

Склад горюче-смазочных материалов	Сероводород	0,002
	Предельные углеводороды C12-C9	0,079
	Предельные углеводороды C1-C5	1,722
	Предельные углеводороды C6-C10	0,56
	Амилены	0,059
	Бензол	0,055
	Ксилол	0,0047
	Толуол	0,0084
	Этиленбензол	0,014
Автозаправочная станция	Сероводород	0,007
	Предельные углеводороды C12-C9	2,338
	Предельные углеводороды C1-C5	0,77
	Предельные углеводороды C6-C10	0,288
	Амилены	0,026
	Бензол	0,024
	Этиленбензол	0,006
Обслуживание технологического транспорта	Азота диоксид	0,833
	Азота оксид	0,114
	Углерод черный (сажа)	0,278
	Серы диоксид	0,253
	Углерода оксид	2,512
	Керосин	0,499
	Пыль неорганическая 20-70%	0,0033
	Фториды газообразные	0,0061
	Фториды нерастворимые	0,0077
	Оксид железа	0,138
	Свинец и его соединения	0,0104
	Никель, оксид никеля	0,0017
	Марганец и его соединения	0,00364
Вспомогательный транспорт и его обслуживание	Азота диоксид	0,796
	Азота оксид	0,132
	Углерод черный (сажа)	0,191
	Серы диоксид	0,161
	Углерода оксид	7,96
	Бензин	0,711
	Керосин	0,565
	Фториды газообразные	0,0008
	Фториды нерастворимые	0,0115
	Оксид железа	0,026
	Свинец и его соединения	0,0019
	Марганец и его соединения	0,0007

Наибольшие выбросы приходятся на транспортные потоки, прежде всего это выбросы от работы двигателей внутреннего сгорания, включающие в себя диоксиды и оксиды углерода, диоксиды и оксиды азота, сажу, керосин. Горнодобывающие работы сопровождаются пылением и выделением аэрозвесей в атмосферу, в летний период предприятие проводит мероприятия по пылеподавлению, увлажняя грунтовые дороги. Несмотря на это суммарные годовые выбросы пыли составляет более 1600 т/год. От складов мазутохранения и склада горюче-смазочных материалов в атмосферу поступают производные нефтепродуктов и сероводород. Неаккуратный перелив топлива может приводить к неучтенным проливам и дополнительно загрязнять почвенный покров и атмосферу. Обслуживание транспорта также сопровождается выбросами, при этом в атмосферу поступают тяжелые металлы и их соединения, которые даже в небольшом количестве оказывают серьезные негативные воздействия, особенно это опасно для сотрудников, находящихся в зоне выбросов.

Далее для разработки эколого-экономических инструментов управления горнодобывающим предприятием проведем оценку инфраструктуры, транспортных потоков и экономической деятельности горно-обогатительного комбината.

Инфраструктура АО «Ковдорского ГОК» позволяет осуществлять производственные процессы и обеспечивает движение материальных ресурсов внутри предприятия. Основными материальными потоками является минеральное сырье, представленное железно-апативыми и бадделеитовыми рудами, сырье транспортируется от мест разработки автомобильным транспортом, с последующей разгрузкой на усреднительном складе. В дальнейшем руда отправляется в дробильно-обогатительный комплекс, где происходит измельчение и первичное обогащение сырья. Все перемещения от усреднительного склада, по дробильно-обогатительного комбинату и до склада хранения готовой продукции осуществляется по конвейерной линии.

Помимо основных материальных потоков, в процессе производства образуются попутные материальные потоки в виде песков и песчано-гравийной

смеси. Данные ресурсы используются предприятием в личных нуждах для строительных работ, а также при отсыпке дорог, траншей и формировании транспортных коммуникаций.

В ходе производственных процессов образуются значительные массы отходов, в виде вскрышных и бедных пород, которые также формируют отдельные материальные потоки. Данные виды отходов хранятся на специализированных площадках: отвалах и складах хранения руд.

Для производственных работ применяется технологический транспорт, для его обслуживания выделены производственные корпуса, на которых проводят техническое обслуживание и ремонты. Также предприятие имеет вспомогательный транспорт для перевозки грузов, людей, обслуживания и строительства дорог, уборки территорий, полива дорог и других работ. Обслуживание этих видов транспорта проводится также на предприятии. Для обеспечения расходными ремонтными материалами и инструментами, запчастями и другими заменяемыми узлами, на предприятии выделен участок складского хозяйства.

Применяемое топливо и мазут хранится на складе горюче-смазочных материалов и в мазутохранилище. Предприятие располагает также собственной автозаправочной станцией.

На рисунке 14 представлена схема логистической инфраструктуры Ковдорского горно-обогатительного комбината.



Условные обозначения:

- а - автосамосвалы;
- к - конвейерная линия;
- б - бульдозеры;
- г - гидротранспорт;
- э - экскаваторы.

Рис. 14. Логистическая инфраструктура АО «Ковдорский ГОК»

В дальнейшем раскроем состав логистической инфраструктуры и проведем оценку влияния данных элементов на качество окружающей среды региона.

## **1. Анализ транспортной инфраструктуры предприятия АО «Ковдорский ГОК»**

### **➤ Технологический транспорт**

Технологический транспорт предназначен для перевозки горной массы автотранспортом грузоподъемностью более 16 тонн. Парк большегрузных машин на предприятии состоит из 111 единиц техники, в том числе: автосамосвалов – 102 ед., автопогрузчиков – 9 ед. В таблице 17 представлена характеристика технологического транспорта.

Таблица 17. Анализ технологического транспорта для последующей оценки его негативного влияния и вклада в углеродный след

Марка автотранспортного средства	Количество, шт.	Грузоподъемность	Марка аккумулятора	Топливо
<b>Автосамосвалы</b>				
Комatsu HD-1200-1	4	120	6-СТ-190	Дизель
БЕЛАЗ-75131	29	136	6-СТ-190	Дизель
САТ-785	22	136	6-СТ-132	Дизель
САТ-777	9	90	6-СТ-132	Дизель
Комatsu HD-785-5	2	90	6-СТ-132	Дизель
Комatsu HD-1500-7	3	136	6-СТ-132	Дизель
БЕЛАЗ-540	12	27	6-СТ-132	Дизель
БЕЛАЗ-548	18	40	6-СТ-132	Дизель
БЕЛАЗ-549	2	75	6-СТ-132	Дизель
БЕЛАЗ-7519	1	110	6-СТ-132	Дизель
<b>Погрузчики и бульдозеры</b>				
Автопогрузчик 4018	1	5	6-СТ-132	Дизель
Автопогрузчик 40810	1	5	6-СТ-132	Дизель
Автопогрузчик 41015	1	5	6-СТ-132	Дизель
Автопогрузчик 4145Р	1	5	6-СТ-132	Дизель
FD-100	1	10	6-СТ-132	Дизель
FD-100-6	1	10	6-СТ-75	Дизель
ХУСТЕР 14.00	2	14	6-СТ-75	Дизель
FD-100-6	1	15	6-СТ-75	Дизель

При проведении транспортировки и погрузки-разгрузки, от работы дизельных двигателей внутреннего сгорания осуществляется выброс в атмосферу следующих веществ: диоксиды и оксиды углерода, оксиды и диоксиды азота, оксиды серы, керосин, сажа. Также при транспортировке руды в летний период

происходит пыление неорганической пылью. Для борьбы с пылением применяется технология пылеподавления.

➤ *Вспомогательный транспорт*

Вспомогательный транспорт выполняет работы по перевозке грузов, перевозки людей, грузоподъемные работы, обслуживание аварийно-дежурного персонала, снегоочистку, полив и уборку территории и автодорог, а также др. работы. Для выполнения своих функций парк АО «Ковдорский ГОК» укомплектован автотранспортом общего назначения: автосамосвалы и бортовые машины, автокраны, автоцистерны, рефрижераторы автовышки, автобусы, легковые машины, фургоны, прицепы и полуприцепы, снего- и мусороборочные машины и т.д.

Парк вспомогательной автотехники состоит из 183 единиц автомобилей, кроме того 38 единиц дорожной техники.

В качестве топлива применяются бензин А-76, А-92, А-95 и дизельное топливо. В ходе работы транспорта в атмосферу поступают диоксиды и оксиды углерода, оксиды и диоксиды азота, оксиды серы, керосин, бензин, сажа.

➤ *Конвейерно-поточная линия*

Конвейерно-поточная линия применяется для транспортировки руды от усреднительного склада, вдоль всего дробильно-обогажительного комплекса и заканчивается на складе готовой подукции. Общая длина конвейерной ленты 1718 м, ширина ленты 1,6 м. При движении руды происходит пыление. Для снижения выбросов в атмосферу внутри дробильно-обогажительного комплекса применяются газоочистное оборудование, представленное циклонами.

➤ *Вспомогательные элементы транспортной системы*

Обслуживание транспорта на АО «Ковдорский ГОК» проводится в специализированных корпусах, при этом в структуре предприятия выделяют отдельные подразделения, организующие ремонт основного технологического оборудования и вспомогательного транспорта. В таблице 18 перечислены виды основных ремонтных работ, их характеристика и образуемые выбросы в атмосферу.

Таблица 18. Характеристика работ, выполняемых на вспомогательных участках транспортной системы горно-обогатительного комбината

Вид работ	Характеристика работ	Качественный состав выбросов в атмосферный воздух
Техническое обслуживание и технический ремонт (ТО и ТР)	Целью обслуживания подвижного состава является поддержание надлежащего вида, осуществление контроля за узлами и системами, влияющими на безопасную работу, выявление неисправностей путем своевременного выполнения контрольно-диагностических, крепежных, регулировочных и других видов работ.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– оксиды азота;</li> <li>– оксиды и диоксиды углерода;</li> <li>– оксиды серы;</li> <li>– керосин;</li> <li>– сажа;</li> <li>– триоксид железа;</li> <li>– марганец и его соединения;</li> </ul>
Кузнечно-медницкое отделение	На медницком участке осуществляется пайка радиаторов.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– свинец и его оксиды.</li> </ul>
Участок ремонта ДВС	На участке осуществляется ремонт, испытание и регулировка двигателей. Участок оборудован специальным стендом, на котором устанавливается двигатель и обкатывается при различных режимах.	
Мойка автосамосвалов	Мойка с поточной линией расположена в отдельном помещении, машины передвигаются по помещению мойки самоходом.	
Аккумуляторный участок	Аккумуляторный участок предназначен для зарядки аккумуляторных батарей (кислотных).	<ul style="list-style-type: none"> <li>– пары серной кислоты.</li> </ul>
Шиномонтаж и вулканизация	На участке шиномонтажа и вулканизации производят ремонт резинотехнических изделий (камер, шин).	<ul style="list-style-type: none"> <li>– триоксид железа;</li> <li>– марганец и его соединения;</li> </ul>

Сварочный участок	На участке производят сварку металлических деталей и наплавку стали.	– фториды неорганические; – пыль
Участок капитального ремонта кузовов	Производится ремонт кузовов.	неорганическая; – оксиды азота; – оксиды углерода; – оксиды серы; – никель и его соединения.
Аккумуляторный участок	Аккумуляторный участок предназначен для зарядки аккумуляторных батарей (кислотных).	– пары серной кислоты.
Участок ремонта топливной аппаратуры	На участке осуществляется ремонт, испытание и регулировка топливной аппаратуры.	– керосин.
Окрасочный участок	Предназначен для подкраски кузовов автомобилей в 2-х окрасочных сушильных камерах.	– толуол; – ацетон; – взвешенные вещества.
Ремонт тормозных барабанов	Предназначен для расточки тормозных барабанов.	– отсутствуют.

Обслуживание технологического транспорта осуществляется в четырех производственных корпусах. Для обеспечения бесперебойности работ выделено три корпуса для проведения планового технического обслуживания и ремонта, что позволяет проводить до 15 ремонтов одновременно. Остальные специфичные работы распределены по разным помещениям. В 4 корпусе проводится только мойка автосамосвалов.

Обслуживание вспомогательного транспорта производится в двух производственных корпусах. На предприятии АО «Ковдорский ГОК» выделяют два отдела по обслуживанию неосновного транспорта: ремонтно-механическая

служба и авторемонтная мастерская. Оба участка проводят плановой технический ремонт и техобслуживание автотранспорта. Также на обоих участках проводится ремонт топливной аппаратуры и сварочные работы.

Также на территории предприятия АО «Ковдорский ГОК» располагается автозаправочная станция (АЗС) предназначена для заправки автотранспорта бензином и дизельным топливом.

## **2. Анализ складской инфраструктуры АО «Ковдорский ГОК»**

### **➤ Склады и складские комплексы**

Учитывая, что для основного производственного процесса в горно-обогатительной отрасли не требуется исходное сырье, склады на предприятии используется для хранения готовой продукции и обеспечения основных и вспомогательных производственных процессов необходимыми материальными ресурсами, инструментами.

Можно выделить топливно-транспортный участок, занимающийся снабжением топливом всех подразделений комбината. В состав этого участка входит мазутохранилище и склад горюче-смазочных материалов. Мазутохранилище представляет собой 6 наземных вертикальных резервуаров, объемом 250 м<sup>3</sup> и 4 резервуара объемом 10 000 м<sup>3</sup>. Резервуары снабжены боковым и нижним подогревом. Основным потребителем мазута на предприятии является теплоэлектроцентраль и котельные.

Склад горюче-смазочных материалов представляет с собой емкости с разными видами топлива. Для хранения бензина А-76, применяется наземный вертикальный резервуар объемом 200 м<sup>3</sup>. Для хранения бензина АИ-92 и АИ-95 используются также наземные вертикальные резервуары объемом 200 м<sup>3</sup> в количестве двух штук. Эти виды топлива используются для заправки транспорта организующие вспомогательные виды работ. Основной технологический транспорт использует дизельное топливо. Его хранение осуществляется при помощи наземных вертикальных резервуаров объемом 1000 м<sup>3</sup> в количестве трех штук. При наливке в хранилища топлива происходит выделение в атмосферу предельных углеводородов, амиленов, бензола, ксилола, толуола и этилбензола.

Для обеспечения ремонтных работ и проведения своевременного технического обслуживания транспорта на предприятии размещен участок складского хозяйства, обеспечивающий постоянный запас запчастей и агрегатов, технических материалов, предметов труда и расходных материалов, необходимых для организации ремонтных работ. С точки зрения выбросов в атмосферный воздух и увеличения углеродного следа, данный вид складов оказывает минимальное негативное воздействие, но может образовывать отходы в виде использованной упаковки, отработанных деталей и другие факторы воздействия.

Готовая продукция предприятия АО «Ковдорский ГОК» представлена железным, апатитным и бадделеитовым концентратом. Хранение и дальнейшая отгрузка осуществляется при помощи силосных банок, представляющие емкости объемом 12 тыс.т. Каждая банка оснащена четырьмя погрузочными устройствами, предназначенными для загрузки специализированных вагонов грузоподъемностью до 71 т. Погрузка осуществляется навалом, что приводит к выделению в атмосферу взвешенных веществ и неорганической пыли и формированию аэрозвсей мелкодисперсных частиц.

➤ *Места техногенного складирования*

На первом этапе производственного цикла осуществляется добыча минеральной руды. Сырьевой базой для предприятия является Ковдорское месторождение бадделеит-апатит-магниевого руд, расположенное на руднике «Железный». Обеспеченность разведанными запасами составляет более 40 лет. Годовая производительность карьера рудника «Железный» определена в 20 млн. тонн сырой руды.

Добыча руд в карьере рудника «Железный» осуществляется открытым способом. Отметка дна карьера составляет 185 метров относительно уровня Балтийского моря. Скальные породы разрабатываются с применением буровзрывных работ.

В карьере производятся следующие работы: бурение скважин, взрывные работы, выемочно-погрузочные работы, транспортирование горной массы автосамосвалами, работы на отвалах пустых пород и в карьере.

Буровые работы проводятся буровыми станками СБШ-250 и их аналогами с использованием водо-воздушного средства пылеподавления.

Разработка взорванной массы в забоях карьера, погрузка руды, вскрышных пород, «песков» техногенного месторождения из забоев и усреднительных складов в автосамосвалы осуществляется экскаваторами емкостью ковша 8-10 м<sup>3</sup>: ЭКГ-8И, ЭКГ-10, «Висцугус», САТ-385. Планировка площадок, подготовительные работы, зачистка дорог осуществляется бульдозерами марки «САТ», «Komatsu». Транспортирование горной массы осуществляется автосамосвалами САТ-785, САТ-777, HD-785, HD-1500, HD-1200, БелАЗ-75131 (грузоподъемностью до 120 т). В летнее время года, согласно эксплуатационно-технической документации предприятия, производится обеспыливание дорог поливом водой из водовозок.

В основном в карьере комбината применяется комбинированная автомобильно-конвейерная доставка руды на обогащение и вскрышных пород во внешние отвалы.

Вторым источником полезных ископаемых является склад апатит-штаффелитовых руд (АШР), который до 2020 года использовался как места складирования отходов производственной деятельности. С 2020 года склад АШР перепрофилирован в карьер, на котором производится также бурение скважин, взрывные работы, выемочно-погрузочные работы, транспортирование горной массы автосамосвалами.

Отходами горного производства являются вскрышные горные породы и попутно добываемые руды, которые складировются в отвалы и отдельные склады.

Три отвала размещены в земельном отводе рудника «Железный», северо-западнее и западнее карьера, на расстоянии от города Ковдор около 3 км. Площадь отвала № 1 составляет 65 300 м<sup>2</sup>, отвала № 2 – 1 082 500 м<sup>2</sup>, отвала № 3 – 470 000 м<sup>2</sup>. На сегодняшний момент отвал № 1 не используется, работы на нем не ведутся, но в летнее время он является источником пыления. С 2020 года отвал № 2 используется для размещения вскрышных пород от карьера АШР. Отвал № 3 используется для размещения вскрышных пород карьера «Железный». Процесс отвалообразования включает выемочно-погрузочные одноковшовыми

экскаваторами, транспортирование вскрышных пород автосамосвалами и планировка поверхности отвала бульдозерами.

К отходам производства относят также маложелезистые руды (МЖАР), которые включают в себя апатит-силикатные и апатит-карбонатные разновидности руды и заскладированы на складе МЖАР площадью 56 790 м<sup>2</sup>. На объекте проводятся следующие виды работы: погрузно-разгрузочные работы бульдозерами и транспортировка горной массы БелАЗ-75131.

Помимо добычи основного минерального сырья АО «Ковдорский ГОК» также разрабатывает карьер песчано-гравийной смеси и технологическое месторождение с добычей известняка. Взрывные работы на этих элементах не ведутся и к основным видам деятельности относятся погрузно-разгрузочные работы бульдозерами и транспортировка горной массы БелАЗ-75131.

Важным складским элементом является усреднительный склад, представляющий двухштабельный объект, длиной 600 м и рассчитанный на размещение 600 тыс. тонн руды. Такой объем позволяет обеспечить двухнедельную бесперебойную работу комбината.

### ***3. Анализ транспортных потоков АО «Ковдорский ГОК»***

Транспортировка руды является важным производственным процессом горно-обогатительных комбинатов и оказывает существенный вклад в выбросы в атмосферу. В зависимости от количества разрабатываемых карьеров, расположения отвалов и складов попутных или малобедных руд, на производстве могут выделяться несколько транспортных потоков. На предприятии АО «Ковдорском ГОК» можно выделить семь транспортных потоков, представленных на рисунке 15.

К основным потокам можно отнести транспортировку руды из карьера «Железный» и карьера АШР до усреднительных складов, откуда руда поступает на обогатительную фабрику для дальнейшей переработки. Вскрышные породы, как отход от производственной деятельности, транспортируется по двум транспортным потокам при помощи автосамосвалов на отвалы № 2 и № 3.

Маложелестистые породы, добываемые на карьере «Железный», складироваются на складе МЖАР.

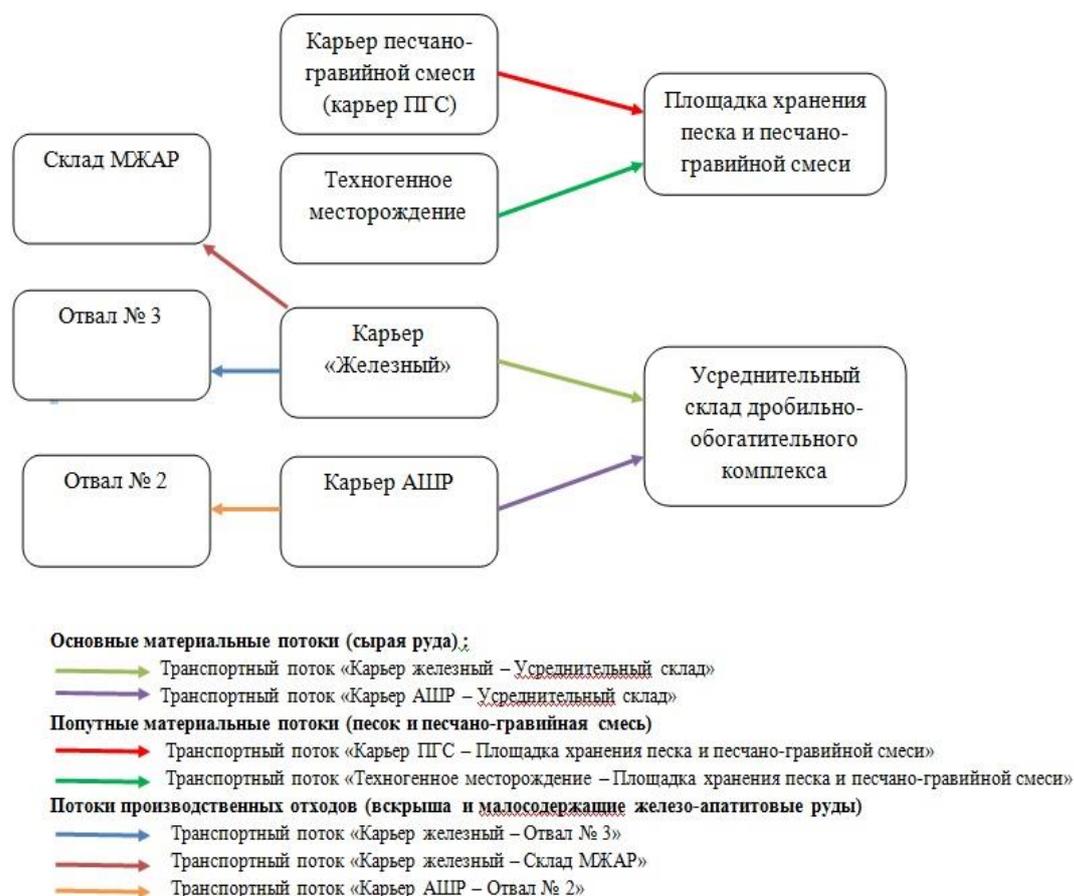


Рис. 15. Транспортные потоки АО «Ковдорский ГОК»

Также предприятие АО «Ковдорский ГОК» имеет два открытых побочных месторождения песчаной и песчано-гравийной смеси, используемой предприятием для отсыпки дорог и бортов дорог, строительных работ, формирование дорожной инфраструктуры, а также для строительных работ в городе Ковдор. Данные полезные ископаемые перевозятся по двум транспортным потокам.

В таблице 19 представлена характеристика транспортных потоков предприятия АО «Ковдорский ГОК».

Таблица 19. Транспортные потоки АО «Ковдорский ГОК»

Транспортный поток	Характеристика
Карьер «Железный» – усреднительный склад	Производится автосамосвалами марки Белаз-7512 (8ДМ-21А 120 т) Чистое время работы =8,74 ч

	<p>Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен</p> <p>Количество единиц техники, работающих одновременно =6 единиц</p> <p>Длина дороги =3,64 км</p> <p>Количество рейсов в сутки =68 (3 рейса в час)</p> <p>Среднее время движения с грузом = 0,364 ч</p> <p>Скорость самосвала =10 км/ч</p>
Карьер АШР – усреднительный склад	<p>Производится автосамосвалами марки Белаз-7512 (8ДМ-21А 120 т)</p> <p>Чистое время работы =5 ч</p> <p>Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен</p> <p>Количество единиц техники, работающих одновременно =6 единиц</p> <p>Длина дороги =1,7 км</p> <p>Количество рейсов в сутки =74(3 рейса в час)</p> <p>Среднее время движения с грузом = 0,175 ч</p> <p>Скорость самосвала =10 км/ч</p>
Карьер «Железный» – отвал № 3	<p>Производится автосамосвалами марки Белаз-7512 (8ДМ-21А 120 т)</p> <p>Чистое время работы =5 ч</p> <p>Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен</p> <p>Количество единиц техники, работающих одновременно =9 единиц</p> <p>Длина дороги =2,1 км</p> <p>Количество рейсов в сутки =72 (3 рейса в час)</p> <p>Среднее время движения с грузом = 0,26 ч</p> <p>Скорость самосвала =10 км/ч</p>
Карьер АШР – отвал № 2	<p>Производится автосамосвалами марки Белаз-7512 (8ДМ-21А 120 т)</p> <p>Чистое время работы =5 ч</p> <p>Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен</p> <p>Количество единиц техники, работающих одновременно = 10 ед.</p>

	<p>Длина дороги =2,2 км</p> <p>Количество рейсов в сутки =60 (3 рейса в час)</p> <p>Скорость самосвала =10 км/ч</p>
Карьер «Железный» – склад МЖАР	<p>Производится автосамосвалами марки Белаз-7512 (8ДМ-21А 120 т)</p> <p>Чистое время работы =4,2 ч</p> <p>Количество рабочих смен (дней)в год =1020 смен</p> <p>Количество единиц техники, работающих одновременно =1 единиц</p> <p>Длина дороги =3,5 км</p> <p>Количество рейсов в сутки =15(1 рейса в час)</p> <p>Среднее время движения с грузом = 0,175 ч</p> <p>Скорость самосвала =20 км/ч</p>
Карьер ПГС	<p>Производится автосамосвалами марки Белаз-7512 (8ДМ-21А 120 т)</p> <p>Чистое время работы =3 ч</p> <p>Количество рабочих смен (дней)в год =1020 смен</p> <p>Количество единиц техники, работающих одновременно =2 единиц</p> <p>Длина дороги =3,5 км</p> <p>Количество рейсов в сутки =24 (2 рейса в час)</p> <p>Среднее время движения с грузом = 0,175 ч</p> <p>Скорость самосвала =20 км/ч</p>
Техногенное месторождение	<p>Производится автосамосвалами марки Белаз-7512 (8ДМ-21А 120 т)</p> <p>Чистое время работы =6 ч</p> <p>Количество рабочих смен (дней)в год =1020 смен</p> <p>Количество единиц техники, работающих одновременно =4 единиц</p> <p>Длина дороги =1,6 км</p> <p>Количество рейсов в сутки =12 (2 рейса в час)</p> <p>Среднее время движения с грузом = 0,08 ч</p> <p>Скорость самосвала =20 км/ч</p>

На всех транспортных потоках АО «Ковдорского ГОК» применяется автотранспортная перевозка руды. Для грузопотоков из карьера «Железный» это является наиболее оптимальным решением, так как добыча руды происходит на глубине более 450 м, что создает сложности при использовании других видов транспорта. Для нового карьера АШР необходимо рассмотреть возможность применения конвейерного способа добычи, который позволяет снизить себестоимость добычи за счет повышения производительности, уменьшения длины потоковой линии и соответственно проводимых капитально-горных работ (обустройство траншей, откосов и пр.) Для достижения допустимых для перевозки размеров кусков руды в чаше карьера устанавливаются дробильные установки. Таким образом, наиболее оптимальной для добычи руды из карьера АШР будет логистическая схема, при которой внутри карьера до дробильных установок руда будет доставляться автосамосвалами, откуда по конвейерной ленте будет транспортироваться в дробильно-обогащительный комплекс. Это позволит в значительной мере сократить число используемых самосвалов, что в положительном ключе скажется на снижении выбросов в атмосферу и улучшении качества окружающей среды, а также способствует уменьшению углеродного следа.

Выбранные логистические схемы транспортировки руды значительно воздействуют на окружающую среду. При управлении и организации транспортными потоками следует учитывать выбросы от применяемого транспорта и максимально пытаться заменить их на более экологичные виды, автоматизировать логистические процессы, отслеживать и применять «зеленые» технологии для горной отрасли.

Применяемая в ходе исследования методика идентификации негативного воздействия на окружающую среду на примере предприятия АО «Ковдорский ГОК» показала, что наибольший вклад вносят транспортно-логистические системы предприятия.

Современные тенденции в управлении крупных промышленных объектов требуют учитывать экологический фактор воздействия предприятия на окружающую среду и минимизировать вред от производственной деятельности. Полностью исключить негативное воздействие от горно-обогатительных комбинатов невозможно, но применяя технологии и методы оценки и снижения влияния парниковых газов, позволят создать наиболее оптимальную и эффективную систему управления инфраструктурой предприятия и снизить экологическую напряженность в регионе.

### **3.2. Апробация методики оценки экологической эффективности модернизированной структуры бизнес-процессов**

#### **АО «Ковдорский ГОК»**

Во второй главе предложена схема бизнес-процессов. Проведем ее анализ в соответствии с методикой на основе методологии SADT. В таблице 20 представлены характеристики рассматриваемых бизнес-процессов для АО «Ковдорский ГОК».

Таблица 20. Значение параметров бизнес-процессов

Параметр бизнес-процесса	Обозначение	Количественное значение
Количество уровней бизнес-процессов	$P_{ур}$	4
Количество экземпляров бизнес-процессов	$P_{экз}$	14
Количество разрывов процессов в экземплярах бизнес-процессов	$P_{раз}$	0
Количество классов бизнес-процессов	$P_{кл}$	5
Число собственников бизнес-процессов	СП	5
Количество использованных ресурсов в бизнес-процессе	Р	4
Количество «выходов» в экземплярах бизнес-процессов	$P_{вых}$	29

На основе полученных расчетов можно оценить эффективность предложенной схемы бизнес-процессов АО «Ковдорского ГОК». Значение коэффициента сложности составляет 0,29, что соответствует сложной модели бизнес-процессов. Бизнес-процесс является процессным, что свидетельствует о наличии причинно-следственной связи между отдельными производственными процессами. Учитывая, что коэффициент  $k_{отв} = 1$ , можно говорить о контролируемости процесса. Коэффициент ресурсности позволяет оценить эффективное использование ресурсов, чем он ниже, тем использование ресурсов эффективнее. Таким образом, полученное значение  $k_p=0,18$  характеризует бизнес-процесс как процесс с низкой ресурсностью. Регулируемость оценить не удалось в связи с недостатком статистических данных.

Таким образом, на основе произведенного анализа можно сделать вывод, что разработанная схема производственных бизнес-процессов АО «Ковдорский ГОК» является эффективной, сложной, отвечает требованиям процессной модели, контролируется со стороны собственников бизнес-процессов и характеризуется низкой ресурсностью.

Существующие подходы к анализу и диагностики бизнес-процессов часто представляют собой сложно структурированные математические модели. Рассмотренный выше метод исследования бизнес-процессов позволяет дать быструю и доступную факторную оценку исследуемых процессов.

В диссертационном исследовании автор представил усовершенствованную схему бизнес-процессов по основному производственному процессу предприятия, но необходимо также создать в дальнейшем комплексную систему оценки данных процессов. Автор предлагает разработать метод диагностики бизнес-процессов для производственного предприятия на основе подразделения бизнес-процессов по механизму, широко распространённому в экологическом менеджменте – PDCA, который включает в себя два подхода.

*1. Оценка распределения бизнес-процессов для предприятия горно-обогатительной отрасли*

Для этого процессы разделяются в соответствии по своему функциональному значению и соотносятся к общему количеству бизнес-процессов в схеме.

Таблица 21. Расчет соотношения бизнес-процессов для систем управления предприятием АО «Ковдорский ГОК» (разработано автором)

Наименование системы	Количество процессов	Процентное соотношение, %
Система планирования(plan)	1	7
Система основных производственных процессов(do)	6	43
Система организации процессов(check)	3	21
Система управления процессами(act)	4	28
Итого:	14	100

Таким образом, преимущественно развиваются производственные системы, а также системы управления, то есть работа предприятия ориентирована на повышения эффективности и максимальное использование управленческих процессов. Предложенная система позволяет анализировать и рассматривать сложившееся соотношение бизнес-процессов и оценивать в целом их эффективность.

## 2. Оценка функциональных взаимосвязей схемы взаимодействия систем между собой

Далее необходимо оценить функциональные взаимосвязи.

Разобьем функциональные связи по типам взаимодействия и оценим их соотношение, что и в первом предложении. В представленной схеме бизнес-процессов, связи разбиты на 3 вида:

П – функциональные взаимосвязи производственного процесса;

У – управленческие взаимосвязи;

О – функциональные взаимосвязи по организации и планированию.

В таблице 22 представлена оценка функциональных взаимосвязей для диагностики построения структуры бизнес-процессов.

Таблица 22. Оценка функциональных взаимосвязей для диагностики построения структуры бизнес-процессов (разработано автором)

Наименование системы	Количество процессов	Процентное соотношение, %
Процессы, относящиеся к производственной системе	9	31
Управленческие процессы	10	34,5
Процессы организации и планирования	10	34,5
Итого:	29	100

Таким образом, можно отметить, что для данной системы автор предложил использовать равное применение управленческой и организационной системы, что позволит оказать существенное влияние на производственный процесс и улучшить организацию и управление, снизить издержки, внедрить инновационные процессы.

Использование данного метода позволяет оценить структуру бизнес-процессов, определить проблемы и предложить мероприятия по их решению, что позволит создать улучшенную модель логистической инфраструктуры для горнодобывающего комбината.

Инфраструктура горно-обогатительного комплекса должна создаваться с точки зрения эффективного эколого-экономического управления и производственные процессы должны учитывать комплексные факторы, логистические особенности, а также основываться на природоохранных процессах. Диагностика бизнес-процессов и их оценка позволит в целом изменить подходы к организации работы, снизить затраты предприятия и модернизировать существующие подходы.

Далее проведем оценку транспортно-логистической системы АО «Ковдорского ГОКа» с применением системы ключевых показателей, представленной в главе 2. Сводные данные по расчету показателей по предприятию АО «Ковдорский ГОК» представлены в таблицах 23 и 24.

Таблица 23. Алгоритмизация системы ключевых показателей для оценки эколого-экономической деятельности предприятия АО «Ковдорского ГОК»

№ п/п	Наименование показателя	Величина показателя			Краткий вывод
		Основные транспорт.	Вспомогат. транспорт.	Складские элементы	
1.	Процентное распределение выбросов от элементов логистической инфраструктуры, %	Основные транспорт. потоки	Вспомогат. транспорт. элементы	Складские элементы	<p>Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят основные транспортные потоки. Выбросы диоксида и оксида азота, сажа, оксиды углерода, керосина образуется от бульдозеров и автосамосвалов, тем самым вклад технологического транспорта в загрязнения атмосферы от предприятия АО «Ковдорский ГОК» по некоторым показателям значителен.</p> <p>Так 43, 6 % от всех выбросов оксидов азота, 20,4 % от всех выбросов оксида углерода, 72,0% от всех выбросов керосина приходится на деятельность технологического транспорта.</p> <p>Вспомогательные транспортные и складские элементы вносят незначительный вклад в загрязнение атмосферы. Более подробные расчеты, в том числе и не по ключевым показателям загрязнения представлены в приложении 2,3,4</p>
	Азота диоксид	43,6%	0,1%	-	
	Азота оксид	9,06%	0,15%	-	
	Сажа	14,7%	0,16%	-	
	Углерода оксид	20,4%	0,05%	-	
	Керосин	72,9%	0,55%	-	
	Пыль неорганическая менее 20%	16,5%	0,001%	-	
	Пыль неорганическая 20-70%	75,41%	5,49%	0,7%	

Продолжение таблицы 23

2.	<p>Удельная нагрузка на атмосферный воздух на 1 млн. т добытого сырья, т/год</p> <p>Азота диоксид</p> <p>Азота оксид</p> <p>Сажа</p> <p>Углерода оксид</p> <p>Керосин</p> <p>Пыль неорганическая менее 20%</p> <p>Пыль неорганическая 20-70%</p>				<p>Наибольшая нагрузка приходится на оксиды азота, оксиды углерода и пыли. Соответственно, природоохранное направление предприятия должно в первую очередь выработать комплекс мероприятий по уменьшению данных видов загрязняющих веществ. Выбор и применение наиболее эффективных «зеленых» технологий позволит снизить массы выбросов и соответственно уменьшить удельную нагрузку на атмосферный воздух.</p>
3.	<p>Средний выброс загрязняющих веществ от ед. транспорта, т/год</p> <p>Азота диоксид</p> <p>Азота оксид</p> <p>Сажа</p> <p>Углерода оксид</p> <p>Керосин</p>	<p>От автосамосвалов</p> <p>17,204</p> <p>2,795</p> <p>0,653</p> <p>6,492</p> <p>2,152</p>	<p>От бульдозеров</p> <p>1,592</p> <p>0,426</p> <p>0,425</p> <p>2,378</p> <p>2,151</p>	<p>От экскаваторов</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>	<p>Расчеты среднего выброса загрязняющего вещества от единицы транспорта проведены по транспортным потокам АО «Ковдорского ГОК». Более подробные расчеты представлены в приложении 5. При анализе данных наибольший интерес при управлении транспортом представляют потоки с максимальными показателями.</p> <p>К таким потокам прежде всего можно отнести:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Карьер «железный» - усреднительный склад;</li> <li>- Карьер АШР – усреднительный склад.</li> </ul>

Продолжение таблицы 23

	Пыль неорганическая менее 20% Пыль неорганическая 20-70%	10,477 25,872	3,972 3,015	4,082 7,634	<p>Согласно полученным результатам, можно отметить, что наиболее значимое негативное воздействие оказывают такие загрязняющие вещества как: «Пыль неорганическая 20-70%», «Пыль неорганическая менее 20%», «Азота диоксид».</p> <p>Сравнивая, данный показатель для различных типов и марок транспорта, можно выбрать наиболее экологичные решения и снизить негативное воздействие на атмосферу.</p>
4.	Интенсивность выброса загрязняющих веществ от транспорта на ткм, т/ткм Азота диоксид Азота оксид Сажа Углерода оксид Керосин Пыль неорганическая менее 20% Пыль неорганическая 20-70%		0,136 0,022 0,005 0,051 0,017 0,145 0,114		<p>Максимальное значение показателя приходится на выбросы неорганической пыли и диоксидов азота. Так как, транспортировка руды на АО «Ковдорском ГОК» происходит только посредством использования автосамосвалов, то эти выбросы образуются от работы двигателя внутреннего сгорания. При управлении транспортом данный показатель позволяет выявить наиболее экологичные пути решения при организации перевозки руды, а также оценить эффективность принимаемых природоохранных мероприятий, направленных на ресурсо- и энергосбережение в транспортной системе предприятия.</p>

5.	Интенсивность парниковых газов на единицу выпускаемой продукции, кг/т	66,1	На 1 тонну продукции выбрасывается более 66 кг парниковых газов. Данный показатель можно уменьшить за счет эффективного управления транспортными системами АО «Ковдорского ГОКа» и перехода на наиболее экологичные виды топлива в энергетической системе предприятия.
6.	Доля эмиссии парниковых газов от транспортной системы, %	25,06	Транспортная система АО «Ковдорского ГОКа» вносит значительный вклад в формирование выбросов парниковых газов от деятельности горнодобывающего предприятия. Формирование механизмов регулирования транспортной системы и стимулирование к переходу на более экологичные способы транспортировки позволят уменьшить объем выбросов CO <sub>2</sub> в атмосфере.

Таблица 24. Логистические показатели в разделении по транспортным потокам

Условные обозначения:

- 1- Карьер «Железный» – усреднительный склад;
- 2- Карьер АШР – усреднительный склад;
- 3- Карьер «Железный» – склад МЖАР;
- 4- Карьер «Железный» – отвал № 3;
- 5- Карьер АШР – отвал № 2;
- 6- Техногенное месторождение – усреднительный склад;
- 7- Карьер ПГС – усреднительный склад.

№	Наименование показателя	Размерность	Транспортные потоки АО «Ковдорский ГОК»						
			1	2	3	4	5	6	7
1.	Мощность транспортной системы	млн. т/год	17,8704	15,5928	0,657	28,3824	26,28	1,19136	2,1024
2.	Эксплуатационная скорость	км/час	10	10	20	10	10	20	20
3.	Среднесуточный пробег с грузом	км/сут	247,52	125,8	52,5	151,2	132	84	19,2
4.	Число грузовых перевозок в сутки	рейсов/сут	68	89	15	72	60	24	12
5.	Процентное распределение времени работы двигателя при различных режимах работы	%							

## Окончание таблицы 24

5.1.	для самосвалов	%	Тхх=35%	Тхх=20%	Тхх=35%	Тхх=35%	Тхх=20%	Тхх=35%	Тхх=35%
			Тчм=16%	Тчм=30%	Тчм=16%	Тчм=16%	Тчм=30%	Тчм=16%	Тчм=16%
			Тпм=49%	Тпм=50%	Тпм=49%	Тпм=49%	Тпм=50%	Тпм=49%	Тпм=49%
5.2.	для бульдозеров	%	Тхх=20%	Тхх=25%	Тхх=20%	Тхх=20%	Тхх=25%	Тхх=20%	Тхх=20%
			Тчм=40%	Тчм=35%	Тчм=40%	Тчм=40%	Тчм=35%	Тчм=40%	Тчм=40%
			Тпм=40%						
6.	Доля автоматизированного транспорта	б/р	0	0	0	0	0	0	0

На основе расчетов ключевых показателей можно выделить проблемные зоны горно-обогатительного комбината. В соответствии с предложенным механизмом эколого-экономического управления из второй главы, можно провести анализ эколого-экономической деятельности предприятия АО «Ковдорский ГОК». Используя расчеты из приложения 2, можно сделать вывод, что наибольшее влияние оказывают транспортные потоки с выбросами диоксида азота, керосина и пыли неорганической 70-20%. При этом на транспортный поток «Карьер АШР – усреднительный склад» приходится 9,2 % выбросов диоксида азота относительно всех выбросов диоксида азота по предприятию, 17,1% выбросов керосина относительно всех выбросов керосина по предприятию и 17,73% выбросов неорганической пыли 70-20% относительно всех выбросов неорганической пыли 70-20%. Диоксиды азота и керосин попадают в атмосферу при работе двигателей внутреннего сгорания бульдозеров и автосамосвалов. При транспортировке руды в атмосферу с поверхности перевозимой руды сдувается пыль и также выбрасывается в атмосферу при движении автотранспорта. Значительная часть неорганической пыли выбрасывается при пылении карьера, бурении и погрузочно-разгрузочных работ.

Одним из способов экологизации транспортного потока будет замена автосамосвалов на конвейерный метод доставки руды, что позволит снизить выбросы от оксидов азота, сажи, оксидов углерода, керосина и пыли неорганической [39]. Пыление при погрузке и транспортировке конвейерной лентой было рассчитано в соответствии с «Методикой расчета вредных выбросов для комплекса оборудования открытых горных работ»: составляет 41,08 т/год.

Таким образом, проведение природоохранного мероприятия позволит значительно уменьшить выбросы от двигателей внутреннего сгорания, в том числе, также можно отметить снижение выбросов парниковых газов. Уменьшение пыления позволит снизить процессы формирования аэрозвесей дисперсных частиц в атмосфере.

В таблице 25 представлена эколого-экономическая оценка предложенного природоохранного мероприятия.

Таблица 25. Эколого-экономическая оценка природоохранного мероприятия АО «Ковдорского ГОК»

Выбросы	Масса предотвращенного выброса, т/год	Снижение выброса по предприятию, %	Уменьшение платы за негативное воздействие, руб.	Предотвращенный экологический ущерб, руб.
Азота диоксид	133,25	8,45	21 778,05	337 420,22
Азота оксид	21,65	8,5	2 384,14	54 822,87
Сажа	5,05	2,49	333,62	2 092,54
Углерода оксид	49,19	3,27	114,08	3 019,66
Керосин	16,02	8,48	234,52	1 720,99
Пыль неорганическая 70-20%	147,01	9,47	8 907,04	225 614,41
Итого:			33 351,45	624 690,69

Таким образом, оптимизация транспортного потока «Карьер АШР – усреднительный склад», за счет изменения способа транспортировки руды позволит количественно снизить выбросы оксидов азота на 8,45%, керосина на 8,48% и неорганической пыли на 9,47%.

Снижение финансовых издержек предприятия за счет уменьшения платы за негативное воздействие составит 33 351,45 руб.

Применение системы ключевых индикаторных показателей также позволяет провести рейтинговое сравнение горно-обогатительных комбинатов, представленное в таблице 26.

В рейтинге для дальнейших исследований и анализа была выделена выборка предприятий, относящихся к горнодобывающему комплексу, и в дальнейшем проведён анализ технико-экономических, логистических и других типов показателей деятельности предприятий данного типа. Описание особенностей технологии семи горно-обогатительных предприятий и краткая характеристика исследуемых комбинатов представлена в Приложении 6.

Создание рейтинга предприятий по отрасли позволит точно провести сравнение между показателями и определить особенности транспортной и эколого-экономической деятельности в контексте развития, как предприятий отрасли, так и региона в целом. Прежде всего, были учтены экологические показатели, в том числе и вклад в формирование парникового эффекта. Также при формировании рейтинга учитывались финансовые вложения в природоохранную деятельность предприятия, так как они оказывают прямое влияние на формирование более современной инфраструктуры промышленных комплексов.

Учитывая значительный вклад транспортной системы горнодобывающих предприятий в формирование углеродного следа в загрязнение атмосферы, целесообразно включить в оценку предприятий помимо экологических показателей, также транспортные характеристики. Для грамотного сравнительного анализа были взяты относительные показатели производительности транспортной техники, эффективность использования автомобильного парка, объем выполняемых работ по отношению к единице специализированной техники, средний километраж автотранспортной и железнодорожной техники и другие показатели. В процессе сравнения предприятие, обладающее наилучшим показателем, получает 1 балл рейтинга, предприятие, имеющее второе значение, получает 2 балла рейтинга, аналогично распределяются баллы для остальных предприятий. На основании полученных данных распределяются места комбинатов в итоговом рейтинге. Данный рейтинг составлен на основе метода многомерных сравнений с применением балльной оценки.

Таблица 26. Рейтинг горно-обогатительных комбинатов по эколого-экономическим и техническим показателям деятельности [41,65]

Показатель	ПАО «Михайловский ГОК»	ОАО «Стойленский ГОК»	АО «Лебединский ГОК»	ОАО «Евраз КГОК»	АО «Карельский Окатыш»	АО «ОЛКОН»	АО «Ковдорский ГОК»
Природоохранные инвестиции, млрд. руб.	4	5	2	7	1	3	6
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу на тыс.т продукции, т/тыс.т	3	5	4	2	1	7	6
Выбросы парниковых газов в пересчете на экв-СО <sub>2</sub> , т/год	4	6	3	7	5	1	2
Динамика изменения выбросов парниковых газов по отношению к предыдущему периоду, %	3	1	2	6	7	4	5
Потери руды, %	3	5	2	1	4	7	6
<i>Экскаваторные работы</i>							
Объем экскаваторных работ на единицу	1	3	2	5	4	6	7

Продолжение таблицы 26

техники, млн м <sup>3</sup> /ед.							
Производительность среднесписочного экскаватора на 1 м <sup>3</sup> ковша в год	5	4	3	7	1	2	6
Транспорт горной массы							
<i>Автомобильный транспорт</i>							
Объем перевозимой руды на единицу техники, млн. м <sup>3</sup> /ед.	2	6	7	4	1	5	3
Среднесписочное количество автосамосвалов, ед.	2	4	5	6	3	7	1
Средняя грузоподъемность автосамосвала, т	5	6	2	7	1	3	4
Средневзвешенное расстояние перевозок, км	6	3	4	7	2	5	1
Использование парка, б/р	5	2	4	1	3	7	6

<i>Железнодорожный транспорт</i>							
Среднесписочное количество локомотивов, ед.	1	3	2	4	5	6	отсутствует
Средневзвешенное расстояние перевозок, км	2	6	1	5	3	4	отсутствует
Объем перевозимой руды на единицу техники, млн м <sup>3</sup> /ед.	2	1	3	4	5	6	отсутствует
Итоговое место в рейтинге:	3	4	1/2	7	1/2	5	6

Согласно полученным результатам 1 место в рейтинге занимает, АО «Карельский Окамыш» и АО «Лебединский ГОК». В первую очередь это связано с наибольшими природоохранными инвестициями, что говорит о стремлении предприятий перейти к наилучшим доступным технологиям и модернизировать свое производство. Об эффективности финансовых вложений свидетельствует и то, что «Карельский Окамыш» обладает наилучшим показателем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на тонну продукции, а АО «Лебединский ГОК» обладает хорошей динамикой снижения выбросов парниковых газов. В первую очередь это связано с активным применением железнодорожного транспорта, который оказывает меньшее влияние на выбросы парниковых газов. Таким образом, технологическая инфраструктура АО «Карельский Окамыш» и АО «Лебединский ГОК» направлена на минимизацию загрязняющих выбросов, это подтверждается и минимальными баллами в транспортировке руды автотранспортом. Высокие места в рейтинге занимает предприятие средней полосы России: ПАО «Михайловский ГОК». Данное предприятие обладает лучшими показателями в области транспортировки руды железнодорожным транспортом, что позволило занять ему третье место в рейтинге, несмотря на то, что обладает средними экологическими показателями. Предприятие неэффективно использует свой автопарк, имеет большие дистанции перевозок.

Последнее место в рейтинге занимает предприятие ОАО «Евраз КГОК», вносящее существенный вклад в формирование углеродного следа, при этом можно отметить, что по динамике изменения парниковых газов данное предприятие тоже занимает одно из последних мест. Небольшое финансирование природоохранных мероприятий, по сравнению с другими предприятиями, препятствует формированию эффективных подходов управления транспортом и замене его на более современные и оптимальные виды. АО «Ковдорский ГОК» также находится внизу рейтинга из-за нерационального использования парка, что выражается в высоких значениях выбросов на единицу продукции. При этом предприятие вносит один из наименьших вкладов в выбросы парниковых газов, что может характеризоваться небольшими расстояниями перевозок руды.

Анализ транспортной системы горно-обогатительных предприятий отражает, что многие показатели горно-обогатительного комплекса зависят, в том числе от горно-геологических условий залегания природных ископаемых и их местоположения. Эти же условия диктуют создание оптимальной и уникальной транспортной системы для каждого месторождения в каждом случае индивидуально, но можно выделить ряд мер, которые позволят улучшить технико-экономические показатели в целом в отрасли.

Использование показателей для оценки деятельности позволит существенно улучшить подходы развитию комплексных подходов к управлению эколого-экономическими и производственными системами в рамках концепции устойчивого развития, оптимизировать существующие подходы к управлению и создать комплексные подходы к оценке влияния предприятий на окружающую природную среду. Следующим инструментом, позволяющим улучшать эколого-экономическую деятельность горно-обогатительных комбинатов является углеродный налог, подробнее его особенности отражены в параграфе 3.3. диссертационного исследования.

Применение разработанных автором методик позволит сформировать корпоративные экологические программы развития предприятия, что впоследствии даст возможность повысить эколого-экономическую эффективность горнодобывающего предприятия. Разработанные методики позволяют выявить лучшие практики, применяемые предприятием в экологической сфере и в дальнейшем реализовывать их на сходных предприятиях отрасли.

### **3.3. Оптимизация параметров организационно-экономического механизма стимулирования горно-обогатительных предприятий к снижению выбросов парниковых газов**

Организационно-экономическое стимулирование предприятий важное направление в природоохранной деятельности в рамках развития региона, так как оно позволяет создать комплексные меры, позволяющие воздействовать на

экологически опасные объекты, вносящие вклад в углеродный след. Организационные инструменты должны в первую очередь регулировать взаимоотношения между органами государственной власти и местного самоуправления и природопользователями для стимулирования последних к снижению экологического воздействия, а также уменьшению антропогенной нагрузки на регион [40].

Следует отметить, что наибольший вклад в парниковый эффект вносят транспортные элементы инфраструктуры и энергетические объекты горно-обогатительных комбинатов. Доля выбросов парниковых газов при добыче минеральной руды крайне незначительна и не учитывается [61].

Для стимулирования предприятий горно-обогатительной отрасли к переходу на технологии, ориентированные на снижение парниковых газов, эффективным инструментом будет внедрение углеродного налога с коэффициентами, учитывающими экологичность производственных процессов.

Расчет общего углеродного налога по предприятию составит (20):

$$U_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}^{\text{общ}} = \sum U_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}^{\text{тр}} + U_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}^{\text{эн}}, \quad (20)$$

где:

$U_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}^{\text{общ}}$  – общий углеродный налог по предприятию, тыс. руб.;

$U_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}^{\text{тр}}$  – углеродный транспортный налог, тыс. руб.;

$U_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}^{\text{эн}}$  – углеродный энергетический налог, тыс. руб.

Для расчетов углеродного транспортного налога автор предлагает использовать следующую формулу (21), учитывающую различные типы транспортных систем:

$$U_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}^{\text{тр}} = M_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}} \times S \times K_1 \times K_2, \quad (21)$$

где:

$U_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}^{\text{тр}}$  – углеродный транспортный налог, тыс. руб.;

$M_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}$  – фактическая масса, выделившихся парниковых газов в пересчете на  $\text{CO}_2\text{-ЭКВ}$ , т/год;

$K_1$  – коэффициент, зависящий от типа транспортных средств, б/р;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от расстояний и особенностей передвижения транспортных средств, б/р;

$S$  – стоимость углеродной единицы, тыс. руб./т.

На сегодняшний момент, в российском законодательстве не предусмотрен механизм регулирования парниковых газов в виде углеродных налогов, в связи с этим налоговая ставка на углеродные единицы не утверждена. В зарубежных странах она колеблется в пределах от 2 до 140 долларов за тонну. При этом, в Евросоюзе разрабатывается механизм трансграничного углеродного регулирования (ТУР), которые предусматривают сбор за импорт в ЕС товаров, производство которых связано с масштабной эмиссией  $CO_2$ . Стоимость углеродной единицы прогнозируется при этом в средней цене за тонну  $CO_2$ -эквивалента в размере \$69 (€58). В связи с этим, в данной работе стоимость углеродной единицы была принята в размере \$69 или 5 261,25 руб. по среднему курсу за 2021 год [102,105].

Далее приведена таблица 27 с коэффициентами вклада того или иного типа транспортного средства в парниковый эффект. Предложен механизм формирования данного коэффициента на основе международного стандарта Tier для технологического транспорта и внедорожной дизельной техники и международного стандарта Euro для всех остальных транспортных средств. Международный стандарт Tier применяется для экологического нормирования двигателей внутреннего сгорания специализированной внедорожной техники и на сегодняшний момент выделяет 4 класса в зависимости от степени очистки выхлопных газов и удельного расхода топлива. При этом важно отметить, что в горно-обогатительной отрасли в основном применяется технологический транспорт с не стандартизированными двигателями, что приводит к дополнительному загрязнению атмосферы. В связи с этим, для перехода на более экологичные виды техники, предложены повышающие коэффициенты при использовании спецтехники и автомобилей, не соответствующих современным экологическим требованиям и понижающий коэффициент при использовании транспорта, отвечающего более строгим зарубежным стандартам [71,82].

Таблица 27. Коэффициент сжигания топлива для различных типов транспортных средств ( $K_1$ )

Транспортные средства по соответствию ДВС стандартам «Tier»*	Транспортные средства по соответствию стандартам «Evro»	Диапазон коэффициентов в зависимости от типов транспортного средства
Tier 0	Все автомобили ниже класса Evro 4	2
Tier 1 –Tier 2	Evro 4	1,5
Tier3	Evro 5	1
Tier 4	Evro 6	0,8

Формирование оптимального маршрута движения транспорта и уменьшение пройденного им расстояния является важным фактором, направленным на снижение выбросов парниковых газов. При рассмотрении технологического горного транспорта наиболее эффективным является применение комбинированных способов транспортировки с использованием поточных линий, либо железнодорожного транспорта. В таком случае технологический автотранспорт используется только внутри карьерных площадок и применяется для перевозок на небольшие расстояния, что позволяет в значительной мере снизить выбросы парниковых газов [22]. В таком случае, коэффициент, зависящий от расстояний и особенностей движения транспортных средств ( $K_2$ ), представлен в таблице 28.

Таблица 28. Коэффициент, зависящий от расстояний и особенностей движения транспортных средств ( $K_2$ )

Тип транспортировки	Коэффициент
Автосамосвалами	1,1
Комбинированный: автосамосвалами с применением поточных линий	1
Комбинированный: автосамосвалами с применением ж/д транспорта	

Для вспомогательного транспорта, не участвующего в основных производственных процессах, данный коэффициент будет равен 1.

Для энергетических систем горнодобывающих предприятий расчет углеродного налога производится по формуле (22):

$$U_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}^{\text{ЭН}} = M_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}} \times S, \quad (22)$$

где:

$U_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}^{\text{ЭН}}$  – углеродный энергетический налог, тыс. руб.;

$M_{\text{CO}_2\text{-ЭКВ}}$  – фактическая масса, выделившихся парниковых газов в пересчете на  $\text{CO}_2\text{-ЭКВ}$ ;

$S$  – стоимость углеродной единицы, тыс. руб./т;

Проведем апробацию данного механизма для предприятия АО «Ковдорский ГОК».

В таблице 29 представлен расчет углеродного налога для транспортной системы Ковдорского ГОК. В связи с отсутствием данных для вспомогательного транспорта по соответствию транспортных средств стандартам Euro, весь парк принято считать соответствующим современным требованиям Euro 5.

Таблица 29. Расчет углеродного налога для транспортной системы АО «Ковдорский ГОК»

Тип транспортных средств по соответствию стандартам:	Количество транспортных средств, ед.	Фактический расход топлива т/год	Масса выбросов $\text{CO}_2$ , т/год	$K_1$	$K_2$	Углеродный налог, тыс.руб/год
Технологический и внедорожный транспорт						
Tier 0	109	26 500	83 101	2	1,1	962 600
Tier 1 - Tier 2	40	13 500	42 331	1,5	1,1	367 480
Вспомогательный транспорт						
Euro 5	183	700	2 160	1	1	113 700
Итого:						1 341 450

Таким образом, суммарный углеродный налог от транспортной системы предприятия АО «Ковдорский ГОК» будет составлять более 1,3 млрд. руб. При этом, важно отметить, что при переходе на современный и экологичный

технологический транспорт, соответствующий международным стандартам «Tier 3» и выше, предприятие сможет сэкономить 525,38 млн. руб.

Расчет выбросов парниковых газов от энергетической системы АО «Ковдорский ГОК» проводится в соответствии с «Методическими указаниями и руководством по количественному определению объема парниковых газов», утвержденных приказом Минприроды России № 300 от 30.06.2015 гг. В соответствии с данным постановлением расчет представлен в таблице 30.

Таблица 30. Расчет парниковых газов от энергетической системы АО «Ковдорский ГОК»

Источник выброса	Вид топлива	Фактическое потребление топлива, т/год	Коэфф. окисления углерода в топливе	Теплотворное нетто-значение, ТДж/тыс.т	Коэфф. выбросов углерода, т/ТДж	Масса выбросов CO <sub>2</sub> , т/год
Теплоэлектроцентральный						
Паровой котел ТП-35У	Мазут М100	29 270,255	0,99	41,15	20,84	91 117
Водогрейный котел ПТВМ-50	Мазут М100	17 790,519	0,99	41,15	20,84	55 381
Котельная						
Паровой котел ГМ-50/14	Мазут М100	44 402,56	0,99	41,15	20,84	138 224
Водогрейный котел КВГМ-100	Мазут М100	31 127,62	0,99	41,15	20,84	96 899
Итого:						381 621

Таким образом, суммарный выброс парниковых газов от инфраструктуры энергетической системы составляет 381 621 т/год.

На основании данных рассчитаем углеродный энергетический налог:

$$У^{ЭН}_{CO_2-ЭКВ} = 381\,621 \times 5,261 = 2\,007\,803,4 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, суммарный углеродный налог для АО «Ковдорского ГОК» будет составлять:

$$У^{Общ}_{CO_2-ЭКВ} = 1\,341\,450 + 2\,007\,803,4 = 3\,349\,253,4 \text{ тыс. руб.}$$

Основными источниками парниковых газов на АО «Ковдорский ГОК» являются транспортные системы, которые образуют 127,59 тыс. тонн углекислого газа и энергетические системы, выбрасывающие 381,62 тыс. тонн. При этом в транспортных системах наибольший вклад вносит технологический транспорт. Формирование подходов управления, направленных на экологизацию способов добычи и транспортировки руды, позволит в значительной мере снизить негативное воздействие на окружающую среду и уменьшить объем эмиссии CO<sub>2</sub> от транспортных средств.

Одним из таких механизмов может стать углеродный налог, который позволит учитывать соответствие транспортного парка экологическим стандартам и будет стимулировать предприятия на модернизацию автопарка и выбора более оптимальных способов транспортировки.

Обобщающие выводы по третьей главе диссертационного исследования:

1. Выполненная автором на примере АО «Ковдорский ГОК» апробация разработанной методики идентификации механизмов негативного влияния горно-обогатительного комбината на окружающую природную среду и степени такого влияния подтвердила сделанный ранее вывод о том, что на предприятиях горно-обогатительного сектора наибольшие выбросы парниковых газов и связанных с ними веществ приходится на их транспортно-логистические системы.

2. Выполненная автором на примере АО «Ковдорский ГОК» апробация трех разработанных методик – методики идентификации механизмов негативного влияния горнодобывающего предприятия на окружающую природную среду и степени такого влияния, методики оценки экологической эффективности технико-технологических мероприятий, направленных на совершенствование каждого из выделенных элементов транспортно-логистической инфраструктуры горнодобывающего предприятия, и методики оценки эффективности

модернизированной в соответствии с предложенным подходом структуры бизнес-процессов горнодобывающего комбината – свидетельствует о возможности использования разработанного методического аппарата в качестве методологического обеспечения формирования корпоративных программ повышения экологической эффективности горно-обогатительных предприятий.

3. В том числе, разработанные автором методики показывают высокую эффективность их использования в целях сравнительного анализа экологической эффективности как различных горно-обогатительных комбинатов, так и отдельных экологических мероприятий, реализуемых ими, что позволяет выявить лучшие практики и оценить возможность их распространения на другие предприятия отрасли.

4. Выполненная автором апробация разработанных методик позволила обосновать практические мероприятия по модернизации транспортно-логистической системы АО «Ковдорский ГОК», позволяющие значительно повысить экологическую эффективность деятельности предприятия, в том числе, в части сокращения выбросов парниковых газов.

5. Разработанный автором методологический аппарат может быть использован для обоснования предложений по введению углеродного налога, как механизма стимулирования горно-обогатительных комбинатов к сокращению выбросов парниковых газов, для обоснования рекомендуемого размера такого налога, а также для оценки его влияния на экологическую эффективность деятельность горно-обогатительных предприятий (выполнена на примере АО «Ковдорский ГОК»).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенного диссертационного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Горно-обогатительная отрасль промышленности имеет специфические особенности, которые и определяют ее как самостоятельный объект исследования для области научного знания – экономики природопользования. К основным специфическим особенностям отрасли можно отнести: отсутствие возможности выбора места размещения промышленного комплекса и невозможность в полном объеме изолировать технологические процессы от прямого контакта с окружающей природной средой.

2. Предприятия горнодобывающей сферы могут быть отнесены к различным классам опасности, их градация варьируется от 1-4 класс, такие предприятия имеют высокую производственную мощность и поэтому требуют постоянного мониторинга со стороны органов государственной власти и местного самоуправления, что и дало предпосылки к необходимости формирования специализированных экологических программ, направленных на сокращение объемов выбросов парниковых газов от транспортно-логистических подсистем промышленного комплекса.

3. Помимо прямого загрязнения атмосферного воздуха присутствует косвенный эффект загрязнения, который основывается на сокращении сопутствующей эмиссии газов от аэрозвеси мелкодисперсных частиц органических и неорганических веществ.

4. В настоящее время в Российской Федерации не применяется зарубежный опыт стимулирования предприятий, относящихся к горно-обогатительному комплексу, к внедрению мероприятий по сокращению выбросов парниковых газов. К стимулирующим мерам можно отнести: введение квот на выбросы и механизмов платы за выбросы парниковых газов, пошлин на товары, образующие значительный углеродный след, установление налоговых сборов на выбросы углекислого газа и т.д.

5. Создание эффективных программ по сокращению выбросов парниковых газов невозможно без создания методического обеспечения в этой области, что позволит проводить как комплексные, так и единичные исследования в данной области и достигать синергетического эффекта.

6. В результате проведенного исследования автором были разработаны 3 методики к оценке негативного воздействия горно-обогатительных комбинатов на окружающую природную среду, которые включают в себя следующие:

- формирование механизмов негативного воздействия и на их основе определение наиболее существенных источников этого воздействия с их полной характеристикой;
- проведение анализа слабых и сильных сторон в части экологических аспектов деятельности горно-обогатительных комбинатов;
- проведение анализа производственной инфраструктуры горно-обогатительного комбината на основе исследования основных бизнес-процессов предприятия, в частности его транспортно-логистических подсистем.

7. Разработанные автором методики могут быть адаптированы и для других предприятий, относящихся к данной отрасли, при этом расчет должен осуществляться на основании стандартной отчетности предприятия и его статистической информации, а также данных экологического мониторинга.

8. Основными элементами инфраструктуры, оказывающими наиболее существенное негативное воздействие на окружающую природную среду, являются транспортно-логистические подсистемы предприятия, то есть повышение эффективности функционирования именно этих элементов позволит усовершенствовать эколого-экономическую деятельность предприятия горно-обогатительной отрасли.

9. Дополнительным эффектом от проводимых технико-технологических мероприятий можно достигнуть за счет взаимосвязи организационно-управленческих и природоохранных процессов на предприятии, что впоследствии позволит создать комплексный подход к управлению производственными системами на всех этапах функционирования горно-обогатительного комплекса.

10. На основе методики SADT в исследовании проводится оценка эффективности модернизированной схемы бизнес-процессов горно-обогатительного комбината, которая включала в себя адаптацию организационно-управленческих и технологических особенностей функционирования предприятий горно-обогатительной отрасли.

11. Апробация разработанных автором методик проведена на примере горно-обогатительного предприятия АО «Ковдорский ГОК», результаты проведенной апробации позволяют сделать вывод, что наибольший объем образования выбросов парниковых газов характерен для транспортно-логистической системы предприятия.

12. Разработанные автором методики позволят проводить сравнительный анализ эффективности между различными горно-обогатительными комбинатами, то есть осуществлять комплексный анализ эколого-экономической деятельности, но также осуществлять оценку по отдельным мероприятиям, что позволит выявлять и внедрять лучшие практики в деятельность отрасли.

13. Проведенная апробация на примере горно-обогатительного предприятия АО «Ковдорский ГОК» позволила модернизировать транспортно-логистическую инфраструктуру предприятия и существенно повысить его экологическую эффективность в области сокращения образования парниковых газов и вклада в углеродный след региона.

14. Предложенное автором методическое обеспечение по внедрению углеродного налога как организационно-экономического механизма стимулирования предприятий горно-обогатительного комплекса к снижению объемов выбросов парниковых газов позволит снизить экологическое воздействие горнодобывающей отрасли на окружающую среду на региональном уровне.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»
2. Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»
3. Постановление правительства РФ от 31.12.2020 № 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III, IV категорий»
4. ГОСТ Р ИСО 14001-2016. Системы экологического менеджмента: Требования и руководство по применению / подгот. Всерос. науч.-исслед. ин-т сертификации. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 31 с.
5. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года от 29.10.2021 г. №3052-р
6. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2017 гг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ncsf.ru/wp-content/uploads/2021/03/national-doklad-o-kadastre-part1.pdf> (дата обращения: 16.11.21)
7. Государственный доклад «Основные показатели охраны окружающей среды за 2020 год». [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/nmV0UuE3/Ochrana\\_2020.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/nmV0UuE3/Ochrana_2020.pdf) (дата обращения: 16.11.21)
8. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennyye\\_doklady/gosudarstvennyy\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_i\\_ob\\_okhrane\\_okruzhayushchey\\_sredy\\_rossiyskoy\\_federatsii\\_v\\_2020/](http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennyye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2020/) (дата обращения: 30.09.21)
9. Четвертый двухгодичный доклад Российской Федерации представленный в соответствии с решением 1/CP.16 Конференции Сторон

Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/10469275\\_Russian%20Federation-BR4-1-4BR\\_RUS.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/10469275_Russian%20Federation-BR4-1-4BR_RUS.pdf) (дата обращения: 16.11.21)

10. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2020 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gov-murman.ru/region/environmentstate/> (дата обращения: 12.12.2021)

11. Шестой оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата «AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> (дата обращения: 19.10.2021)

12. Аверкин, М.Г., Богатырев, А.В., Боронин, О.С. Ключевые социально-экономические аспекты функционирования промышленных предприятий в современных экономических условиях / монография // Образоват. учреждение профсоюзов высш. образования «Акад. труда и соц. Отношений», Нижегород. фил. – Москва: АТиСО, 2016. – 147 с.

13. Айрапетова, А.Г. Концепция устойчивого развития единой эколого-экономической системы // Известия СПбГЭУ. – 2014. – № 5(89). – С.61-65.

14. Ануфриев, В.П., Гудим, Ю.В., Каминов, А.А. Устойчивое развитие. Энергоэффективность. Зеленая экономика / монография // – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 200 с.

15. Багаян, С.А. Проблемы повышения эффективности экологического управления регионом // Пространство экономики. –2011. – № 3-3. – С.151-155.

16. Балашов, Н.А., Годман, Д.Ф. Углеродный след: как государства и компании пытаются его уменьшить // Бизнес-образование в экономике знаний. – 2020. – № 3(17). – С.17-20.

17. Безденежных, Т.И., Прокопец, Н.Н., Пономарева, И.А. Оценка факторов цифровизации экономики в России // В сборнике: теоретические и прикладные аспекты экономической безопасности в условиях цифровизации. Сборник статей. – Санкт-Петербург, 2020. – С.14-21.

18. Болодурина, М.П., Мишурова, А.И. Концептуальные основы формирования и развития транспортно-логистической инфраструктуры // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2019. – №2 (371). – С. 240-257.
19. Вирт, А.Д. Глобальное управление в сфере изменения климата Парижское соглашение: новый компонент климатического режима ООН // Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика. – 2017. – № 4. – С.185-205.
20. Воронков, А.Н. Основы «зеленой» логистики / монография // М-во обороны Рос. Федерации, Вол. воен. ин-т материал. обеспечения. – Вольск: ВВИМО; Москва: Перо, 2015. – 242 с.
21. Гоязнов, О.Н. Природно-технические системы – универсальные системы взаимодействия инженерных сооружений (объектов) и природной среды // Известия УГГУ. – 2015. – №4. – С.5-10.
22. Графкина, М.В., Ванченкова Г.Ю. Разработка мероприятий по сокращению выбросов парниковых газов от автотранспорта // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. – 2015. – № 18 – С.111-115.
23. Гусева, Т.В., Чечеватова, О.Ю., Гревцов, О.В., Санжаровский, А.Ю., Молчанова, Я.П. Наилучшие доступные технологии и повышение энергоэффективности // Компетентность. – 2019. – № 1. – С.30-35.
24. Дарижапов, Б.Д., Дарижапова, М.Н. Эколого-экономический мониторинг парниковых газов: обзор зарубежных азиатских межотраслевых моделей и российские перспективы // М-во образования и науки Рос. Федерации, Бурят. гос. ун-т. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2012. – 143 с.
25. Дружинин, П.В., Шкиперова, Г.Т., Поташева, О.В., Зимин, Д.А. Оценка влияния развития экономики на загрязнение воздушной среды // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2020. – №2. – С.125-142.
26. Ефимов, В.И. Реальность углеродного следа в глобальном изменении климата // Жизнь Земли. – 2021. – № 3. – С.328-336.

27. Ефимова, Н.Б., Уланова, И.А. Механизм финансирования охраны окружающей среды Российской Федерации и направления его совершенствования / монография // М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Деп. науч.-технол. политики и образования, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Волгогр. гос. аграр. ун-т», Экол.-мед. фак., Каф. «Экология и экономика природопользования». – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. – 103 с.

28. Жукова, Н.В. О модели природоохранного и природно-ресурсного законодательства в современной России // Общество и право. – 2018. – № 3 (65)– С. 156-159.

29. Замолотчиков, Д.Г. Углеродный цикл и изменения климата // Окружающая среда. Энерговедение. – 2021. – № 2. – С.53-61.

30. Замятина, М.Ф. Эколого-климатические аспекты народосбережения регионов России // Сборник научных статей. Министерство науки и высшего образования российской федерации; ФБГУН «Институт проблем региональной экономики РАН»; Научно-исследовательский институт Высшая школа экономики. – Санкт-Петербург, 2021. – С.48-59.

31. «Зеленая экономика» как глобальная стратегия развития в посткризисном мире / сборник обзоров // Рос. акад. наук, Ин-т науч. информации по обществ. наукам; [отв. ред.: И. Г. Животовская, Т. В. Черноморова]. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2016. – 188 с.

32. Зомонова, Э.М. Стратегия перехода к «зеленой» экономике: опыт и методы измерения: аналитический обзор // Федеральное гос. бюджетное учреждение науки Гос. публичная научно-техническая б-ка Сибирского отд-ния Российской акад. наук. – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2015. – 283 с.

33. Иващенко, Т.И. Процессный подход как метод оптимизации работы логистическим систем // Ученые заметки ТОГУ. – 2014. – Том 5, №4. – С.14-19.

34. Икромов, Н.А., Гиясидинов, А.Ш., Рузиматов Б.Р. Меры по снижению экологического воздействия автопарка // Universum: технологические науки. – 2021. – № 4-1(85). – С.35-39.

35. Кантор, Е.Л. Экономика добывающих предприятий и отраслей / монография // Москва: ИНФРА-М, 2014. – 229 с.
36. Капустина, Л.М. «Зеленые» технологии в логистической деятельности // Journal of new economy. – 2016. – №2 (64). – С.114-121.
37. Клименко, В.С. Энергетика и природа климата: есть ли шанс остановить глобальное потепление? // ЭП. – 2021. – №4 (158). – С.12-30.
38. Колпаков, А.Ю. Энергоэффективность: роль в сдерживании выбросов углекислого газа и определяющие факторы // Проблемы прогнозирования. – 2020. – № 6 (183). – С. 141-154.
39. Коптев, В.Ю. Структурная оптимизация транспортных систем горнодобывающих предприятий // Проблемы современной науки и образования. – 2016. – №3. – С.121-123.
40. Коробова, О.С. К вопросу о применении экономических механизмов регулирования выбросов парниковых газов в России // ГИАБ. – 2014. – №3. – С. 225-228.
41. Копанская, А.А., Трейман, М.Г. Анализ технико-экономических показателей транспортных систем горно-обогатительных комплексов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2020. – №4. – С.17-28.
42. Копанская, А.А., Трейман, М.Г. Исследование особенностей внедрения принципов «зеленой» логистики для промышленных предприятий России // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2020. – №1. – С.86-94.
43. Копанская, А.А. Особенности образования парниковых газов в России и меры их регулирования // Финансовая экономика. – 2022. – №2. – С. 134-139.
44. Копанская, А.А. Оценка эффективности эколого-экономической деятельности горнодобывающих предприятий // Управленческий учет. – 2021. – №12-2. – С.444-452.
45. Копанская, А.А. Тенденции использования «зеленых» технологий в горнодобывающей отрасли // «Форсайт логистики: будущее глазами молодых

ученых»: сборник материалов международной форсайт-сессии. – СПб: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2018. – С.162-167.

46. Копанская, А.А. Управление бизнес-процессами на горнодобывающем предприятии // Управленческий учет. – 2021. – №11-1. – С.54-61.

47. Копанская, А.А. Углеродный след как фактор оптимизации эколого-экономической деятельности предприятия // Экономические и управленческие технологии XXI века: теория и практика, подготовка специалистов: материалы методической и научно-практической конференции (25 ноября 2021 г.) / под ред. доц. Л.В. Войновой; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб, 2021. – С. 28-32.

48. Космачева, Н.М., Черкасская, Г.В. Вопросы устойчивого развития горных территорий в Российской Федерации: система жизнеобеспечения, институты и инфраструктура // Экономика нового мира. – 2020. – № 4(19). – С.44-61.

49. Лисенков, А.А., Куандыков, А.А., Букейханова, С.В., Лысенко, С.Б. Интеллектуализация систем проектирования, управления и функционирования горного производства // Горная промышленность. – 2017. – №6 (136). – С.88-91.

50. Любарская, М.А., Меркушева, В.С., Зиновьева, О.С. Участие России в международном сотрудничестве в сфере сокращения выбросов парниковых газов энергетическими компаниями // Вестник РУДН. Серия: Международные отношения. – 2019. – №3. – С.377-392.

51. Макаров, Е.И., Елисеева, Ю.В. Логистические бизнес-процессы промышленного кластера: методология и инструментарий оптимизации / монография // Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования Рос. экономический ун-т им. Г. В. Плеханова, Воронежский фил. – Москва: Научная книга, 2015. – 177 с.

52. Марьин, Е.В. Парижское соглашение как механизм снижения выбросов на международном уровне // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2021. – №5-4. – С.98-100.

53. Мотосова, Е.А., Потравный, И.М. Плюсы и минусы введения углеродного налога: зарубежный опыт и позиция России по Киотскому протоколу // ЭКО. –2014. –№ 7(481). – С.180-190.
54. Мочалова, Л.А., Игнатъева, М.Н., Стровский, В.Е. Экологическая модернизация технологий горнопромышленного комплекса / монография // Уральский государственный горный университет. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 176 с.
55. Мурзин, М.А. Горные предприятия как источник экологических рисков // ГИАБ. – 2016. – №2. – С.374-383.
56. Панов, М.М. Оценка деятельности и система управления компанией на основе КРІ. // М.: ИНФРА-М, 2013. – 255 с.
57. Полякова, Н.Ф. Производственная инфраструктура региона: теоретические подходы к изучению // Вестник КГУ им. Н. А. Некрасова. – 2013. – №6. – С. 60-63.
58. Полякова, Т.В. Система ключевых показателей эффективности как инструмент управления // КНЖ. – 2018. – № 1(22). – С.158-161.
59. Ракишев, Б.Р. Классификация технологических комплексов открытых горных работ // ГИАБ. – 2014. – №1. – С.297-306.
60. Ржевский, В.В. Открытые горные работы ч.2. – М. – Недра,1985. – 590 с.
61. Рогиченко, С.А. Трансграничные углеродные налоги: риски для российского ТЭК // ЭП. – 2021. – № 10 (164). – С.38-48.
62. Рыльников, А.Г., Пыталев, И.А. Цифровая трансформация горнодобывающей отрасли: технические решения и технологические вызовы // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2020. – №1. – С.470-482.
63. Соколенко, В.А, Дьяченко, Ю.А., Тюрина, Е.В. Углеродные рынки в мире: механизмы и трансформация концепций // Вестник ТГЭУ. –2018. –С. 119-138.
64. Тариков, Д.Ш., Корнилов, С.Н. Анализ производственной деятельности горнодобывающего предприятия и разработка методики

оптимизации транспортно - грузового комплекса // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования / Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. –Т. 1. –С.96-99.

65. Техничко-экономические показатели горных предприятий за 1990-2017 гг. / Российская академия наук, Уральское отделение, Институт горного дела; [обработка материала, составление сборника О.В. Падучева и др.]. – Екатеринбург: ИГД УРО РАН, 2019. – 254 с.

66. Троицкая, Л.В. Правовое регулирование системы торговли квотами на выбросы парниковых газов в зарубежных странах // Актуальные проблемы российского права. – 2016. – № 9. (70) – С.191-201.

67. Трубецкой, К.Н., Рыльников, М.В., Клебанов, Д.А., Макеев, М.А. Научно-технические вопросы изменения организации управления открытыми горными работами с применением роботизированной карьерной техникой // Горная промышленность. – 2017. – № 5 (135). – С.27-30.

68. Туякова, З.С., Черемушникова, Т.В. Анализ бизнес-процессов в системе инструментариев оценки деятельности компаний // Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. –2021. – №1. – С.144-157.

69. Умнов, В.А., Коробов, О.С., Скрыбина, А.А. Углеродный след как индикатор воздействия экономики на климатическую систему // Вестник РГГУ. Серия «Экономика. Управление. Право». – 2020. – № 2. – С.85-93.

70. Филонов, А.В., Романенко, В.О. Экологические проблемы предприятий горнорудной промышленности // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 3. – С. 210-213.

71. Хазин, М.Л. Горные машины и экологические стандарты мира // Известия УГГУ. – 2020. – №1(57). – С.156-164.

72. Харланов, А.С., Хайретдинов, А.К., Бобошко, А.А. Создание нового цивилизационного уклада планеты земля: переход к «зеленой экономике». Особенности и риски// Инновации и инвестиции. – 2021. – № 10. – С.18-24.

73. Хохряков, А.В., Ларионов, И.В., Москвина, О.И., Цейтлин, Е.М. Системный подход к обеспечению экологической безопасности в горной промышленности // ГИАБ. – 2020. – № 3-1. – С.501-518.
74. Цымбалов, С.Д., Синцов, Э.В. О регулировании качества атмосферного воздуха // Образование и право. – 2018. – № 12. – С.125-129.
75. Чупров, К.К. Формирование процессно-ориентированной организации // Качество. Инновации. Образование. – 2012. – №8 (87). – С.78-84.
76. Шеина, С.Г., Зильберова, И.Ю., Касьянов, В.Ф. Устойчивое развитие территорий, городов и предприятий / монография // Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет». – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2017. – 185 с.
77. Экология и экономика: тенденция к декарбонизации // Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. – 2020. – № 66. – 18 с.
78. Яковлев, В.Л., Тарасова, П.И., Журавлев, А.Г., Фурин, В.О., Ворошилов, А.Г. Новый взгляд на карьерный автомобильный транспорт// Известия Вузов. Горный журнал. – 2011. – №6. – С.34-37.
79. Яшалова, Н.Н. «Зеленая экономика»: вопросы теории и направления развития // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2013. – № 11. – С. 33-41.
80. Bodansky, D. The Paris Climate Change Agreement: A New Hope? // American Journal of International Law. No. – 2016. – 110 (2). – p. 288-319.
81. Jones, C.R., Olfe-Krautlein, B., Naims, H., Armstrong, K. Social Acceptance of Carbon Dioxide Utilisation: A Review and Research Agenda // Frontiers in Energy Research. –2017. – №5. –P.11-20.
82. Söderholm, K., Söderholm, P., Helenius, H., Pettersson, M., Viklund, R., Masloboev, V., Mingaleva, T., Petrov, V. Environmental regulation and competitiveness in the mining industry: Permitting processes with special focus on Finland, Sweden and Russia // Resources Policy. — 2015. – Vol. 43. – p. 130-142.

83. Murray, C. Why have greenhouse emissions in RGGI states declined? An econometric attribution to economic, energy market, and policy factors. – Colorado: Energy Economics, 2015. – Vol. 51. – P. 581-589.

84. Ostrom, E. Nested Externalities and Polycentric Institutions: Must We Wait for Global Solutions to Climate Change before Taking Actions at Other Scales? // Economic Theory. – 2012. – Vol. 49 (2). –p. 353-369.

85. Shishlov, I., Morel, R., Bellassen, V. Compliance of the Parties to the Kyoto Protocol in the first commitment period. ClimatePolicy. – 2016. –Vol. 16 (6). – p. 768-782.

86. Горнорудная промышленность России и СНГ: отчёт об основных тенденциях – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dprom.online/mtindustry/gornorudnaya-promyshlennost-rossii-i-sng-otchyot-ob-osnovnyh-tendentsiyah/>(дата обращения: 6.02.2021)

87. Доклад: «Климатическая повестка России: реагируя на международные вызовы» – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.csr.ru/upload/iblock/521/521091011093dc8b5ece74cdd8552680.pdf> (дата обращения: 10.02.2020)

88. Зеленая экономика в России: проблемы и перспективы. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spbftu.ru/site/upload/201511061638.pdf> (дата обращения: 10.02.2020)

89. Модернизации на АО «Ковдорский ГОК» – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://severminerals.com/business/projects/kovdorskiy-gok/?lang\\_ui=en](https://severminerals.com/business/projects/kovdorskiy-gok/?lang_ui=en) (дата обращения: 10.02.2020)

90. О федеральной научно-технической программе в области экологического развития и климатических изменений на 2021-2030 гг. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://science.gov.ru/media/files/file/wJgekXcVWebxcQmGATo4C8ENE2ZFjBh9.pdf> (дата обращения: 8.01.22)

91. Обзор горнодобывающей промышленности за 2020 год. С запасом сил и ресурсов: 17-й выпуск ежегодного обзора мировых тенденций в

горнодобывающей промышленности, подготовленный PwC – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pwc.ru/publications/mine-2020.html> (дата обращения: 10.02.2020)

92. Отчет об устойчивом развитии за 2020 год. Металлоинвест – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rspp.ru/upload/uf/2fe/our19ru.pdf> (дата обращения: 11.01.2022)

93. Официальный сайт Еврохим – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eurochemgroup.com/ru/> (дата обращения: 19.09.2020)

94. Официальный сайт Евраз КГОК – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.evraz.com/ru/company/assets/evraz-kgok/> (дата обращения: 19.09.2020)

95. Официальный сайт Лебединский ГОК – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.metalloinvest.com/business/miningsegment/lgok/index.php?sphrase\\_id=234865](https://www.metalloinvest.com/business/miningsegment/lgok/index.php?sphrase_id=234865) (дата обращения: 19.09.2020)

96. Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mnr.gov.ru/about/> (дата обращения: 10.12.2020)

97. Официальный сайт Министерство развития Арктики и Мурманской области – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mines.gov-murman.ru> (дата обращения: 10.12.2020)

98. Официальный сайт Михайловский ГОК – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.metalloinvest.com](http://www.metalloinvest.com) (дата обращения: 19.09.2020)

99. Официальный сайт Оленегорский горно-обогатительный комбинат – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://olenegorsk.olcbs.ru/page/olenegorskij-gorno-obogatitelnyj-kombinat> (дата обращения: 19.09.2020)

100. Официальный сайт Стойленский ГОК – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sgok.nlmk.com/ru/> (дата обращения: 19.09.2020)

101. Официальный сайт Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.meteorf.ru> (дата обращения: 12.12.2021)
102. Углеродное регулирование в РФ – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/tax/lt-in-focus/russian/2021/21-09-2021.pdf> (дата обращения: 10.02.2022)
103. Цифровизация горной добычи – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zyfra.com/ru/industries/mining/> (дата обращения: 15.06.2020)
104. ЦМСПИ. Регулирование в области изменения климата: мировая практика и перспективы. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://iclrc.ru/files/pages/research/papers/ЦМСПИ\\_Изменение-климата.pdf](https://iclrc.ru/files/pages/research/papers/ЦМСПИ_Изменение-климата.pdf) (дата обращения: 20.10.2021)
105. Энергетический бюллетень. Трансграничное углеродное регулирование: вызовы и возможности – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/2021/бюллетень\\_№\\_98.pdf](https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/2021/бюллетень_№_98.pdf) (дата обращения: 10.02.2022)
106. United Nations Maintenance – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintenance.un.org> (дата обращения: 15.10.2021)

**ПРИЛОЖЕНИЕ №1**

Таблица 31. Экологическая характеристика основных логистических элементов АО «Ковдорского ГОК»

Виды работ	Характеристика	Выбросы в атмосферу		Суммарный выброс по участку	
		Наименование	т/год	Наименование	т/год
Участок: Карьер «железный»					
Бурение	Производится буровыми станками СБШ-20 Чистое время работы =11ч Количество рабочих смен (дней)в год =730 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =7 единиц	Пыль неорганическая: до 20%	3,91	Азота диоксид	163,10
				Азота оксид	26,05
				Углерод черный (сажа)	9,25
				Углерода оксид	75,17
				Керосин	35,53
				Пыль неорганическая:	127,85
Погрузочно / разгрузочные работы	Производится одноковшовыми экскаваторами Чистое время работы =7ч Количество рабочих смен (дней)в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =10 единиц	Пыль неорганическая: до 20%	76,34		

Продолжение таблицы 31

Транспортировка руды	Производится автосамосвалами марки Белаз-7512 (8ДМ-21А 120 т) Чистое время работы =8,74ч Количество рабочих смен (дней)в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =6 единиц Длина дороги =3,64 км Количество рейсов в сутки =68 3 рейса в час	Азота диоксид	151,06		
		Азота оксид	24,54		
		Углерод черный (сажа)	5,86		
		Углерода оксид	57,05		
		Керосин	19,13		
		Пыль неорганическая: до 20%	33,21		
Погрузочно / разгрузочные работы	Производятся бульдозерами Чистое время работы =7ч Количество рабочих смен (дней)в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =7 единиц	Азота диоксид	12,035		
		Азота оксид	1,96		
		Углерод черный (сажа)	3,39		
		Углерода оксид	18,12		
		Керосин	16,39		
		Пыль неорганическая: до 20%	14,40		

## Продолжение таблицы 31

Участок: Отвал № 1 (объект заморожен)					
Пыление	Загрязнение атмосферы в ходе пыления	Пыль неорганическая: до 20%	8,56	Пыль неорганическая: до 20%	8,56
Участок: Отвал № 2 (введен в эксплуатацию с 2020 года)					
Пыление	Загрязнение атмосферы в ходе пыления	Пыль неорганическая 70-20%	95,68	Азота диоксид	152,63
				Азота оксид	24,8
				Углерод черный (сажа)	8,0
				Углерода оксид	67,34
				Керосин	29,96
				Пыль неорганическая: до 20%	928,13
Пыление (свежеотсыпаная часть)	Загрязнение атмосферы в ходе пыления	Пыль неорганическая: до 20%	400,18	Пыль неорганическая: до 20%	
Транспортировка руды	Производится автосамосвалами марки Белаз-7512 (8ДМ-21А 120 т)	Азота диоксид	144,03		
		Азота оксид	23,41		

Продолжение таблицы 31

	<p>Чистое время работы =5 ч                      Количество рабочих смен (дней)в год =1020 смен                      Количество единиц техники, работающих одновременно =10 единиц                      Длина дороги =2,2 км                      Количество рейсов в сутки =60                      3 рейса в час</p>	Углерод черный (сажа)	5,58		
		Углерода оксид	54,39		
		Керосин	18,24		
		Пыль неорганическая: до 20%	412,41		
Погрузочно /разгрузочные работы	<p>Производятся бульдозерами Т-35                      Чистое время работы =7ч                      Количество рабочих смен (дней)в год =1020 смен                      Количество единиц техники, работающих одновременно =5 единиц</p>	Азота диоксид	8,6		
		Азота оксид	1,4		
		Углерод черный (сажа)	2,4		
		Углерода оксид	12,94		
		Керосин	11,70		
		Пыль неорганическая: до 20%	19,86		
Участок: Отвал № 3					
Пыление	Загрязнение атмосферы в ходе пыления	Пыль неорганическая	52,46	Азота диоксид	131,35

Продолжение таблицы 31

Пыление (свежеотсыпная часть)	Загрязнение атмосферы в ходе пыления	Пыль неорганическая: до 20%	91,80	Азота оксид	21,345
Погрузочно / разгрузочные работы	Производятся бульдозерами Т-35 Чистое время работы =7ч Количество рабочих смен (дней)в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =1 единиц	Азота диоксид	1,72	Углерод черный (сажа)	5,6
		Азота оксид	0,28	Углерода оксид	54,53
		Углерод черный (сажа)	0,48	Керосин	18,81
		Углерода оксид	2,59	Пыль неорганическая: до 20%	191,31
		Керосин	2,34		
		Пыль неорганическая: до 20%	2,57		
Транспортировка	Производится автосамосвалами марки Белаз-7512 (8ДМ-21А 120 т) Чистое время работы =5 ч Количество рабочих смен (дней)в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =9 единиц	Азота диоксид	129,63		
		Азота оксид	21,065		
		Углерод черный (сажа)	5,03		
		Углерода оксид	48,95		

## Продолжение таблицы 31

	Длина дороги =2,1 км Количество рейсов в сутки =72 3 рейса в час	Керосин	16,42		
		Пыль неорганическая: до 20%	42,48		
Участок: Хвостохранилище					
Пыление (дефлирующая часть )	Загрязнение атмосферы в ходе пыления	Пыль неорганическая: до 20%	1,51	Пыль неорганическая: до 20%	1,51
Участок: «Склад МЖАР»					
Пыление (свежеотсыпная часть )	Загрязнение атмосферы в ходе пыления	Пыль неорганическая: до 20%	50,19	Азота диоксид	12,77
				Азота оксид	2,07
				Углерод черный (сажа)	0,57
				Углерода оксид	5,58
				Керосин	2,39

## Продолжение таблицы 31

				Пыль неорганическая: до 20%	53,10
Транспортировка руды	Производится автосамосвалами марки Белаз-7512 (8ДМ-21А 120 т) Чистое время работы =4,2 ч Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =1 единиц Длина дороги =3,5 км Количество рейсов в сутки =15 1 рейс в час	Азота диоксид	12,098		
		Азота оксид	1,97		
		Углерод черный (сажа)	0,47		
		Углерода оксид	4,57		
		Керосин	1,53		
		Пыль неорганическая: до 20%	2,30		
Погрузочно / разгрузочные работы	Производятся бульдозерами Чистое время работы =4 ч Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =1 единиц	Пыль неорганическая: до 20%	14,40		

Продолжение таблицы 31

Участок: Карьер АШР					
Бурение	Производится буровыми станками СБШ-20 Чистое время работы =11ч Количество рабочих смен (дней) в год =730 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =5 единиц	Пыль неорганическая 70-20%	3,78	Азота диоксид	145,28
				Азота оксид	23,61
				Углерод черный (сажа)	8,44
				Углерода оксид	67,31
				Керосин	32,41
				Пыль неорганическая: до 20%	244,45
Погрузочно / разгрузочные работы	Производится одноковшовыми экскаваторами Чистое время работы =7ч Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =5 единиц	Пыль неорганическая: до 20%	38,17		
Транспортировка руды	Производится автосамосвалами марки Белаз-7512 (8ДМ-21А 120 т) Чистое время работы =8,74ч			Азота диоксид	133,25
				Азота оксид	21,65

## Продолжение таблицы 31

	Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =4 единиц Длина дороги =2,36 км Количество рейсов в сутки =89 4 рейса в час	Углерод черный (сажа)	5,05		
		Углерода оксид	49,19		
		Керосин	16,02		
		Пыль неорганическая : до 20%	188,09		
Погрузочно / разгрузочные работы	Производятся бульдозерами Чистое время работы =7ч Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =5 единиц	Азота диоксид	8,4		
		Азота оксид	1,37		
		Углерод черный (сажа)	2,36		
		Углерода оксид	12,76		
		Керосин	11,47		
		Пыль неорганическая: до 20%	10,29		

Продолжение таблицы 31

Участок: Техногенное месторождение							
Пыление (свежеотсыпанная часть)	Загрязнение атмосферы в ходе пыления	Пыль неорганическая: до 20%	8,84	Азота диоксид	76,01		
				Азота оксид	12,35		
				Углерод черный (сажа)	4,62		
				Углерода оксид	36,46		
				Керосин	18,13		
Погрузочно / разгрузочные работы	Производится одноковшовыми экскаваторами Чистое время работы =6ч Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =3 единиц	Пыль неорганическая: до 20%	5,03	Пыль неорганическая: до 20%	21,06		
						Азота диоксид	69,14
						Азота оксид	11,23
Транспортировка руды	Производится автосамосвалами марки Белаз-7512 (8ДМ-21А 120 т) Чистое время работы =6 ч Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен	Углерод черный (сажа)	2,68				

Продолжение таблицы 31

	Количество единиц техники, работающих одновременно =4 единиц Длина дороги =1,6 км Количество рейсов в сутки =12 2 рейса в час	Углерода оксид	26,11		
		Керосин	8,76		
		Пыль неорганическая: до 20%	4,69		
Погрузочно / разгрузочные работы	Производятся бульдозерами Чистое время работы =7ч Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =4 единиц	Азота диоксид	6,88		
		Азота оксид	1,12		
		Углерод черный (сажа)	1,94		
		Углерода оксид	10,36		
		Керосин	9,37		
		Пыль неорганическая: до 20%	2,5		
Участок: Карьер ПГС					
Погрузочно / разгрузочные работы	Производится одноковшовыми экскаваторами Чистое время работы =5,7 ч	Пыль неорганическая: до 20%	0,53		

Продолжение таблицы 31

	Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =1 единица				
Погрузочно / разгрузочные работы	Производится одноковшовыми экскаваторами Чистое время работы =5,7 ч Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =1 единица	Пыль неорганическая: до 20%	0,53	Азота диоксид	8,36
				Азота оксид	1,36
				Углерод черный (сажа)	0,40
				Углерода оксид	4,47
				Керосин	2,17
				Пыль неорганическая: до 20%	5,29
Транспортировка руды	Производится автосамосвалами марки Белаз-7512 (8ДМ-21А 120 т) Чистое время работы =3 ч Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =2 единица Длина дороги =3,5 км	Азота диоксид	7,41	Азота диоксид	
		Азота оксид	1,2		
		Углерод черный (сажа)	0,25		
		Углерода оксид	3,02		
		Керосин	0,95		

## Продолжение таблицы 31

	Количество рейсов в сутки =24 2 рейса в час	Пыль неорганическая: до 20%	4,55		
Погрузочно / разгрузочные работы	Производятся бульдозерами Чистое время работы =5,7ч Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =1 единиц	Азота диоксид	0,95		
		Азота оксид	0,15		
		Углерод черный (сажа)	0,15		
		Углерода оксид	1,43		
		Керосин	1,22		
		Пыль неорганическая	0,21		

Участок: Дробильная фабрика					
Загрузка приемных бункеров	Загрязнение атмосферы в ходе загрузки	Пыль неорганическая: 20%	3,024	Пыль неорганическая: до 20%	12,89
Узлы пересыпки	Загрязнение атмосферы в ходе перегрузки	Пыль неорганическая	8,46		

## Окончание таблицы 31

Склад породы	Загрязнение атмосферы в ходе хранения	Пыль неорганическая: до 20%	0,005		
Погрузочно / разгрузочные работы	Производится одноковшовыми экскаваторами Чистое время работы =6,3 ч Количество рабочих смен (дней) в год =1020 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =1единиц	Пыль неорганическая: до 20%	1,22		
Транспортировка	Производиться конвейером Ширина ленты =1,6 м Длина ленты 1718 м Чистое время работы =7 ч Количество рабочих смен (дней) в год =735 смен Количество единиц техники, работающих одновременно =1единиц	Пыль неорганическая: до 20%	17,26	Пыль неорганическая: до 20%	17,26

## ПРИЛОЖЕНИЕ № 2

Таблица 32. Процентное распределение выбросов по транспортным потокам, %

Условные обозначения:

- 1- Карьер «Железный» – усреднительный склад;
- 2- Карьер АШР – усреднительный склад;
- 3-Карьер «Железный» – склад МЖАР;
- 4-Карьер «Железный» – отвал № 3;
- 5-Карьер АШР– отвал № 2;
- 6-Техногенное месторождение – усреднительный склад;
- 7-Карьер ПГС – усреднительный склад.

Загрязняющее вещество:	Транспортные потоки							Суммарный выброс по транспортному потоку
	1	2	3	4	5	6	7	
Азота диоксид	10,4	9,2	0,8	8,2	9,7	0,5	4,8	43,6
Азота оксид	2,1	1,9	0,2	1,8	1,97	0,1	0,98	9,05
Сажа	4,5	0,9	0,3	2,5	4,0	0,2	2,3	14,7
Углерода оксид	5,0	4,5	0,4	3,3	4,5	0,3	2,4	20,4
Керосин	18,8	17,1	1,7	8,7	15,9	1,1	9,6	72,9
Пыль неорганическая 20%	8,2	-	3,4	0,6	-	2,7	1,6	16,5
Пыль неорганическая	-	15,72	-	-	59,69	-	-	75,41

ПРИЛОЖЕНИЕ № 3

Таблица 33. Процентное распределение выбросов по вспомогательным транспортным элементам, %

Выбросы	Циклично- поточная линия	Плата за выбросы от обслуживания технологического транспорта	Вспомогательный транспорт и его обслуживание	Суммарный выброс по вспомогательным элементам
Азота диоксид	-	0,05	0,05	0,1
Азота оксид	-	0,1	0,05	0,15
Сажа	-	0,1	0,06	0,16
Серы диоксид	-	0,03	0,02	0,05
Углерода оксид	-	0,16	0,5	0,21
Бензин	-	-	88,46	88,46
Керосин	-	0,26	0,29	0,55
Пыль органическая 20-70%	-	0,001	-	0,001
Пыль неорганическая менее 20 %	5,49	-	-	5,49
Фториды газообразные	-	40,43	0,61	41,04
Фториды нерастворимые	-	69,86	13,07	82,93
Оксид железа	-	2,5	0,47	2,97
Свинец и его соединения	-	65,06	9,38	74,44
Никель, оксид никеля	-	50,2	-	50,2
Марганец и его соединения	-	31,12	5,80	36,92

**ПРИЛОЖЕНИЕ № 4**

Таблица 34. Процентное распределение выбросов по складским элементам, %

Выбросы	Склад мазутохранения	Склад горюче- смазочных материалов	Автозаправочная станция	Отвал № 1	Хвостохранилище	Суммарный выброс по складским элементам
Сероводород	60,79	0,54	15,79	-	-	77,12
Углеводороды предельные C12-C9	34,12	0,78	22,58	-	-	57,48
Углеводороды предельные C1-C5	-	59,2	37,79	-	-	96,99
Углеводороды предельные C6-C10	-	75,06	22,23	-	-	97,29
Амилены	-	25,29	9,67	-	-	34,96
Бензол	-	64,54	31,25	-	-	95,79
Ксилол	-	9,19	6,08	-	-	15,27
Толуол	-	17,03	34,07	-	-	52,0
Этилбензол	-	10,38	4,72	-	-	15,1
Пыль органическая	-	-	-	0,1	0,6	0,7

**ПРИЛОЖЕНИЕ № 5**

Таблица 35. Средний выброс ЗВ от единицы транспорта, т/год от ед. транспорта

Условные обозначения:

1- Карьер «Железный» – усреднительный склад;

2- Карьер АШР – усреднительный склад;

3-Карьер «Железный» – склад МЖАР;

4-Карьер «Железный» – отвал № 3;

5-Карьер АШР – отвал № 2;

6-Техногенное месторождение – усреднительный склад;

7-Карьер ПГС – усреднительный склад.

а- средний выброс ЗВ от автосамосвала;

б- средний выброс ЗВ от бульдозера;

э- средний выброс ЗВ от экскаватора.

Загрязняющие вещества	Транспортные потоки АО «Ковдорский ГОК»																
	1			2			3		4		5		6			7	
	а	б	э	а	б	э	а	б	а	б	а	б	а	б	э	а	б
Азота диоксид	25,1	1,7	-	33,3	1,7	-	12,1	-	14,4	1,7	14,4	1,7	17,3	1,7	-	3,7	0,9
Азота оксид	4,0	0,3	-	5,4	0,3	-	2,0	-	2,3	0,3	2,3	0,2	2,8	0,3	-	0,6	1,1
Сажа	0,9	0,5	-	1,3	0,5	-	0,5	-	0,6	0,5	0,6	0,5	0,7	0,5	-	0,1	0,1
Углерода оксид	9,5	2,7	-	12,3	2,6	-	4,6	-	5,5	2,5	5,5	2,5	6,5	2,6	-	1,5	1,5
Керосин	3,1	2,3	-	4,0	2,3	-	1,5	-	1,8	2,3	1,8	2,3	2,2	2,3	-	0,4	1,2
Пыль неорганическая 20%	5,3	2,1	7,6	-	-	-	2,3	14,4	41,2	2,6	-	-	1,2	0,6	0,5	2,2	0,2
Пыль неорганическая 20-70%	-	-	-	47,0	2,1	7,6	-	-	-	-	4,7	4,0	-	-	-	-	-

Таблица 36. Характеристика горно-обогатительных комбинатов

Наименование предприятия	Основной вид деятельности	Товарная продукция	Производительность млн. т/год	Краткая характеристика транспортной инфраструктуры
ПАО «Михайловский ГОК»	Добыча железной руды открытым способом.	Агломерационная руда, железорудный концентрат, неофлюсованные/офлюсованные окатыши.	51,7	Добычу руды ведут буровзрывным методом с последующей экскавацией ее экскаваторами-драглайнами с грузоподъемностью ковша 25 тонн. Для транспортировки сырья применяют смешанный способ с применением автомобильного и железнодорожного транспорта. В качестве карьерных самосвалов применяют транспорт марки БелАЗ и Komatsu средней грузоподъемностью 120 т [92,98].
ОАО «Стойленский ГОК»	Добыча железной руды открытым способом.	Железная руда, железорудный концентрат, окатыши.	33	Добычу руды ведут открытым способом. Рыхлые породы разрабатывают драглайнами и экскаваторами с «обратной лопатой» емкостью 8 м <sup>3</sup> . Вскрышные породы перевозятся железнодорожным транспортом с вагонами думпкарами. Также в состав транспортной инфраструктуры входит роторный экскаватор с конвейерной лентой для добычи меловых отложений. Основное минеральное сырье транспортируется автосамосвалами грузоподъемностью 136 т и железнодорожным транспортом [92,100].

Продолжение таблицы 36

АО «Лебединский ГОК»	Добыча железистых кварцитов открытым способом.	Железорудный концентрат, неофлюсованные/офлюсованные окатыши, брикетированное железо.	53,7	Добыча руды производится буровзрывным методом с последующей экскавацией. Средняя вместимость ковша экскаватора 10 м <sup>3</sup> . На рыхлой вскрыши применяются экскаваторы типа «драглайн» Транспортировка руды до обогатительной фабрики смешанная с применением автомобильного, железнодорожного транспорта и конвейерной линии. С 2021 вводится новый комплекс конвейерной доставки руды из забоев [95].
ОАО «Евраз КГОК»	Добыча железованадиевых руд открытым способом.	Окатыши, агломерат, железофлюс, ванадиевый шлак, феррованадий.	58,82	С нижних горизонтов руда доставляется БелАЗами грузоподъемностью 130 т. До дробильной фабрики горная масса перевозится локомотивами НП-1. Погрузочно-разгрузочные работы производятся экскаваторами с объемом ковша 12 м <sup>3</sup> [94].
АО «Олкон»	Добыча железистых кварцев открытым способом.	Железорудовый концентрат.	13,9	Разработка проводится открытым способом. Экскавация рыхлой руды производится отечественными экскаваторами марки ЭКГ с объемом ковша 5-10 м <sup>3</sup> . Доставка руды осуществляется автотранспортом марки БелАЗ с грузоподъемностью 110-120. Среднее расстояние транспортировки руды составляет 2,7 км [91,99].

АО «Карельский окатыш»	Добыча железной руды открытым способом.	Железнодорожные окатыши.	34	Месторождение разрабатывается буровзрывным способом. Автосамосвалы применяют для перевозки руды из забоев до внутрикарьерных перегрузочных пунктов, с последующей перегрузкой на железнодорожный транспорт. Используются карьерные автосамосвалы марок БелАЗ и Komatsu средней грузоподъемностью от 220 до 240 т, и автосамосвалы САТ грузоподъемность 90 т. В железнодорожном транспорте применяются локомотивы ОПЭ1АМ. Экскаваторы и буровые станки электрические. С 2023 гг. планируется внедрить циклично-поточную технологию с применением дробильно-конвейерного комплекса [91].
АО «Ковдорский ГОК»	Добыча железно- апатитовых и бадделеитовых руд открытым способом.	Железнодорожный апатитовый и бадделеитовый концентраты	20	Добыча руды производится буровзрывным методом. Погрузочно-разгрузочные работы производятся экскаваторами. Руда до усреднительного склада дробильной фабрики доставляется БелАЗами грузоподъемностью 120 т [93].