

Федеральное государственное автономное учреждение
«Научно-исследовательский институт
«Центр экологической промышленной политики»

На правах рукописи

Доброхотова Мария Викторовна

**РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО
МЕХАНИЗМА РЕГУЛИРОВАНИЯ УГЛЕРОДОЕМКОСТИ
В ОТРАСЛИ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

Специальность: 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель –
доктор экономических наук
Скobelев Дмитрий Олегович

Москва – 2024

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1. Теория регулирования углеродоемкости в отраслях промышленности.....	14
1.1. Тенденции декарбонизации промышленности в контексте устойчивого развития.....	14
1.2. Особенности устойчивого развития промышленности в условиях энергоперехода	25
1.3. Развитие инструментов регулирования углеродоемкости промышленности: классификация для отрасли черной металлургии.....	40
Выводы по главе 1.....	59
Глава 2. Методические подходы к оценке углеродоемкости в отрасли черной металлургии с использованием разработанных индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов.....	62
2.1. Экономико-технологический потенциал низкоуглеродного развития черной металлургии.....	62
2.2. Применение концепции наилучших доступных технологий и отраслевого бенчмаркинга для регулирования углеродоемкости	70
2.3 Индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов как основа национальной отраслевой системы бенчмаркинга.....	96
Выводы по главе 2.....	110
Глава 3. Механизм регулирования углеродоемкости: организационно-экономические аспекты и оценка эффективности.....	112
3.1. Концептуальные основы механизма регулирования углеродоемкости в черной металлургии.....	112
3.2 Уровни регулирования углеродоемкости в рамках разработанного организационно-экономического механизма.....	121

3.3. Оценка экономического эффекта от внедрения организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости	133
Выводы по главе 3.....	161
Заключение	164
Список литературы	166
Приложения	
Приложение 1. Документы, подтверждающие использование результатов диссертационной работы	192
Приложение 2. Электронный ресурс «Модель определения углеродоемкости производственных процессов черной металлургии».....	199
Приложение 3. Результаты бенчмаркинга углеродоемкости в отрасли черной металлургии.....	221

Введение

Актуальность темы исследования. В Стратегии развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. (утв. распоряжением Правительства РФ от 29.10.2021 г. № 3052-р) представлены целевые показатели достижения климатической нейтральности не позднее 2060 г. (интенсивный сценарий). При этом ключевой задачей развития промышленности является обеспечение устойчивого экономического развития в условиях глобального энергоперехода, а также санкционных ограничений.

Глобальные факторы связаны с Парижским соглашением, Зеленой сделкой Европейского союза (ЕС), биржевыми требованиями в Азиатско-Тихоокеанском регионе, на Ближнем Востоке и др. В Российской Федерации утверждена Указом Президента от 26.10.2023 г. № 812 новая Климатическая доктрина, действуют Указы Президента РФ от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» и от 04.11.2020 г. № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов», Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ. Реализуется поручение председателя Правительства Российской Федерации М. В. Мишустина об адаптации национальной экономики к энергопереходу (от 20.09.2021 г. № ММ-П13-12547).

Обеспечение устойчивого развития промышленности и технологического суверенитета РФ, сохранение и повышение конкурентоспособности на внешнем и внутреннем рынках в условиях энергоперехода и необходимости снижения выбросов парниковых газов, а также выполнения международных обязательств требуют как реструктуризации предприятий и отраслей, так и создания действенных механизмов и инструментов регулирования углеродоемкости. Реструктуризация промышленности должна осуществляться в первую очередь путем повышения ресурсной и энергетической эффективности производств, внедрения наилучших доступных технологий (НДТ) и развития альтернативных способов энергогенерации, а также перехода к экономике замкнутого цикла.

Среди отраслей промышленности черная металлургия занимает первое место в мире по выбросам парниковых газов и второе – по потреблению энергии. На долю этого сектора приходится около 8 % мирового конечного спроса на энергию и 7 % выбросов парниковых газов (в СО₂-экв.), включая выбросы от сжигания топлива. Сталелитейное производство – крупнейший промышленный потребитель угля, который используется для получения кокса и энергии, необходимых для производства стали из железной руды.

В структуре промышленности России металлургия занимает одно из ключевых мест, ее вклад в валовой внутренний продукт (ВВП) страны составляет до 5 %, в добавленную стоимость обрабатывающей промышленности – 17,4 %, в занятость – 2,6 %. Согласно прогнозам Международного энергетического агентства, к 2050 г. мировой спрос на сталь вырастет более чем на треть.

По оценкам экспертов для достижения поставленных целей в области климата и обеспечения Четвертого энергоперехода необходимы существенная декарбонизация отрасли черной металлургии и сокращение выбросов СО₂ как минимум на 30 % к 2050 г. Дополнительный стимул для ограничения выбросов СО₂ в отрасли – тенденция к постепенному установлению государствами во всем мире требований к углеродоемкости импортируемой ими продукции, в том числе введению пограничных корректирующих углеродных механизмов (ПКУМ). Отметим, что экономические издержки, которые понесут российские экспортёры, напрямую зависят от показателей ресурсоемкости производств.

Ключевым направлением декарбонизации должна стать реализация экономически эффективных проектов, направленных на повышение ресурсной эффективности производства. На первый план выходит развитие системы государственного регулирования и поддержки инвестиционных проектов снижения углеродоемкости, включая проекты технологической модернизации, основанные на принципах НДТ.

Комплексная система организационно-экономических мер, направленных на достижение долгосрочного экономического роста, в том числе за счет

совершенствования технологического уровня отраслей промышленности, поддержки перспективных инвестиционных проектов, формирует основу государственной промышленной политики Российской Федерации и должна найти свое отражение в рамках организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости отрасли черной металлургии. Реализация такого механизма внесет вклад в достижение национальных целей, позволит обеспечить экономически устойчивое развитие отрасли, будет способствовать росту внутреннего рынка, развитию технологий и улучшению позиций на рынках metallurgical products in new forming and existing economic realities.

Изложенные аспекты позволяют утверждать, что тема исследования актуальна.

Степень разработанности темы. Вопросы научного обоснования устойчивого развития промышленности исследовались известными учеными в области экономики промышленности и экономики природопользования: В. М. Безденежных, С. Н. Бобылевым, Ю. А. Дорошенко, Г. Е. Мекуш, А. В. Мясковым, Ю. Ю. Костюхиным, Gro H. Brundtland, B. Latour, D. Meadows, J. Renners, J. E. Stiglitz.

Проблема регулирования углеродоемкости в промышленности является относительно новой и заслуживающей научного внимания. За последние десятилетия в России и за рубежом был проведен ряд исследований и разработаны концепции сокращения выбросов парниковых газов. Научные исследования таких ученых, как И. А. Башмаков, О. В. Кудрявцева, Д. О. Скobelев, С. В. Федосеев, А. Е. ЧереповицЫн, А. И. Шинкевич, R. Almgren, R. Van Berkell, T. Samus, E. Van der Voet, направлены на разработку экономического обоснования создания технологических цепочек снижения углеродоемкости и повышения ресурсной эффективности промышленности.

Также опубликованы результаты работ в области оценки жизненного цикла продукции, полученные в рамках изысканий А. О. Алексеева, Д. Б. Берга, В. Н. Марцуль, Т. О. Толстых, Н. Н. Яшаловой, G. F. Grubb, R. Kemp,

H. Van Langenhove, R. Posthouwer, E. Sciubba. Анализ углеродного следа продуктов на протяжении их жизненного цикла позволяет определить наиболее перспективные стадии для снижения выбросов CO₂.

Несмотря на значительный объем исследований, существуют серьезные вызовы и нерешенные вопросы в области организационно-экономического регулирования углеродоемкости в промышленности. Это вопросы, связанные с учетом экономических последствий от введения такого регулирования как для государства, так и для отдельных хозяйствующих субъектов. Важны процедуры и инструменты определения углеродоемкости и критериальные показатели, отражающие допустимый или эталонный уровень выбросов техногенных парниковых газов (на который можно ориентироваться государственным органам и промышленным предприятиям при постановке целей снижения углеродоемкости и в рамках реализации инвестиционных проектов модернизации) для различных производств и отдельных производственных процессов.

Цель диссертационного исследования состоит в разработке организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости промышленности, способствующего стимулированию модернизации производств путем повышения ресурсной эффективности черной металлургии с использованием отраслевых показателей удельных выбросов парниковых газов.

Задачи, которые предстояло решить в порядке достижения поставленной цели работы, таковы:

- выявить взаимосвязь энергоперехода и устойчивого развития углеродоемких отраслей промышленности;
- предложить классификацию инструментов регулирования углеродоемкости промышленности;
- разработать национальную отраслевую систему бенчмаркинга углеродоемкости в отрасли черной металлургии, основанную на индикативных показателях выбросов парниковых газов;

- разработать организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости производственных процессов черной металлургии с использованием предложенных инструментов и методических подходов к установлению индикативных показателей;
- выполнить оценку ожидаемого экономического эффекта для государства и отрасли черной металлургии от применения предложенного механизма регулирования углеродоемкости в отрасли.

Научная идея состоит в том, что стимулирование модернизации промышленности должно быть направлено на повышение ресурсной и экономической эффективности производства на основе предложенного организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости и отраслевых индикативных показателей выбросов парниковых газов.

Объект исследования – отрасль черной металлургии как энерго- и углеродоемкий промышленный комплекс национальной экономики.

Предметом исследования выступают организационно-экономические отношения, возникающие в процессе разработки и введения регулирования углеродоемкости промышленных производств в условиях энергоперехода.

Область научного исследования. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика в части п. 2. Экономика промышленности (п.п. 2.11. Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий).

Методологическую основу диссертационной работы составили общие научные методы познания: эмпирико-теоретические методы управления, экономического анализа и синтеза, экономико-математического моделирования, бенчмаркинга. Информационную основу исследования составили материалы государственной статистики Российской Федерации, официальные данные российских и международных аналитических организаций, документы стратегического характера, принятые на государственном и отраслевом уровнях, а также

материалы научных публикаций. При выполнении исследования использованы информационные ресурсы Бюро наилучших доступных технологий.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Уточнение стратегических приоритетов устойчивого развития промышленности в условиях энергоперехода необходимо проводить в направлении повышения ресурсной эффективности и сокращения углеродоемкости производств для обеспечения конкурентоспособности отечественных предприятий на внешних рынках, формирования технологического суверенитета и выполнения международных обязательств Российской Федерации в области климата.

2. Национальная отраслевая система бенчмаркинга углеродоемкости в отрасли черной металлургии должна основываться на индикативных показателях удельных выбросов парниковых газов, устанавливаемых с учетом потенциального применения экономических инструментов регулирования и информации о достигнутом каждым из экономических субъектов в отрасли ресурсно-технологическом уровне.

3. Организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости черной металлургии должен включать совокупность инструментов, согласованное применение которых стимулирует ресурсно-технологическую модернизацию отрасли, направленную на достижение целевых показателей Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем парниковых газов.

Научная новизна исследования заключается в развитии теоретических и методических подходов к формированию организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости промышленности. Ключевые научные результаты представлены ниже.

1. Уточнены стратегические приоритеты и определение устойчивого развития промышленности в условиях энергоперехода в части необходимости учета аспектов ресурсной эффективности и углеродоемкости производств.

2. Предложена классификация инструментов регулирования углеродоемкости промышленности, учитывающая результаты анализа и обобщения наиболее распространенных мировых подходов.

3. Разработана система национального отраслевого бенчмаркинга в отрасли черной металлургии, основанная на индикативных показателях удельных выбросов парниковых газов.

4. Разработан организационно-экономический механизм (ОЭМ) регулирования углеродоемкости черной металлургии, позволяющий проводить оценку ресурсной эффективности проектов модернизации отрасли и обосновывать инвестиционные решения.

5. Рассчитана эффективная ставка платы за выбросы парниковых газов, стимулирующая предприятия отрасли к инвестициям в ресурсно-технологическую модернизацию, а также обеспечивающая конкурентоспособность отечественных предприятий на внешних рынках.

Теоретическая значимость работы заключается в формировании принципов и подходов к развитию терминологии в области устойчивого развития промышленности, а также в разработке концептуальных и методических подходов к созданию организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости в промышленности.

Практическая значимость работы заключается в:

- разработке национального стандарта проведения бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов в отраслях промышленности;
- разработке национального стандарта, содержащего практические рекомендации по проведению технико-экономических расчетов углеродоемкости производственных процессов в черной металлургии;
- разработке индикативных показателей по конкретным производственным процессам в черной металлургии для принятия регулирующими органами экономических решений, стимулирующих модернизацию отрасли.

Выводы и рекомендации работы переданы:

- Министерству промышленности и торговли РФ для подготовки Операционного плана реализации Стратегии социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов на период до 2050 г. в части раздела «Реструктуризация промышленности, адаптация и внедрение НДТ»;
- Министерству природных ресурсов и устойчивого развития Сахалинской области для определения технологического уровня предприятий при формировании проектируемых квот выбросов парниковых газов для региональных регулируемых организаций в рамках проведения эксперимента по квотированию;
- Ассоциации «Русская сталь» для разработки сценариев декарбонизации черной металлургии России на период до 2060 г. и формирования стратегий низкоуглеродного развития компаний.

Результаты исследования представляют практический интерес для субъектов хозяйственной деятельности в сфере промышленности при формировании программ стратегического развития компаний и определении целевых показателей инвестиционных проектов.

Личный вклад автора. Автором выполнен анализ литературных источников, информация которых положена в основу аналитического обзора, и сформулировано определение устойчивого развития промышленности в условиях энергоперехода. Предложена классификация инструментов регулирования углеродоемкости и разработана система национального отраслевого бенчмаркинга, основанная на индикативных показателях удельных выбросов парниковых газов. Автором разработан организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости в черной металлургии. Выполнен анализ полученных результатов и подготовлены материалы для опубликования научных статей.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются:

- результатами обобщения и анализа существенного объема данных нормативных правовых документов, аналитических обзоров, технологических стандартов, научных статей, монографий;
- использованием современных научных методов, таких как дедукция, индукция, обобщение, синтез, сравнительный и факторный анализ, экспертные оценки, статистические методы обработки информации промышленных секторов;
- корректными технико-экономическими расчетами.

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертации доложены на международных, всероссийских, региональных и отраслевых форумах и конференциях: на Международном научном симпозиуме «Неделя горняка-2023» (г. Москва, 2023 г.); Международной научно-практической конференции «Трансформация экономических процессов в условиях больших вызовов» (г. Казань, 2023 г.); VII Международной научно-практической конференции «Российская наука в современном мире» (г. Москва, 2023 г.); XXVII Дальневосточном энергетическом форуме «Стратегии низкоуглеродного развития» (г. Южно-Сахалинск, 2023 г.); Международной научной конференции «Ломоносовские чтения» (г. Москва, 2022 г.); XIII Международном форуме «Экология» (г. Москва, 2022 г.); I Евразийском экономическом форуме (г. Бишкек, 2022 г.); XI Международной научно-практической конференции «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития» (г. Апатиты, 2022 г.); Экспертном семинаре Института мировой экономики и международных отношений РАН «Декарбонизация промышленности и низкоуглеродное регулирование» (г. Москва, 2022–2023 гг.); Международном экспертом семинаре «Чистая страна. Неверно оценивая нашу жизнь» (г. Москва, 2021 г.); серии экспертных семинаров, организованных в рамках Международного форума «ИННОПРОМ» (2018–2022 гг.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 статей, отражающих основное содержание работы, в том числе 2 статьи в журнале, включенном в базу цитирования Scopus, 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России для опубликования результатов научных работ по специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика, а также 4 статьи в других изданиях.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 194 наименований, содержит 35 рисунков, 14 таблиц и 3 приложения.

Глава 1. Теория регулирования углеродоемкости в отраслях промышленности

1.1. Тенденции декарбонизации промышленности в контексте устойчивого развития

Устойчивое развитие как мировую парадигму современного развития экономики и общества целесообразно следует рассматривать на макро-, мезо- и микроуровнях [9, 10, 38]. При этом можно детализировать различные уровни мирового хозяйства. В ряде научных работ [9, 10, 92, 102] выделены следующие уровни устойчивого развития: глобальный; национальный; региональный; отраслевой; корпоративный. Можно предположить, что существует определенная взаимосвязь уровней, и на каждом уровне наблюдаются различные целевые характеристики устойчивого развития [11, 12].

Устойчивое развитие на глобальном уровне направлено на достижение 17 целей, которые были приняты всеми государствами – членами Организации Объединенных Наций (ООН) в 2015 г. [186] в рамках Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 г. [9, 81, 84, 95]. Отметим, что в глобальном аспекте следует развивать международное партнерство с целью ликвидации нищеты и голода, защиты здоровья, прав человека и гендерного равенства, исправлению чрезвычайной ситуации в области климата, формирования экономики замкнутого цикла, сохранения биоразнообразия планеты и ее природных ресурсов и др. [9, 11, 12, 41, 42, 124, 186].

На национальном уровне (на уровне Российской Федерации) устойчивое развитие предполагает разработку стратегии, направленной на достижение глобальных целей, а также обеспечение геополитических интересов, национальной безопасности, сбалансированного развития различных секторов экономики, содействие благополучию нации, реализация прав граждан и др. [9, 12, 41]. Устойчивое развитие на региональном уровне включает разработку долгосрочных и среднесрочных социально-экономических и стратегических программ, способствующих достижению стабильности национального хозяй-

ства в долгосрочной перспективе. Устойчивое развитие региона ориентировано на стабильное функционирование промышленных комплексов, транспортно-логистических центров, социо-экологических систем, сохранение и развитие важных параметров, определяющих достойный уровень жизни населения [3, 12, 66].

В отраслевом сегменте устойчивое развитие направлено на достижение целей устойчивого развития региона и секторов национальной экономики. В рамках отраслевой устойчивости важно сбалансированное функционирование предприятий [75, 95]. Очень часто, отраслевая устойчивость определяется инновационно-технологическим и организационным потенциалом предприятий, функционирующих в отрасли [1, 15, 41, 78, 131].

Концептуальные основы устойчивого развития, которые формируются на уровне национальной экономики и других макроуровнях невозможно реализовать без принятия принципов устойчивого развития на уровне промышленности в целом и отдельных (прежде всего, крупных) промышленных предприятий [130, 142]. Представляется важным рассмотреть подходы к устойчивому развитию в микроэкономическом пространстве, а именно в рамках производственно-хозяйственной деятельности промышленной компании, чтобы в дальнейшем обосновать принципы устойчивого развития экономики промышленного сектора в целом.

Устойчивое развитие на уровне промышленной компании должно быть направлено на развитие национальной экономики и регионального хозяйства. При этом устойчивость характеризуется достижением стабильных экономических результатов при повышении промышленной безопасности и высокой социальной ориентированности – социальная поддержка и защита прав работников. Здесь, безусловно, важны и вопросы обеспечения высокого уровня качества производимой продукции. Также на уровне компании устойчивое развитие связано с минимизацией негативного воздействия на окружающую среду, в том числе посредством инноваций и технологической модернизации, и в частности, масштабным использованием наилучших доступных технологий [29,

45, 59]. Подчеркнем, что технологические преобразования и инновации выступают фундаментальной основой обеспечения устойчивого развития в среднесрочной и долгосрочной перспективах.

Стабильно функционирующий промышленный сектор оказывает существенное влияние на экономическое развитие не только национального хозяйства, но и общества в целом. Промышленные предприятия производят товары и услуги, создают новые рабочие места, осуществляют платежи в бюджеты разных уровней. При этом в контексте устойчивого развития промышленное предприятие становится базовым элементом национальной экономики, нацеленным на экономическую успешность, модернизацию и коммерциализацию новых технологий. Кроме того, промышленные предприятия решают важные социальные задачи.

В этой связи очень часто развитие промышленных предприятий ассоциируют с экономическим ростом. Определение устойчивого развития в контексте экономического роста определяется как способность промышленных систем поддерживать стабильный уровень производства в долгосрочном периоде. Следует отметить, что устойчивое развитие путают с экономическим ростом [101]. Существует большое количество научно-обоснованных мнений, выражающих обеспокоенность тем, что не происходит экономический рост без ущерба для окружающей среды и нарушения экосистем [9, 10, 101]. Некоторые авторы отмечают, что экономический рост не может быть устойчивым, если природные ресурсы используются без ограничений или если общество и национальные хозяйства продолжают зависеть от добычи минерального сырья [10, 119]. Для развития практики устойчивого развития важно определять оптимальный баланс между экологически обусловленными требованиями государственной политики и возможностями реальных секторов промышленности, для достижения одновременно экономической и ресурсной эффективности, также для минимизации негативного воздействия на природные системы [47, 59].

Обратим внимание на особенности применения термина «устойчивое развитие промышленного предприятия»: определения различных авторов отличаются друг от друга, что говорит о сложности установления границ и критериев устойчивого развития в промышленности.

По сути, устойчивое развитие промышленного предприятия – это долгосрочная стратегия взаимодействия заинтересованных лиц и комплексного управления важнейшими факторами внутренней и внешней экономической среды прямого и косвенного воздействия, направленными на создание стоимости компании и обеспечение долгосрочного экономического роста компании» [25].

Некоторые авторы понимают под устойчивым развитием промышленного предприятия совокупность финансовых, производственно-организационных возможностей, способных всецело обеспечить конкурентоспособность продукции и производства. При этом атрибутами устойчивого развития являются повышение адаптивности и гибкость реакции менеджмента на изменения, происходящие на рынках, а также использование на полную мощность инновационного потенциала компании и увеличение применения в производстве эколого-ориентированных технологий [30].

Также устойчивое развитие промышленного предприятия можно представить как динамичный процесс по приведению технико-технологической и экономико-управленческой системы в соответствие с актуальными требованиями рынка, выражающийся в обеспечении высокого уровня конкурентоспособности, в том числе и на основе активного использования инноваций [31].

Некоторые авторы отмечают также, что устойчивое развитие – это постоянно происходящие пропорциональные изменения производственных и организационно-управленческих параметров для достижения целей при оптимальных затратах времени и ресурсов, сами же цели, в том числе ориентированы и на социальную ответственность компании [30].

Действительно, в современной экономике очень часто устойчивое развитие промышленных компаний сопряжено с достижением высокой степени

корпоративной социальной ответственности: компания берет на себя ответственность за результаты своей деятельности перед всем обществом, работниками, региональными экосистемами [123]. J. W. Anderson считает, что ведение бизнеса согласно приверженности парадигме социальной ответственностью подразумевает неуклонное следование этическим ценностям, уважению конкретного индивида и общественных групп, а также заботу об экологии и осуществление значительных объемов инвестиций в природоохранную деятельность [83].

Устойчивое развитие в промышленности всецело сопряжено с наращиванием объемов ответственного инвестирования, значительным улучшением качества корпоративной информации и публикуемых открытых отчетах; также компании стремятся к прозрачности и формированию имиджа ответственных субъектов национальной экономики [18].

В промышленных компаниях, которые недостаточно учитывают социальные и экологические проблемы, а также не обращают внимания на качество менеджмента эколого-ориентированными процессами, плохо развита система управления рисками. Поэтому инвестирование в проекты таких компаний сопряжено с высокими экономическими рисками [15, 18].

Многие авторы считают, что использование концепции устойчивого развития в промышленности позволяет компаниям улучшать финансовые показатели, развивать технологические и организационные конкурентные преимущества, планировать долгосрочное стратегическое позиционирование на рынке с растущими показателями рентабельности за счет следования принципам устойчивого развития [106].

Концепция устойчивого развития промышленного предприятия ориентируется на принятие управленческих решений, которые способствуют достижению экономических результатов компаний, и в режиме реального времени сопоставляются с эффективностью социального и экологического характера. Несомненно, важно учитывать и существующие экологические ограничения, закрепленные в законодательных актах и соглашениях. Каждая инициатива по

развитию технологических производственных цепочек ориентируется не только на финансовый результат, но и на социальные и экологические эффекты. Таким образом, долгосрочная устойчивость предприятия становится важным функционалом для обеспечения поступательного экономического развития, укрепления старых и формирования новых конкурентных преимуществ.

Промышленные компании в свою очередь адаптируются к концепции устойчивого развития и механизмам ведения социально ответственной производственно-хозяйственной деятельности. Это происходит под влиянием целого ряда факторов. Прежде всего, можно отметить усиление государственного регулирования, которое, в том числе, направлено на экологическую модернизацию промышленных секторов. Появляются международные соглашения, влияющие на деятельность промышленных компаний, и которые могут выступать барьером для реализации промышленной продукции на экспортных рынках, например, введение Европейской Комиссией пограничного корректирующего углеродного механизма (ПКУМ) [8]. Климатические изменения и международные усилия по борьбе с техногенными выбросами парниковых газов, также подчеркивают необходимость промышленности следовать трендам устойчивого развития.

Ориентация промышленных компаний на принципы устойчивого развития способствуют расширению экономических возможностей, таких как:

- улучшение деловой репутации как социально ответственной компании и тем самым повышение капитализации бизнеса путем привлечения новых акционеров, которые ориентируются на экологические аспекты имиджа и оценивают стратегические перспективы;
- снижение эколого-климатических и социальных рисков, что повышает достоверность прогнозируемых экономических показателей проектов промышленных компаний;

- уменьшение издержек, связанных со снижением штрафов и платежей за негативное воздействие на окружающую среду или снижение эксплуатационных затрат в связи с применением более ресурсоэффективных технологий;
- получение новых конкурентных преимуществ, в том числе технологических, и завоевание новых рынков;
- рост институциональной готовности промышленной компании может выражаться в быстрой адаптации к меняющимся условиям функционирования в координатах «государство – бизнес – общество» (например, создание механизмов углеродного рынка и определенная готовность промышленных компаний к их исполнению будут способствовать сокращению единовременных затрат, которые будут уже обязательны в новых формирующихся институциональных условиях низкоуглеродной экономики).

Таким образом, цели устойчивого развития определяются стратегическими установками глобального или более частного характера, вызовами макроэкономических систем, потребностью в обеспечении социальной стабильности, а также возможностями и ограничениями на каждом конкретном уровне.

Подчеркнем также нарастающие тенденции глубокого проникновения «экономики стейкхолдеров» в процессы развития промышленности и реализации масштабных программ и проектов технологической модернизации производства. Многие значимые преобразования в промышленных системах сопряжены с вмешательством заинтересованных сторон (общества, потребителей, инвесторов, властей, конкурентов, акционеров и др.) в создание «атмосферы благоприятствования» или наоборот формирования противодействия и выстраивания критических барьеров для реализации проектов технологической модернизации и инновационных преобразований.

Устойчивое развитие связано с теорией стейкхолдеров, поскольку социально-экологические, а в последнее время и климатические проблемы невозможны решать без полноценного вовлечения формальных и неформальных

групп. Принципы глубокой гармонизации и проникающей вовлеченности, индикаторами которых становятся интересы и ожидания, как прямых, так и косвенных стейкхолдеров, проявляются на различных этапах проектирования изменений в рамках модернизации промышленности [14, 15, 18, 106].

Таким образом, устойчивое развитие глобальной и локальной систем – это результат взаимодействия и ожиданий государства, бизнеса и общества различных сферах, где помимо социально-экономической составляющей и экологических аспектов целесообразно выделить климатические и инновационные цели [72].

В таблице 1.1 отражены возможные ожидания ключевых стейкхолдеров в рамках реализации принципов устойчивого развития.

Современные тенденции развития мировой экономики предъявляют возможности в части получения новых конкурентных преимуществ, и диктуют необходимость кардинального и своевременного реформирования промышленности и ее модернизации, направленной, в том числе на внедрение эколого-ориентированных и ресурсоэффективных технологий. Эколого-климатическая модернизация направленная, в том числе на снижение углеродоемкости производства, позволит выйти на траекторию устойчивого развития. Решение эколого-климатических проблем в промышленном секторе требует формирование управленческих и решений, организационно-экономических механизмов, методов и инструментов, направленных на комплексные подходы по обеспечению снижения углеродоемкости промышленных производств [13, 14].

Устойчивое развитие промышленности не может рассматриваться только с позиции учета эколого-экономических и социальных аспектов, поскольку данные факторы не позволяют выделить специфику обеспечения долгосрочного технологического развития и повышения конкурентоспособности.

Таблица 1.1 – Целевые векторы ожиданий в контексте устойчивого развития

Стороны Аспекты \	Государство	Промышленные компании	Инвесторы	Потребители	Общество
Экономика	Обеспечение высокого уровня благосостояния общества. Высокая доля экономически активного населения. Невысокая миграция трудоспособного населения. Сбалансированное развитие отраслей национальной экономики. Обеспечение экономической безопасности.	Усиление старых и формирование новых конкурентных преимуществ. Стабильный уровень рентабельности производства. Поддержание определенного уровня доходности бизнеса вне зависимости от макроэкономической ситуации и геополитических потрясений. Рост капитализации компаний.	Стабильный доступ к кредитным ресурсам. Макроэкономическая стабильность, включая устойчивый курс национальной валюты. Прозрачная нормативная и правовая база.	Качественная экологичная продукция по приемлемой цене.	Высокий уровень жизни. Стабильное финансирование социально значимых проектов и поступательное экономическое развитие территорий.
Социальная сфера	Сокращение разрыва в уровнях	Формирование новых компетенций и раскрытие интеллектуального потенциала	Возможности получения доходов от социальных проектов.	Развитие социальной сферы и получение качественных услуг.	Развитие социальной инфраструктуры

Стороны Аспекты \	Государство	Промышленные компании	Инвесторы	Потребители	Общество
	жизни между различными социальными группами.	компаний. Обеспечение социальной стабильности коллектива.	Повышение имиджа инвестора.		туры и ее сохранение в долгосрочной перспективе.
Иновации и технологии	Обеспечение вектора технологических преобразований. Повышение уровня конкурентоспособности всей национальной экономики и отдельных секторов.	Доступ к новым технологиям и технологическим решениям. Формирование долгосрочных технологических преимуществ устойчивого характера	Возможность участия в управлении высокотехнологичными компаниями. Возможность получения дополнительного дохода за счет эффективного использования инноваций.	Появление высокотехнологичной продукции на рынке – возможно, с новыми потребительскими свойствами и высокими характеристиками ресурсной эффективности.	Отношение к высоким технологиям как к появляющимся новым возможностям для обеспечения стабильной безопасности территорий и общественных групп.
Экологическая ситуация	Сохранение и восстановление окружающей среды. Снижение текущей техногенной нагрузки.	Экологическая модернизация и программы внедрения новых технологий и НДТ как ключ к получению субсидий, налоговых льгот.	Появление новых финансовых институтов и возможности привлечения средств из новых источников для уча-	Появление на рынке экологичной продукции с подтвержденными свойствами.	Экологическая безопасность общественных пространств и территорий.

Стороны Аспекты \	Государство	Промышленные компании	Инвесторы	Потребители	Общество
		<p>Возможно, минимизация штрафных санкций и платежей.</p> <p>Улучшение экологического имиджа компаний.</p>	стия в инвестиционных проектах экологической модернизации производства.		
Климатическая система	<p>Климатические инициативы и создание промышленных зон с низкой углеродоемкостью производства.</p> <p>Обеспечение вклада национальной экономики в общемировую борьбу с изменением климата.</p>	<p>Апробация и развитие новых климатически обоснованных технологий – как новое долгосрочное устойчивое конкурентное преимущество. Климатически обоснованные технологии могут быть направлены как на сокращение выбросов и увеличение поглощения парниковых газов, так и на адаптацию к изменениям климата.</p>	<p>Доступ к углеродному рынку – новый источник финансирования рисковых высокотехнологичных проектов.</p>	<p>Интересы потребителя как покупателя продукции низкоуглеродных производств могут появляться в случае формирования устойчивого общественного мнения путем просветительской работы.</p>	<p>Долгосрочное устойчивое развитие территорий.</p> <p>Минимизация климатических потрясений в долгосрочной перспективе.</p> <p>Минимизация опасностей, связанных с использованием новых технологий (хранения CO₂).</p>

Источник: таблица составлена автором

Важнейшей составляющей, определяющей устойчивое развитие промышленных предприятий, являются технологии. Под технологической устойчивостью понимается наличие у предприятия прогрессивных технологических процессов, технических решений и оборудования, а также резервов повышения эффективности использования производственных мощностей. Технологическая устойчивость определяет процессы модернизации и технического перевооружения, связанные с эколого-климатическими задачами предприятия, а также обеспечивает промышленную безопасность.

Развитие зеленых технологий представляет собой весьма значимое направление институциональных и технологических преобразований. Институциональные преобразования опираются на формирование нормативной и правовой базой, комплекс мер государственной поддержки и создания инновационной инфраструктуры. Технологическое совершенствование сопряжено с бурным развитием автоматизированных и цифровых систем, роботизацией, биотехнологиями, масштабным использованием наилучших доступных технологий и др.

При этом в контексте устойчивого развития целесообразно рассматривать вопросы повышения эффективности использования ресурсов. Ресурсная эффективность определяет необходимость перехода на новый уровень технологического развития [59, 145].

1.2. Особенности устойчивого развития промышленности в условиях энергоперехода

Технологическую трансформацию социально-экономической системы можно охарактеризовать как серию изменений в методах производства и технологических укладах. Эксперты полагают, что нынешняя социально-экономическая система определяется переходом современной цивилизации от индустриальной к постиндустриальной экономике, к новому технологическому укладу [113, 115].

В 1920-е гг. Николай Кондратьев описывал «длинные волны» как довольно продолжительные экономические циклы, возникающие в результате внедрения инновационных (для своего времени) технологических решений и, таким образом, что приводило к значительному периоду финансового благополучия и стабильности [132]. Фактически, некоторые европейские ученые почти одновременно выдвинули аналогичные идеи: Саломон де Вольф и Якоб ван Гельдерен были среди первых авторов, рассматривавших эти волнообразные движения или периоды определенных доминирующих технологических процессов, источников энергии и отраслей промышленности [60, 132]. Таким образом, концепция «длинной волны» признается на международном уровне и применяется для характеристики эволюции технологий и смены доминирующих источников энергии (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Смена технологических укладов

Источник: рисунок составлен автором с использованием [135]

Проблема изменения климата заставляет мировое сообщество, прежде всего, в лице правительств различных государств, во всем мире выстраивать курс на низкоуглеродное развитие, достижение углеродной нейтральности и декарбонизацию. Реализация новых промышленных и экологических политик и законодательных инициатив поставила мир на порог Четвертого энергоперхода.

В настоящее время происходит четвертый великий энергетический переход: от ископаемого топлива к возобновляемым источникам энергии. Предыдущие переходы ознаменовали новые эпохи. Огонь дал древним людям богатую энергией пищу, что получило четкое отражение в эволюции человека. Сельское хозяйство и животноводство проложили путь к оседлым обществам и большим городам. Индустриальная эпоха, основанная на ископаемом топливе, изменила условия жизни человека, но нанесла значительный ущерб окружающей среде [132, 148, 149].

В России тема глобального энергетического перехода получила импульс к развитию в 2021 г. на фоне обозначенной цели по достижению «углеродной нейтральности» не позднее 2060 г., высоких климатических рисков, энергетического кризиса в Европейском союзе и вводимых рядом государств инструментов регулирования углеродоемкости импортируемых товаров. В научной литературе подходы к понятию энергетического перехода отличаются друг от друга, что подчеркивает сложность определения его границ, критериев классификации, и в целом терминологического понимания.

Очень часто термин трактуют как последовательные фундаментальные сдвиги в использовании первичных энергетических ресурсов в отраслях национальных хозяйств и производстве электроэнергии. В контексте энергопререхода, можно говорить о росте использования какого-либо топливно-энергетического ресурса по сравнению с другими.

Отметим также подход, который детализирует концепцию энергетического перехода в сторону акцентирования большего внимания на социально-экологические и политические аспекты данного процесса. Такое понимание показывает изменения, начинаяющие происходить в энергетических и промышленных системах, меняются технологии, повышается уровень внимания к социальным и природоохранным проблемам, включая борьбу с климатическими изменениями. Тем самым трансформационные процессы необходимость все более насущного использования моделей устойчивого развития, в промышленности и энергетике.

Можно выделить три совершившихся энергоперехода (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Крупнейшие энергопереходы в истории

Смена топливно-энергетического ресурса	Период, годы	Доля нового ресурса в первичном энергетическом балансе, %	
		На начало	При окончании
Переход от биотоплива к углю	1840 - 1900	5	50
Распространение нефти	1915 - 1975	3	45
Растущее использование природного газа (в т.ч. за счет частичного замещения угля и нефти)	1930 - 2017	3	23
Примечание: периоды указаны ориентировочно, точные даты начала и окончания переходов не подлежат определению			

Источник: таблица составлена автором

Тем самым, исторически процесс энергоперехода занимал длительный период времени и был обусловлен потребностью в более производительной энергетике для обеспечения растущих потребностей человечества. Так, уголь обеспечил индустриализацию, создание технически развитой (на тот момент) промышленности, значительное увеличение ее доли в экономике.

При этом, новые источники энергии обладали более высокими качественными характеристиками и ресурсоэффективностью, а значит и экономической привлекательностью, что позволило эффективно применять их в гораздо более широком перечне видов экономической деятельности.

Движущей силой и одновременно особенностью текущего Четвертого энергетического перехода – перехода к возобновляемым и низкоуглеродным источникам энергии, – становится не столько технологическая потребность и экономическая эффективность, сколько качественно новый фактор – ограничение воздействия на планетарную экологическую систему путем сокращения выбросов техногенных парниковых газов и торможение процессов климатиче-

ских изменений. Необходимо отметить, что на его темпы также влияет желание многих развитых стран обеспечить свою энергетическую безопасность и снизить зависимость от импортируемых углеводородов. В свою очередь, для достижения целей низкоуглеродного развития применяются различные механизмы и инструменты регулирования на международном и национальном уровнях.

Таким образом, целесообразно выделить ряд факторов, обуславливающих четвертый энергетический переход, и определяющих ключевые стратегические приоритеты, влияющие на устойчивое развитие промышленных систем (рисунок 1.2):

- Изменение климата: необходимость сокращения эмиссии антропогенных выбросов парниковых газов на уровне промышленных систем для снижения затрат на адаптацию к изменению климата и потенциальных издержек, связанных с постепенным введением различными государствами ПКУМ для импортируемой углеродоемкой продукции;
- Энергетическая безопасность: возрастающая потребность в обеспечении экономической и энергетической безопасности значительного числа стран, обусловленная текущей геополитической обстановкой и связанная с недостаточными запасами ископаемого топлива, энергорасточительностью экономик, изношенностью энергосистем, ограничением доступа к современным технологиям, необходимым для реализации новых проектов;
- Технологический суверенитет: ускоренное обеспечение технологического суверенитета путем развития технологий, а также цифровых и роботизированных систем, позволяющих оптимизировать бизнес-процессы в промышленности и энергетике, интегрировав в них НДТ, низкоуглеродные технико-технологические решения и энергообеспечение на основе возобновляемых источников энергии;
- Экономические выгоды: потребность в переосмыслении социально-экономических результатов модернизации в промышленности за счет создания

качественно новых рабочих мест, улучшения состояния окружающей среды и уровня безопасности за счет сокращения эксплуатационных затрат посредством повышения ресурсной и экологической эффективности производства;

- Социальный аспект: изменения в общественном восприятии эколого-климатических проблем и целей устойчивого развития промышленных отраслей, направленного преимущественное использование зеленых технологий, что требует повышения уровня осведомленности общественности о процессах снижения углеродоемкости в промышленности и вовлечения социальных групп в принятие экономических и управлеченческих решений.

Энергетические переходы – это гораздо больше, чем просто переключение с одного источника энергии на другой. Массовый энергетический переход формирует экономику и общество [146, 147].

Например, Англия первоначально перешла на уголь в качестве источника тепла из-за потери лесных массивов. Обилие угля привело к разработке парового двигателя, первоначально для откачки воды из угольных шахт. Со временем это привело к созданию железнодорожного транспорта, к активному развитию промышленного производства. Изначально электричество использовалось для освещения, но в конечном итоге привело к появлению множества преобразующих приложений, от кондиционирования воздуха до компьютеров [132].

Можно предположить, что долгосрочные последствия зеленой энергетической революции будут столь же далеко идущими.

Масштабы и темпы необходимых перемен пугают. Для ученого-энергетика W. Smil, мирового авторитета, уроки предыдущих энергетических преобразований обескураживают. W. Smil отмечает, что предыдущие энергетические переходы были медленными и неполными – противоположность тому, что необходимо глобальной системе сейчас. Доминирующие источники энергии редко заменяются. Напротив, новые источники энергии дополняют существующие и со временем занимают все большую и, в конечном итоге, большую долю в энергетическом балансе (цитируется по [132]).



Рисунок 1.2 – Факторы, обуславливающие энергетические переходы

Источник: рисунок составлен автором

Так, паровой двигатель был разработан в XVIII в., но только в начале 1900-х годов уголь вытеснил ранее доминировавшие источники энергии, такие как древесина и торф. В свою очередь, уголь обеспечивал большую часть мирового потребления энергии до начала 1960-х гг., когда его обогнала нефть; это произошло более чем через 80 лет после того, как был впервые запатентован четырехтактный двигатель.

История также показывает, что человечество редко полностью прекращает эксплуатацию существующего источника энергии. Использование биомассы, первого источника энергии для человечества, достигло нового пика только примерно в 2000 г. Мировое потребление угля незначительно снизилось по сравнению с максимумами, достигнутыми в 2010 г. Потребление природного газа и нефти продолжает расти, несмотря на предпринимаемые на международном и национальных уровнях усилия [138].

Удельный вес возобновляемых источников энергии увеличивается (составляет сейчас около 11%), но не такими темпами, которых было бы достаточно для достижения цели углеродной нейтральности к 2050 или 2060 гг.

Каждый энергопереход был связан с поиском более дешевых, более доступных и теплоемких источников топлива. Сегодняшний переход иной: срочный, возглавляемый международными организациями и правительствами ведущих стран мира и имеющий моральный аспект, который имеет больше общего с экзистенциальной борьбой, чем с прозаическими движущими силами прошлых энергетических изменений. В отличие от предыдущих изменений в использовании энергии, изменение климата является причиной, которая пользуется широкой и растущей общественной поддержкой.

Четвертый энергопереход является императивным, для его осуществления разрабатываются системы регулирования, меняются подходы к налогообложению и ценообразованию. При этом увеличивается и скорость внедрения новых технологий, инновационных решений в различных отраслях экономики.

История знает примеры как быстрых, так и медленных переходов. Всего за 40 лет Китай создал современную транспортную и цифровую инфраструктуру. Выявление негативного воздействия соединений свинца на здоровье населения привело к принятию целого ряда законодательных и нормативных правовых актов; в итоге присадки тетраэтилсвинца были исключен из бензина в большинстве стран в период с 1970-2000 гг.

Масштаб изменений, которые необходимы сейчас, и возможности, которые будут созданы, привлекают капитал в «зеленые» активы. В конце 2020 г. рыночная стоимость производителя электромобилей *Tesla* превысила рыночную стоимость семи крупнейших мировых производителей автомобилей вместе взятых. Цена разрешений на выбросы парниковых газов на Европейской бирже выросла на 140% за последний год в ожидании ужесточения правил выбросов [85].

Опыт перехода к зеленой энергетике пока показывает, что затраты снижаются быстрее, чем ожидалось. За последние десять лет стоимость мегаватт-часа электроэнергии, вырабатываемой солнечной электростанцией, упала чуть менее чем на 90%, а ветровой – примерно на 60%. Субсидии на возобновляемые источники энергии сократились, а мощности расширились. По данным Международного энергетического агентства производство возобновляемой энергии в 2021 г. выросло на 45% [85, 103].

Раньше считалось, что потребление энергии растет вместе с ростом ВВП, причем для стимулирования роста требуется все больший уровень потребления энергии. Но в последние десятилетия экономический рост и использование энергии в ряде стран перестали быть взаимосвязанными (достигнут эффект декаплинга [97]). Так, за последние 30 лет ВВП Великобритании на душу населения вырос примерно на 50%, а выбросы CO₂ на душу населения снизились примерно на 40%. Не следует, однако, забывать, что частично это было достигнуто за счет переноса ряда ресурсоемких технологий в другие

страны, а также за счет замены промышленных товаров британского производства импортными. Но серьезную роль также сыграло также повышение энергоэффективности экономики, сокращение доли угля в генерации энергии и рост доли возобновляемых источников энергии.

Особое внимание в условиях Четвертого энергоперехода следует уделять системообразующим отраслям промышленности – отраслям, работа которых имеет важное значение для функционирования социально-экономической системы страны. В первую очередь – черной и цветной металлургии, химической и целлюлозно-бумажной промышленности.

Отрасль черной металлургии является одной из наиболее важных отраслей, успешное развитие которой определяет промышленный потенциал и возможности любого государства.

Наша цивилизация в том виде, в котором она существует, базируется на использовании железа как основного конструкционного материала. Продукция предприятий черной металлургии используется преимущественно в машиностроении и строительстве, при создании военной техники и вооружений, всех видов транспорта, производстве и использование электрической, тепловой и атомной энергии, средств связи, микро- и радиоэлектроники, освоения подводного и космического пространств и т.д. В этой связи данная отрасль является системообразующей, а от степени ее развития во многом зависит и состояние промышленного производства в целом.

Черная металлургия – комплексная отрасль, т.к. включает в себя различные подотрасли, включающие технологические процессы по добыче, обогащению железной руды, а также выплавке металлов (чугуна и стали) и производству металлопроката.

В соответствии с показателями, представленными *World Steel Association*, на конец 2022 г. Россия занимает 5 место в мире по производству стали.

Ниже приведена таблица 1.3 с показателями стран-производителей стали за весь 2022 г.¹

Из рассмотрения таблицы 1.3 видно, что Россию опережают такие страны, как США, Япония, Индия и абсолютный лидер в данной отрасли уже многие годы – Китай. В самой России производство стали оказалось выше в 2022 году, чем предсказывали прогнозы, но по сравнению с 2021 годом, произошел значительный спад производства. Это объясняется изменившейся геополитической обстановкой, санкционными ограничениями и поиском новых цепочек поставок.

Таблица 1.3 – Производство стали по странам 2021-2022 гг.

Страна	Производство в 2022 г., млн тонн	Производство в 2021 г., млн тонн	Изменение, г/г, %
Китай	1 013	1 034,7	– 2,1
Индия	124	118,2	5,5
Япония	89,2	96,3	– 7,4
США	80,7	85,8	– 5,9
Россия	71,5	77	– 7,2

Источник: таблица составлена автором

Текущий этап развития черной металлургии базируется на достижениях в энергетики и информационных технологиях, разработках в сфере создания и эксплуатации технических средств, внедрении новых средств контроля и синтезе научных знаниях физико-химии процессов. Достижения в одной из перечисленных областей приводят к появлению прогрессивных решений в металлургии. История свидетельствует о циклическом характере появления существенных изменений или прохождения стадий эволюции в технике и технологии черной металлургии (рисунок 1.3). Так, вторая половина девятнадцатого

¹ Официальный сайт World Steel Association. December 2022 crude steel production and 2022 global crude steel production totals. – URL: <https://worldsteel.org/media-centre/press-releases/2023/december-2022-crude-steel-production-and-2022-global-totals/>

века связана с развитием мартеновского способа производства стали, с середины двадцатого века сталь получают в кислородных конверторах (путём продувки жидкого чугуна воздухом или кислородом в сталеплавильных агрегатах-конвертерах). В настоящее время таким способом выплавляют более 65 % производимой в мире стали. Эксперты сходятся во мнении, что к середине двадцать первого века доминировать в отрасли будут процессы прямого восстановления железа с использованием в качестве топлива водорода.

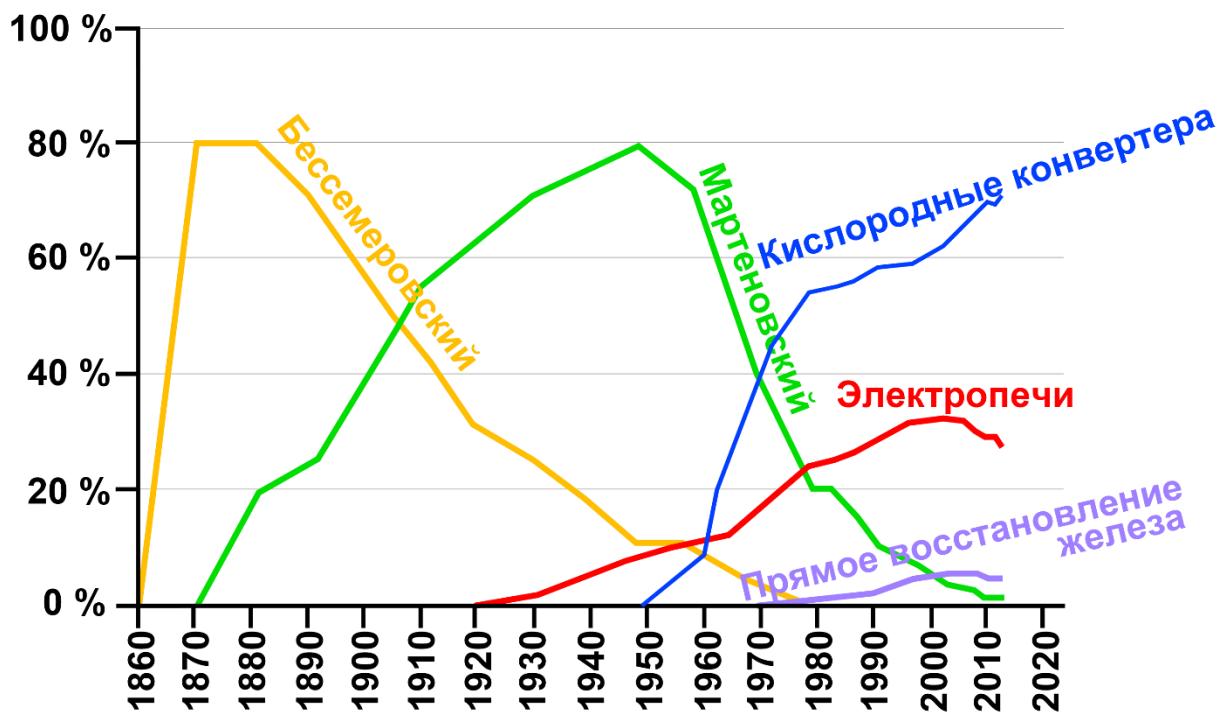


Рисунок 1.3 – Циклы развития технологий в черной металлургии

Источник: рисунок составлен автором

Среди отраслей промышленности черная металлургия занимает первое место по выбросам парниковых газов и второе по потреблению энергии. В настоящее время на этот сектор приходится около 8 % мирового конечного спроса на энергию и 7 % выбросов CO₂-экв. (включая выбросы от сжигания топлива).

На рисунке 1.4 представлена структура выбросов парниковых газов в наиболее углеродоемких отраслях промышленности.

Эмиссия парниковых газов при сжигании топлива в промышленном производстве, включая производство электроэнергии и тепла для собственных нужд предприятий, составляет от 10 % до 35 % от общей эмиссии выбросов в зависимости от отрасли промышленности, остальные выбросы – технологические.

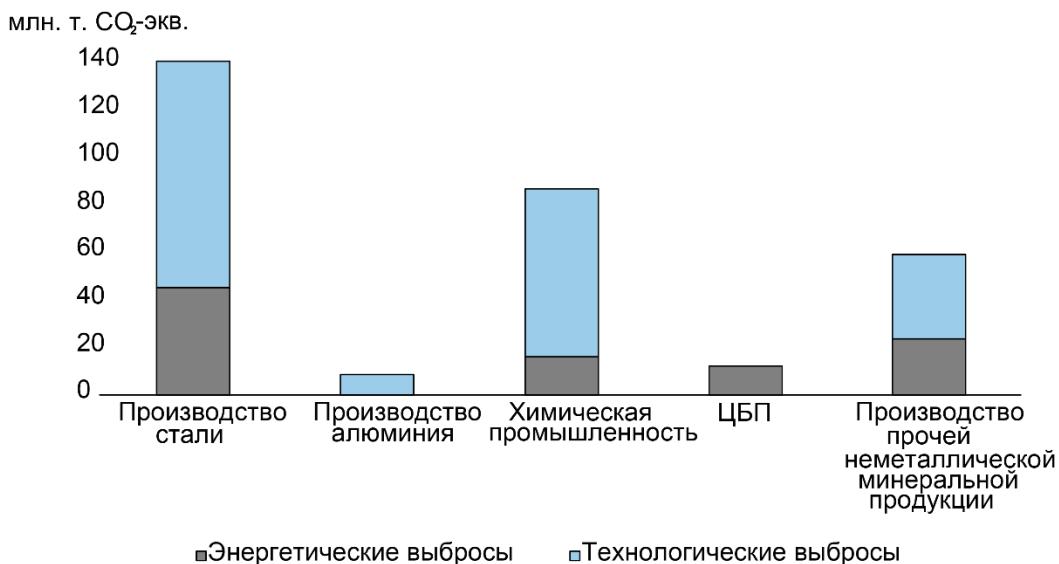


Рисунок 1.4 – Соотношение энергетических и технологических выбросов в наиболее углеродоемких отраслях промышленности

Источник: рисунок составлен автором

Таким образом, энергопереход в промышленности целесообразно рассматривать как качественное структурное изменение и постепенную технологическую трансформацию, заключающиеся в переходе на более ресурсо- и энергоэффективные технологии, снижении доли использования первичных ресурсов и возврате в экономический оборот большего количества вторичных ресурсов, изменении структуры первичного энергопотребления в сторону увеличения доли топливных энергоресурсов с низким углеродным следом (по мере развития соответствующей энергетической инфраструктуры) [74].

Как уже отмечено, в условиях энергоперехода при определении приоритетов развития промышленного сектора необходимо учитывать позиции стейкхолдеров [2]. Устойчивое развитие организации все больше зависит от

качества ее взаимоотношений с заинтересованными сторонами, так как социально-экологические и климатические проблемы невозможны решать без полноценного вовлечения формальных и неформальных групп. Устойчивое развитие глобальной и локальной промышленных систем – это результат взаимодействия и ожиданий государства, бизнеса и общества, где целесообразно выделить социальные, экономические, экологические и климатические, а также технологические, энергетические и инновационные стратегические приоритеты.

На рисунке 1.5 показано **концептуальное представление устойчивого развития промышленности** в условиях энергоперехода с учетом уточненных в диссертационном исследовании стратегических приоритетов.



Рисунок 1.5 – Концептуальное представление устойчивого развития промышленности в условиях энергоперехода

Источник: рисунок составлен автором

По результатам проведенных исследований сформулировано авторское определение устойчивого развития промышленности в условиях энергоперехода в части необходимости учета аспектов ресурсной эффективности и углеродоемкости производства.

Устойчивое развитие промышленности в условиях энергоперехода, рассматриваемой в исследовании как социально-экономическая система, предложено трактовать как сложный процесс взаимозависимых количественных и качественных технико-технологических, экономико-управленческих и организационных преобразований, которые отражают способность промышленных предприятий укреплять конкурентные позиции и поддерживать собственную экономическую эффективность, при этом обеспечивая потребности общества, выполнение принятых международных обязательств и развитие национальной экономики за счет повышения ресурсной эффективности с одновременным снижением углеродоемкости производств и ограничением негативного воздействия на окружающую среду.

Для достижения углеродной нейтральности потребуются более быстрые и всеобъемлющие изменения в структуре промышленности и энергетики, чем когда-либо. При существующих тенденциях и нынешних технологиях «чистый нулевой уровень» сегодня кажется практически недостижимым. История прошлых (медленных) энергетических переходов не обязательно должна определять будущее сегодняшнего энергетического перехода [129].

Важно отметить и давление со стороны инвесторов на промышленный сектор, включая энергетику. Крупные международные инвесторы хотят получать прозрачную информацию о выбросах парниковых газов, а также о комплексе мер, которые реализуют компании для сокращения углеродоемкости производства и оказываемых услуг. Указанный фактор оказывает все большее влияние на политику промышленных компаний, которые вынуждены генерировать и реализовывать корпоративные стратегии декарбонизации.

Но все главной движущей силой по развитию комплекса мероприятий, направленных на снижение углеродоемкости в промышленности, является

государство и его регулирующее воздействие путем создания разных организационно-экономических и рыночных институциональных инструментов направленных, в том числе на: формирование налоговой системы, стимулирующей компании снижать углеродный след, создание системы торговли выбросами, организации закупок, развитие рынков зеленого финансирования.

1.3. Развитие инструментов регулирования углеродоемкости промышленности: классификация для отрасли черной металлургии

В настоящее время правительства большинства экономически развитых стран реализуют политику и меры, направленные на регулирование углеродоемкости и продвижение декарбонизации, включая:

- установление цен на выбросы CO₂ (подходы представлены в разделе 1.2);
- формирование амбициозных целей в области возобновляемых источников энергии;
- введение стандартов энергоэффективности в промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве;
- поэтапный отказ от субсидий на ископаемое топливо.

Меры, принимаемые национальными регуляторами, позволяют в среднесрочной перспективе сформировать приемлемые институциональные условия для развития низкоуглеродных технологий и стимулировать рост инвестиций в зеленые источники энергии [8, 116].

Далее представим развитие систем зеленого регулирования, связанных, в том числе и с международными конвенциями, направленными на снижение углеродоемкости промышленности и национальных экономик в целом [5, 86].

По мнению международных экспертов, «одним из первых документов, направленных на снижение выбросов парниковых газов и регулирование углеродоемкости, стал Киотский протокол, подписанный в 1997 г. в рамках Рамочной Конвенции об изменении климата (РКИК) ООН» [48, 114]. Область действия соглашения распространялась на шесть парниковых газов [43]. При

этом «... страны, включенные в Приложение В к протоколу, брали на себя количественные обязательства по ограничению либо сокращению выбросов парниковых газов в период с 01.01.2008 г. по 31.12.2012 г. – первый период действия Киотского протокола». Основной движущей силой реализации документа должен был стать механизм торговли квотами. Цель ограничений заключалась в уменьшении совокупных выбросов парниковых газов на 5% по сравнению с достигнутым к 1990 г. уровнем [43, 48].

Усилий стран, выполнявших свои обязательства по Киотскому протоколу или перевыполнявших их, как, например, Российская Федерация, оказалось недостаточно для достижения заявленных целей, поскольку в итоге общемировые выбросы за первый период действия Протокола вырос практически в 1,5 раза [76]. Достижение целей Киотского протокола было изначально затруднено по причине отказа участвовать в нем КНР и США, по сути, главных эмитентов мировой экономики по выбросам [48].

В ноябре-декабре 2015 г. в Париже прошла 21-я Конференция Сторон РКИК ООН (СОП 21) [184]. По результатам СОП 21 принято так называемое «Парижское соглашение». Под которым к настоящему времени поставили подписи представители 195 стран и Евросоюз; в 17 странах Соглашение ратифицировано [184]. «Парижское соглашение представляет собой международный договор, целью которого является (1) сдерживание роста температуры земной поверхности (сдерживание глобального потепления) за счет снижения выбросов парниковых газов, увеличения их поглощения, а также (2) адаптация социально-экономических систем к изменению климата» [184]. По сути, это международный регуляторный механизм, который задает рамки и обязательства для стран-участниц.

Основные положения Парижского соглашения кратко представлены на рисунке 1.6.

Парижское соглашение и его регуляторные механизмы играют важную роль в сокращении выбросов парниковых газов и адаптации к изменению климата, тем самым способствуя устойчивому развитию на глобальном уровне [9, 10].

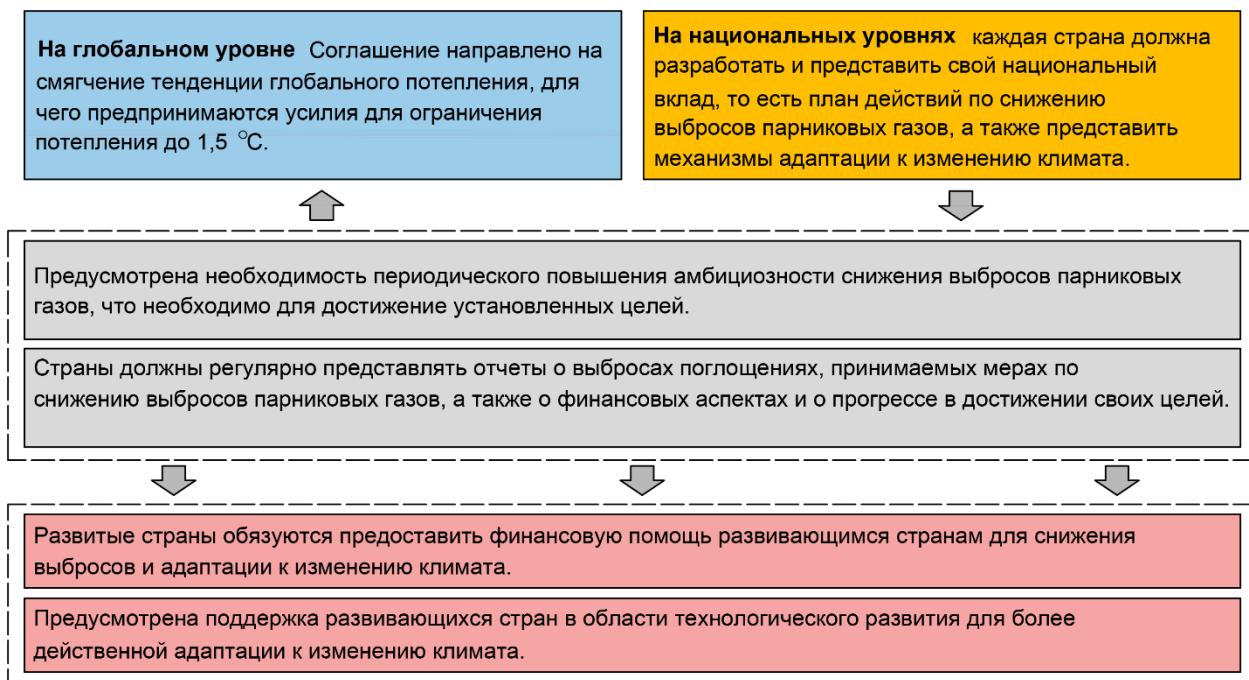


Рисунок 1.6 – Основные положения Парижского соглашения по климату

Источник: рисунок составлен автором на основе [184]

В качестве важнейшего инструмента поддержки развивающихся стран рассматривается Зеленый климатический фонд (*Green Climate Fund*). При этом Зеленый климатический фонд не выступает в роли единственной возможности поддержки проектов низкоуглеродного развития в развивающихся странах. Подчеркнем, что Парижское соглашение не содержит конкретных мер по ограничению эмиссии парниковых газов, правительства различных государств могут самостоятельно выбирать способы решения этих сложных задач.

В нашей стране действуют Указ Президента РФ от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» [165], Указ Президента РФ от 04.11.2020 г. № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов» [166]; принята новая Климатическая доктрина

(Указ Президента РФ от 26.10.2023 г. № 812 [167]). Определен перечень парниковых газов, подлежащих учету [179, 183]. Утверждена Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р) [178, 180].

Стратегия направлена на развитие эколого-ориентированных процессов в экономике и промышленности России с целью снижения вклада нашей страны в изменение климата без угрозы для достижения целей социально-экономического развития [76, 116, 180].

Основные принципы Стратегии представлены кратко на рисунке 1.7.

Энергоэффективность	Повышение энергоэффективности во всех секторах экономики является ключевым фактором снижения выбросов парниковых газов. Для повышения энергоэффективности необходимо осуществлять модернизацию промышленности, транспорта, жилищно-коммунального хозяйства и других секторов, чтобы уменьшить потребление энергии и увеличить соотношение "полезный продукт : затраты энергии".
Развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ).	Россия, обладая существенным потенциалом по развитию солнечной, ветровой, гидроэнергетики и др., должна всецело использовать свои возможности. Важно интенсифицировать инвестиции в проекты возобновляемой энергетики и создавать экономические стимулы для производства и потребления энергии из возобновляемых источников.
Более чистая и ресурсоэффективная промышленность	Стимулирование развития более чистых технологий и процессов в промышленности способствует снижению выбросов парниковых газов. Это включает в себя использования ресурсоэффективных технологий и внедрение современных методов организации производства (бережливое производство).
Экономические стимулы и инструменты	Предлагаются различные экономические инструменты для стимулирования сокращения выбросов и развития более чистых технологий. В частности, отмечена необходимость (1) использования налоговых льгот и субсидия для компаний, которые снижают выбросы, (2) развития торговли квотами на выбросы парниковых газов, (3) создания фондов для финансирования проектов по сокращению выбросов, а также (4) разработки механизмов для привлечения инвестиций в более чистые технологии.

Рисунок 1.7 – Основные принципы Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года

Источник: рисунок составлен автором на основе [180]

В современных условиях одним из регуляторных инструментов стимулирующим снижение углеродоемкости стал Пограничный корректирующий углеродный механизм (*Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM*) [187].

По мнению Еврокомиссии, изменение климата является глобальной проблемой, которая требует глобальных решений. Поскольку ЕС ставит все более амбициозные климатические цели, и пока еще во многих странах, не входящих в ЕС, преобладает менее жесткая климатическая политика, существует риск так называемой «утечки углерода». Утечка углерода происходит, когда компании, базирующиеся в ЕС, перемещают углеродоемкое производство за границу в страны, где действует менее жесткая климатическая политика, чем в ЕС, или же, когда продукция ЕС заменяется более углеродоемким импортом.

Пограничный корректирующий углеродный механизм представляет собой особый подход, позволяющий устанавливать сбалансированную цену на выбросы углекислого газа при производстве углеродоемких товаров, поступающих в ЕС, и стимулировать более чистое промышленное производство в странах, не входящих в ЕС [143]. Постепенное внедрение ПКУМ согласовано с поэтапным отказом от распределения бесплатных квот в рамках Системы торговли выбросами ЕС для поддержки декарбонизации промышленности.

Подтвердив, что за так называемые «воплощенные выбросы парниковых газов», образующиеся при производстве определенных товаров, импортируемых в ЕС, была уплачена надлежащая цена, ПКУМ, по мнению Еврокомиссии, способен обеспечить эквивалентность цены «импорта диоксида углерода» и цены на выбросы диоксида углерода, обусловленные внутренним производством продукции, а также поддержку достижения климатических целей ЕС.

С импортных товаров с высоким уровнем углеродоемкости, то есть выше установленных Еврокомиссией эталонных значений, будет взиматься плата при ввозе их на территорию Евросоюза. В список таких товаров вошли алюминий, железо, сталь, удобрения, цемент и электроэнергия. Пошлины на ввоз таких товаров будут вводиться с 2026 г., а размер этих пошлин будет рассчитываться в зависимости от уровня углеродоемкости конкретной продукции [8, 187].

С помощью ПКУМ Еврокомиссия предполагает обеспечить равные условия конкуренции для европейских производителей, сокращающих выбросы парниковых газов, и защитить их от возможного роста эксплуатационных и их увеличения в сравнении с экспортерами из развивающихся стран, которые не внедряют низкоуглеродные технологии [8, 187].

Еврокомиссия декларирует, что основная цель ПКУМ заключается в том, чтобы содействовать устойчивому развитию, снижать выбросы CO₂ и предотвращать перенос производства в страны с менее строгими требованиями по эколого-климатическим параметрам [187].

Для российской промышленности существуют риски от введения пограничного корректирующего механизма [8, 21, 22, 116]:

- непосредственно издержки, которые понесут отечественные экспортёры;
- необходимость подтверждения уровня выбросов CO₂ при производстве продукции; например, алюминий в основном идет на экспорт (2/3), а основной потребитель этого металла – это предприятия машиностроения, которые «по цепочке» должны информировать заинтересованные стороны о «вовлеченных выбросах».

Системы торговли выбросами парниковых газов (СТВ)

Системы торговли выбросами представляют собой один из важных рыночных инструментов (который получил развитие еще во времена действия Киотского протокола), способствующих декарбонизации экономики на национальном и отраслевом уровне [140].

Анализ лучших зарубежных практик в сфере построения системы торговли выбросами парниковых газов показывает, что для их успешного создания целесообразна реализация следующих условий и принципов:

- постановка амбициозных и одновременно реализуемых целей по сокращению выбросов CO₂: СТВ может эффективно работать в рамках установленных на национальном либо региональном уровне целей по сокращению выбросов;
- создание надежной системы мониторинга, отчетности и верификации; эта система должна быть прозрачной, независимой и основываться на общепринятых методологиях;
- установление верхнего предела выбросов и распределения квот (*Crop and Trade*); этот принцип предполагает, что в рамках системы торговли выбросами должен быть установлен верхний (как правило, национальный) предел выбросов, а квоты должны быть распределены между компаниями на основе разработанных критериев; подход позволяет создать дефицит разрешений, что будет стимулировать компании сокращать выбросы;
- обеспечение гибкости в соблюдении требований: система торговли выбросами CO₂ должна обеспечивать гибкость в соблюдении требований (например, позволять компаниям получать или «занимать квоты», или использовать компенсации от других проектов по сокращению выбросов; такой подход позволяет снизить затраты на соблюдение требований и стимулировать сокращение выбросов CO₂ в тех секторах, где это может быть более сложно или дорого);
- осуществление регулярного контроля и пересмотра процедур в рамках системы торговли выбросами, что призвано выявлять недостатки в системе, недобросовестных участников рынка или проблемы манипулирования;
- обеспечение связи с другими системами, что направлено на создание более крупных (транснациональных) и ликвидных рынков CO₂, что способствует росту рентабельности и поддержанию более стабильных цен, а также формированию условий для передачи единиц сокращения выбросов CO₂ в глобальном экономическом пространстве [174, 175].

Системы углеродного налогообложения

Налогообложение выбросов углерода является инструментом, используемым правительствами для сокращения эмиссии парниковых газов путем установления цены на содержание углерода в ископаемом топливе.

Анализ лучших зарубежных практик в указанной сфере позволяет выделить следующие факторы успешной реализации углеродного налогообложения:

- обоснованность уровня ставки налога на выбросы CO₂: уровень налога на выбросы CO₂ должен быть достаточно высоким, чтобы стимулировать предприятия к сокращению выбросов углерода, но при этом не наносить экономический ущерб промышленным предприятиям и другим субъектам национальной экономики [86];
- эффективное использование получаемого дохода от налога на выбросы CO₂; поступающие налоговые доходы целесообразно использовать для финансирования различных программ, направленных на повышение энерго- и ресурсоэффективности, развитие систем энергообеспечения за ВИЭ, развитие технологий улавливания и захоронения CO₂ [91, 139] и др. [36];
- обеспечение экономических условий для внедрения низкоуглеродных технологий: государственные органы управления, принимающие решения в сфере экономики и промышленного развития, должны предоставлять компаниям стимулы (налоговые льготы, субсидии) для внедрения низкоуглеродных технологий; система стимулирования может включать в себя инвестиционные кредиты на льготных условиях в исследования и разработку новых технологий, а также льготное кредитование для внедрения в производственный процесс уже существующих низкоуглеродных технологий [86];
- налогообложение выбросов CO₂ должно применяться ко всем секторам национальной экономики, включая транспорт, промышленность и сельское хозяйство; это создаст равные условия для участников национального

рынка и обеспечит единые стимулы для различных секторов к реализации программ и проектов низкоуглеродного развития;

- постепенность внедрения мер углеродного налогообложения позволяет предоставить компаниям время для выработки механизмов адаптации и планирования в условиях использования новых фискальных инструментов;
- система углеродного налогообложения должна быть согласована с другими мерами государственной политики в области климата (такими как нормативные и правовые акты, субсидии, институты общественной вовлеченности) для формирования комплексного подхода к декарбонизации;
- уполномоченным органам следует регулярно контролировать и оценивать воздействие мер углеродного налогообложения на уровень эмиссии парниковых газов для своевременной корректировки государственной климатической политики.

Рынок зеленого финансирования

Развитие инструментов и инфраструктуры зеленого финансирования является важным направлением устойчивого развития, обуславливающим реализацию четвертого энергоперехода и достижения целей снижения углеродоемкости национальных экономик [9, 86].

В 2021 г. мировой рынок зеленого финансирования оценивался примерно в 700 млрд долл. США и ожидается, что в ближайшие годы он продолжит демонстрировать устойчивый рост.

Приведем основные характеристики рынков зеленого финансирования по странам.

- Китай является крупнейшим в мире рынком зеленого финансирования с предполагаемым объемом рынка около 300 млрд долл. США. Китайское правительство предпринимает установило стандарты зеленых облигаций и запустило пилотные зоны зеленого финансирования.

- Рынок зеленого финансирования в США оценивается примерно в 60 млрд долл. США, при этом рост обусловлен растущим спросом со стороны инвесторов на экологически устойчивые инвестиции [103].
- Рынок зеленого финансирования в Евросоюзе оценивается примерно в 200 млрд долл. США, рост обусловлен усилиями Европейского союза по его развитию с помощью таких политик, как «Зеленая сделка» (*Green Deal*) [191];
- Рынок зеленого финансирования в Индии оценивается примерно в 10 млрд долл. США и стимулируется реализацией таких мер государственной политики, как «Национальный план действий по изменению климата» и «Национальная солнечная миссия» [15].
- Рынок зеленого финансирования в Японии оценивается в 25 млрд долл. США [99, 100].

Рынок зеленых облигаций

Зеленые облигации на настоящее время играют важную роль в привлечении долгосрочных инвестиций в проекты декарбонизации в ведущих странах мира. В частности:

- Китай является крупнейшим рынком зеленых облигаций с предполагаемым размером рынка около 120 млрд долл. США в 2020 г.;
- Рынок зеленых облигаций в США оценивается примерно в 70 млрд долл. США, рост эмиссии указанных инструментов обусловлен увеличением спроса со стороны инвесторов.

Высокие темпы роста на зеленые облигации также демонстрируются в странах Евросоюзе, Индии, в странах Южной Америки.

Зеленая таксономия

Зеленая таксономия представляет собой «систему классификации, которая используется для выявления и определения экологически устойчивых видов экономической деятельности» [98].

Цель зеленой таксономии состоит в формировании стандартизированной основы для классификации и сопоставления различных видов экологически ориентированной экономической деятельности, что будет способствовать более четкой идентификации экологических проектов и обеспечивать приток капитала, в том числе и специально предназначенного для осуществления зеленых мероприятий, в экологические и климатические программы и проекты.

Зеленая таксономия в странах Евросоюза [190] устанавливает систему классификации видов экономической деятельности, которая способствует достижению экологических целей, а также критерии оценки устойчивости этой деятельности, и включает следующие направления:

- сокращение выбросов и увеличение поглощений парниковых газов;
- адаптация к изменению климата;
- рациональное использование и защита водных и морских ресурсов;
- переход к экономике замкнутого цикла;
- предотвращение и контроль загрязнения окружающей среды;
- защита и восстановление биоразнообразия и экосистем.

Таксономия Евросоюза включает два типа критериев – технические критерии отбора и критерии устойчивости [190].

Технические критерии отбора используются для определения того, вносит ли экономическая деятельность существенный вклад в достижение одной или нескольких из шести экологических целей. Критерии устойчивости используются для оценки степени экологической устойчивости экономической деятельности на основе таких факторов, как выбросы парниковых газов, использование воды и управление отходами.

Таксономия Евросоюза играет важную роль в построении рынка устойчивого финансирования в ЕС и поощрении перехода стран-членов к экологически устойчивой экономической деятельности [118].

Официально зеленая таксономия в США на федеральном уровне не утверждена, вместе с тем, были предприняты усилия по разработке такой таксономии в определенных секторах и отраслях [103].

Например, «Принципы зеленых облигаций» представляют собой добровольные руководящие принципы, способствующие прозрачности, раскрытию информации и отчетности по облигациям, которые используются для финансирования экологически устойчивых проектов [104].

Кроме того, некоторые штаты и города США разработали свои собственные экологические таксономии или стандарты устойчивого развития.

В Китае разработана собственная система **зеленой таксономии**, известная как «Система классификации зеленой промышленности Китая». Это классификации экономической деятельности на основе уровня ее воздействия на окружающую среду и вклада в устойчивое развитие. Классификация включает 8 основных категорий: чистая энергия, энергосбережение и охрана окружающей среды, экономика замкнутого цикла, экологически чистый транспорт, охрана и восстановление биоразнообразия и экосистем, зеленые финансы, устойчивое сельское и лесное хозяйство, а также экологическая информация и услуги [93].

Элементы международной инфраструктуры зеленого финансирования

Важную роль в продвижении целей декарбонизации и устойчивого развития в мире играет инфраструктура зеленого финансирования [94].

Ключевыми организациями в продвижении финансирования и инвестировании в эколого-климатические проекты выступают следующие:

- Международная финансовая корпорация (МФК), входящая в группу Всемирного банка – крупнейшая глобальная организация, специализирующаяся на инвестициях частного сектора в развивающиеся рынки; МФК явля-

ется ведущим финансовым институтом для продвижения зеленого финансирования с портфелем климатических инвестиций на сумму более 20 миллиардов долларов по состоянию на 2021 г.;

- Европейский инвестиционный банк (ЕИБ) – кредитное подразделение Европейского Союза, продвигающее проекты устойчивого развития; цель ЕИБ – аккумулировать 1 трлн евро в виде зеленых инвестиций к 2030 г.;

- Китайский банк развития – банковская организация в Китае, обеспечивающая финансирование проектов в области развития инфраструктуры и устойчивого развития; организация выступает крупным игроком в продвижении зеленых проектов в Китае с портфелем климатических инвестиций на сумму более 250 млрд долл. США по состоянию на 2021 г.;

- Японский банк международного сотрудничества – государственное финансовое учреждение, которое обеспечивает долгосрочное финансирование зарубежных проектов развития. Организация является ведущим институтом по поддержке экологических и климатических проектов в стране и предполагает нарастить портфель в сфере зеленого финансирования до 4 трлн юаней к 2030 г. [99, 100];

- Банк развития Южной Африки – это южноафриканская организация, которая обеспечивает финансирование проектов инфраструктуры и устойчивого развития в стране, планирует увеличить свои обязательства по зеленому финансированию до 25% от общего объема кредитования к 2025 г. [15].

Организация зеленых закупок

Действенным организационно-экономическим инструментом регулирования процессов низкоуглеродного развития выступают государственные закупки [120, 121]. Государство как крупнейший покупатель на рынке, обладающий политической волей и административными полномочиями, имеющий существенное влияние как на производителей, так и на потребителей, без-

условно, способствует устойчивому производству и потреблению и стимулирует промышленность к реализации экологических и климатических программ и проектов.

Для обозначения экологически значимых государственных закупок, в зарубежных источниках, в том числе правового характера, часто используется термин “*Sustainable Public Procurement*” (устойчивые государственные закупки). Также используются термины «зеленые закупки» или «устойчивые закупки». В Северной Америке более популярны термины «экологически ответственные закупки» и «ответственные закупки». Среди европейских участников наибольшее распространение получили «социально ответственные закупки» и «закупки, способствующие формированию экономики замкнутого цикла». В азиатском регионе говорят об «экологических закупках» и «низкоуглеродных закупках» [124, 126, 127].

Российская практика также характеризуется большим терминологическим разнообразием, частными наиболее распространенными примерами которого являются «экологически ответственные закупки», «зеленые закупки».

По оценке Еврокомиссии, расходы на государственные закупки в европейских странах составляют 13,9% ВВП [121].

По данным Международного института устойчивого развития, в странах ОЭСР расходы на государственные закупки товаров и услуг составляют 45%-65% национального бюджета, это 12-17% ВВП [121].

В 2015 г. в Российской Федерации на государственные закупки было затрачено 6,6 трлн руб., это более 10% ВВП [27, 49]. Объем рынка государственных закупок в 2018 г. в Российской Федерации вырос до 6,8 трлн руб. [27, 49]. Таким образом, государственные закупки составляют существенную долю бюджета.

«Правовая природа государственного заказчика предопределяет широкие возможности использования государственных закупок в качестве действенного инструмента достижения широкого круга социальных, экологических, экономических и политических целей. В отличие от частного бизнеса,

государство выстраивает четкие стратегические цели, направленные на социально-экономическое развитие своих территорий, охрану окружающей среды» [50].

На Всемирном саммите по устойчивому развитию в Йоханнесбурге в 2002 г. органам государственной власти было рекомендовано «содействовать разработке и распространению товаров и услуг с высокими экологическими и социальными характеристиками с помощью государственных закупок» [53].

В ходе «устойчивых государственных закупок» помимо основного критерия – наиболее выгодного экономического предложения, закупочные требования распространяются на социальный, экологический и этический аспекты. Марракешская рабочая группа (межправительственная рабочая группа открытого состава по предупреждению коррупции, действует в рамках ООН) под устойчивыми закупками понимает «процесс, при котором организации удовлетворяют свои потребности в товарах, работах и услугах способом, предлагающим оценивание выгоды не только для организации, но и для общества и экономики при минимизации ущерба окружающей среде, при этом при оценке стоимости учитывается стоимость жизненного цикла продукции» [137]. То есть, стоимость жизненного цикла продукции также включает затраты, связанные с демонтажом и утилизацией. Учет стоимости жизненного цикла позволяет обосновать в ходе закупок необходимость приобретения более дорогостоящей экологически и социально предпочтительной продукции, при этом демонстрируется, что более высокие закупочные цены такой продукции компенсируются за счет снижения эксплуатационных расходов и расходов на утилизацию [27, 107].

Госзакупки в Европе – пример многоуровневой системы управления, в которой инструкции закреплены, как на наднациональном, так и на национальном и региональном уровнях. На уровне ЕС регулирование госзакупок сталкивалось с противоречиями между принципами социальной и экологической устойчивости, с одной стороны, и критериями конкурентоспособности и свободной торговли, с другой.

На настоящее время законодательство Евросоюза является одним из самых исчерпывающих в части экологического и углеродного регулирования. Странам – участникам ЕС предписывается обязательный учет экологических целей в экономической политике (Амстердамское соглашение 1997 г., Стратегия устойчивого развития в странах Евросоюза 2001 г.) [121, 125, 126].

Принятые законодательные меры позволяют при осуществлении государственных закупок:

- включать экологические требования в технические условия;
- использовать экологические товарные знаки;
- устанавливать социальные и экологические условия для исполнения контрактов;
- требовать от поставщиков информацию по выполнению своих экологических обязательств;
- применять критерии выбора победителя, основанные на экологических характеристиках.

Также в Евросоюзе разработаны различного рода методические материалы, одним из которых является перечень экологических критериев, которые рекомендовано применять при осуществлении госзакупок. Перечень включает как требования к продукции, так и собственно критерии присуждения контракта. Они сформулированы для целого ряда товарных групп [121, 125, 126].

Китай начал внедрять систему управления госзакупками сравнительно недавно, но тем не менее, благодаря активному использованию европейского опыта, в стране уже достигнуты значительные успехи [93, 108]. Политические меры включали в себя, прежде всего:

- правовые основы для интеграции экологических вопросов в систему государственных закупок, а также меры по поощрению зеленых государственных закупок;
- в 2002 г. был утвержден закон «О развитии экологически чистого производства», в 2003 г. принят закон «О зеленых государственных закупках»;

разработаны подходы к экомаркировке и порядок закупок энергосберегающей продукции [93, 108];

- в 2012 г. объем китайских государственных закупок составил 5 млн юаней (около 815,6 млрд долл. США), что говорит о значительном потенциале развития системы зеленых государственных закупок.

Китайское правительство выбрало приоритетом строительство экологически ответственного общества. В закупках сделан акцент на рациональное использование ресурсов, что выражается в приобретении энергоэффективной, водосберегающей продукции и применении экомаркировок.

В ст. 9 Закона «О государственных закупках» Китайской Народной Республики говорится о том, что государство должно поддерживать национальное социально-экономическое развитие, которое включает в себя, помимо прочего, защиту окружающей среды. В статье 6 того же закона сказано, что «государство должно развивать систему закупок в соответствии с общей политической социально-экономического развития, и в сотрудничестве с другими отдельными разработать требования и предпочтения для государственных закупок, включающие как ценовой фактор, так и экологические и социальные аспекты (такие как поддержка национальных меньшинств и субъектов малого и среднего предпринимательства)».

В США действует «Программа экологически предпочтительных закупок» Агентства по охране окружающей среды, которая помогает закупщикам соответствовать экологическим требованиям и стимулировать тем самым рынок зеленой продукции» [110, 111].

Правовую основу для государственных закупок в США составляют Правила федеральных приобретений (*Federal Acquisition Regulations, FAR*), созданные для кодификации норм, регулирующих процесс приобретения товаров и услуг исполнительными агентствами [110, 111].

Правила *FAR* включают целый ряд экологических требований, требований в области энергоэффективности и устойчивого развития [109]:

- следует приобретать товары и услуги с высокой энергоэффективностью;
- следует применять энергоэффективные технологии в правительственные зданиях и учреждениях;
- министерства, агентства и ведомства должны приобретать продукцию, маркованную в рамках программы *Energy Star* или аналогичных программ;
- следует учитывать критерии энергоэффективности при заключении подрядов на выполнение работ;
- поощряется использование материалов, подлежащих вторичной переработке, или произведенных из вторичного сырья.

В России экологичные (зеленые) закупки являются широко обсуждаемой темой [50, 52, 122]. Тем не менее, данный институт не внедрен ни на законодательном уровне, ни на практике.

Одной из предпосылок для развития зеленых закупок является положение, предусмотренное «Основами государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденными Президентом Российской Федерации 30.04.2012 г. [161], согласно которому «при решении задачи развития экономического регулирования и рыночных инструментов охраны окружающей среды используется механизм обеспечения преимущества (при прочих равных условиях) при размещении заказов на поставку товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд товарам, работам, услугам, отвечающим установленным экологическим требованиям» [40, 161].

Исходя из результатов обзора по вопросам регулирования в рамках устойчивого развития и климатических инициатив, а также с учетом особенностей отрасли черной металлургии предложена классификация инструментов регулирования углеродоемкости, учитывающая наиболее распространенные в мире подходы (рисунок 1.8).

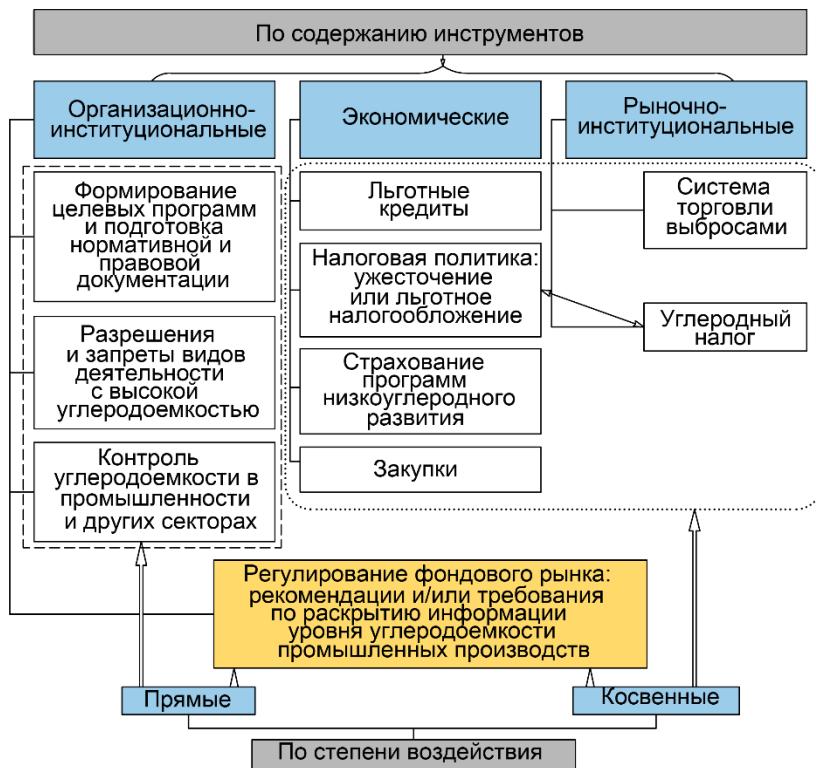


Рисунок 1.8 – Классификация инструментов регулирования углеродоемкости

Источник: рисунок составлен автором

В первую группу включены организационно-институциональные инструменты регулирования прямого воздействия, к которым относятся прямые запреты и ограничения, а также разрешительный характер отдельных видов деятельности. В условиях становления экономики низкоуглеродного развития представляется целесообразным создание пула федеральных целевых программ, направленных на повышение ресурсной эффективности системообразующих отраслей промышленности, включая черную металлургию. Снижение углеродоемкости должно быть заложено в целевые программы и отраслевые стратегии развития, формируемые в рамках уполномоченных структур министерства промышленности и торговли. На законодательном уровне требуется развитие нормативных и правовых документов, а также стандартов и информационно-технических справочников, направленных как на стимулирование, так и принуждение компаний к осуществлению комплекса мероприятий по технологической модернизации промышленных производств экологово-климатического характера [174, 175, 184]. Также в рамках нормативной и правовой

документации необходимо осуществлять контрольные функции за выполнением целевых индикаторов снижения углеродоемкости.

Ко второй группе отнесены экономические инструменты регулирования, которые как правило являются мерами косвенного воздействия, к ним, в частности, относятся:

- налоговые льготы или увеличение ставок для предприятий, не выполняющих требования по снижению углеродоемкости;
- развитие системы государственных закупок эколого-ориентированного характера;
- низкие процентные ставки для получения заемных средств под проекты, направленные на снижение углеродоемкости;
- страхование высокорисковых инвестиционных и одновременно инновационных проектов, направленных эколого-климатическую модернизацию.

Также к экономическим мерам следует относить биржевые требования и рекомендации по раскрытию так называемой публичной нефинансовой отчетности.

Третья группа – рыночно-институциональные инструменты косвенного воздействия на проблему углеродоемкости промышленного производства. К таким инструментам целесообразно отнести специфические инструменты по созданию полноценного углеродного рынка в части развития системы торговли выбросами и установления углеродного налога. Данные инструменты выделены в отдельную группу, поскольку они способны сформировать новое для России направление – создание полноценного углеродного рынка. Формирование такого рынка возможно на территориях реализаций пилотных углеродных проектов, например, на о Сахалин.

Выводы по главе 1

1. Предложено авторское определение устойчивого развитие промышленности, которое трактуется как сложный процесс взаимозависимых количе-

ственных и качественных технико-технологических и организационных преобразований, который отражает способность промышленных предприятий укреплять конкурентные позиции и поддерживать собственную экономическую эффективность, при этом обеспечивая потребности общества, развитие национальной экономики, снижение негативного воздействия на окружающую среду с учетом важнейших целей и задач, направленных на повышение ресурсной эффективности и снижение углеродоемкости производства.

2. Обоснованы возможные ожидания ключевых стейкхолдеров в рамках реализации принципов устойчивого развития в части экономических, социальных, инновационных, экологических и климатических аспектов. Представлены ожидания промышленного сектора. Установлено, что современные тенденции развития мировой экономики предъявляют возможности в части получения новых конкурентных преимуществ, а также диктуют необходимость кардинального и своевременного реформирования промышленности и ее модернизации.

3. Доказано, что энергопереход в промышленности целесообразно рассматривать как качественное структурное изменение и постепенную технологическую трансформацию, заключающиеся в переходе на более ресурсо- и энергоэффективные технологии, снижении доли использования первичных ресурсов и возврате в экономический оборот большего количества вторичных ресурсов, изменении структуры первичного энергопотребления в сторону увеличения доли топливных энергоресурсов с низким углеродным следом и по мере развития соответствующей энергетической инфраструктуры.

4. Определена роль энергоперехода в совершенствовании концепции устойчивого развития промышленности и показано, что первоочередное внимание должно быть уделено технологической трансформации базовых отраслей промышленности и сокращению углеродоемкости.

5. В результате проведённого анализа выявлено, что черная металлургия является одной из отраслей с высоким уровнем выбросов парниковых газов. Однако современные технологии и инновации могут помочь снизить уровень

этих выбросов, такие как использование электродуговых печей, водородной стали и других методов, которые позволяют сократить зависимость от ископаемых источников энергии и уменьшить выбросы парниковых газов. Внедрение таких технологий и повышение энергоэффективности в целом могут помочь снизить вклад черной металлургии в общую эмиссию парниковых газов и, тем самым, двигаться в сторону более устойчивого и низкоуглеродного развития.

6. Установлено, что повестка устойчивого развития наиболее развита на рынках западных странах, однако активный рост инициатив в данной области наблюдается и в восточных регионах. Реализация повестки предусматривается в основном путем применения экономических инструментов, прямые запреты и ограничения встречаются достаточно редко.

7. Обобщен зарубежный опыт регулирования углеродоемкости в энергоемких отраслях промышленности с использованием различных инструментов зеленого финансирования. Выявлены наиболее эффективные инструменты, направленные на снижение углеродоемкости, которые могут быть адаптированы и использованы в промышленных секторах национальной экономики.

8. Предложена классификация инструментов регулирования углеродоемкости промышленного производства в черной металлургии, включающая комплекс организационно-институциональных, рыночно-институциональных и экономических мер.

Глава 2. Методические подходы к оценке углеродоемкости в отрасли черной металлургии с использованием разработанных индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов

2.1. Экономико-технологический потенциал низкоуглеродного развития черной металлургии

Совокупный вклад промышленности (с учетом сжигания топлива) в выбросы парниковых газов, рассчитанный по данным Национального доклада о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2019 гг. (далее – Кадастр [46] в России в 2019 г. составил около 17 % (361 млн. т СО₂-экв.) (без учета землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства) (рисунок 2.1).

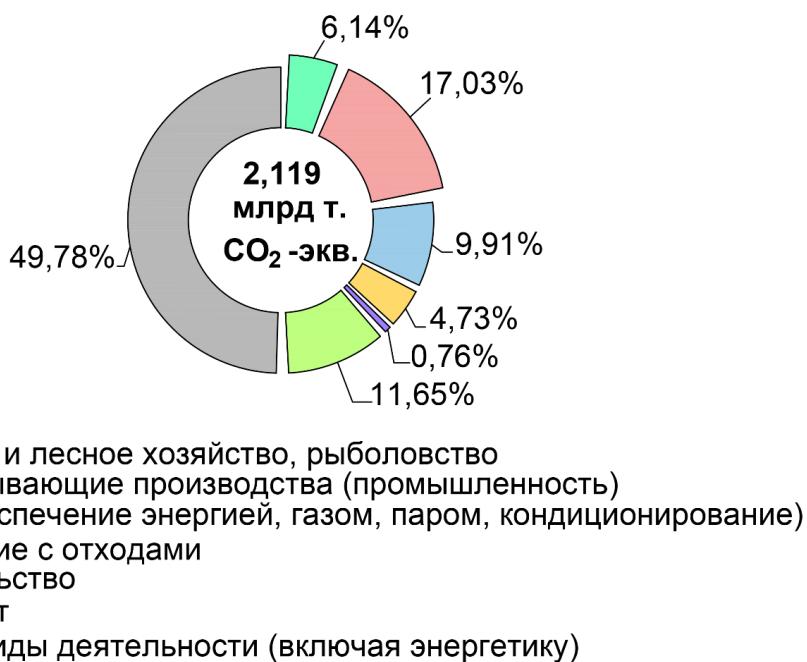


Рисунок 2.1 – Структура выбросов парниковых газов отраслями экономики России в 2019 г.

Источник – рисунок составлен автором с использованием [46]

Отметим, что в диссертационном исследовании за базовый принят 2019 г., поскольку в Стратегии развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. [180] прогноз по выбросам парниковых газов построен по сравнению именно с этим годом.

Указанные данные по сектору «Обрабатывающие производства» включают технологические и энергетические выбросы тех отраслей промышленности, по которым ведется инвентаризация выбросов парниковых газов в Кадастре (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Структура выбросов в разрезе отраслей промышленности

Отрасль	Масса выбросов, млн т СО ₂ -экв., 2019 г.	Доля в общей в общей массе выбросов, %, 2019 г.	Масса выбросов, млн т СО ₂ -экв., 2020 г.	Доля в общей в общей массе выбросов, %, 2020 г.
Металлургия, в т.ч.:	149,31	7,04	145,00	7,07
Черная металлургия (производство стали)	140,72	6,64	137,05	6,68
Производство алюминия	8,58	0,40	7,95	0,39
Химическая промышленность	86,82	4,10	87,78	4,28
Производство прочей неметаллической минеральной продукции	59,02	2,78	61,92	3,02
Целлюлозно-бумажная промышленность	11,70	0,55	8,27	0,40
Всего по углеродоемким отраслям	306,85	14,48	302,99	14,77
Прочие отрасли промышленности	48,20	2,27	45,1	2,20
Всего по обрабатывающим отраслям (по промышленности)	361,05	17,03	348,09	17,00
Всего совокупные антропогенные выбросы без учета землепользования	2119,46	100,00	2051,43	100,00

Отрасль	Масса выбросов, млн т СО ₂ -экв., 2019 г.	Доля в общей в общей массе выбросов, %, 2019 г.	Масса выбросов, млн т СО ₂ -экв., 2020 г.	Доля в общей в общей массе выбросов, %, 2020 г.
и лесного хозяйства				

Источник: таблица составлена автором с использованием данных [46]

Представленные данные свидетельствуют о том, что наиболее углеродоемкие отрасли промышленности – это металлургия, химическая промышленность, производство прочей неметаллической минеральной продукции (цемента, извести, стекла, изделий из керамики и др.), а также целлюлозно-бумажная промышленность; при этом валовые выбросы этих отраслей оставались практически неизменными в 2020 г. по отношению к 2019 г.

В контексте энергетического перехода первоочередное внимание следует уделить устойчивому развитию углеродоемких отраслей промышленности, вклад которых в валовой внутренний продукт (ВВП) наиболее значителен (рисунок 2.2). Это в первую очередь черная и цветная металлургия.

Результаты анализа структуры выбросов парниковых газов и вклада в валовой национальный продукт отраслей промышленности показал, что наиболее углеродоемкая и одновременно обеспечивающая наибольший вклад в валовой внутренний продукт отрасль промышленности – это черная металлургия. Данный факт обусловил выбор черной металлургии для разработки организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости в рамках диссертационного исследования.

Сталь жизненно важна в современном мире для удовлетворения растущих потребностей общества в социальной и экономической сферах. Согласно прогнозам Международного энергетического агентства (МЭА), к 2050 г. мировой спрос на сталь вырастет более чем на треть [150], при этом на конец 2022 г. Россия занимает 5 место в мире по производству стали.



Рисунок 2.2 – Вклад в валовой национальный продукт отраслей экономики России в 2019 г.

Источник: рисунок составлен автором с использованием данных [46]

В таблице 2.2 приведены показатели, характеризующие производство стали ведущими странами мира (за весь 2021-2022 гг. [35, 150]).

Таблица 2.2 – Производство стали ведущими странами мира в 2021-2022 гг.

Страна	Производство в 2022 г., млн тонн	Производство в 2021 г., млн тонн	Изменение, г/г
Китай	1013	1034,7	- 2,1%
Индия	124	118,2	+ 5,5%
Япония	89,2	96,3	- 7,4%
США	80,7	85,8	- 5,9%
Россия	71,5	77,0	- 7,2%

Источник: таблица составлена автором с использованием данных [150]

Из рассмотрения таблицы 2.2 следует, что Россию опережают такие страны, как США, Япония, Индия и абсолютный лидер в данной отрасли уже многие годы – Китай.

Роль черной металлургии значительна для России и стран-импортеров товаров. Металлургические компании обеспечивают продукцией различные отрасли экономики: машиностроение (которое) потребляет более 90% всего готового проката [96], строительство, химическую промышленность, топливно-энергетический комплекс, оборонно-промышленный комплекс [54, 71]. Прогрессивное и эколого-ориентированное (в том числе обеспечивающее снижение углеродоемкости продукции) развитие металлургического комплекса откроет для России возможность успешного увеличения экспортных потоков при введении механизма углеродного регулирования, а также будет способствовать повышению уровня конкурентоспособности страны в данной сфере [28, 32, 33, 34, 65].

Углеродоемкость черной металлургии зависит от многих факторов; основные факторы перечислены ниже [80].

1. Использование угля, который применяется для производства кокса и получения энергии, необходимых для производства стали из железной руды. Применение современных технологий, таких как производство стали с использованием электродуговой плавки или использование водорода, может значительно снизить уровень выбросов парниковых газов.

2. Высокая энергоемкость процессов. Повышения энергоэффективности в отрасли можно достичь путем обновления оборудования, оптимизации процессов и когенерации тепловой энергии.

3. Количество и соотношение используемых для производства продукции руды и лома и отходов черных металлов.

Углеродоемкость отрасли может значительно варьировать в зависимости от конкретных условий и технологий, используемых в процессе производства. На рисунке 2.3 представлена углеродоемкость «проектных» маршрутов (маршрутов) производства стали.

Описание маршрутов производства стали приведено в таблице 2.3.

Проектные маршруты составлены таким образом, чтобы показать принципиально разные технологии производства стали и их среднюю углеродоемкость.

Наиболее углеродоемкие маршруты – это маршруты «Базовый» и «А», описывающие традиционные металлургические производства. Выбросы образуются на следующих этапах:

- при подготовке сырья: производства кокса – производственные выбросы, при эксплуатации агломерационных установок и производства окатышей – высокотемпературные выбросы, при производстве извести – производственные выбросы;
- при производстве железа в доменных печах – производственные выбросы (наиболее углеродоемкий передел);
- при производстве стали в кислородных конвертерах – производственные выбросы.

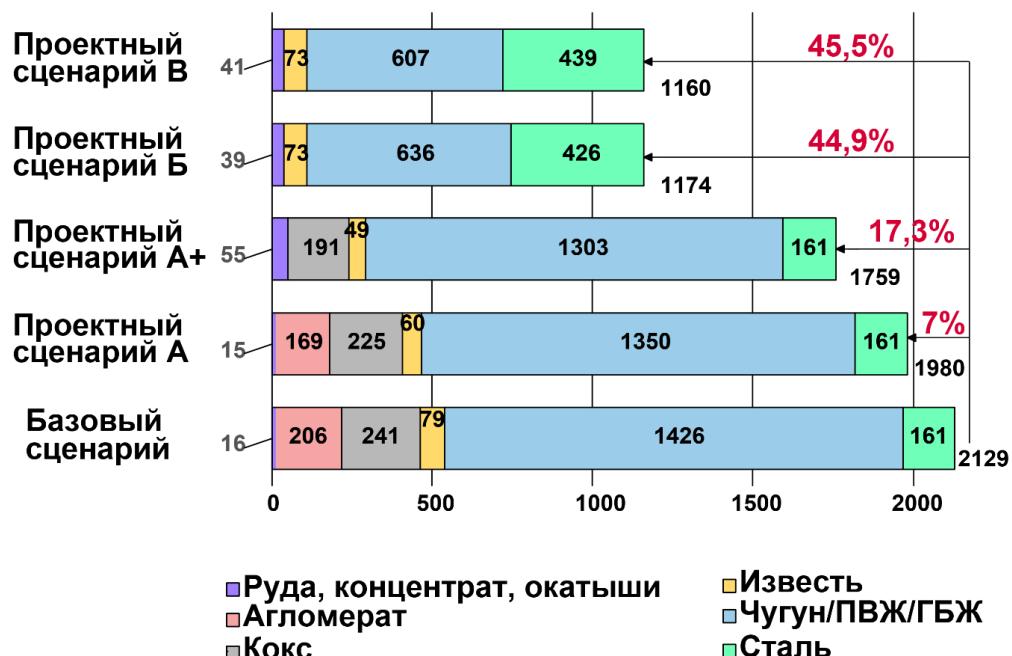


Рисунок 2.3 – Углеродоемкость проектных маршрутов производства стали

Источник: рисунок составлен автором на основании данных Ассоциации «Русская сталь»

Проектный маршрут «АА» предполагает отказ от использования и производства кокса и применение дообогащенного концентрата (КДО) для увеличения содержания железа в концентрате до примерно 70 %. Это позволяет получать концентрат для последующего производства доменных окатышей с улучшенными характеристиками и окатыши под металлизацию.

Сценарии «Б» и «В» показывают углеродоемкость электрометаллургии с использованием железа прямого восстановления (ПВЖ) и горячебрикетированного железа (ГБЖ).

Применение технологий по производству железа прямого восстановления (ПВЖ) (в основном в виде металлизированных окатышей или горячебрикетированного железа (ГБЖ)), по-прежнему, как и несколько десятилетий назад, считается в металлургической литературе одним из самых перспективных направлений для эффективного развития мировой металлургии. Применение ГБЖ при выплавке стали позволяет производить экономически выгодный металл с низкой энерго- и углеродоемкостью, который используется, в том числе, в машиностроении и авиационной промышленности.

Таблица 2.3 – Описание проектных маршрутов производства стали

Маршрут	Описание
Базовый	Рядовой концентрат – окатыши, агломерат – чугун – конвертерная сталь
А	Дообогащенный концентрат – окатыши, агломерат – чугун – конвертерная сталь
АА	Дообогащенный концентрат – окатыши – чугун – конвертерная сталь
Б	Дообогащенный концентрат – окатыши – железо прямого восстановления – электросталь
В	Дообогащенный концентрат – окатыши – горячебрикетированное железо – электросталь

Источник: таблица составлена автором с использованием [156]

В Российской Федерации крупнейшим является производство ГБЖ на Лебединском горнообогатительном комбинате компании «Металлоинвест». С

выводом двух новых установок на проектную мощность компания «Металлоинвест» увеличила производство ГБЖ до 9 млн тонн в год.

Проект «Эколант» Объединенной металлургической компании (ОМК) планирует запустить в 2025 г. в г. Выксе Нижегородской области электросталеплавильный комплекс полного цикла мощностью 1,8 млн тонн стали в год с использованием технологии производства железа прямого восстановления [47, 48].

К основным технологиям, обеспечивающим декарбонизацию предприятий черной металлургии [33, 44], активно прорабатываемым в настоящее время, следует отнести:

- модернизацию действующих производств с внедрением наилучших доступных технологий;
- внедрение технологии рециркуляции колошниковых газов и вдувание водорода;
- расширение использования электродугового способа производства стали;
- интеграцию процессов прямого восстановления железа в действующие технологические цепочки;
- интеграцию в существующее производство схемы прямого восстановления железа с кислородным конвертором через плавильный агрегат;
- внедрение технологий улавливания и хранения углерода;
- использование «голубого» (полученного путем паровой конверсии метана, но при условии улавливания и хранения углерода) либо «зеленого» (произведенного с использованием возобновляемой энергии) водорода;
- использование электроэнергии, вырабатываемой возобновляемыми источниками.

Приведенные сведения дают общее теоретическое представление об уровне углеродоемкости описываемых процессов, направлениях и возможностях снижения удельных выбросов парниковых газов, а также дополнительно

обосновывают необходимость выявления и анализа фактически достигнутого каждым из предприятий отрасли уровня углеродоемкости.

По данным Мирового энергетического агентства Россия занимает 9-е место в мире по уровню углеродоемкости при производстве стали (в среднем по отрасли) [136]. Фактически это означает, что для сохранения конкурентоспособности и повышения инвестиционной привлекательности необходимо принятие мер по декарбонизации, в том числе активизация государства в части развития системы государственного регулирования углеродоемкости в черной металлургии и поддержки инвестиционных проектов по снижению удельных выбросов парниковых газов, включая проекты технологической модернизации, основанные на принципах наилучших доступных технологий.

2.2. Применение концепции наилучших доступных технологий и отраслевого бенчмаркинга для регулирования углеродоемкости

Концепция наилучших доступных технологий

Концепция наилучших доступных технологий (концепция НДТ) в практике государственного регулирования различных стран используется более шестидесяти лет [37, 39, 134]. Сформировавшись первоначально в области экологической политики, категория НДТ постепенно трансформировалась в инструмент более универсального применения, основное назначение которого – доказательно отделить новое от устаревшего, эффективное от неэффективного [58, 60, 61, 135, 159]. По результатам такого «отделения» государственными органами принимаются регулирующие решения относительно хозяйствующего субъекта, в том числе – о выдаче комплексных экологических разрешений, то есть, «документов, которые выдаются объектам, оказывающим негативное воздействие на окружающую среду, и содержат обязательные для выполнения требования в области охраны окружающей среды» [164].

В Европейском союзе система комплексных экологических разрешений была введена в 1996 г. Директивой «О комплексном предотвращении и контроле загрязнений» [19, 39] и получила развитие в 2010 г. в Директиве «О промышленных эмиссиях» [19, 193].

В нормативное правовое поле Российской Федерации понятие наилучших доступных технологий введено Федеральным законом от 21.07.2014 г. № 219-ФЗ [158], в соответствии с которым НДТ определен как «технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения» [158, 164, 176, 177].

Таким образом, ключевым аспектом снижения негативного воздействия на окружающую среду является уровень развития технологии [177, 67].

На современном этапе в нашей стране концепция НДТ представляет собой комплексную систему мер регулирования, направленных на повышение технологического уровня отраслей промышленности, поддержку перспективных ресурсоэффективных инвестиционных проектов, с одновременным снижением негативного воздействия на окружающую среду [15, 58, 60, 68].

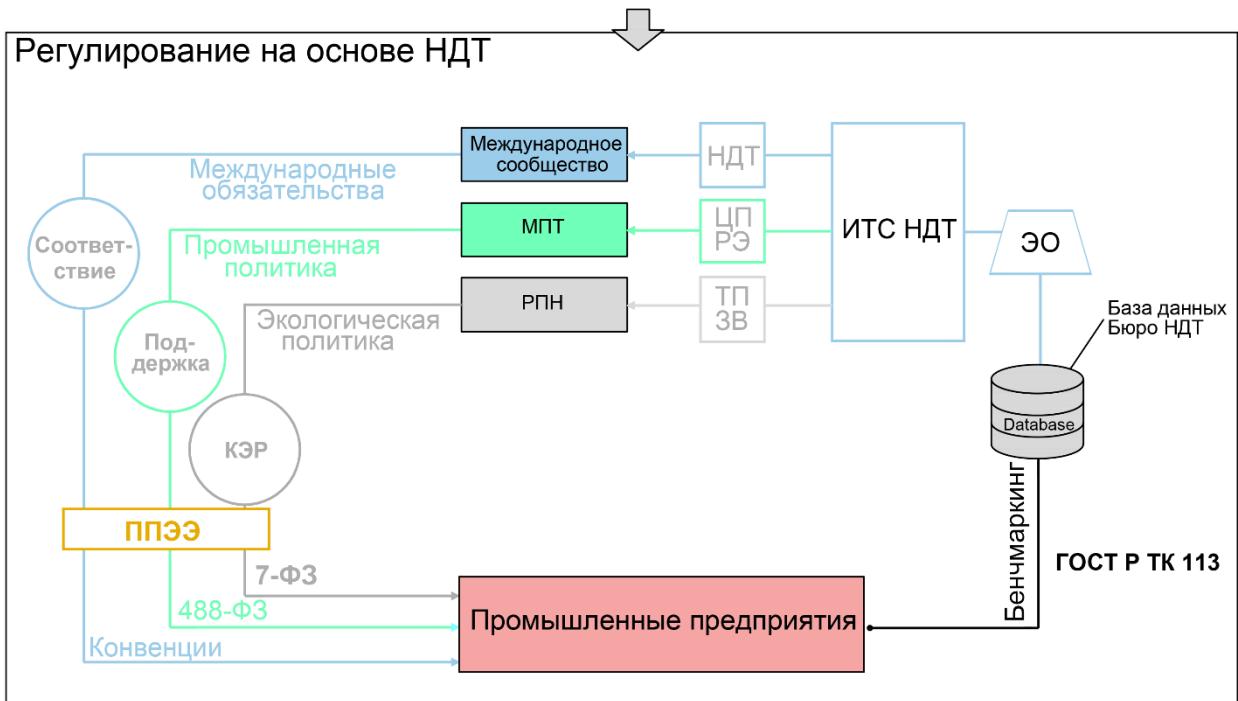
На рисунке 2.4 представлена система регулирования деятельности предприятий на основе НДТ.

Система регулирования на основе НДТ заключается в принятии управлеченческих и регулирующих решений для достижения национальных целей развития в области экологической и промышленной политик на основе унифицированных подходов и объективных целевых ориентиров. В основе системы лежит многофункциональная методологическая основа, важным элементом которой являются информационно-технические справочники по наилучшим доступным технологиям (ИТС НДТ) [58, 59, 60, 63], документы национальной системы стандартизации добровольного применения.

ИТС НДТ содержит «систематизированные данные в определенной области и включающий в себя описание технологий (процессов, методов, способов, оборудования), а также группы технологических показателей, которые их характеризуют» [63, 151, 160].

В настоящее время утверждено 53 отраслевых и межотраслевых справочника для всех областей применения НДТ [169].

Национальные цели



где НДТ – наилучшие доступные технологии;
 ИТС НДТ – информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям;
 ЭО – экспертная оценка;
 ТК 113 – технический комитет по стандартизации Российской Федерации № 113 «Наилучшие доступные технологии»;
 ЦП РЭ – целевые показатели ресурсной эффективности;
 ТП ЗВ – технологические показатели выбросов/сбросов загрязняющих веществ;
 МПТ – Министерство промышленности и торговли Российской Федерации;
 РПН - Федеральная служба по надзору в сфере природопользования Российской Федерации;
 КЭР – комплексное экологическое разрешение;
 ППЭЭ – программа повышения экологической эффективности;
 7-ФЗ – Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ;
 488-ФЗ – Федеральный закон «О промышленной политике в Российской Федерации» от 31.12.2014 № 488-ФЗ.

Рисунок 2.4 – Система регулирования на основе наилучших доступных технологий

Источник: рисунок составлен автором

Процесс разработки ИТС НДТ стандартизирован [17, 63, 151, 152]. Под стандартизованными подходами будем понимать установленные в документах по стандартизации унифицированные правила и общие принципы в отношении объекта стандартизации.

Система стандартов в области НДТ, реализованная Техническим комитетом по стандартизации № 113 (ТК 113) «Наилучшие доступные технологии», обеспечивает научно-методическое и экспертно-аналитическое сопровождение внедрения НДТ [17]. Стандартизация подходов позволила установить единые правила (независимо от области применения НДТ) и обеспечить воспроизводимость результатов для различных отраслей экономики [63]. Процесс разработки ИТС НДТ включает девять основных этапов (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Этапы разработки информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям

Источник: рисунок составлен автором

Российское Бюро НДТ готовит и размещает уведомление о формировании технической рабочей группы (ТРГ) – сообщества экспертов, представителей заинтересованных федеральных органов исполнительной власти, некоммерческих организаций, государственных корпораций и бизнес-сообщества, –

которая принимает основные решения в рамках разработки ИТС НДТ. По окончании сбора заявок состав ТРГ утверждается приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации [22]. Ключевые этапы разработки отраслевого ИТС НДТ – это сбор данных предприятий о применяемых технологиях, технических решениях и их характеристиках, а также со-поставительный анализ (бенчмаркинг) достигнутых показателей потребления ресурсов и эмиссий [17]. Отличительная особенность системы регулирования на основе НДТ состоит в установлении обоснованных и прозрачных показателей эмиссий (выбросов и сбросов) загрязняющих веществ, основанных на всестороннем анализе реальных данных предприятий.

На следующих этапах разработчик, определенный ответственным за данную сферу деятельности федеральным органом исполнительной власти, формирует проект справочника, который направляется для обсуждения в техническую рабочую группу. После всех согласований, доработки и снятия разногласий на заседании ТРГ Бюро НДТ формирует дело ИТС НДТ и направляет его в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии Российской Федерации на утверждение [17, 170].

Содержание ИТС НДТ до включения в него особого приложения по углеродоемкости и индикативных показателей выбросов парниковых газов [22, 185] установлено системой стандартов ТК 113 и включает семь основных разделов и пять обязательных приложений [151, 152]; типовая структура представлена на рисунке 2.6.

Разделы 1, 2, 3 «формируются на основании информации, полученной в результате сбора и обработки данных предприятий рассматриваемой отрасли, и составляют основу для определения наилучших доступных технологий и установления характеризующих их показателей. В них приводят описание отрасли, технологических процессов, способов и методов производства, рассматривают текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий» [151, 152].

Раздел 4 содержит критерии, принципы и особенности выбора наилучших доступных технологий для производственных процессов, описываемых в разрабатываемом ИТС НДТ [151, 152].

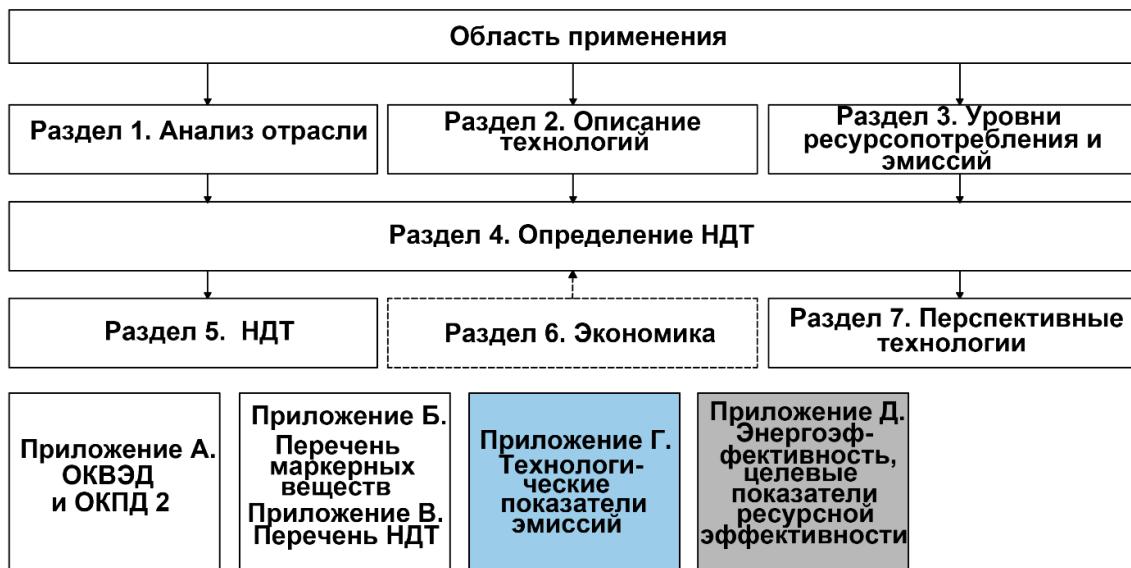


Рисунок 2.6 – Типовая структура информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям

Источник: рисунок составлен автором на основе [151]

Раздел 5, приложения Б, В, Г, Д – результирующие разделы ИТС, которые «содержат перечень и описание наилучших доступных технологий, установленных технологических показателей выбросов и сбросов загрязняющих веществ, целевые показатели ресурсной эффективности для отдельных производственных процессов или их комбинаций в зависимости от специфики рассматриваемой области применения НДТ» [151, 152].

Подчеркнем, что установление релевантных показателей для сравнения – это наиболее трудоемкий и наукоемкий этап. Именно эти показатели впоследствии утверждаются решениями федеральных органов исполнительной власти, а также являются одним из критериев при принятии решений об оказании мер государственной поддержки инвестиционных проектов [132, 133].

– Показатели для сравнения, устанавливаемые в ИТС НДТ, можно разделить на две группы [62, 63, 112]:

- технологические показатели эмиссий загрязняющих веществ (показатели концентраций загрязняющих веществ в выбросах и сбросах)
- целевые показатели ресурсной эффективности (удельные расходы сырья, материалов, воды, тепловой и электрической энергии на единицу производимой продукции) [57, 58, 112].

Перечисленные показатели применяются регуляторами в различных конструкциях (рисунок 2.7).

Технологические показатели эмиссий загрязняющих веществ, установленные регулятором в области охраны окружающей среды на основании ИТС НДТ, используются:

- при выдаче комплексных экологических разрешений (КЭР) [158, 164];
- при рассмотрении и одобрении проектов программ повышения экологической эффективности для определения соответствие НДТ технологических процессов, оборудования, технических способов и методов, включенных в программу модернизации [171];
- для подтверждения выполнения принятых обязательств по международным конвенциям, в том числе для исключения из перечня так называемых экологических «горячих» точек Баренцева Евро-Арктического и Балтийского регионов [132];
- при подтверждении соответствия НДТ в рамках государственной экологической экспертизы проектной документации на строящиеся объекты или документации, обосновывающей деятельность по перевалке угля в морском порту, для действующих объектов в соответствии с обязательными требованиями, установленными Техническим регламентом о безопасности объектов морского транспорта [164].

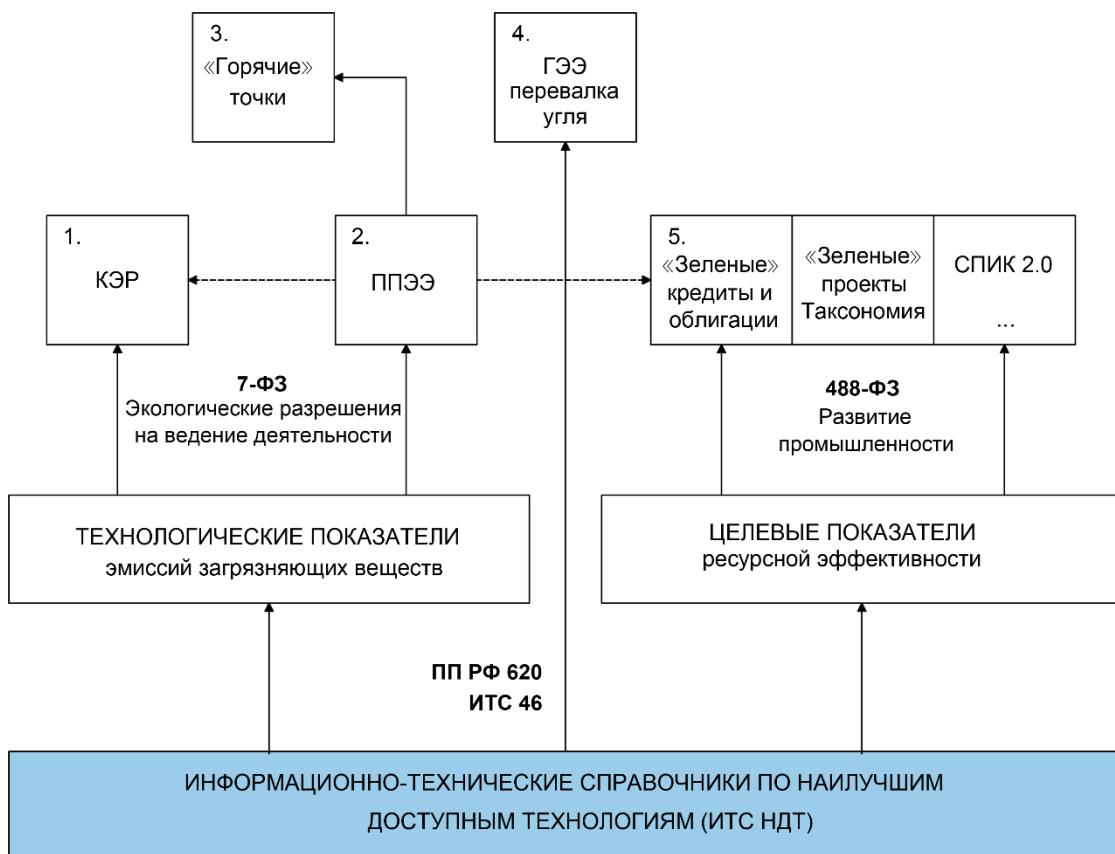


Рисунок 2.7 – Показатели информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям и направления их применения

Источник: рисунок составлен автором

Целевые показатели ресурсной эффективности применяются для оценки повышения ресурсной эффективности решений, заложенных в проекты модернизации, претендующие на меры государственной поддержки. Критерий соответствия НДТ (по показателям эмиссий загрязняющих веществ и показателям ресурсной эффективности) заложен в качестве основного при конкурсном отборе проектов в рамках механизмов зеленых кредитов и облигаций, а также в токсономии зеленых проектов [168].

Отличительная особенность системы регулирования на основе НДТ – стимулирование к модернизации технологий путем постепенного ужесточения показателей в рамках актуализации ИТС НДТ [133, 134] (рисунок 2.8).

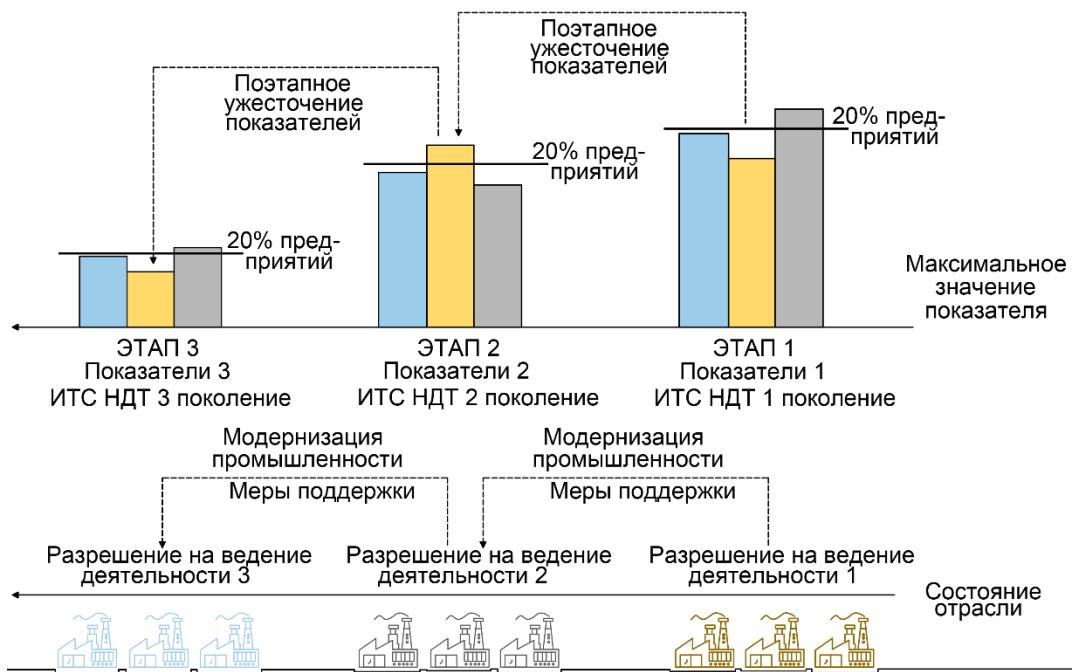


Рисунок 2.8 – Поэтапная модернизация промышленных предприятий и ужесточение показателей наилучших доступных технологий

Источник: рисунок составлен автором с использованием [57]

На начальном этапе (этап 1) необходимо зафиксировать текущий уровень развития технологий и установить показатели таким образом, чтобы превышали их, а, следовательно, должны были реализовывать программы модернизации, около 20 % предприятий. Значение в 20 % определяется в первую очередь экономическими возможностями отрасли, и детально рассматривается и обосновывается при формировании раздела 4 ИТС НДТ «Определение наилучших доступных технологий».

Остальным предприятиям следуют оценить уровень своего технологического развития, близость к значениям установленных показателей с тем, чтобы принимать стратегические решения о развитии с учетом оценки рисков «непопадания» в разрешенную зону на следующем этапе (этапе 2), когда показатели будут ужесточены.

На этапе 2 снова проводится оценка уровня развития технологий, а показатели актуализируются, исходя из описанной выше логики – приблизительно 20 % предприятий должны модернизироваться, остальные – соответствовать установленным требованиям. Далее цикл повторяется.

При этом важно, чтобы периоды актуализации требований и ужесточения показателей в ИТС НДТ были достаточно продолжительными для того, чтобы хозяйствующие субъекты могли осуществлять долгосрочное стратегическое планирование и реализовывать планы модернизации; эти периоды не должны носить хаотичный характер или быть слишком короткими. Оптимальная по мнению автора периодичность актуализации ИТС НДТ – один раз в семь лет; что обусловлено, в том числе, сроком действия комплексного экологического разрешения и сроком реализации ППЭЭ (установлены законодательно) [164].

Описанный подход стимулирует предприятия к совершенствованию основной технологии и содействует технологическому развитию отдельных отраслей и промышленности в целом путем повышения ресурсной эффективности производства.

Связь показателей углеродоемкости и экономических показателей ресурсной эффективности

Добыча и обогащение железных руд, производство чугуна, стали и ферросплавов, производство изделий дальнейшего передела черных металлов относятся к областям применения наилучших доступных технологий (рисунок 2.9). Для указанных видов хозяйственной деятельности разработаны три основных отраслевых информационно-технических справочника, описывающих полный цикл производства в черной металлургии:

- ИТС НДТ 25 «Добыча и обогащение железных руд» [155];
- ИТС НДТ 26 «Производство чугуна, стали и ферросплавов» [156];
- ИТС НДТ 27 «Производство изделий дальнейшего передела черных металлов» [157].



Рисунок 2.9 – Области применения информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям в черной металлургии

Источник: рисунок составлен автором

Для настоящего диссертационного исследования в качестве основного выбран ИТС 26 [156], описывающей технологические процессы, непосредственно связанные с производством стали, поскольку основные резервы снижения углеродоемкости в отрасли заложены на этих переделах.

В 2021 г. в ИТС 26 под руководством автора исследования по результатам отраслевого бенчмаркинга установлены следующие целевые показатели ресурсной эффективности:

- для производства агломерата: удельное потребление электроэнергии (кВт·ч/т); содержание коксовой мелочи (% кг/т); доля повторного использования воды (%); [4, 156];
- для производства обожженных окисленных окатышей: удельный расход железорудного концентрата (т/т); удельный расход технической оборотной воды (м³/т); удельное потребление электроэнергии (кВт·ч/т); удельное потребление природного газа (кг у.т./т); [4, 156];
- для производства кокса: удельное потребление электроэнергии (кВт·ч/т); степень использования коксового газа (в собственном производстве

и при отпуске на сторону, кроме сжигания на факелях, %); доля повторного использования воды (%) [4, 156];

- для производства чугуна: удельное потребление электроэнергии (кВт·ч/т); удельное потребление кокса (кг/т); удельное содержание пылеугольного топлива (кг/т); удельное потребление природного газа (м³/т); степень использования доменного газа (в собственном производстве и при отпуске на сторону, кроме сжигания на факелях, %); доля повторного использования воды (%); степень использования доменного шлака в хозяйственном обороте (%)) [4, 58, 156];

- для производства стали в кислородных конвертерах: удельное потребление электроэнергии (кВт·ч/т); удельный расход кислорода (м³/т); степень использования конвертерного газа (в собственном производстве, кроме сжигания на факелях, %); доля повторного использования воды (%); степень использования сталеплавильного шлака в хозяйственном обороте (%)) [4, 156];

- для производства стали в электродуговых печах: удельное потребление электроэнергии (кВт·ч/т); удельный расход кислорода (м³/т); доля повторного использования воды (%)) [4, 156].

Численные значения перечисленных выше показателей по переделам установлены на уровне 80 % всех данных предприятий отрасли.

Углеродоемкость определяется прежде всего ресурсоемкостью производства, при этом для разных процессов вклад так называемых «энергетических» (обусловленных потреблением энергии) [23] и «технологических» (обусловленных образованием парниковых газов в результате преобразования веществ в технологических процессах) может быть различным [7, 19, 78].

Подтвердим наличие зависимости показателей углеродоемкости от показателей потребления ресурсов и экономических показателей ресурсной эффективности (удельных затрат на единицу потребляемого ресурса) на примере производства окатышей (рисунок 2.10).

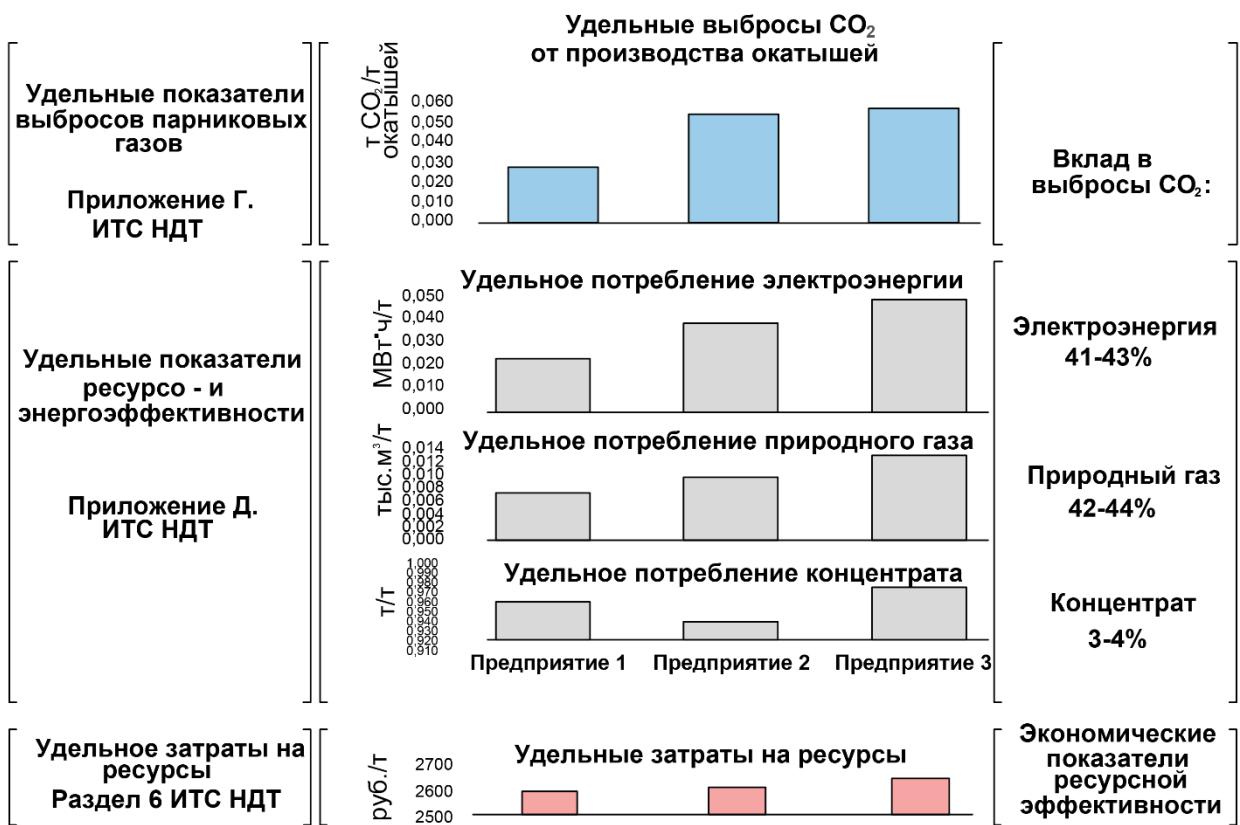


Рисунок 2.10 – Связь экономических показателей ресурсной эффективности и углеродоемкости для выбранных предприятий при производстве окатышей

Источник: рисунок составлен автором

Для проведения анализа и установления наличия зависимости использованы данные, полученные в ходе этапа сбора и обработки данных при проведении бенчмаркинга в рамках актуализации ИТС 26 [156]. Перечисленные выше показатели ресурсоемкости определены по результатам анкетирования 95 % предприятий отрасли при проведении бенчмаркинга ресурсопотребления.

Экономические показатели ресурсной эффективности в виде удельных затрат на единицу потребляемого ресурса рассчитаны, исходя из следующих цен: 1327 руб./МВт*ч; 5784 руб. / 1000 м³ газа; 2600 руб./ т концентрата.

Наглядно продемонстрировано, что большие удельные затраты на электроэнергию и природный газ в технологическом процессе производства ока-

тышьей на Предприятии 3 в сравнении с Предприятиями 1 и 2 приводит к большему выбросу парниковых газов от данного производства. В первую очередь это обусловлено техническими характеристиками используемых установок, сроком ввода их в эксплуатацию и степенью изношенности оборудования.

Наличие доказанной зависимости показателей удельных выбросов парниковых газов от экономических показателей ресурсной эффективности определяет целесообразность развития механизма регулирования углеродоемкости в черной металлургии на основе справочников по НДТ, в которых установлены показатели ресурсной эффективности.

Для установления показателей выбросов парниковых газов в отрасли черной металлургии необходимо проведение отраслевого бенчмаркинга углеродоемкости (т СО₂-экв./т продукции), что соответствует международной практике и, как показано выше, отработано в России при определении целевых показателей ресурсной эффективности производственных процессов.

Понятие национального отраслевого бенчмаркинга

Бенчмаркинг (как метод или инструмент сопоставительного анализа с определенным эталонным объектом) используется как на микроуровне для сравнения деятельности компании с лидерами отрасли для последующего установления целевых показателей тактического или стратегического планирования. На мезо- и макроуровнях бенчмаркинг преимущественно используется на уровне стратегического программирования в отрасли или при формировании эффективной промышленной политики.

Одной из особенностей современной экономики является жесткая конкурентная борьба, которая представляет собой столкновение интересов, соперничество между участниками рынка за доступ к технологиям и финансовым ресурсам, а также к региональным и глобальным рынкам. Ряд отраслей, например, такие, как черная и цветная металлургия, машиностроение, нефтегазовая промышленность являются примерами олигополистических рынков, на которых доминирует крайне малое число компаний [26].

Существуют различные стратегии конкурентной борьбы, методы и инструменты совершенствования деятельности организационно-управленческой деятельности компании, ее бизнес-процессов. Бенчмаркинг представляется одним из таких эффективных методов в системе управления и планирования промышленным предприятием. Данный термин происходит от английского слова *benchmark* (эталон, показатель). Существуют различные подходы к определению термина.

Как следует из рассмотрения литературных источников, как инструмент управления, планирования и оценки эффективности бизнеса бенчмаркинг был определен (формализован) в 1972 г. Институтом стратегического планирования (США) [89]. Однако основные концепции бенчмаркинга были известны значительно раньше.

Среди иноязычных публикаций следует отметить определение, предложенное Д. Т. Кернзом: «бенчмаркинг – это непрерывный процесс оценки уровня продукции, услуг и методов работы на основе сравнения с самыми сильными конкурентами или теми компаниями, которые признаны лидерами» (цитируется по [64]).

Х. Дж. Харрингтон, Дж. С. Харрингтон считают, что «бенчмаркинг – это непрерывный процесс, открывающий, изучающий и оценивающий все лучшее в других организациях с целью использования знаний в работе своей организации» (цитируется по [64]).

Р. Д. Эванс определяет бенчмаркинг как «поиск лучших, реально применяемых управленческих приемов на практике, ориентация на которые позволяет добиваться повышения эффективности в компании» [77].

Бенчмаркинг как основа стратегического управления компанией – это «подход, позволяющий осуществлять постоянный поиск, адаптацию и внедрение передовых методик, способствующих достижению наилучших результатов» [57]. Таким образом, бенчмаркинг может рассматриваться как «инстру-

мент выбора и оценки стратегии развития компании, а его целью является выявление образцовой практики и ее внедрение для обеспечения компании долгосрочного устойчивого конкурентного положения на рынке» [88].

Бенчмаркинг как метод экономического анализа предполагает «сбор, анализ по конкретным показателям и систематизацию информации о лучшем опыте лидирующих компаний» [16]. Объектом анализа обычно выступает инновационная деятельность на уровне технологий, управления, продукта и т. д. Также бенчмаркинг может рассматриваться как инструмент сравнительного анализа финансовой отчетности.

«Бенчмаркинг как процесс совершенствования (элемент инновационного развития), который заключается в сравнении результатов с показателями лидеров в какой-либо сфере, анализе причин доминирующего положения, использовании полученной информации для улучшения собственных результатов» [16], является важнейшим компонентом непрерывного совершенствования и оптимизации производства, эффективности и высокой результативности [73].

«Бенчмаркинг как направление маркетинговых исследований включает следующие действия: понимание деталей собственных бизнес-процессов, анализ бизнес-процессов конкурентов, сравнение своих результатов и результатов конкурентов, внедрение необходимых изменений для сокращения отрыва от конкурентов» [69].

Таким образом, бенчмаркинг является одним из важных инструментов улучшения эффективности планирования производства и стратегического развития промышленного предприятия. Он представляет собой процесс сравнения и изучения лучших практик и результатов работы других компаний, с последующей адаптацией этих методов к своим бизнес-процессам и управлением системам. Бенчмаркинг может быть применен в различных функциональных областях промышленного предприятия, таких как производство, логистика, маркетинг, операционные процессы, управление качеством и персоналом [16, 26, 54, 69, 73].

Основная цель бенчмаркинга – достижение устойчивого конкурентного преимущества и повышение результативности бизнеса. Зачастую компании сталкиваются с проблемами, которые уже успешно решены другими субъектами рынка. Бенчмаркинг позволяет изучить лучшие примеры успешной практической деятельности промышленных предприятий, анализа их процессов и систем, выявления сильных сторон и определения областей, требующих усовершенствования. Бенчмаркинг также способствует развитию конкурентной борьбы в определенном отраслевом сегменте, что, в конечном счете, может обеспечить повышение экономической устойчивости и конкурентоспособности, как на уровне определенных отраслей, так и на уровне национальной экономики в целом.

Также следует отметить, бенчмаркинг объединяет непрерывность деятельности по сбору и внедрению наилучших практик с одной целью – поддержания конкурентоспособности в долгосрочной перспективе.

Задачи бенчмаркинга отражены на рисунке 2.11. Процесс бенчмаркинга состоит из нескольких этапов (рисунок 2.12).

Во-первых, необходимо определить цели и объекты анализа, произвести отбор показателей для сравнения (товар, финансовые показатели, бизнес-процессы, стратегия, персонал и т.д.). Далее выбрать компании-лидеры в отрасли, которые имеют высокие показатели эффективности и качества, или ключевых конкурентов.

Затем проводится анализ процессов и систем работы этих компаний, сбор данных и их сопоставление с собственными показателями. Важно изучить не только позитивные аспекты работы конкурентов, но и детализировать и систематизировать причины их успеха, чтобы определить, какие изменения можно внести для повышения качества и эффективности своей компании.

После этапа изучения и анализа проводится сравнительная оценка результатов и принятие решений о внедрении выявленных лучших практик. Далее необходимо разработать и реализовать план действий, выявлять меры по улучшению и осуществлять мониторинг эффективности принятых мер.

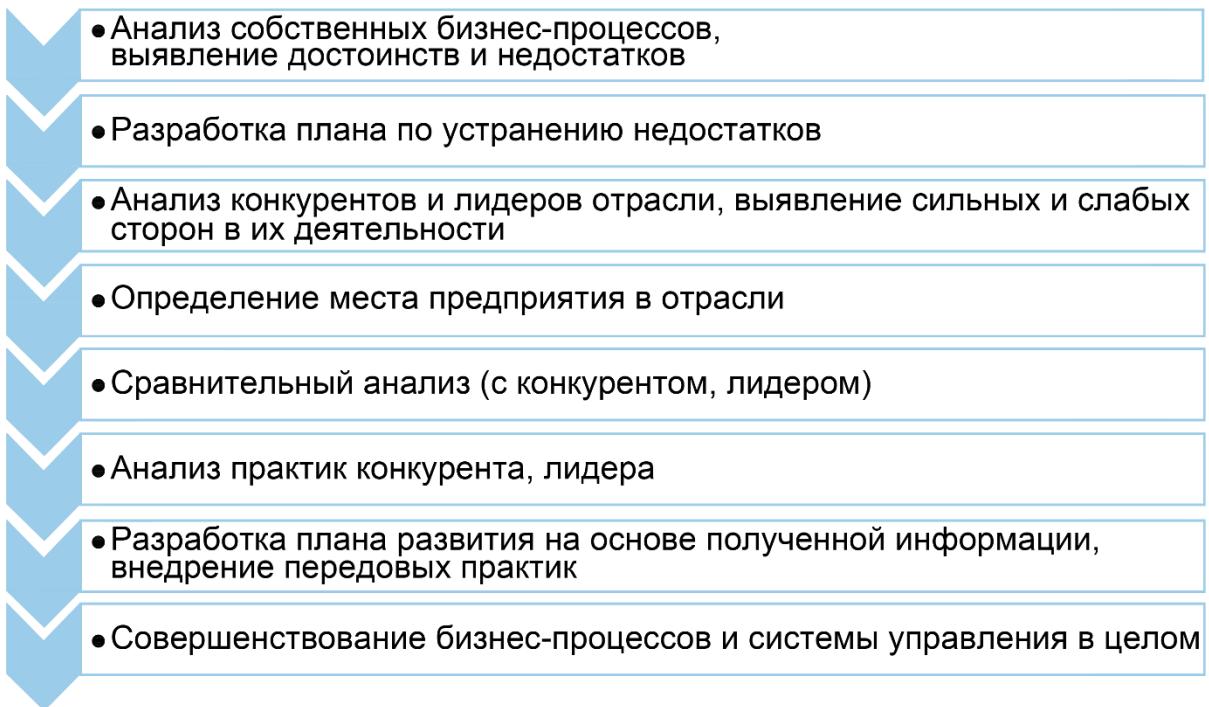


Рисунок 2.11 – Задачи бенчмаркинга

Источник: рисунок составлен автором на основе [56, 73]



Рисунок 2.12 – Этапы бенчмаркинга

Источник: рисунок составлен автором на основе [56]

Виды бенчмаркинга. Выделяют два основных вида бенчмаркинга в зависимости от объекта сравнения – внешний и внутренний, которые в свою очередь делятся на подвиды (рисунок 2.13).

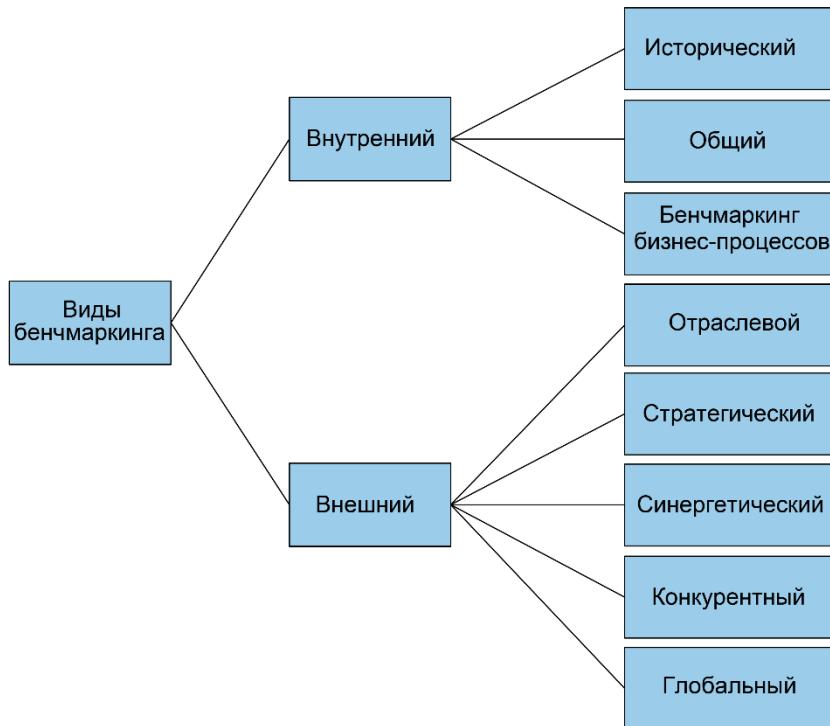


Рисунок 2.13 – Виды бенчмаркинга в зависимости от объекта сравнения

Источник: рисунок составлен автором на основе [56, 73]

Внутренний бенчмаркинг осуществляется внутри компании и предполагает анализ и сопоставление ее бизнес-процессов, деятельности подразделений.

Определяют следующие виды внутреннего бенчмаркинга:

- исторический (анализ и оценка изменений одного вида бизнеса с течением времени); этот вид бенчмаркинга достаточно часто используется для сравнения ресурсоэффективности технологических процессов, реализованных в различное время (в том числе продолжающих функционировать в пределах одной компании);
- общий бенчмаркинг (общая оценка результатов деятельности подразделения, сравнительный анализ с результатами других различных дивизионов компаний);

- бенчмаркинг бизнес-процессов (оценка показателей функциональности, сравнение бизнес-процессов компании с целью выявления наиболее эффективных).

Компания может иметь дивизионы в разных регионах, также могут отличаться технологические процессы, горно-геологические условия (для горных предприятий), качество сырья, поступающего в то или иное подразделение. В этой связи необходимо сопоставлять достигнутые результаты на основе учета дополнительно влияющих объективных факторов и с использованием поправочных коэффициентов.

Внешний бенчмаркинг предполагает сравнение результатов деятельности промышленной компании с результатами ключевых конкурентов или лидеров рынка. Внешний бенчмаркинг бывает следующих видов:

- отраслевой (объектами анализа выступают компании, функционирующие в одной отрасли);
- стратегический (анализ стратегий и методов партнеров);
- конкурентный (сравнение деятельности компании с конкурентами);
- синергетический (межотраслевой, то есть, анализ опыта конкурентов (партнеров) из любой отрасли);
- глобальный (анализ опыта международных организаций).

«Конкурентный бенчмаркинг» является одним из наиболее распространенных видов и эффективно применяется в отраслях промышленности с высоким уровнем конкуренции, а также в высокотехнологичных и быстроразвивающихся отраслях. Отдельно можно выделить «ассоциативный бенчмаркинг», который проводится организациями, состоящими в узком «бенчмаркинговом альянсе» [56].

Отметим, что партнерские отношения могут подразумевать обмен информацией, в то время как конкуренты на рынках работают в условиях обяза-

тельного сохранения коммерческой тайны, что затрудняет получение достоверной информации в рамках бизнес-процессов и уникального технологического и управлеченческого опыта.

Процессный бенчмаркинг подразумевает анализ технологических и управлеченческих процессов внутри одной организации или в сравнении с другими предприятиями. Зачастую непроработанные вопросы создания проектных команд, множественность и дублирование задач руководителей среднего звена, отсутствие быстрых коммуникаций и разнотечение результативности деятельности менеджеров является причиной пересмотреть свои практики в рамках промышленной компании. Цели по совершенствованию организационно-управлеченческих подходов, безусловно, могут реализовываться с помощью инструмента бенчмаркинга. Также применение новых производственных процессов, связанных, например, с эколого-технологической модернизацией и внедрением технологий снижения углеродоемкости требует ориентироваться на лучший практический опыт зарубежных и российских промышленных компаний [82].

Функциональный бенчмаркинг представляет собой узконаправленную оценку определенных функций управления, например, таких как научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, маркетинг, персонал [82].

Продуктовый бенчмаркинг изучает весь спектр характеристик аналогичных продуктов, представленных на рынке. Углеродоемкость продукции становится одним из значимых показателей при проведении продуктового бенчмаркинга [82].

Стратегический бенчмаркинг направлен на изучение стратегий в компаниях конкурентах и вопросы достижения целей стратегического развития. Очень важно понимать, какие организационно-экономические модели позволяют достигать устойчивых целей обеспечения конкурентоспособности в долгосрочной перспективе [82].

Бенчмаркинг, учитывающий отраслевые особенности, направлен на выделение специфических показателей, например, в рамках уникальных или

только появляющихся технологических процессов (технологии по улавливанию и полезному использованию техногенных парниковых газов [144]), и далее проводится детальный анализ идентифицированных конкретных показателей.

В зависимости от целей сравнения можно выделить следующие виды [82]:

- конкурентный (сравнение для достижения инновационного, технологического лидерства или лучших рыночных позиций);
- в целях развития сотрудничества (сравнение для создания лучшей организационной модели обучения и обмена знаниями и опытом).

Примером проведения бенчмаркинга в целях развития сотрудничества является обмен опытом компанией *Caterpillar* (один из крупнейших мировых производителей строительной и горнодобывающей техники) с *Texas Instruments* (производитель полупроводниковых приборов, микросхем, электроники) и *IBM* (один из крупнейших в мире производителей и поставщиков аппаратного и программного обеспечения) для оптимизации системы управления бизнесом.

Таким образом, бенчмаркинг целесообразно идентифицировать как важный инструмент стратегического планирования. В этом аспекте бенчмаркинг обладает рядом преимуществ и недостатков, которые отражены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Преимущества и недостатки применения бенчмаркинга

Критерии	Преимущества	Недостатки
Экономические	Выявление слабых и сильных мест экономического развития промышленной компании Стимулирование развития, повышение качества	Потеря конкурентных преимуществ
Управленческие	Синергия и обмен знаниями	Корпоративная культура Недостаток индивидуальности

Критерии	Преимущества	Недостатки
	Идентификация лучших управленческих практик	
Информационные	Формирование обширной информационной базы	Сложность получения информации, недостоверность информации

Источник: таблица составлена автором с использованием [87, 90]

Среди преимуществ можно выделить следующее:

1. Выявление слабых и сильных мест. Детальный стратегический и экономический анализ и сравнение с конкурентами или другими успешными компаниями позволяет точно определить преимущества и недостатки организации. Это способствует фокусированию на улучшении тех областей, где есть потенциальные проблемы, а также развивать уже существующие преимущества.

2. Стимулирование экономического развития промышленного предприятия и повышение качества технологического процесса, производительности и продукции. Сравнение с лучшими компаниями позволяет идентифицировать и внедрить зарекомендовавшие себя практики. Улучшение качества продуктов или услуг, что приводит к удовлетворенности клиентов и повышению конкурентоспособности.

3. Идентификация лучших практик. Бенчмаркинг помогает выявить наиболее эффективные и успешные методы и стратегии, используемые другими промышленными компаниями, которые можно внедрить на собственном предприятии, чтобы повысить эффективность системы управления и конкурентоспособность производства и продукции.

4. Синергия и обмен знаниями. Бенчмаркинг способствует обмену знаниями и опытом между компаниями. Компания, целью которой является улучшение и поиск инноваций, может на практике использовать успешные стратегии других компаний, применить их опыт, внедрить новые решения и улучшить рабочие процессы.

5. Бенчмаркинг позволяет аккумулировать большое количество данных для компании, что позволит повысить качество управленческих решений при грамотной обработки такой информации.

Недостатки бенчмаркинга можно детализировать следующими аспектами:

1. Потеря конкурентных преимуществ. Бенчмаркинг, хотя и дает возможность узнать подходы других компаний, может также привести к потере собственных конкурентных преимуществ. В результате компания становится слишком похожей на конкурента или утрачивает свою уникальность.

2. Корпоративная культура. «Прививание» лучших, но сторонних практик, идентифицированных в результате бенчмаркинга, может вызвать конфликт с существующей корпоративной культурой и традициями. Интеграция новых практик может быть проблематичной из-за сопротивления сотрудников или низкоэффективной ввиду сложившейся консервативной организационной модели работы и поведения менеджеров и сотрудников.

3. Недостаток индивидуальности. При использовании бенчмаркинга может возникнуть риск утраты компанией индивидуальности, что может повлиять на узнаваемость бренда.

4. Закрытые данные и недостаток доступной информации могут иметь недостаточную обоснованность при применении инструмента. Компаниям зачастую сложно получить доступ к полной и достоверной информации о достигнутых производственно-экономических и управленческих параметров других предприятий. Инсайдерская информация не всегда может быть объективной и достоверной, ее использование может привести к некачественным управленческим решениям.

В целом, бенчмаркинг имеет значительное количество преимуществ при использовании на промышленных предприятиях в рамках совершенствования технологических процессов и системы управления, но также необходимо учитывать его недостатки и находить баланс между внедрением успешных практик и сохранением индивидуальности компаний.

Растущие тенденции к развитию низкоуглеродной экономики приводят к увеличению использования на рынках методических подходов, позволяющих определить уровень углеродоемкости продуктов, производственных процессов. Наиболее часто таким подходом является проведение бенчмаркинга, задачей которого становится сравнение показателей углеродоемкости. Так, объектами сравнения могут выступать отдельные установки, предприятия, регионы или страны, а показателями – удельные выбросы парниковых газов, удельный расход энергии [6]. Результаты бенчмаркинга целесообразно использовать при применении экономических инструментов регулирования углеродоемкости, например, [21, 24]:

- при распределении квот на выбросы парниковых газов (в рамках системы регулирования углеродного рынка) [21, 24, 161, 162];
- при разработке и актуализации классификаций (называемых таксономиями) зеленых проектов при определении критериев для ранжирования проектов по снижению углеродоемкости с целью принятия решения о их финансировании [21, 24, 181];
- при организации государственных и корпоративных закупок низкоуглеродной продукции [21, 24, 27].

В целом, определение уровня энергоэффективности и углеродоемкости с помощью инструмента бенчмаркинга может применяться для следующих целей (рисунок 2.14).

Для оценки углеродоемкости производственных процессов в промышленности в рамках диссертационного исследования предложено следующее понятие: «национальный отраслевой бенчмаркинг углеродоемкости производственных процессов».

Во-первых, необходимо с уровня предприятия перейти на уровень отрасли, то есть с микроэкономического на мезоэкономический уровень.

Во-вторых, результаты бенчмаркинга в данном случае будут использованы не только менеджментом и руководством предприятий, но и федеральными органами исполнительной власти, отвечающими за выработку политики

и регулирование в отраслях промышленности в соответствии с закрепленными полномочиями.

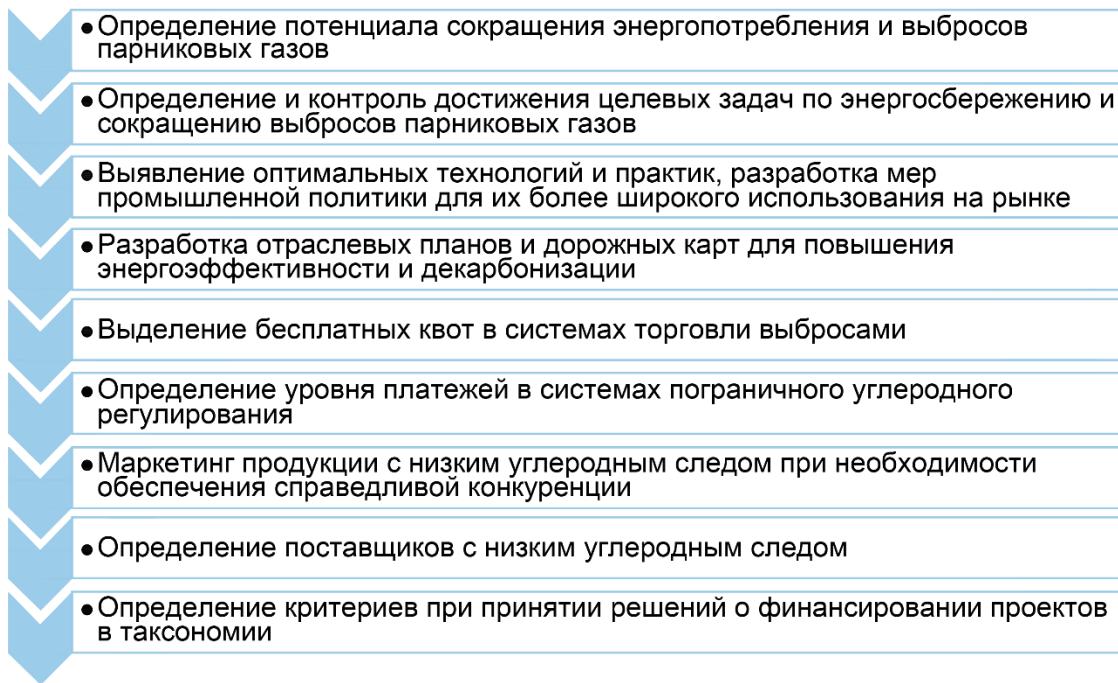


Рисунок 2.14 – Цели применения бенчмаркинга углеродоемкости и энергоэффективности производственных процессов

Источник: рисунок составлен автором на основе [6, 141]

В-третьих, целью проведения бенчмаркинга углеродоемкости производственных процессов является не столько определение лучшего (эталонного в данный момент времени) предприятия, эксплуатирующего наименее углеродоемкие технологии, сколько составление картины отрасли путем распределения всех объектов для выработки государственной политики с учетом оценки объективных возможностей и ограничений (технологических и экономических) снижения удельных выбросов производственных процессов в отрасли.

Исходя из обозначенных особенностей автором предложено рассматривать национальный отраслевой бенчмаркинг углеродоемкости производственных процессов как сопоставительный анализ удельных выбросов парниковых газов, проведенный по стандартизованным методикам в рамках разработки информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям, и позволяющий ранжировать объекты исследования по выбранному

признаку с целью дальнейшего установления целевых ориентиров (эталонных значений).

2.3 Индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов как основа национальной отраслевой системы бенчмаркинга

Анализ существующих в мире систем бенчмаркинга в черной металлургии

В настоящее время известно несколько систем бенчмаркинга удельных выбросов CO₂ и удельной энергоемкости продукции черной металлургии. Перечислим их: «бенчмаркинг, используемый при бесплатном распределении квот на выбросы парниковых газов в рамках системы торговли квотами Европейского союза» (*EU Emissions Trading system*) [187], «Система бенчмаркинга Мировой ассоциации производителей стали» (*World Steel Association*) [128], *EUROFER* [194], система бенчмаркинга энергоэффективности *Energy Star* [192] (преимущественно – США и Канада) и система Кейндарен (Япония) [141]. Эти системы, применяемые для проведения бенчмаркинга в черной металлургии, отличаются набором продуктов, границами производственных систем, в рамках которых ведется учет, а также методиками расчетов.

Согласно Европейской системе торговли квотами в черной металлургии бенчмарки устанавливаются для шести продуктов (кокс, агломерат, чугун (охват 1), чугунное литье, углеродистая электросталь и легированная электросталь (охваты 1 и 2)) на уровне, среднем для лучших (наиболее эффективных) 10 % установок [189]. Бенчмарки последовательно уточняются (ужесточаются). Особые бенчмарки (эталонные значения) для применения в рамках пограничного корректирующего углеродного механизма до настоящего времени не установлены; используются бенчмарки, утвержденные решением Европейской Комиссии в 2021 г. для Европейской системы торговли выбросами парниковых газов [8, 187, 188, 189].

Европейская ассоциация производителей стали (*EUROFER*) установила собственные бенчмарки, учитывающие выбросы парниковых газов охватов 1

и 2 [193]. Бенчмарки установлены для 16-ти продуктов (кокс, агломерат, чугун, железо прямого восстановления (на базе природного газа и угля), плавильно-восстановительная установка, кислородноконвертерная сталь, электросталь, сортовые заготовки, прокат (различный), катанка, трубы) на основании показателя, замыкающего 25 % лучших установок.

В соответствии с методическими подходами, принятыми Мировой ассоциации производителей стали [128], удельные выбросы оцениваются в расчете только на тонну сырой стали (в расчете участвуют 69 показателей по расходу различных видов сырья, материалов и газов, а также выпуска основной и побочной продукции), при определении величины удельных выбросов парниковых газов учитываются выбросы по охватам 1, 2 и 3 (частично).

Система бенчмаркинга *Energy Star* подразумевает присвоение «баллов от 1 до 100 на основании 36 показателей по удельному расходу энергии (учитываются охваты 1 и 2) для производства стали» [117, 192]. Предприятия, набравшие 75 или более баллов, «классифицируются как эффективные» [192].

Японская система бенчмаркинга Кейндарен также основывается на данных по удельным расходам энергии на производство стали [141]. Бенчмарк «устанавливается на уровне лучших 10-20% компаний по следующим маршрутам:

- маршрут доменная печь – конвертер;
- производство электростали;
- специальные электростали» [141].

В таблице 2.5 представлены результаты сравнительный анализа наиболее распространенных в мире систем бенчмаркинга в черной металлургии.

Анализ данных показал, что бенчмарки (целевые ориентиры, эталонные показатели) представляют собой одно значение удельных выбросов на кривой бенчмаркинга на уровне от 10 % до 25 % лучших установок для исследованных систем.

Таблица 2.5 – Сравнительный анализ систем бенчмаркинга в черной металлургии

Система бенчмаркинга	Уровень бенчмарка	Продукты	Стимулы
Европейская система торговли квотами	<p>На уровне, среднем для первых 10% наиболее эффективных установок по результатам 2007-2008 гг.</p> <p>По ПКУМ до настоящего времени не установлены (Охват 1 и 2).</p>	<p>6 продуктов: кокс, агломерат, чугун (охват 1), чугунное литье, углеродистая электросталь и легированная электросталь (охват 1 и 2).</p> <p>По ПКУМ до настоящего времени не установлены.</p> <p>Определены 160 товарных субпозиций продукции черной металлургии.</p>	Уровень бесплатного распределения квот, покупка сертификатов
<i>EUROFER</i>	<p>Показатель, замыкающий 25% лучших установок.</p> <p>Показатели образцовых установок (Охваты 1 и 2)</p>	Бенчмарки даны по 16 продуктам: кокс, агломерат, чугун, железо прямого восстановления (на базе природного газа и угля), плавильно-восстановительная установка, кислородно-конвертерная сталь, электросталь, сортовые заготовки, прокат (различный), катанка, трубы.	
Мировая ассоциация стали	Охваты 1, 2, 3	Удельные выбросы оцениваются в расчете только на тонну сырой стали (в расчете участвуют 69 показателей по расходу различных видов сырья, материалов и газов, а также	

Система бенчмаркинга	Уровень бенчмарка	Продукты	Стимулы
		выпуска основной и побочной продукции).	
<i>Energy Star</i> (бенчмаркинг по удельному расходу энергии)	Баллы по шкале от 1 до 100. Предприятия, набравшие 75 или более баллов, классифицируются как эффективные. Охваты 1 и 2.	Границы системы отражают только производство стали. В расчете участвуют 36 показателей.	
Япония (бенчмаркинг по уровню энергоэффективности)	Лучшие 10-20 % компаний	Бенчмарки по удельным расходам энергии на производство стали: – маршрут доменная печь – конвертер – 22,2 ГДж/т; – производство электростали – 5,99 ГДж/т ¹ ; – специальные электростали – 15,1 ГДж/т ² .	Выделение субсидии при достижении бенчмарка по уровню энергоэффективности и публикация на правительстенном сайте как отличной компании.

Примечания:

- 1 – при двукратном разбросе верхнего и нижнего значения
- 2 – при семикратном разбросе верхнего и нижнего значения

Источник: таблица составлена автором с использованием [128, 141, 187, 188, 189, 192, 194]

Представленные данные позволяют выделить следующие основные элементы отраслевых систем бенчмаркинга углеродоемкости в отрасли черной металлургии [6, 21]:

- методическая база, определяющая алгоритм проведения бенчмаркинга;
- установления принципа выбора бенчмарков (эталонных показателей);
- методические документы по порядку проведения расчетов удельных выбросов парниковых газов;
- определение мер стимулирования за достижение регулируемыми объектами установленного уровня бенчмарков.

Как правило, бенчмаркинг включает в себя два основных этапа: оценивание и сопоставление.

В целях унификации процедуры национального отраслевого бенчмаркинга в России и стандартизации подходов к нему разработан алгоритм его проведения (рисунок 2.15).

На основании предложенного в 2021 г. в рамках проведения данного диссертационного исследования автором разработан проект национального стандарта Российской Федерации «Наилучшие доступные технологии. Порядок проведения бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов в отраслях промышленности». Проект национального стандарта был представлен экспертному сообществу и заинтересованным сторонам, обсужден на ряде всероссийских и отраслевых конференций и семинаров и доработан с учетом замечаний и предложений специалистов в области углеродного регулирования и представителей промышленных предприятий и ассоциаций.

В 2022 г. ГОСТ Р 113.00.11 – 2022 [153] утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии и введен в действие в 30.03.2022 г. (см. Приложение 1).



Рисунок 2.15 – Алгоритм проведения бенчмаркинга

Источник: рисунок составлен автором

Бенчмаркинг углеродоемкости включает девять основных этапов [153]:

- формирование экспертной рабочей группы, в состав которой включаются представители федеральных органов исполнительной власти, научного и экспертного сообществ, промышленных предприятий;
- выбор (разработка) экспертной группой методики расчета удельных выбросов парниковых газов в соответствующей отрасли промышленности;
- определение границ технологического процесса, в рамках которых проводятся расчеты;
- разработка в соответствии с принятой методикой и границами расчета анкеты для сбора данных материально-технического баланса производственных процессов;
- анализ данных и проведение расчетов удельных выбросов парниковых газов от определенных промышленных процессов;
- верификация расчетов;
- построение кривой бенчмаркинга (рисунок 2.16)

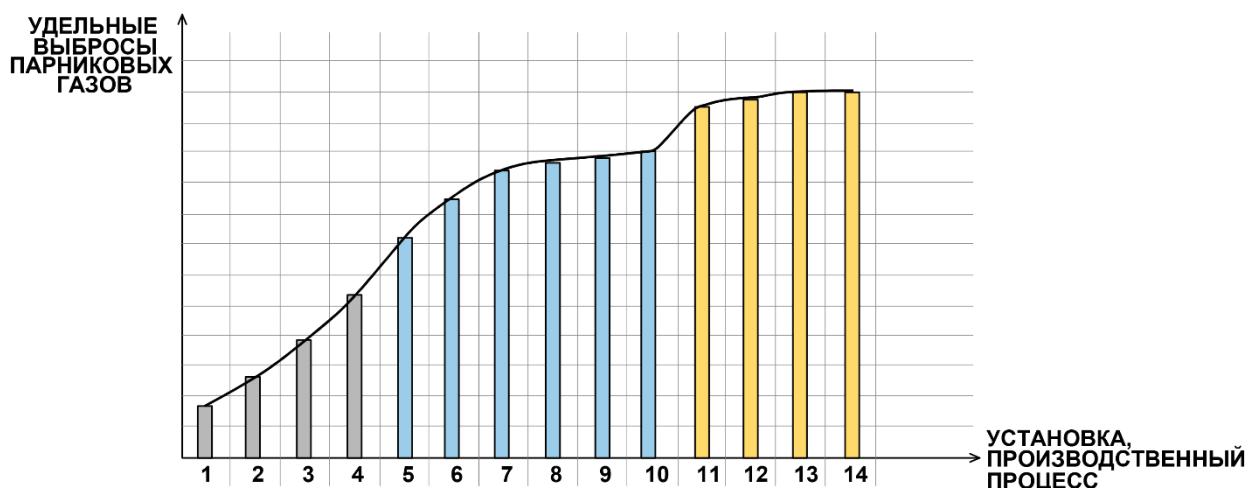


Рисунок 2.16 – Типичная кривая бенчмаркинга

Источник: рисунок составлен автором

Практическое применение разработанного алгоритма позволяет обеспечить методически единый подход к проведению бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов в различных отраслях промышленности.

Авторский подход к установлению индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов в отрасли черной металлургии

При становлении регулирования углеродоемкости в Российской Федерации представляется целесообразным сформировать гибкий организационно-экономический механизм: с одной стороны – стимулирующий предприятия к модернизации, с другой – предусматривающий применение комплексных инструментов в форме налогов или квот для тех предприятий, которые не стремятся к совершенствованию технологических процессов и применению менее углеродоемких технологий.

При этом национальная отраслевая система бенчмаркинга должна базироваться на унифицированных показателях для сравнения, позволяющих оценить (1) уровень углеродоемкости претендующих на получение мер государственной поддержки проектов модернизации и (2) степень превышения разрешенного уровня выбросов парниковых газов высокоуглеродоемкими производствами (например, для установления требований к покупкам квот). Иными словами, установление бенчмарков предложено сделать более гибким за счет

определения двух уровней, в отличие от зарубежных систем, в рамках которых устанавливается одно эталонное значение.

В рамках диссертационного исследования автором разработан подход к определению допустимого и стимулирующего модернизацию уровня выбросов парниковых газов с использованием отраслевых индикативных показателей выбросов парниковых газов, под которыми понимается диапазон значений удельных выбросов CO_2 , полученный в результате проведения сопоставительного анализа углеродоемкости производственных процессов (бенчмаркинга) в отрасли, учитывающий (1) количество экономических субъектов, (2) применяемые технологии и (3) достигнутый каждым из субъектов ресурсно-технологический уровень и уровень углеродоемкости (рисунок 2.17).

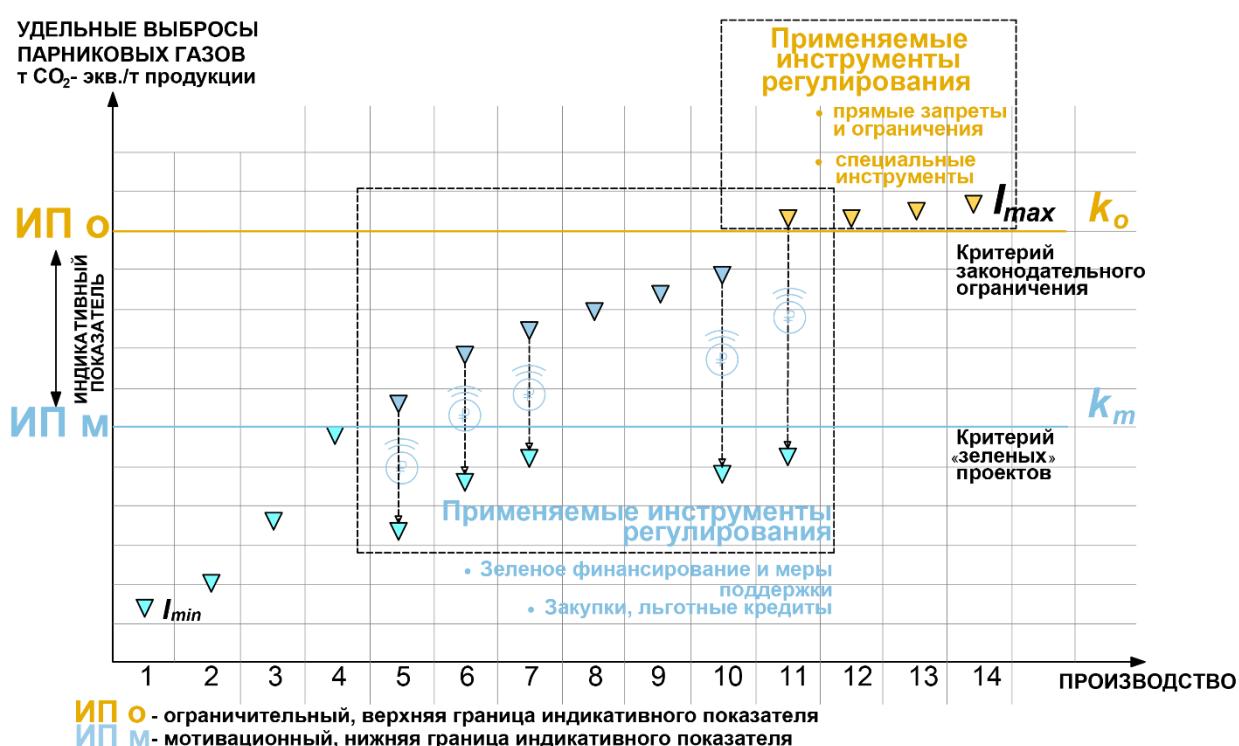


Рисунок 2.17 – Индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов

Источник: рисунок составлен автором и воспроизведен в российских ИТС НДТ при включении в них раздела по выбросам парниковых газов

Кривая бенчмаркинга формируется в результате обработки, анализа информации и расчета выбросов, проведенных по стандартизованным методикам на основании полученных от предприятий первичных данных материального и энергетического баланса производства. При этом значения верхней и нижней границ индикативного показателя рассчитываются с учетом целевых ориентиров, установленных на макро- и мезоэкономических уровнях [21, 24].

В общем виде верхняя граница индикативного показателя определяет зону производственных процессов с самой высокой углеродоемкостью в отрасли и применения специальных инструментов регулирования, к которым в рамках законодательства об ограничении выбросов парниковых газов могут быть отнесены законодательные ограничения или налоги и квоты.

Нижняя граница индикативного показателя определяет наименее углеродоемкие производства в отрасли и может служить критерием отбора зеленых проектов при проведении технико-экономической оценки проектов, претендующих на получение тех или иных мер государственной поддержки (рисунок 2.17).

Предложенный авторский подход базируется на обобщении эмпирически полученных данных об углеродоемкости производственных процессов.

Верхняя граница индикативного показателя ИП_o определяется по формуле:

$$\text{ИП}_o = I_{max} - (I_{max} - I_{min}) \times k_o, \quad (2.1)$$

где I_{max} – наибольший удельный выброс СО₂ от определенного производственного процесса в отрасли;

I_{min} – наименьший удельный выброс СО₂ от определенного производственного процесса в отрасли;

k_o – ограничительный коэффициент.

Нижняя граница индикативного показателя ИП_m определяется по формуле:

$$\text{ИП}_m = I_{max} - (I_{max} - I_{min}) \times k_m, \quad (2.2)$$

где I_{\max} – наибольший удельный выброс СО₂ от определенного производственного процесса в отрасли;

I_{\min} – наименьший удельный выброс СО₂ от определенного производственного процесса в отрасли;

k_m – мотивационный коэффициент.

Значение ограничительного коэффициента, используемого для расчета верхней границы индикативного показателя, определяется с учетом целевых ориентиров, заложенных в Стратегии [180], а также проекте Операционного плана ее реализации. Он устанавливается таким образом, чтобы верхнеуровневые цели и показатели Стратегии определенно были достигнуты. В данном случае предложенный подход работает «сверху-вниз» [61], поскольку в Операционном плане отраслевые ориентиры установлены.

Автором рассчитаны граничные значения индикативных показателей для черной металлургии, исходя значения мотивационного коэффициента (k_m), принятого равным 0,4; а также значения ограничительного коэффициента (k_o), принятого равным 0,15.

Значение ограничительного коэффициента (k_o) определено с учетом целевых показателей Стратегии в 2030 г., в котором планируется достижение пика валовых выбросов СО₂ при увеличении объемов производства и незначительное снижение удельных выбросов от полного цикла производства стали (около 6 %). В 2030-2050 гг. Стратегии предусмотрено значительное снижение как удельных, так и валовых выбросов парниковых газов от полного цикла производства стали, что потребует изменения коэффициентов и актуализацию значений индикативных показателей [180].

Предложенный подход к установлению ограничительного и стимулирующего коэффициентов, а также индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов рассмотрен и согласован членами всех рабочих групп при актуализации ИТС НДТ 2022-2023 гг. Подход также поддержан Минпромторгом России и Минэкономразвития России (см. Приложение 1).

Результаты расчета индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов в отрасли черной металлургии

Для расчета интенсивности выбросов СО₂ от производства продукции черной металлургии применена единая методика для всех видов продукции.

На первом этапе определены виды продукции: концентрат, кокс, агломерат, окатыши, горячебрикетированное железо (ГБЖ), чугун, электросталь, конвертерная сталь, марганцовская сталь, горячекатаный прокат.

Выбросы определяются за один полный календарный год, чтобы исключить влияние сезонных факторов.

На втором этапе определены технологические процессы и установки, включенные в границы расчета выбросов парниковых газов от переделов (производственных процессов).

В границы расчета в качестве прямых включены выбросы от производства сырья и топлива, а также основной продукции и вторичных ресурсов, в качестве косвенных – электро- и тепловая энергия, вторичные топливные газы (рисунок 2.18).

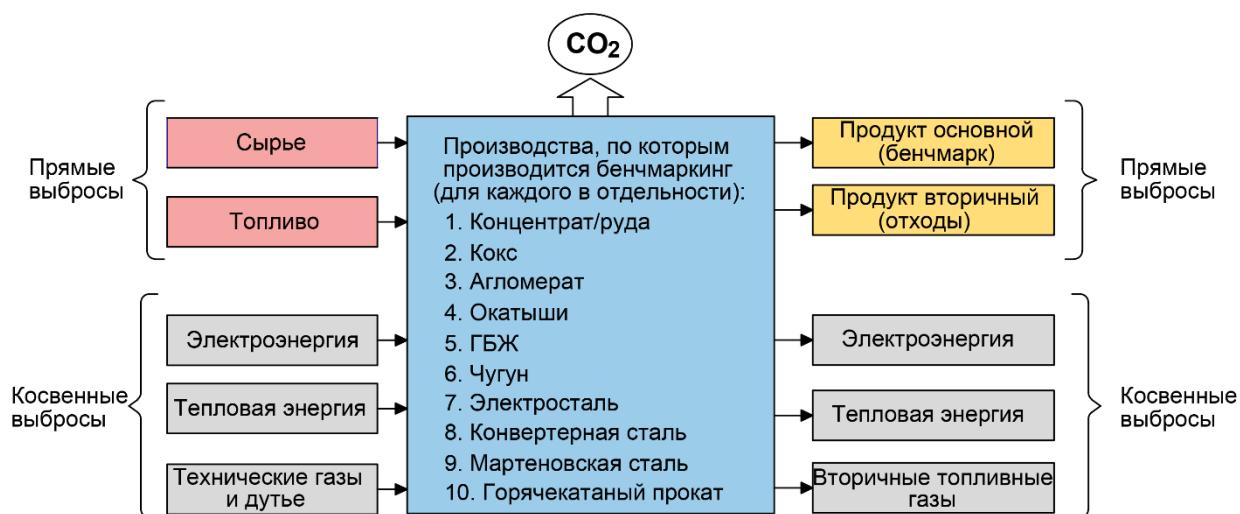


Рисунок 2.18 – Границы расчета выбросов парниковых газов в черной металлургии

Источник: рисунок составлен автором

Тепловая энергия – это энергия пара и горячей воды. Технические газы – это O_2 , N_2 , Ar , а также доменное дутье (используются на технологические нужды в границах рассматриваемого передела). Вторичные топливные газы включают доменный, коксовый, конвертерный газы.

На третьем этапе произведен расчет удельных выбросов от производства продукции по формуле:

$$I_{CO2} = E_{CO2,\text{прям.}}^* + E_{CO2,\text{электр.}} + E_{CO2,\text{тепл.}} + E_{CO2,\text{тех.газы}} + \Delta E_{CO2,\text{втор.газы}}, \quad (2.3)$$

где: I_{CO2} – интенсивность выбросов (бенчмарк) для определенного вида металлургической продукции, $\text{CO}_2\text{-экв}/\text{т}$ продукции;

$E_{CO2,\text{прям.}}^*$ – удельные прямые выбросы в границах производства (передела) без учета вторичных топливных газов, $\text{т CO}_2\text{-экв}/\text{т}$ продукции;

$E_{CO2,\text{электр.}}$ – удельные выбросы, связанные с электроэнергией, $\text{т CO}_2\text{-экв}/\text{т}$ продукции;

$E_{CO2,\text{тепл.}}$ – удельные выбросы, связанные с тепловой энергией, $\text{т CO}_2\text{-экв}/\text{т}$ продукции;

$E_{CO2,\text{тех.газы}}$ – удельные выбросы, связанные с техническими газами и дутьем, $\text{т CO}_2\text{-экв}/\text{т}$ продукции;

$\Delta E_{CO2,\text{втор.газы}}$ – удельная поправка к прямым выбросам на вторичные топливные газы, $\text{т CO}_2\text{-экв}/\text{т}$ продукции.

На четвертом этапе в соответствии с предложенной методикой предложены значения индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов (таблица 2.6).

Кривые бенчмаркинга по углеродоемкости определенных производственных процессов представлены в Приложении 3.

В качестве примера на рисунке 2.19 показаны результаты бенчмаркинга углеродоемкости для производства стали в электродуговых печах.

Таблица 2.6 – Индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов

Производственный процесс (передел)	Индикативный показатель удельных выбросов парниковых газов, т $\text{CO}_2\text{-экв.}/\text{т продукции}$	
	Нижний уровень индикативного по- казателя (ИП м)	Верхний уровень индикативного по- казателя (ИП о)
Производство кокса	0,348	0,434
Производство агломерата	0,224	0,280
Производство железорудных окатышей	0,051	0,057
Производство чугуна в домен- ных печах	1,343	1,460
Производство железа прямого восстановления*	0,561	–
Производство стали в конвер- терах	0,225	0,250
Производство стали в элек- тродуговых печах	0,395	0,496
Производство стали в элек- тродуговых печах (ПВЖ в шихте > 70 %)*	0,523	–

*Верхнее значение индикативного показателя для низкоуглеродных техноло-
гий не установлено.

Источник: таблица составлена автором

В соответствии с полученными результатами отраслевого бенчмаркинга инструменты регулирования, такие как прямые запреты и ограничения, а также система торговли квотами или углеродный налог должны быть применены в отношении Предприятия 13, удельные выбросы CO_2 одного из производств которого превышают верхнюю границу индикативного показателя. Критерий для

оказания мер государственной поддержки установлен на уровне, при котором половина хозяйствующих субъектов ему не соответствуют в настоящее время, и который может быть достигнут только путем модернизации.

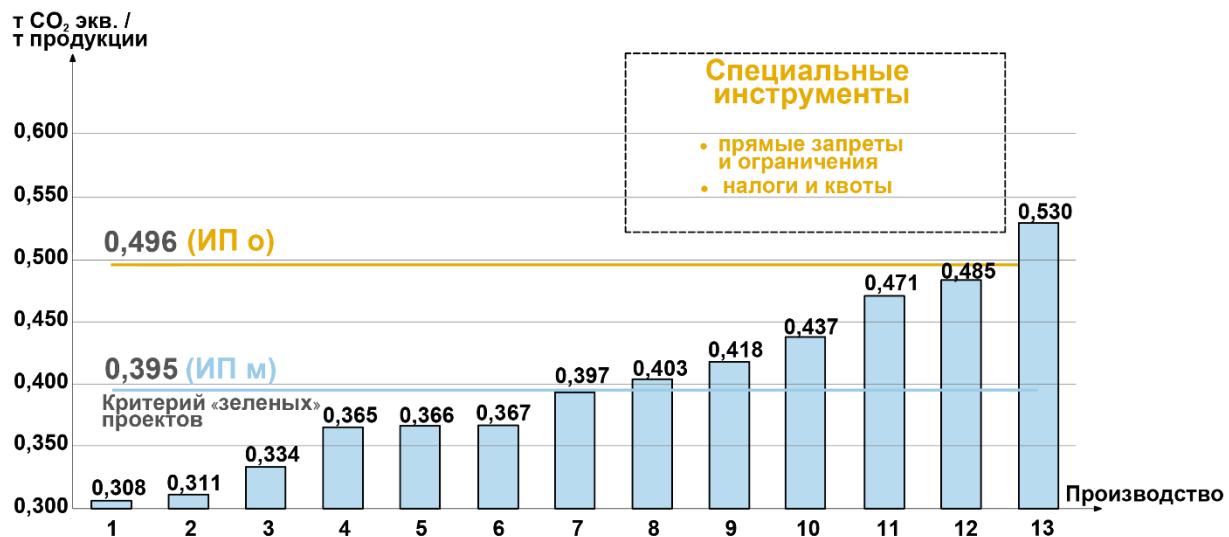


Рисунок 2.19 – Результаты бенчмаркинга углеродоемкости для производства стали в электродуговых печах

Источник: рисунок составлен автором

На основании предложенной автором методики в рамках проведения данного диссертационного исследования разработан проект национального стандарта Российской Федерации «Наилучшие доступные технологии. Методические рекомендации по проведению бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов для отрасли черной металлургии».

Проект национального стандарта был представлен экспертному сообществу и заинтересованным сторонам, обсужден на ряде всероссийских и отраслевых конференций и семинаров и доработан с учетом замечаний и предложений специалистов в области углеродного регулирования и представителей предприятий черной металлургии и отраслевых ассоциаций.

В 2022 г. ГОСТ Р 113.26.01-2022 [154] утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии и введен в действие в 01.03.2023 г. (см. Приложение 1).

Расчетная модель «Модель определения углеродоемкости производственных процессов черной металлургии», разработанная автором исследования зарегистрирована (см. Приложение 2).

Предложенные значения индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов позволяют наиболее объективно оценить текущий уровень развития технологий в отрасли черной металлургии и сформировать механизм регулирования углеродоемкости в отрасли.

Выводы по главе 2

1. Обоснован выбор отрасли черной металлургии для приоритетной разработки организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости в рамках диссертационного исследования. Показано, что наиболее углеродоемкая и одновременно обеспечивающая наибольший вклад в валовый внутренний продукт отрасль российской промышленности – это черная металлургия.

2. Представлено обоснование необходимости декарбонизации, развития государственного регулирования и поддержки инвестиционных проектов снижения углеродоемкости в отрасли черной металлургии для обеспечения конкурентоспособности отечественных предприятий на внешних рынках в долгосрочной перспективе.

3. Доказана зависимость показателей удельных выбросов парниковых газов от экономических показателей ресурсной эффективности и удельных показателей потребления ресурсов на единицу производимой продукции в отрасли черной металлургии. Предложено понятие национального отраслевого бенчмаркинга углеродоемкости, обоснована целесообразность его проведения и развития механизма регулирования углеродоемкости на основе справочников по НДТ.

4. Проведен сопоставительный анализ наиболее распространенных в мире систем бенчмаркинга углеродоемкости. Выявлены ключевые элементы данных систем.

5. Обоснована целесообразность формирования национальной отраслевой системы бенчмаркинга в отрасли черной металлургии на основании специальных показателей – индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов, устанавливаемых с учетом потенциального применения инструментов регулирования.

6. Дано определение и разработан методический подход к установлению индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов в отрасли черной металлургии. Индикативные показатели предложено рассматривать как диапазон значений на кривой бенчмаркинга, граничные значения которых определяются с использованием специальных коэффициентов, рассчитанных с учетом целевых показателей государственных документов стратегического планирования.

7. Доказано, что национальная отраслевая система бенчмаркинга углеродоемкости в отрасли черной металлургии должна основываться на индикативных показателях удельных выбросов парниковых газов, устанавливаемых с учетом потенциального применения экономических инструментов регулирования и информации о достигнутом каждым из экономических субъектов отрасли ресурсно-технологическом уровне. Проведен бенчмаркинг и расчет индикативных показателей и построены кривые бенчмаркинга для основных переделов в отрасли черной металлургии.

Глава 3. Механизм регулирования углеродоемкости: организационно-экономические аспекты и оценка эффективности

3.1. Концептуальные основы механизма регулирования углеродоемкости в черной металлургии

На основании ряда исследований можно представить организационно-экономический механизм (ОЭМ) как совокупность определенных методов и инструментов взаимосвязанного характера, стратегической и тактической направленности. При этом очень часто в рамках механизма описываются подходы к стимулированию развития системы. Также механизм, как правило, акцентирует внимание на комплексе определенных ограничений административного характера и развития институциональных основ, позволяющих осуществлять более эффективное регулирование в рамках развития сложных промышленных систем. Безусловно, организационно-экономический механизм должен отражать функции координации и мониторинга, позволяющие осуществлять контроль за программными мероприятиями, которые реализуются в промышленных системах [5, 70].

Необходимо в рамках формирования организационно-экономического механизма учитывать развитие новой или усовершенствованной нормативной и правовой базы, особенно это важно в рамках становления институтов, связанных с регулированием углеродоемкости в промышленности.

В настоящем исследовании представим организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости как совокупность взаимосвязанных и взаимовлияющих организационных, экономических, административных, институциональных подходов и методов точеного воздействия на промышленный объект управления для обеспечения его стабильного функционирования в новой парадигме низкоуглеродного развития национальной экономики для целей повышения долгосрочной устойчивости промышленной системы в металлургической отрасли. Подчеркнем, что при реализации организационно-экономического механизма следует не просто использовать всю совокупность под-

ходов и методов регулирования углеродоемкости, важно решать фундаментальные стратегические задачи отраслевого характера, направленные на глубокую ресурсно-технологическую модернизацию и декарбонизацию промышленности черной металлургии.

Организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости в черной металлургии идентифицируется как совокупность базовых элементов, функций и процессов:

1. *Базовые элементы*, определяющие концептуальную основу организационно-экономического механизма:

- *Субъект управления* – государство или региональные власти, которые занимаются промышленным развитием и проблемами экологизации, в том числе связанными с климатической повесткой. Субъекты управления в рамках процесса регулирования углеродоемкости имеют разноуровневый характер. Значительную часть функции берет на себя государство, тем не менее привлекаются региональные структуры, отвечающие за развитие определенных отраслей и сфер, и вырабатываются решения на уровне отраслевого развития в определенном регионе.

- *Объект регулирования* – предприятия черной металлургии.
- *Цель регулирования* – стимулирование снижения углеродоемкости, и в ряде случаев жесткое административное воздействие на предприятиях черной металлургии.

- *Вовлеченные ресурсы*. Важно обеспечивать содействие доступа к необходимым технологическим и финансовым ресурсам для реализации программ эколого-климатической модернизации.

- *Научное обоснование*. В ряде случаев требуется научное сопровождение подготовки и реализации инновационно-технологических и организационно-экономических мероприятий, направленных на снижение углеродоемкости, например, в части установления научно-обоснованных индикативных показателей.

– *Технология управления.* Важно формировать четко formalизованную технологию управления процессами снижения углеродоемкости в части развития стандартов, методических рекомендаций, процедур мониторинга и контроля.

2. *Функциональная часть.* В рамках организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости используются основные классические функции управления, с учетом специфики тенденций низкоуглеродного развития, происходящих на глобальном и региональном и отраслевых уровнях:

- анализ выбросов парниковых газов в черной металлургии, сравнительный анализ - бенчмаркинг выбросов в рамках различных технологических процессов;
- прогнозирование внешних изменений на рынках металлургической продукции, нормативной базы основных потребителей в части развития углеродного регулирования;
- оценка и прогнозирование потенциала внутренних возможностей отечественных предприятий черной металлургии;
- планирование объемов промышленных выбросов в среднесрочной и долгосрочной перспективах;
- организация процессов на уровне территорий, отраслей, промышленных компаний;
- мотивация промышленных предприятий;
- координация, мониторинг, анализ и оценка результатов снижения углеродоемкости.

3. *Процессная часть.* В рамках реализации предлагаемого организационно-экономического механизма должны формироваться программы и проекты, в том числе программы по развитию промышленных симбиозов. В рамках технологий управления разрабатываются методические рекомендации по экономической оценке программ, которые предлагают установление размер

обоснованных платежей за выбросы парниковых газов и предельных стоимостных характеристик с привязкой к индикативным показателям. При реализации программ по технологической модернизации и снижению углеродоемкости необходимо создавать процессы обратной связи для понимания степени вовлеченности и реакции всех участников, вовлеченных в процесс технологической модернизации.

На современном этапе развития отечественной отрасли черной металлургии остро стоит вопрос о привлечении инвестиционного капитала для внедрения современных низкоуглеродных и ресурсоэффективных технологий, развития рынка зеленого финансирования, а также повышения общей эффективности процессов, направленных на реализацию климатической и промышленной политик в России.

Обобщая исследования, проведенные в диссертации, в том числе стратегические приоритеты устойчивого развития промышленности, автором предложен представленный на рисунке 3.1 организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости в черной металлургии, позволяющий стимулировать ресурсно-технологическую модернизацию отрасли и повысить эффективность инвестиций в промышленности.

Подчеркнем, что ОЭМ учитывает влияние различных факторов: внешних, связанных требованиями некоторых стран, предъявляемыми к импортируемой ими продукции, а также Парижским соглашением; внутренними – определенными нормативными правовыми актами Российской Федерации и документами стратегического планирования.

ОЭМ основывается на дифференциированном применении инструментов регулирования в зависимости от достигнутого экономическими субъектами уровня углеродоемкости, сопоставленного с установленными в ИТС НДТ отраслевыми индикативными показателями, полученными в результате проведения бенчмаркинга.

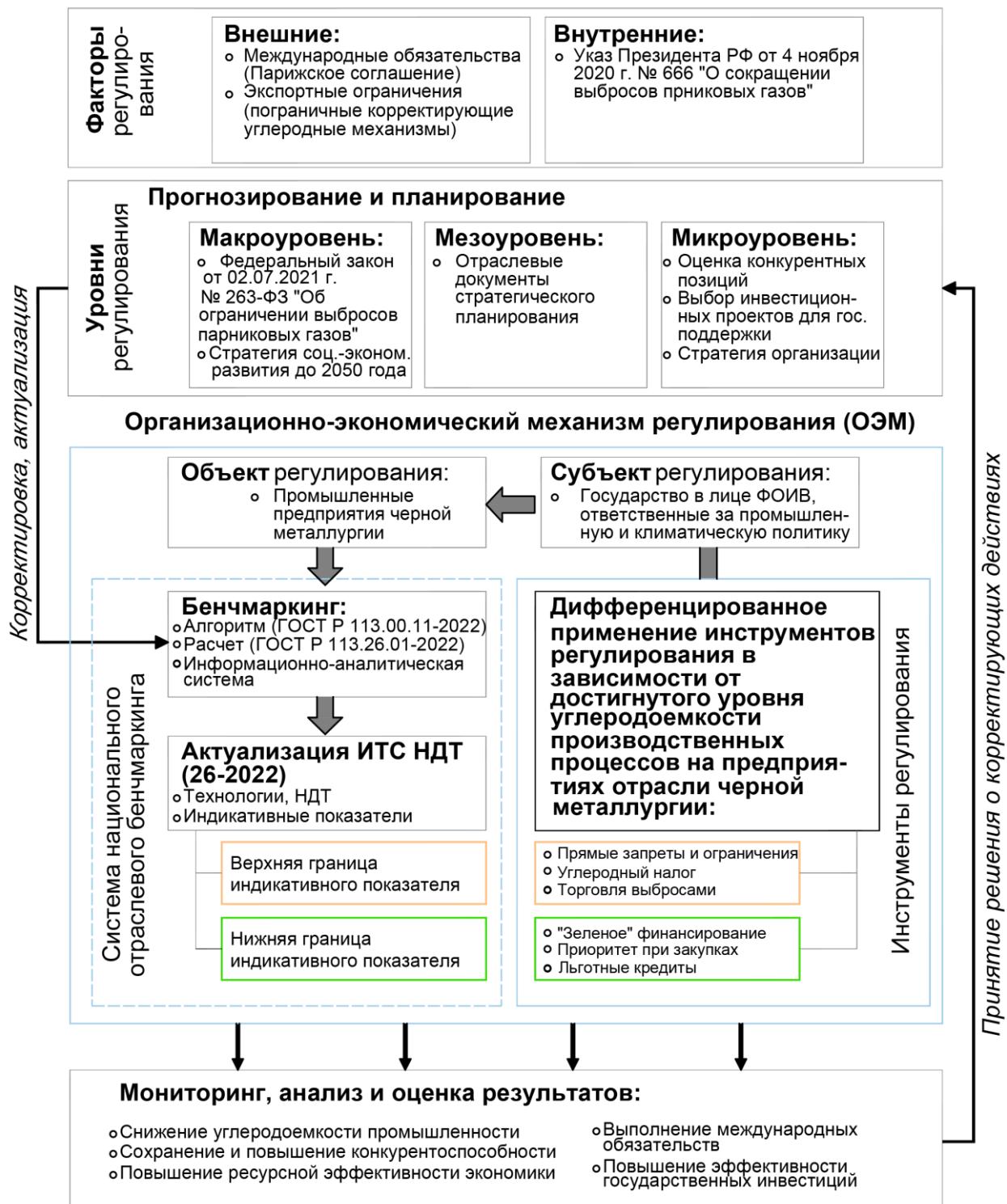


Рисунок 3.1 – Организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости в черной металлургии

Источник: рисунок составлен автором

В качестве экономических инструментов стимулирования снижения углеродоемкости следует рассматривать меры государственной поддержки реализации проектов ресурсо-технологической модернизации, которые реализуются хозяйствующими субъектами на предприятиях и направлены на снижение удельных выбросов парниковых газов.

По оценкам Министерства экономического развития Российской Федерации потенциальный объем рынка зеленого финансирования составит 1,5 трлн рублей на период до 2030 года.

В рамках механизмов зеленых кредитов и облигаций [168], а также в таксономии зеленых проектов [181] критерий соответствия НДТ (по показателям эмиссий загрязняющих веществ и показателям ресурсной эффективности) уже заложен в качестве основного при конкурсном отборе проектов.

В качестве дополнительного критерия отбора целесообразно определить нижнюю границу индикативного показателя удельных выбросов парниковых газов, предложенную в рамках разработанного в докторской диссертации исследования ОЭМ.

Механизм постановления Правительства Российской Федерации от 30.04.2019 г. № 541 по программе зеленых кредитов и облигаций представлен на рисунке 3.2.

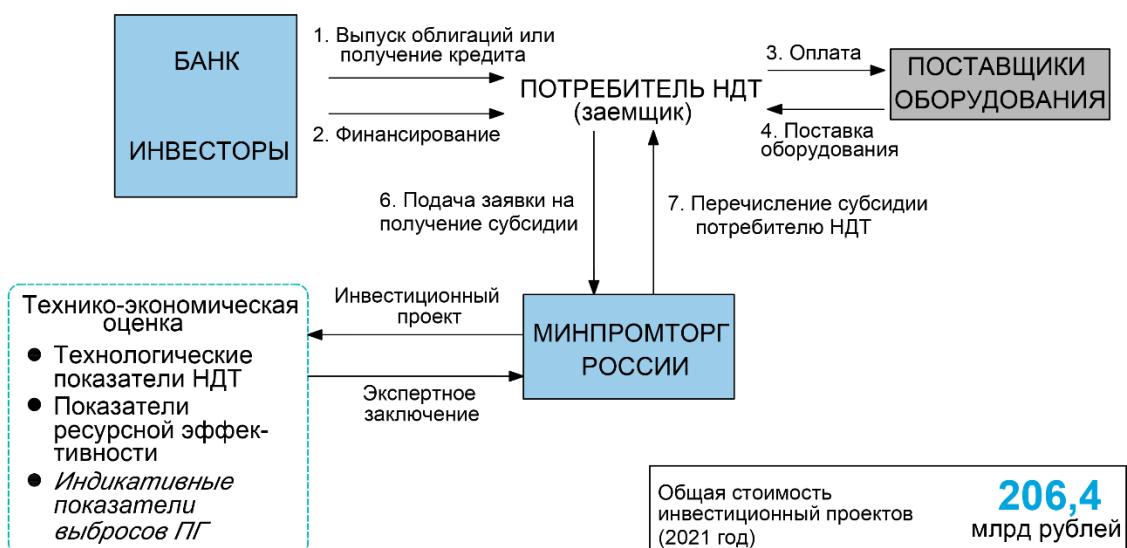


Рисунок 3.2 – Механизм зеленых кредитов и облигаций

Источник: рисунок составлен автором

Государство возмещает предприятиям 70-90 % выплачиваемого ими купонного дохода, если взятые взаймы средства инвестируются в проекты по снижению объемов образования отходов и выбросов загрязняющих веществ в промышленности. Субсидия предоставляется по выпускам облигаций, не превышающим 30 млрд руб., размер субсидии зависит от того, какое оборудование приобретается – российское или зарубежное. В случае с кредитами процентная ставка также компенсируется в большем объеме, если финансирование пойдет на приобретение российской продукции или технологий.

При проведении оценки проектов Межведомственной комиссией в рамках конкурсного отбора в первую очередь проверяется достижение показателей ресурсной и экологической эффективности, установленных в ИТС НДТ.

В соответствии с разработанными предложениями к показателям, необходимым для достижения соответствующего результата предоставления субсидии, необходимо добавить удельный показатель выбросов парниковых газов на тонну конечной продукции черной металлургии на конец каждого календарного года и на конец реализации инвестиционного проекта.

В сентябре 2021 г. Правительство Российской Федерации совместно с ВЭБ.РФ разработали Таксономию зеленых и адаптационных проектов [181].

Российская таксономия охватывает управление отходами, энергетику, строительство, промышленность, транспорт, водоснабжение, биоразнообразие и сельское хозяйство [181]. В качестве основных обязательных критериев приняты показатели экологической, ресурсной и энергетической эффективности, установленные в отраслевых ИТС НДТ, в качестве дополнительных, в том числе, – показатели удельных выбросов парниковых газов [15].

Отметим, что в настоящее время показатели удельных выбросов парниковых газов зачастую установлены на основе заимствования из таксономии ЕС, что делает их применение затруднительным, поскольку они не отражают технологические особенности российской черной металлургии.

Целесообразно актуализировать таксономию, заменив установленные показатели на нижнюю границу индикативного показателя удельных выбросов парниковых газов, определенную в результате проведенного бенчмаркинга.

В целях стимулирования снижения углеродоемкости в отрасли черной металлургии, а также обеспечения исполнения поручений Президента Российской Федерации по итогам пленарного заседания съезда Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП) [53] целесообразно проработать следующие вопросы:

- по актуализации перечня видов технологий, признаваемых современными технологиями в целях заключения специальных инвестиционных контрактов [172], для распространения механизма специальных инвестиционных контрактов на проекты, направленные на достижение уровня наилучших доступных технологий по показателю выбросов парниковых газов;
- по определению срока применения стабилизационной оговорки, которая распространяется на организации, реализующие инвестиционные проекты в рамках соглашений о защите и поощрении капиталовложений [158], по инициативе которых проведена оценка о соответствии инвестиционного проекта по модернизации производства принципам наилучших доступных технологий;
- по актуализации (дополнении) перечня научных исследований и опытно-конструкторских разработок, расходы налогоплательщика² на которые включаются в состав прочих расходов в размере фактических с «коэффициентом 1,5», с целью установления коэффициента, равного 1,5, к сумме расходов, осуществляемых в целях реализации проектов, направленных на достижение уровня наилучших доступных технологий по показателю выбросов парниковых газов;

² Пункт 7 статьи 262 второй части Налогового кодекса Российской Федерации. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/aa9832fb416dd0274acf737be8e4c157866abf0b/

– по актуализации перечня основного технологического оборудования, эксплуатируемого в случае применения наилучших доступных технологий [181] в целях применения организациями ускоренной амортизации (коэффициента, равного 2) для основных средств (оборудования) [158], используемых в рамках реализации проектов, способствующих сокращению выбросов парниковых газов.

Основным методическим документом, на основании которого принимаются решения при оценке проектов модернизации, претендующих на меры государственной поддержки, в рамках разработанного ОЭМ должны стать ИТС НДТ. Применение единого подхода, основанного на использовании измеримых численных показателей наилучших доступных технологий, позволит гармонизировать требования и сблизить критерии разных инструментов стимулирования снижения углеродоемкости российской экономики в целом и черной металлургии в частности.

В общем виде схема применения ИТС НДТ и направления использования индикативных показателей представлена на рисунке 3.3.

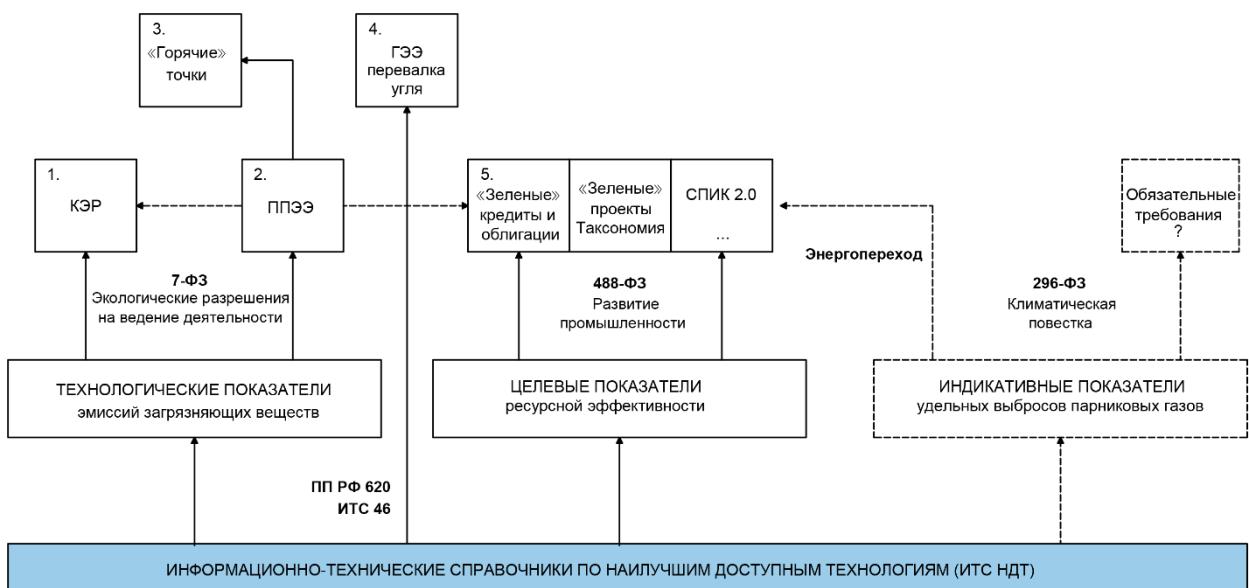


Рисунок 3.3 – Направления применения индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов

Источник: рисунок составлен автором

Для реализации разработанного ОЭМ необходимо дополнить структуру ИТС НДТ специальным приложением – «Индикативные показатели выбросов парниковых газов» (рисунок 3.4).

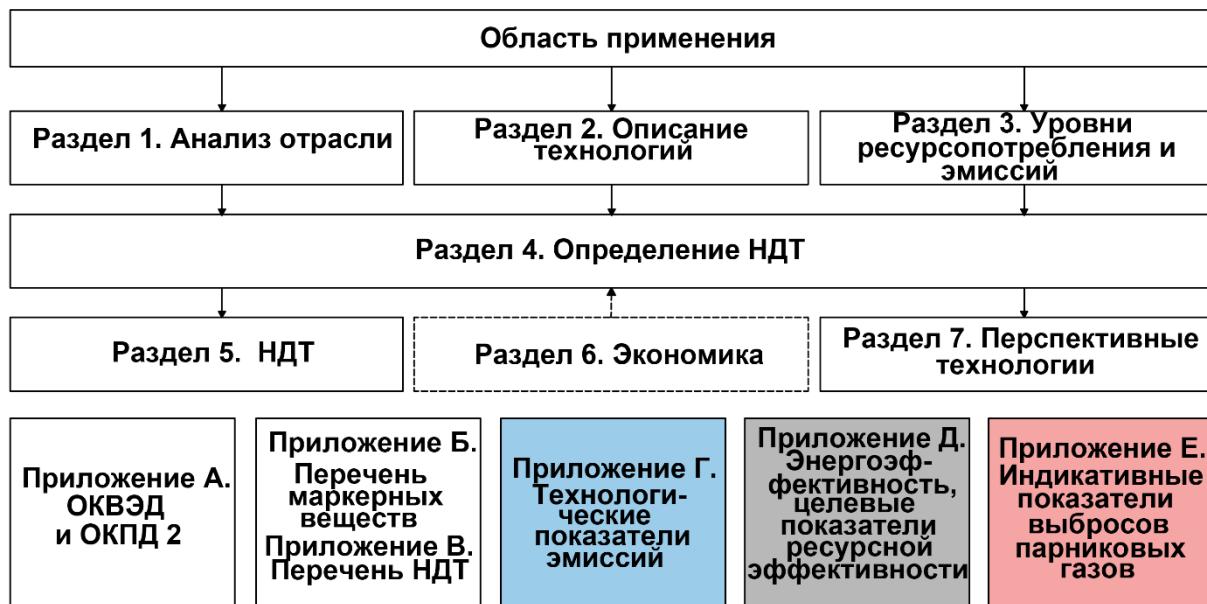


Рисунок 3.4 – Структура информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям

Источник: рисунок составлен автором

Подчеркнем еще раз, что включение в структуру российских отраслевых ИТС НДТ особого приложения Е «Индикативные показатели выбросов парниковых газов» – это результат исследований автора диссертационной работы.

3.2 Уровни регулирования углеродоемкости в рамках разработанного организационно-экономического механизма

В рамках организационно-экономического механизма используются классический порядок управления сложной экономической системой, включающий мониторинг и анализ, прогнозирование и планирование, организацию и стимулирование, а также разработку и реализацию корректирующих мероприятий.

Предложенный организационно-экономический механизм может быть использован на различных уровнях управления (рисунок 3.5).

На макроуровне показатели могут быть использованы для разработки и оценки достижения целевых ориентиров в целом для экономики, установлен-

ных в горизонтальных межотраслевых документах стратегического планирования, а также проектирования и установления новых требований в рамках федерального законодательства и оценки их исполнения [21].

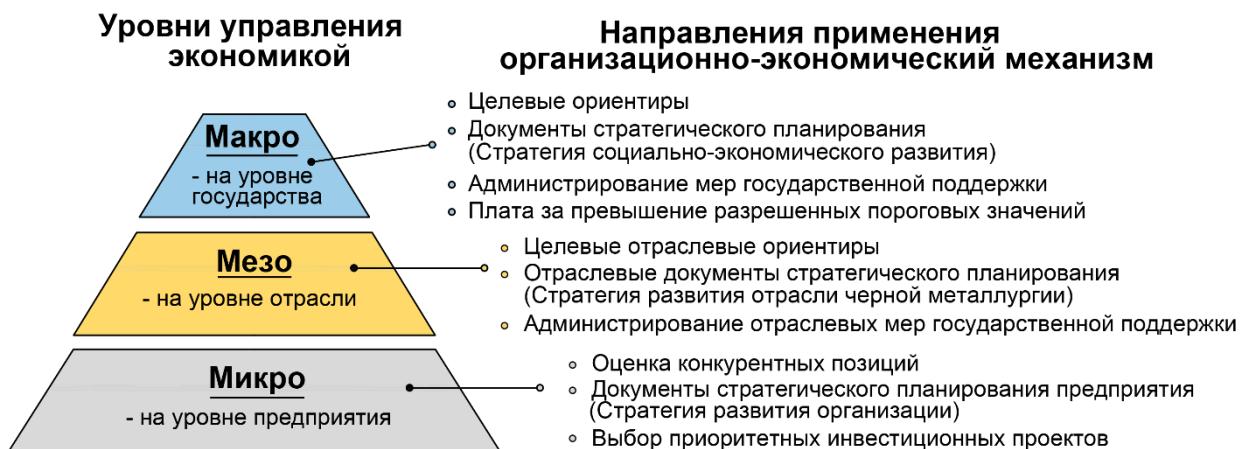


Рисунок 3.5 – Применение механизма регулирования углеродоемкости на микро-, мезо- и макроуровнях

Источник: рисунок составлен автором

В Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года [179] отражены ключевые тенденции и цели, а также меры государственной политики в вопросах изменения климата. Согласно Стратегии, одной из форм углеродного регулирования на макроуровне (национальном уровне) является маркировка углеродоемкой продукции, к которой относится, в том числе, продукция черной металлургии. Маркировка углеродоемкой продукции необходима для дальнейшего установления нормативов выбросов ПГ, а также таксономии «зеленых» проектов, их финансирования и др. Все принимаемые и реализуемые меры на макроуровне должны быть направлены на достижение цели по сокращению массы выбросов парниковых газов и, как следствие, ограничению роста глобальной средней температуры до 1,5 °С.

Мезоуровень рассматривает границы отрасли и региональной экономики. В настоящем исследовании мезоуровень - это отраслевые целевые по-

казатели и отраслевые стратегии развития, принимаемые отраслевыми федеральными органами исполнительной власти в закрепленных сферах деятельности и секторах экономики [21].

В 2022 г. Правительством Российской Федерации была утверждена Стратегия развития металлургической промышленности на период до 2030 г. [182]. В данном документе определены основные приоритетные направления и стратегическая цель связанная с обеспечением устойчивого развития отрасли. Черная металлургия – одна из высокотехнологичных отраслей промышленности, где как уже отмечалось в предыдущих главах, важно сокращать выбросы парниковых газов в рамках сложных технологических процессов. Основным методом регулирования углеродоемкости на уровне отрасли, согласно документу, выступает государственная поддержка низкоуглеродных производственных переделов, для которых необходимо определять индикативные показатели удельных выбросов ПГ. Таким образом, внедрение индикативных показателей на мезоуровне позволит систематизировать информацию о выбросах CO₂ для принятия управлеченческих решений о поддержке предприятий черной металлургии, которые пытаются активизировать технологии, направленные на снижение выбросов парниковых газов.

Внедрение индикаторов углеродоемкости на мезоуровне можно рассматривать как основание для формирования стратегических планов и программ развития отраслевого комплекса. Для эффективного стратегического планирования в горно-металлургическом комплексе менеджменту важно обладать стратегическим видением основных возможностей и проблем, которые могут способствовать или препятствовать устойчивому функционированию металлургических компаний и развитию потенциальных центров инновационного роста. К таковым в отрасли черной металлургии на сегодняшний день можно отнести: колебание цен на мировом и внутреннем рынке, глобальная неопределенность, климатическая повестка, рост потребления продукции отрасли, усиление конкуренции, высокий уровень импортозависимости и износа основных производственных фондов, вынужденное функционирование горно-

металлургических компаний в санкционных условиях и др. [55, 57, 62]. Эффективная система стратегического планирования на мезоуровне позволяет сосредоточить ресурсы на выполнении важнейших стратегических задач и обеспечить их эффективное использование для обеспечения экономического роста.

При разработке стратегических планов и программ развития отрасли черной металлургии необходимо учитывать ряд особенностей, среди которых можно выделить следующие:

- влияние специфических горно-геологических и природно-климатических факторов на конкурентоспособность компаний (расположение ресурсной базы, доказанные и вероятные запасы);
- постепенное истощение ресурсной базы и как следствие необходимость поиска новых технологических решений в области разработки месторождений полезных ископаемых;
- высокий уровень отраслевой конкуренции;
- необходимость применения мер государственного регулирования горно-металлургического комплекса;
- высокая социальная значимость отрасли ввиду того, что многие крупные горно-металлургические предприятия являются градообразующими;
- сложности в сокращении металлургическими компаниями удельных выбросов парниковых газов и снижении углеродного следа.

С учетом выявленных особенностей металлургического комплекса можно сформировать базисные принципы и требования к стратегическому планированию на мезоуровне (таблица 3.1).

Одним из ключевых принципов и требований к процессу стратегического планирования в горно-металлургическом комплексе является принцип согласованности. При создании различного рода стратегических планов и программ на мезоуровне необходимо учесть их взаимодействие с другими программными документами в нескольких аспектах.

Таблица 3.1 – Принципы и требования к стратегическому программированию и планированию на мезоуровне в металлургическом комплексе

Принцип / требование	Описание
<i>Общие для отраслевых комплексов</i>	
Целостный подход	Базовые принципы и подходы, методы и методические под-ходы к организации и последующего функционирования системы стратегического планирования. Вся методологиче-ская основа должна быть унифицирована для предприятий отрасли и обеспечивать целостное взаимодействие ее субъ-ектов, в том числе и вопросах низкоуглеродного развития
Согласованность и преемственность	Стратегия на мезоуровне формируется с учетом стратегий, принимаемых на макроуровне, и влияет на формирование стратегий, принимаемых на микроуровне. Важно учитывать отраслевые стратегические программные документы, которые реализовались ранее и срок действий которых уже пре-кратился.
Ответственность	Ответственность в рамках корректировки отраслевых доку-ментов и осуществления всего намеченного комплекса ме-роприятий, а также достижение целевых результатов и эф-фективности принимаемых решений лежит на участниках, которые были вовлечены в процесс стратегического плани-рования
Открытость	Стратегические планы и программы должны быть офици-ально публикуемыми и доступными для общественности
Ресурсная обеспе-ченность	Разработка документов по стратегическому планированию должна сопровождаться определением источников финан-сирования и других ресурсных средств для их реализации
<i>Специфические для горно-металлургического комплекса</i>	
Централизован-ность	Наличие единого административного центра, где заинтере-сованными лицами с одной стороны выступает Правитель-ство РФ в качестве заказчика, с другой – органы исполни-тельной власти в качестве разработчика программ и планов
Учет интересов стейкхолдеров	Основными стейкхолдерами в стратегическом планирова-нии выступают органы государственной власти, горно-ме-

Принцип / требование	Описание
	таллургические компании и представители из смежных отраслей (добыча, геологоразведка, сервис, поставщики, энергетический комплекс, транспортные системы и т.д.), общественные и экологические организации, население
Социальная направленность	Миссия стратегии развития отрасли должна быть ориентирована на достижение общественной эффективности в совокупности с экономической. Климатическая и экологическая эффективность включаются в общественную эффективность.
Рациональность и эффективность	Стратегия должна быть направлена на повышение ресурсной эффективности крупнейших предприятий черной металлургии, рациональное природо- и недропользование.
Инновационность	Внедряемые в рамках стратегических программ новые технологии должны обладать высокой инновационностью с использованием цифровых решений.
Интеграционность	Развитие институтов способных объединять ресурсы металлургических компаний, смежных отраслей, инжиниринговых структур, научных организаций с целью интенсификации процессов инновационного развития, в том числе экологической модернизации. Это должно происходить в рамках различных интеграционных форм взаимодействия, таких например, как кластерные образования, технологические партнерства и др.
Экологичность	Стратегические планы и программы необходимо формировать с соблюдением принципов эколого-сбалансированного и низкоуглеродного развития
Индикативный подход (измеримость)	Процесс стратегического планирования включает формирование целевых и индикативных показателей, которые должны быть сопоставимы с целевыми показателями стратегических планов регионального уровня, измеряемы, проверяемы, реалистичны

Источник: таблица составлена автором с использованием [50]

Рассмотрим эти аспекты подробнее:

- прогнозы по потреблению продукции черной металлургии в промышленности, энергетике, частных домохозяйствах;

- существующие вызовы и барьеры для развития отрасли, учет климатического и экологического аспекта на федеральном и региональном уровнях;
 - потенциал металлургических предприятий в инновационно-технологическом развитии, с учетом возможного широкомасштабного использования природоохранных и ресурсосберегающих технологий [51].
- Другим важным принципом и требованием к стратегическому планированию в горно-металлургическом комплексе является учет интересов стейкхолдеров (заинтересованных сторон). Успешность стратегического планирования зависит от активного участия всех стейкхолдеров, поэтому важно учесть интересы не только прямых заинтересованных лиц, таких как государство, региональные органы власти, металлургические предприятия, но также принимать во внимание мнение населения, общественных и экологических организаций. В текущих условиях важно обратить внимание на эффективность государственной политики и уровень сотрудничества между основными заинтересованными сторонами в рамках реализации стратегических программ и проектов в металлургическом комплексе. Систематизация ключевых интересов, а также инструментов и степени влияния стейкхолдеров на процесс стратегического планирования на отраслевом уровне в ГМК представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Систематизация ключевых интересов и инструментов влияния стейкхолдеров на процесс стратегического планирования в металлургическом комплексе

Группа стейкхолдеров	Ключевые интересы	Инструменты и степени влияния на процесс стратегического планирования
Основные стейкхолдеры – органы государственной власти		
Государство региональные органы законодательной и исполнительной власти,	Формирование доходов федерального и регионального бюджета за счет налогообложения, формирование благо-	Разработка стратегических планов и программ, управление и контроль над их реа-

Группа стейкхолдеров	Ключевые интересы	Инструменты и степени влияния на процесс стратегического планирования
департаменты природных ресурсов, промышленности, экономического развития	приятной бизнес-среды, создание новых рабочих мест и повышение уровня занятости населения, обеспечение устойчивого социально-экономического, инновационно ориентированного, экологического развития, развитие институциональной среды в части углеродного регулирования	лизацией, определение ключевых индикаторов, предоставление мер государственной поддержки и регулирования. Степень влияния сильная
Стейкхолдеры первого уровня		
Горно-металлургические компании	Рост производственно-экономической и ресурсной эффективности, финансовой устойчивости предприятий, снижение уровня конкуренции в отрасли, получение мер государственной поддержки, в том числе, и в рамках инициатив углеродного регулирования	Непосредственное участие представителей черной металлургии в процессе стратегического планирования, реакция компаний на принимаемые стратегии, участие в совместных проектах, внедрение инновационных технологий Степень влияния средняя
Представители из смежных отраслей (включая инвесторов) Деловое сообщество, включая представителей сопряженных отраслей: предприятия сервиса, поставщиков	Увеличение заказов на проведение работ и оказание услуг, рост финансовой устойчивости, развитие новых рынков продуктов, рост стоимости капитала и обеспечение его отдачи	Заключение договоров с металлургическими компаниями, управление капиталом Степень влияния слабая

Группа стейкхолдеров	Ключевые интересы	Инструменты и степени влияния на процесс стратегического планирования
оборудования, промышленного, строительства, компаний энергетического сектора, инжиниринга, инвесторы из финансового сектора		
Стейкхолдеры второго уровня		
Научные и учебные организации , в том числе научно-консалтингового сектора, высшие и средне профессиональные учебные заведения.	Обеспечение достаточного количества рабочих мест, высокий уровень подготовки кадров, обеспечение устойчивых взаимосвязей бизнеса и науки Развивающийся рынок труда в связи внедрения новых производств и процессов	Двустороннее взаимодействие с металлургическими компаниями Степень влияния слабая (отсутствие системы краудсорсинга)
Экологические организации	Снижение негативного влияния и защита окружающей среды	
Общество	Обеспечение высокого уровня качества жизни и занятости, развитие инфраструктуры, экологическая безопасность	

Источник: таблица составлена автором с использованием [51]

В современных условиях представляется необходимым широко вовлекать стейкхолдеров в рамках генерации идей долгосрочного развития региональных экономических систем, реализации стратегий и стратегических программ развития отраслевых комплексов, а также контролировать выполнение целевых показателей и осуществлять мониторинг ключевых индикаторов. Однако на текущем этапе развития стейкхолдеры второго уровня имеют слабую

степень влияния на процесс стратегического планирования в металлургическом комплексе, а развитие систем краудсорсинга практически отсутствует. Общественно-ориентированный подход к стратегическому планированию на мезоуровне позволит отслеживать задачи социально-экономического и эколого-сбалансированного развития, включая инициативы, связанные со снижением углеродоемкости в промышленности.

Принцип интеграционности может быть использован при реализации кластерного подхода к формированию моделей низкоглеродного развития.

Концепция отраслевых кластеров стала фундаментальной основой для экономического развития территорий и промышленности. По сути, отраслевой кластер представляет собой географическую концентрацию предприятий, поставщиков и аффилированных организаций, связанных с определенной отраслью. Кластеры могут возникать из-за разнообразных сложившихся рыночно-инфраструктурных факторов, таких как наличие сырья, концентрация высокотехнологичных и наукоемких производств, доступность транспортных узлов, например, порты, сильный кадровый резерв и близость к рынкам сбыта [66].

Технологии, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы и инновации – это важнейшие аспекты, которые привлекают внимание исследователей к теме кластеров [66, 67]. Во всем мире были сформированы многочисленные промышленные кластеры, и благодаря этим кластерам произошли значительные технологические достижения и инновации в различных областях. Инновационные возможности, которыми обладает кластерная организация, могут быть обусловлены тем, что, во-первых, совместное проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ способно снизить величину издержек, приходящихся на одну компанию, а во-вторых, гибкие сетевые структуры и включение всех структур, входящих в кластер, способно повысить инициативность и восприимчивость к новым идеям [68].

Кластерный подход может помочь административно-управленческим структурам осуществить систематизацию отраслевых стратегий для достижения целей по стимулированию инвестиций в инновации, которые способны

обеспечить снижение углеродного следа. В рамках кластерного подхода, используя синергию между участниками кластера и участвуя в диалоге с другими заинтересованными сторонами, представляется возможным устранять препятствия низкоуглеродного развития и находить способы одновременного поддержания темпов роста производства металлургической продукции и снижения углеродоемкости [36, 68].

Согласно исследования [36], устойчивость промышленного кластера определяется гармоничным сочетанием социальных, экологических и экономических показателей развития как самого кластера в целом, так и отдельных участников. Оценка этой характеристики отражает влияние создания и функционирования кластера на системы, находящиеся на вышестоящих и нижестоящих уровнях. Данный аспект оценки кластерного развития является одним из самых сложных и недостаточно исследованных на сегодняшний день, однако его актуальность возрастает.

В основе «уровневой» модели кластерного развития с точки зрения обеспечения устойчивой конкурентоспособности ложатся макротеории конкурентоспособности, которые могут быть применены к принципам формирования и методикам оценки конкурентоспособности, в том числе в металлургической отрасли на мезоуровне.

Внедрение индикаторов углеродоемкости на мезоуровне может положительно отразиться на качестве принятия управленческих решений для повышения конкурентоспособности отрасли, так как будут созданы предпосылки для формирования инструментария, позволяющего производить мониторинг наиболее углеродоемких производств (переделов), производить систематизацию информации о выбросах ПГ для дальнейшего принятия решений о применении методов государственной поддержки и регулирования инициатив, проектов и программ, цель которых – снижение негативного влияния на окружающую среду. Имиджевая дифференциация и следование климатическим тенденциям, включающее внедрение низкоглеродных технологий, направленных на сокращение выбросов СО₂, сегодня становится одним из ключевых

факторов ведения успешной конкурентной борьбы. Развитие и укрепление конкурентных преимуществ, которые основываются на знаниях и компетенциях, играют ключевую роль в обеспечении долгосрочной устойчивости горно-металлургического комплекса.

На уровне хозяйствующего субъекта (микроуровень) предложенный механизм позволяет оценивать место промышленного предприятия в отрасли, проводить сравнение применяемых технологий с лучшими практиками, а также принимать решения о развитии на основании единых унифицированных релевантных показателей. На уровне предприятия также, как и на других уровнях, могут разрабатываться стратегии развития, включающие основные целевые ориентиры. Так, в российской горно-металлургической компании ПАО «Северсталь» утверждена Стратегия в области устойчивого развития до 2030 года, в которой в том числе отражены климатические цели по сокращению выбросов ПГ (на 10% к 2030 г. по сравнению с показателями 2020 г.³). Стратегия определяет приоритетные задачи, к которым можно отнести:

- сокращение выбросов CO₂ в цепочке поставок для повышения статуса ответственного инвестора и, тем самым, способствовать росту инвестиционной привлекательности компании,
- интенсификация внедрения новых зеленых» технологий и их коммерциализации и т.д.;
- реализацию совместных проектов с другими компаниями отрасли с целью обмена лучшими практиками;
- разработку системы оценки углеродоемкости продукции на уровне предприятия,
- участие в создании новых рынков «зеленых» продуктов,

³ Отчет об устойчивом развитии ПАО «Северсталь» – URL:
https://severstal.com/upload/iblock/ce6/435fiodtc2supz33n6m8x7oanxs98w37/Severstal_Sustainability_Report_2022.pdf

- отслеживание эколого-климатическим показателям компании в сравнении с отраслевыми показателями, в том числе получения доступа к инструментам государственной поддержки и т.д.

3.3. Оценка экономического эффекта от внедрения организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости

Разработанный организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости в отрасли черной металлургии опирается на значения индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов, устанавливаемые для каждого передела. Индикативные показатели ограничены двумя значениями: верхним (ограничительным) и нижним (мотивационным).

Оценка ожидаемого экономического эффекта применения предложенного механизма регулирования проведена путем определения эффективной ставки платы за выбросы CO_2 , стимулирующей предприятия отрасли к инвестициям в ресурсно-технологическую модернизацию, обеспечивающую достижение верхней и нижней границ индикативного показателя удельных выбросов парниковых газов отдельно по каждому переделу и совокупно для отрасли.

Для этого сначала определена плата за выбросы парниковых газов, которую в соответствии с разработанным организационно-экономическим механизмом регулирования должны будут внести предприятия, выбросы CO_2 которых по результатам бенчмаркинга превышают верхние границы индикативных показателей.

Плата за выбросы парниковых газов при превышении верхних границ индикативных показателей (PT) по отрасли рассчитана по формуле:

$$PT = E_t \cdot Y_t, \quad (3.1)$$

где E_t – масса выбросов парниковых газов сверх верхней границы индикативного показателя ($ИП_o$) за отчетный год, рассчитанная по формуле 1, т; Y_t – ставка платы за 1 тонну диоксида углерода (при превышении установленного ограничительного значения), руб./т.

Масса выбросов парниковых газов сверх верхней границы $ИП_o$ (E_t) определена по формуле:

$$E_t = (P_f - IP_o) \cdot M, \quad (3.2)$$

где P_f – удельный показатель выбросов парниковых газов, достигнутый на производстве в отчетном году, т СО₂-экв./т продукции; IP_o – верхняя граница индикативного показателя удельных выбросов парниковых газов $ИП_o$, т СО₂-экв./т продукции; M – годовая масса выбросов, т.

Далее рассчитана стоимость снижения выбросов СО₂ предприятиями до верхней границы индикативного показателя $ИП_o$ (P_t) по формуле:

$$P_t = E_t \cdot I_t, \quad (3.3)$$

где E_t – масса выбросов СО₂ сверх верхней границы индикативного показателя $ИП_o$ за отчетный год, т; I_t – стоимость снижения на 1 тонну диоксида углерода, руб./т.

Расчет производится по каждому переделу каждого производства в отрасли, полученные результаты суммируются, таким образом определяются стоимость достижения верхней границы индикативных показателей и плата за превышение верхнего порогового значения (таблица 3.3).

Плата за выбросы рассчитана при стоимости за 1 т СО₂-экв., равной 1000 руб. Такая ставка платы за превышение квот на выбросы СО₂ установлена в настоящее время в Сахалинской области, где проводится эксперимент по ограничению выбросов. С учетом экспертных оценок и опыта реализации пилотных проектов затраты на снижение выбросов на 1 т СО₂-экв. приняты равными 15000 руб.

Затем рассчитана стоимость снижения выбросов СО₂ до нижней границы индикативного показателя $ИП_m$ (P_s) по формуле:

$$P_s = E_s \cdot I_t, \quad (3.4)$$

где E_s – масса выбросов СО₂ сверх нижней границы индикативного показателя $ИП_m$ за отчетный год, рассчитанная по формуле 7, т; I_t – стоимость снижения на 1 тонну СО₂, руб./т.

Масса выбросов парниковых газов сверх нижней границы $ИП_m$ (E_s) определяется по формуле:

$$E_s = (P_f - IP_s) \cdot M, \quad (3.5)$$

где P_f – удельный показатель выбросов, достигнутый на производстве в отчетном году, т СО₂-экв./т продукции; IP_s – нижняя граница индикативного показателя удельных выбросов $ИП_m$, т СО₂-экв./т продукции; M – годовая масса выбросов, т.

Результаты расчетов стоимости снижения выбросов СО₂ до нижней границы индикативного показателя $ИП_m$ (P_s) приведены в таблице 3.4.

Охват предприятий, по которым произведен расчет, составил более 95 % от всех предприятий отрасли. В их число вошли все предприятия Ассоциации «Русская сталь». В целях обеспечения конфиденциальности информации, полученной от предприятий в процессе проведения бенчмаркинга углеродоемкости, и в соответствии с положениями постановления Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458 «О порядке определения технологий в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям» [173], представленные в диссертационном исследовании данные обезличены.

Таблица 3.3 – Плата за выбросы парниковых газов при превышении верхних границ индикативных показателей (PT) и стоимость снижения выбросов CO_2 до верхней границы индикативного показателя $ИП_o$ (P_t)

Предприятие	Объем производств, т/год	Удельный показатель CO_2 , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т CO_2 -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т CO_2 -экв./год	Значение верхних границ индикативных показателей (IP_o), т CO_2 /т продукции	Удельное превышение верхних границ индикативных показателей, т CO_2 /т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх верхней границы индикативного показателя ($ИП_o$) за отчетный год (E_t), т CO_2 /год	Плата за выбросы парниковых газов ($ПГ$) при превышении верхних границ индикативных показателей (PT), тыс. руб.	Стоимость снижения выбросов CO_2 предприятиями до верхних границ индикативных показателей $ИП_o$ (P_t), тыс.руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Производство кокса								
17	3491707	0,271	945575	0,434	-0,163	-568493		
7	2483332	0,331	791427	0,434	-0,103	-255799		
10	2439178	0,358	872298	0,434	-0,076	-186498		

Предприятие	Объем производств, т/год	Удельный показатель СО ₂ , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т СО ₂ -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т СО ₂ -экв./год	Значение верхних границ индикативных показателей (IP_o), т СО ₂ /т продукции	Удельное превышение верхних границ индикативных показателей, т СО ₂ /т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх верхней границы индикативного показателя ($ИП_o$) за отчетный год (E_t), т СО ₂ /год	Плата за выбросы парниковых газов (ПГ) при превышении верхних границ индикативных показателей (PT), тыс. руб.	Стоимость снижения выбросов СО ₂ предприятиями до верхних границ индикативных показателей $ИП_o$ (P_t), тыс.руб.
1	2 447108	0,359	878581	0,434	-0,075	-183464		
6	1390611	0,379	523896	0,434	-0,055	-75834		
9	4886963	0,463	2261477	0,434	0,029	141081	141081	2116216
Итого по производству кокса:							141081	2116216
Производство агломерата								
2	8097711	0,175	1414897	0,280	-0,105	-852462		
8	4600658	0,188	861929	0,280	-0,092	-424510		

Предприятие	Объем производств, т/год	Удельный показатель СО ₂ , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т СО ₂ -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т СО ₂ -экв./год	Значение верхних границ индикативных показателей (IP_o), т СО ₂ /т продукции	Удельное превышение верхних границ индикативных показателей, т СО ₂ /т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх верхней границы индикативного показателя ($ИП_o$) за отчетный год (E_t), т СО ₂ /год	Плата за выбросы парниковых газов (ПГ) при превышении верхних границ индикативных показателей (PT), тыс. руб.	Стоимость снижения выбросов СО ₂ предприятиями до верхних границ индикативных показателей $ИП_o$ (P_t), тыс.руб.
19	10826319	0,206	2226824	0,280	-0,074	-803854		
7	3406990	0,219	742629	0,280	-0,061	-208832		
9	10645911	0,244	2593054	0,280	-0,036	-388077		
10	14777245	0,254	3752378	0,280	-0,026	-385571		
6	2948809	0,273	807354	0,280	-0,007	-19303		
1	3580697	0,298	1067144	0,280	0,018	64549	64549	968238
Итого по производству агломерата:							64549	968238

Предприятие	Объем производств, т/год	Удельный показатель СО ₂ , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т СО ₂ -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т СО ₂ -экв./год	Значение верхних границ индикативных показателей (IP_o), т СО ₂ /т продукции	Удельное превышение верхних границ индикативных показателей, т СО ₂ /т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх верхней границы индикативного показателя ($ИП_o$) за отчетный год (E_t), т СО ₂ /год	Плата за выбросы парниковых газов (ПГ) при превышении верхних границ индикативных показателей (PT), тыс. руб.	Стоимость снижения выбросов СО ₂ предприятиями до верхних границ индикативных показателей $ИП_o (P_t)$, тыс.руб.
Производство окатышей								
16	6638500	0,030	197551	0,062	-0,032	-213496		
4	14235908	0,045	642 139	0,062	-0,017	-238952		
1	6547497	0,055	362 228	0,062	-0,007	-45832		
5	4017193	0,056	224 566	0,062	-0,006	-24485		
3	8848869	0,059	523 839	0,062	-0,003	-24610		
21	10143744	0,065	724 718	0,062	0,003	30431	30431	456468

Предприятие	Объем производств, т/год	Удельный показатель СО ₂ , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т СО ₂ -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т СО ₂ -экв./год	Значение верхних границ индикативных показателей (IP_o), т СО ₂ /т продукции	Удельное превышение верхних границ индикативных показателей, т СО ₂ /т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх верхней границы индикативного показателя (IP_o) за отчетный год (E_t), т СО ₂ /год	Плата за выбросы парниковых газов (ПГ) при превышении верхних границ индикативных показателей (PT), тыс. руб.	Стоимость снижения выбросов СО ₂ предприятиями до верхних границ индикативных показателей $IP_o (P_t)$, тыс.руб.
Итого по производству окатышей:							30431	456468
Производство чугуна								
19	9332553	1,239	11557614	1,460	-0,221	-2062494		
1	4908201	1,267	6220636	1,460	-0,193	-947283		
10	12613923	1,271	16026849	1,460	-0,189	-2384031		
2	6 207 902	1,315	8166184	1,460	-0,145	-90146		
8	3 643 299	1,353	4932371	1,460	-0,107	-389833		

Предприятие	Объем производства, т/год	Удельный показатель СО ₂ , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т СО ₂ -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т СО ₂ -экв./год	Значение верхних границ индикативных показателей (IP_o), т СО ₂ /т продукции	Удельное превышение верхних границ индикативных показателей, т СО ₂ /т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх верхней границы индикативного показателя ($ИП_o$) за отчетный год (E_t), т СО ₂ /год	Плата за выбросы парниковых газов (ПГ) при превышении верхних границ индикативных показателей (PT), тыс. руб.	Стоимость снижения выбросов СО ₂ предприятиями до верхних границ индикативных показателей $ИП_o$ (P_t), тыс.руб.
9	9 844 961	1,399	13768795	1,460	-0,061	-600543		
6	2 690 387	1,500	4008338	1,460	0,040	107615	107615	1614232
Итого по производству чугуна:							107615	1614232
Производство ПВЖ								
3	4471513	0,544	2437380	0,561	-0,017	-76016	0	
5	3145471	0,561	1764281	0,561	0,000	0	0	0
Итого по производству ПВЖ:							0	0

Предприятие	Объем производств, т/год	Удельный показатель СО ₂ , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т СО ₂ -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т СО ₂ -экв./год	Значение верхних границ индикативных показателей (IP_o), т СО ₂ /т продукции	Удельное превышение верхних границ индикативных показателей, т СО ₂ /т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх верхней границы индикативного показателя ($ИП_o$) за отчетный год (E_t), т СО ₂ /год	Плата за выбросы парниковых газов (ПГ) при превышении верхних границ индикативных показателей (PT), тыс. руб.	Стоимость снижения выбросов СО ₂ предприятиями до верхних границ индикативных показателей $ИП_o (P_t)$, тыс.руб.
Производство стали в конверторных печах								
2	6740339	0,203	1369948	0,250	-0,047	-316796		
10	12680120	0,213	2700261	0,250	-0,037	-469164		
8	3530530	0,225	794794	0,250	-0,025	-88263		
19	9936073	0,230	2283400	0,250	-0,020	-198721		
9	9682822	0,243	2352069	0,250	-0,007	-67780		
1	4379903	0,258	1130953	0,250	0,008	35039	35039	525588

Предприятие	Объем производств, т/год	Удельный показатель СО ₂ , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т СО ₂ -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т СО ₂ -экв./год	Значение верхних границ индикативных показателей (IP_o), т СО ₂ /т продукции	Удельное превышение верхних границ индикативных показателей, т СО ₂ /т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх верхней границы индикативного показателя ($ИП_o$) за отчетный год (E_t), т СО ₂ /год	Плата за выбросы парниковых газов (ПГ) при превышении верхних границ индикативных показателей (PT), тыс. руб.	Стоимость снижения выбросов СО ₂ предприятиями до верхних границ индикативных показателей $ИП_o$ (P_t), тыс.руб.
Итого по производству стали в конверторных печах:							35039	525588
Производство стали в электродуговых печах								
9	1687385	0,306	519285	0,496	-0,190	-320603		
11	1281566	0,311	397980	0,496	-0,185	-237090		
27	299584	0,334	99977	0,496	-0,162	-48533		
18	1307275	0,365	477394	0,496	-0,131	-171253		
12	1697161	0,366	620 559	0,496	-0,130	-220631		

Предприятие	Объем производства, т/год	Удельный показатель СО ₂ , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т СО ₂ -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т СО ₂ -экв./год	Значение верхних границ индикативных показателей (IP_o), т СО ₂ /т продукции	Удельное превышение верхних границ индикативных показателей, т СО ₂ /т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх верхней границы индикативного показателя ($ИП_o$) за отчетный год (E_t), т СО ₂ /год	Плата за выбросы парниковых газов (ПГ) при превышении верхних границ индикативных показателей (PT), тыс. руб.	Стоимость снижения выбросов СО ₂ предприятиями до верхних границ индикативных показателей $ИП_o (P_t)$, тыс.руб.
19	1212497	0,367	444 787	0,496	-0,129	-156412		
25	962153	0,397	381 296	0,496	-0,099	-95253		
28	1172608	0,403	472 113	0,496	-0,093	-109053		
6	1449836	0,418	604 827	0,496	-0,078	-113087		
24	883709	0,437	385 877	0,496	-0,059	-52139		
26	668077	0,471	315 491	0,496	-0,025	-16702		
2	930113	0,485	450 849	0,496	-0,011	-10231		

Предприятие	Объем производства, т/год	Удельный показатель СО ₂ , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т СО ₂ -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т СО ₂ -экв./год	Значение верхних границ индикативных показателей (IP_o), т СО ₂ /т продукции	Удельное превышение верхних границ индикативных показателей, т СО ₂ /т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх верхней границы индикативного показателя ($ИП_o$) за отчетный год (E_t), т СО ₂ /год	Плата за выбросы парниковых газов (ПГ) при превышении верхних границ индикативных показателей (PT), тыс. руб.	Стоимость снижения выбросов СО ₂ предприятиями до верхних границ индикативных показателей $ИП_o (P_t)$, тыс.руб.
8	404980	0,530	211 427	0,496	0,034	13769	13769	206540
Итого по производству стали в электродуговых печах:							13769	206540
Итого по отрасли:							392486	5887283

Источник: таблица составлена автором

Таблица 3.4 – Стоимость снижения выбросов парниковых газов до нижней границы индикативного показателя $ИП_m (P_s)$

Предприятие	Объем производств, т/год	Удельный показатель выбросов CO ₂ , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т CO ₂ -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т CO ₂ -экв./год	Значение нижних границ индикативных показателей $ИП_m$ (P_s), т CO ₂ / т продукции	Удельное превышение нижних границ индикативных показателей, т CO ₂ / т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх нижней границы $ИП_m$ (E_s), т CO ₂ -экв./год	Стоимость снижения выбросов CO ₂ предприятиями до нижних границ индикативных показателей $ИП_m$ (P_s), тыс.руб.
Производство агломерата							
2	8097711	0,175	1414897	0,244	-0,069	-560945	
8	4600658	0,188	861929	0,244	-0,056	-258886	
19	10826319	0,206	2226824	0,244	-0,038	-414107	
7	3406990	0,219	742629	0,244	-0,025	-86181	
9	10645911	0,244	2593054	0,244	0,000	-4825	
10	14777245	0,254	3752378	0,244	0,010	146410	2196147
6	2948809	0,273	807354	0,244	0,029	86854	1302808
1	3580697	0,298	1067144	0,244	0,054	193454	2901814

Предприятие	Объем производств, т/год	Удельный показатель выбросов CO ₂ , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т CO ₂ -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т CO ₂ -экв./год	Значение нижних границ индикативных показателей ИП _м (P_s), т CO ₂ / т продукции	Удельное превышение нижних границ индикативных показателей, т CO ₂ / т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх нижней границы ИП _м (E_s), т CO ₂ -экв./год	Стоимость снижения выбросов CO ₂ предприятиями до нижних границ индикативных показателей ИП _м (P_s), тыс.руб.
Производство чугуна							
19	9332553	1,239	11557614	1,343	-0,104	-970585	
1	4908201	1,267	6220636	1,343	-0,076	-373023	
10	12613923	1,271	16026849	1,343	-0,072	-908202	
2	6207902	1,315	8166184	1,343	-0,028	-173821	
8	3643299	1,353	4932371	1,343	0,010	36433	546495
9	9844961	1,399	13768795	1,343	0,056	551318	8269767
6	2690387	1,500	4008338	1,343	0,157	422391	6335860
Итого по производству чугуна:							15152122

Предприятие	Объем производств, т/год	Удельный показатель выбросов CO ₂ , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т CO ₂ -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т CO ₂ -экв./год	Значение нижних границ индикативных показателей ИП _м (P_s), т CO ₂ / т продукции	Удельное превышение нижних границ индикативных показателей, т CO ₂ / т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх нижней границы ИП _м (E_s), т CO ₂ -экв./год	Стоимость снижения выбросов CO ₂ предприятиями до нижних границ индикативных показателей ИП _м (P_s), тыс.руб.
Производство ПВЖ							
3	4471513	0,544	2437380	0,561	-0,017	-76 015	0
5	3145471	0,561	1764281	0,561	0,000	0,000	0
Итого по производству ПВЖ:							0
Производство стали в конверторных печах							
2	6740339	0,203	1369948	0,225	-0,022	-148287	
10	12680120	0,213	2700261	0,225	-0,012	-152161	
8	3530530	0,225	794794	0,225	0,000	0	

Предприятие	Объем производств, т/год	Удельный показатель выбросов CO ₂ , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т CO ₂ -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т CO ₂ -экв./год	Значение нижних границ индикативных показателей ИП _м (P_s), т CO ₂ / т продукции	Удельное превышение нижних границ индикативных показателей, т CO ₂ / т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх нижней границы ИП _м (E_s), т CO ₂ -экв./год	Стоимость снижения выбросов CO ₂ предприятиями до нижних границ индикативных показателей ИП _м (P_s), тыс.руб.
19	9936073	0,230	2283400	0,225	0,005	49680	745205
9	9682822	0,243	2352069	0,225	0,018	174291	2614362
1	4379903	0,258	1130953	0,225	0,033	144537	2168052
Итого по производству стали в конверторных печах:							5527620
Производства стали в электродуговых печах							
9	1687385	0,306	519285	0,395	-0,089	-150177	
11	1281566	0,311	397980	0,395	-0,084	-107652	
27	299584	0,334	99977	0,395	-0,061	-18275	
18	1307275	0,365	477394	0,395	-0,030	-39218	

Предприятие	Объем производств, т/год	Удельный показатель выбросов CO ₂ , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т CO ₂ -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т CO ₂ -экв./год	Значение нижних границ индикативных показателей $ИП_m$ (P_s), т CO ₂ / т продукции	Удельное превышение нижних границ индикативных показателей, т CO ₂ / т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх нижней границы $ИП_m$ (E_s), т CO ₂ -экв./год	Стоимость снижения выбросов CO ₂ предприятиями до нижних границ индикативных показателей $ИП_m$ (P_s), тыс.руб.
12	1697161	0,366	620559	0,395	-0,029	-49218	
19	1212497	0,367	444787	0,395	-0,028	-33950	
25	962153	0,397	381296	0,395	0,002	1924	28865
28	1172608	0,403	472113	0,395	0,008	9381	140713
6	1449836	0,418	604827	0,395	0,023	33346	500194
24	883709	0,437	385877	0,395	0,042	37116	556736
26	668077	0,471	315491	0,395	0,076	50774	761608
2	930113	0,485	450849	0,395	0,090	83710	1255653
8	404980	0,530	211427	0,395	0,135	54672	820084

Предприятие	Объем производств, т/год	Удельный показатель выбросов CO ₂ , достигнутый на производстве в отчетном году (P_f), т CO ₂ -экв./т продукции	Масса выбросов парниковых газов в отчетном году (M), т CO ₂ -экв./год	Значение нижних границ индикативных показателей $ИП_m$ (P_s), т CO ₂ /т продукции	Удельное превышение нижних границ индикативных показателей, т CO ₂ /т продукции	Масса выбросов парниковых газов сверх нижней границы $ИП_m$ (E_s), т CO ₂ -экв./год	Стоимость снижения выбросов CO ₂ предприятиями до нижних границ индикативных показателей $ИП_m$ (P_s), тыс.руб.
Итого по производству стали в электродуговых печах:							4063851
Итого по отрасли:							43997794

Источник: таблица составлена автором

Сводные результаты расчетов платы за превышение верхней границы индикативного показателя (PT) и стоимости снижения выбросов парниковых газов до верхней (P_t) и нижних границ индикативных показателей (P_s) по всем рассматриваемым переделам в отрасли представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты расчетов платы за превышение верхней границы индикативного показателя (PT) и стоимости снижения выбросов парниковых газов до верхней (P_t) и нижних границ индикативных показателей (P_s)

Передел	Производств, всего, шт.	Плата за выбросы парниковых газов (ПГ) при превышении верхних границ индикативных показателей (PT), тыс. руб.	Стоимость снижения выбросов ПГ до верхней границы индикативного показателя $ИП_o (P_t)$, тыс. руб	Стоимость снижения выбросов ПГ до нижней границы индикативного показателя $ИП_m (P_s)$, тыс. руб.
Производство кокса	6	141081	2116216	9830643
Производство агломерата	8	64549	968238	6400769
Производство окатышей	6	30431	456468	3022788
Производство чугуна	7	107615	1614232	15152122
Производство ПВЖ*	2	0	0	0
Производство стали в конверторных печах	6	35039	525588	5527620
Производство стали в ЭДП**	13	13769	206540	4063851
Итого	48	392485	5887283	43997794

* Производство железа прямого восстановления

** Производство в электродуговых печах

Источник: таблица составлена автором

Из полученных результатов видно, что применяемая сегодня ставка платы несопоставима с затратами на снижение выбросов, а совокупная стоимость (по отрасли) достижения как нижней (P_s), так и верхней границы (P_t)

индикативных показателей на два и один порядка соответственно превышает плату за выбросы CO₂ (*PT*).

В диссертационном исследовании эффективная ставка платы для достижения верхней границы индикативных показателей (*Y_{et}*) определена по формуле:

$$Y_{et} = \frac{P_t}{PT} \cdot Y_t \quad (3.6)$$

Под эффективной ставкой платы понимается такая ставка, при установленной которой хозяйствующим субъектам будет выгоднее реализовывать проекты, направленные на снижение выбросов парниковых газов, чем вносить плату за выбросы, превышающие верхнюю границу индикативных показателей. Исходя из полученных результатов расчетов можно сделать вывод о том, что эффективная ставка платы за выбросы парниковых газов для гарантированного достижения целевых показателей Стратегии должна быть значительно выше установленной в настоящее время в Сахалинской области, и составлять примерно 15000 руб. за 1 т CO₂-экв.

Отметим, что относительное валовое снижение по переделам при достижении верхней границы индикативных показателей будет незначительным. Так, например, для передела по производству кокса оно составит 2,25 % от текущего уровня выбросов.

Аналогичным образом в диссертационном исследовании рассчитана необходимая ставка платы за 1 тонну CO₂-экв, которая будет стимулировать более существенную модернизацию *Y_{es}*, т. е. определенная с учетом стоимости снижения выбросов до нижней границы индикативных показателей по отрасли.

Расчет произведен по формуле:

$$Y_{es} = \frac{P_s}{PT} \cdot Y_t \quad (3.7)$$

В этом случае эффективная ставка платы за выбросы парниковых газов должна быть ещё примерно на порядок выше и достигать примерно 112 тыс. руб. за 1 т CO₂-экв.

Альтернативой такого значительного увеличения ставки платы за выбросы может стать ужесточение целевых показателей Стратегии, что потребует пересчета значений индикативных показателей в отрасли с использованием предложенного организационно-экономического механизма регулирования и приведет к установлению более амбициозных требований к зеленым проектам и увеличению числа экономических субъектов, вынужденных вносить плату за выбросы парниковых газов.

При этом автор предполагает, что более действенным является вариант с актуализацией показателей Стратегии, что позволит распределить финансово-ую нагрузку за превышение установленных пороговых значений на большее число предприятий, и будет стимулировать более существенную и равномерную декарбонизацию отрасли. Учитывая изложенное, в ближайшее время не следует ожидать принятия решения о значительном увеличении ставки платы за выбросы парниковых газов. Данное утверждение обосновывается еще и тем, что, во-первых, опыт поэтапного увеличения ставок платы за выбросы и сбросы загрязняющих веществ в Российской Федерации свидетельствует о том, что принципиального сокращения загрязнения окружающей среды за счет введения механизма платы за негативное воздействие добиться не удалось. Во-вторых, суть принципа «загрязнитель платит» состоит в стимулировании инвестиций в модернизацию производства, а также в создание и внедрение принципиально новых технологий.

Поэтому разработанный ОЭМ регулирования углеродоемкости в отрасли черной металлургии предполагает гибкое применение ограничительных и стимулирующих инструментов, в том числе мер государственной поддержки низкоуглеродных инвестиционных проектов. Реализация таких проектов будет способствовать последовательному снижению углеродоемкости производственных процессов черной металлургии и приведет к сокращению издержек предприятий-экспортеров, связанных с введением ПКУМ различными странами-импортерами российской углеродоемкой продукции.

Схематически действие ПКУМ показано на рисунке 3.6.

ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД 2023-2026

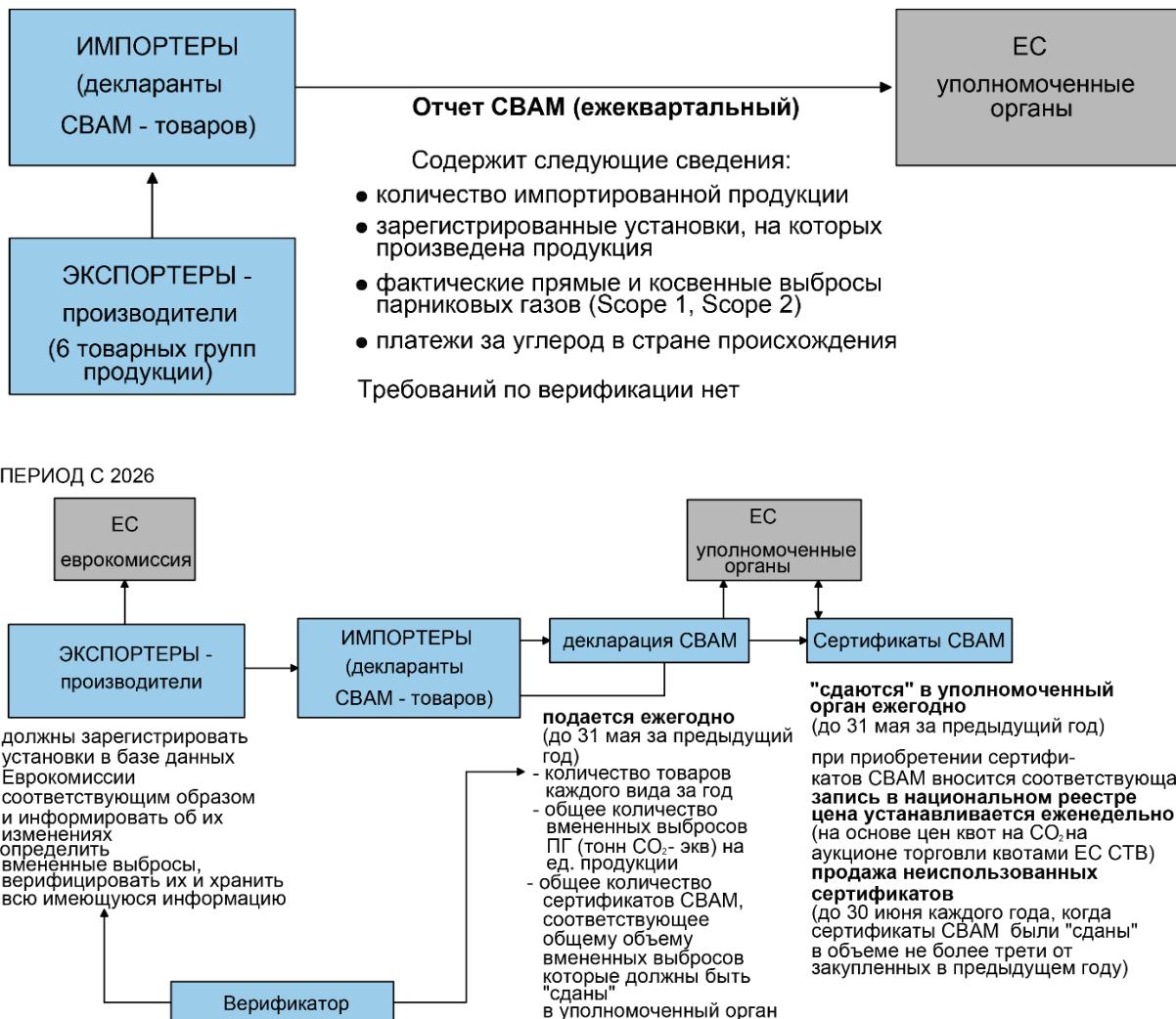


Рисунок 3.6 – Этапы введения пограничного углеродного корректирующего механизма

Источник: рисунок составлен автором

Запланировано поэтапное внедрение механизма. На 1 этапе (переходном) импортеры цемента, железа и стали, алюминия, удобрений, электроэнергии, а также водорода (утвержден номенклатурный перечень продукции) должны будут отчитываться только о прямых выбросах парниковых газов, «воплощенных» в импортируемой продукции; какие-либо платежи не предусмотрены. Косвенные выбросы CO₂ при определении углеродоемкости продукции должны будут учитываться для производства цемента и удобрений после окончания переходного периода.

Методология оценки углеродоемкости импортируемой продукции также учитывает особенности переходного и периода полноценного действия механизма⁴.

До конца 2024 года у компаний будет возможность выбора отчетности тремя способами: полная отчетность по новой методологии (метод ЕС), отчетность на основе эквивалентного метода (три варианта) и отчетность на основе эталонных значений по умолчанию⁵ (только до июля 2024 г.). С 01.01.2025 г. будет принят только метод ЕС (по фактическим значениям), остальные подходы могут использоваться только для оценки сложных товаров (если их углеродоемкость будет менее 20 % от общего объема воплощенных выбросов).

Первую отчетность компаниям-экспортерам необходимо будет представить к концу января 2024 г. С 01.01.2026 г. импортеры должны будут ежегодно декларировать и верифицировать аккредитованным ЕС верификатором сведения об углеродоемкости товаров, импортированных в Евросоюз в предыдущем году. В случае несоответствия углеродоемкости импортируемых товаров требованиям ЕС компания-экспортер должна рассчитать разницу и приобрести соответствующее количество компенсационных сертификатов ПКУМ. Цена сертификатов определяется в зависимости средней недельной аукционной цены квоты, выраженной в евро/тонну выбросов CO₂⁶.

В 2030 г. ожидается расширение перечня импортируемых товаров, охватываемых механизмом ПКУМ.

В рамках диссертационного исследования выполнена оценка размера потенциальных издержек от введения ПКУМ.

Общий объем экспорта отечественной продукции в ЕС по данным ФТС за 2020 г. составил 110,3 млрд долл., доля экспорта промышленных товаров – порядка 22 % или около 24 млрд долл.

⁴ Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 establishing a carbon border adjustment mechanism (Text with EEA relevance) https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ_L_2023_130_01_0052_01.ENG&toc=OJ%3AL%3A2023%3A130%3ATOC

⁵ Default values for the transitional period of the CBAM between 1 October 2023 and 31 December 2025 <https://tax-tion-customs.ec.europa.eu/system/files/2023-12/Default%20values%20transitional%20period.pdf>

⁶ Carbon Price Tracker <https://ember-climate.org/data/data-tools/carbon-price-viewer/>

В структуре несырьевого неэнергетического отечественного экспорта поставки продукции цветной металлургии составили 27,7 %, химической промышленности – 24,7 %, черной металлургии – 17,8 % (порядка 4,27 млрд. долл.) (рисунок 3.7).

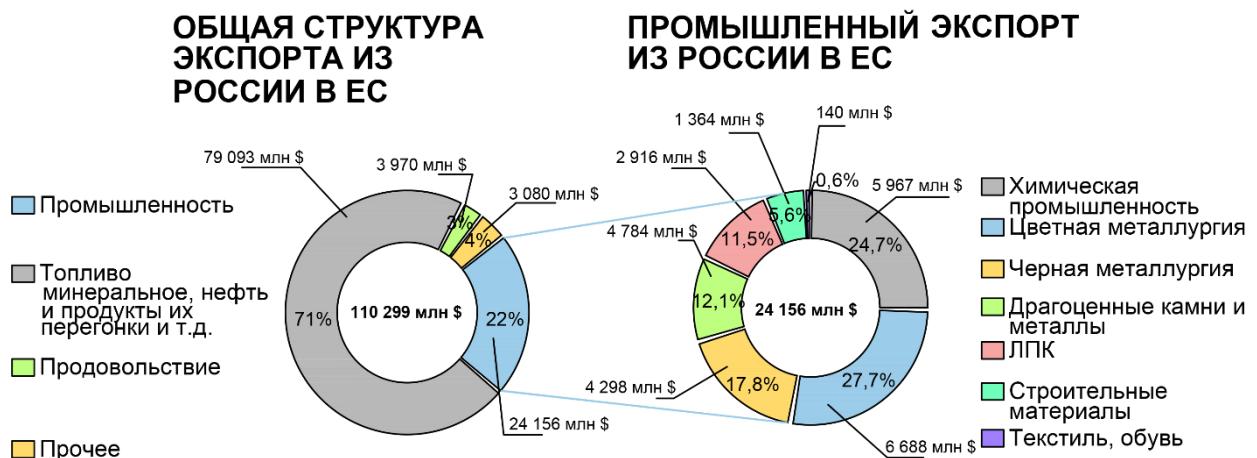


Рисунок 3.7 – Структура экспорта российской продукции в Европейский союз в 2020 г.

Источник: рисунок составлен автором

На рисунке 3.8 представлены данные по объему экспорта продукции черной металлургии в страны ЕС в стоимостном и натуральном выражении в 2020 году.



ОСНОВНЫЕ ЭКСПОРТЕРЫ РОССИИ:

- ПАО "Северсталь"
- ПАО "НЛМК"
- АО "ЕВРАЗ"

Рисунок 3.8 – Экспорт российской продукции черной металлургии, подпадающей под действие пограничного корректирующего углеродного механизма, в 2020 г.

Источник: рисунок составлен автором

Рассчитанные ожидаемые издержки для черной металлургии при объемах экспорта 2020 г. в Евросоюз могли бы составить до 600 млн евро в год при ставке 53,5 евро/т СО₂-экв., что при текущем курсе евро эквивалентно примерно 60 млрд руб. в год. При проведении оценки учитывалась разница между фактическими выбросами от производства продукции и установленными в ЕС значениями (стоимость 1 ПКУМ-сертификата равна средней еженедельной цене квот в Европейской системе торговли выбросами СО₂, умноженной на величину воплощенных выбросов импортируемых товаров, рассчитанную на основе значений по умолчанию, отражающих средние (вероятнее – худшие 10%) выбросы производства аналогичных товаров, произведенных в Евросоюзе.

Отметим, что структура экспорта продукции черной металлургии претерпела изменения, начиная с 2021 г., но это не означает, что риск получить дополнительные платежи при поставках продукции за рубеж сократились.

По оценкам аналитической компании *Kept*⁷, «... на долю Азиатско-Тихоокеанского региона, Ближнего Востока и ЮАР в 2021 г. приходилась без малого треть всего российского экспорта – 29 % или 143,6 млрд долл. США. В числе крупнейших торговых партнеров России – Китая, Индии и Турции. Ключевые категории поставляемых товаров: нефть, драгоценные и полудрагоценные камни, черные металлы. Среднегодовые издержки от углеродного регулирования российского экспорта в страны Азии и Ближнего Востока (Китай, Турция, Индия, ОАЭ, Саудовская Аравия, Израиль, Гонконг, Малайзия)». Эксперты полагают, что «...издержки могут составить до 875 млн долл. США в год; при этом около 78% издержек придется на Китай и Турцию. наибольший объем издержек мог бы приходиться на долю черной металлургии (около 57 % или около 500 млн долл. США)».

Ожидаемые издержки для черной металлургии при объемах экспорта 2020 г. в Евросоюз могли бы составить до 600 млн евро в год при ставке

⁷ <https://kept.ru/news/esg-povestka-v-aziatsko-tikhookeanskom-regione-i-na-blizhnem-vostoke/>

53,5 евро/т СО₂-экв., что при текущем курсе евро эквивалентно примерно 60 млрд руб. в год.

Отметим, что разработанный в рамках диссертационного исследования организационно-экономический механизм позволит также оставить часть этой суммы в бюджете Российской Федерации (за счет взимания платы за выбросы внутри страны, размер которой будет зависеть от установленной ставки).

Эти средства могут быть целевым образом «окрашены» и использованы для оказания мер государственной поддержки низкоуглеродных проектов.

Выводы по главе 3

1. Предложена концептуальная модель организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости в черной металлургии, которая должна распознаваться как совокупность базовых элементов, функций и процессов. При этом в рамках такой модели предпочтительно использовать классические функции управления, с учетом тенденций формирования низкоуглеродной экономики, происходящих на глобальном и региональном и отраслевых уровнях.

2. В рамках технологий управления организационно-экономическим механизмом целесообразно использовать методические рекомендации по экономической оценке программ, которые предлагают установление размера обоснованных платежей за выбросы парниковых газов и предельных стоимостных характеристик с привязкой к разработанным автором индикативным показателям.

3. Разработанный организационно-экономический механизм может быть использован на различных уровнях управления. На макроуровне индикативные показатели, заложенные в организационно-экономический механизм, могут быть применяться для разработки и оценки достижения целевых ориентиров по снижения углеродоемкости национальной промышленности, установленных в горизонтальных межотраслевых документах стратегического

планирования, а также проектирования и установления новых требований в рамках федерального законодательства и оценки их исполнения.

4. Внедрение индикаторов углеродоемкости на мезоуровне позволяет формировать стратегические планы и программы развития отраслевого комплекса. Внедрение индикативных показателей на мезоуровне позволит систематизировать информацию о выбросах парниковых газов для принятия стратегических решений о поддержке предприятий черной металлургии, которые внедряют технологии декарбонизации.

5. На уровне хозяйствующего субъекта предложенный механизм должен оценивать место промышленного предприятия в отрасли, проводить сравнение применяемых технологий по снижению углеродоемкости с лучшими практиками, а также принимать решения о развитии на основании единых унифицированных релевантных показателей.

6. Для предприятий черной металлургии экономический эффект от внедрения организационно-экономического механизма проявляется в укреплении позиций на внешнем рынке, получении доступа к мерам государственной поддержки при реализации проектов ресурсно-технологической модернизации, направленных на сокращение углеродоемкости.

7. Для государства экономический эффект от внедрения организационно-экономического механизма проявляется в формировании дополнительного источника пополнения бюджета за счет платы за выбросы парниковых газов, превышающие установленные верхние значения индикативных показателей.

8. Социально-экономический эффект реализации организационно-экономического механизма будет проявляться посредством зеленой модернизации одной из системообразующих отраслей российской экономики, улучшения взаимодействия всех заинтересованных сторон, а также стимулирования развития смежных отраслей и формирования новых компетенций.

9. В настоящем исследовании подчёркивается важность развития ресурсоэффективных технологий, направленных на снижение углеродоемкости чёрной металлургии и укрепление кадрового потенциала, что способствует повышению уровня технологического суверенитета экономики Российской Федерации.

Заключение

В результате проведенных исследований разработан организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости в черной металлургии и получены следующие научные результаты.

1. Глобальный энергопереход в промышленности предложено рассматривать как качественное структурное изменение и последовательную технологическую трансформацию, направленную на эффективное использование ресурсов и способную укреплять конкурентные позиции отечественных промышленных предприятий, а также повышать экономическую эффективность их производственно-хозяйственной деятельности. Подчеркнута роль энергоперехода в части уточнения концепции устойчивого развития промышленности. Доказано, что первоочередные задачи в контексте устойчивого развития промышленности должны быть связаны с ресурсно-технологической модернизацией и сокращением углеродоемкости производства.

2. Исследования зарубежного и отечественного опыта регулирования в рамках устойчивого развития, связанного с целевыми задачами по снижению антропогенного воздействия на климатическую систему, позволили разработать классификацию инструментов регулирования углеродоемкости. По содержанию инструменты делятся на организационно-институциональные, экономические и рыночно-институциональные, включающие конкретные меры воздействия и направления по созданию углеродного рынка, а также формированию нормативной правовой базы.

3. В диссертационном исследовании установлена зависимость показателей углеродоемкости от показателей потребления ресурсов и удельных эксплуатационных затрат на единицу потребляемого ресурса, что определяет целесообразность формирования системы бенчмаркинга на основании специальных показателей, устанавливаемых в информационно-технических справочниках по наилучшим доступным технологиям. Для условий функционирования черной металлургии и ее технологических процессов разработана система отраслевого бенчмаркинга, основанная на индикативных показателях удельных выбросов

парниковых газов, учитывающих связи между ресурсо-, углеродоемкостью и экономическими характеристиками ресурсопотребления производства.

4. Факторы воздействия, уровни регулирования, методологическая основа управления процессом снижения углеродоемкости в черной металлургии, а также функции мониторинга, оценки и анализа программ технологической модернизации, направленных на снижение углеродоемкости, обобщены в рамках разработанного организационно-экономического механизма. Представленный механизм направлен на стимулирование предприятий отрасли к инвестициям в ресурсно-технологическую модернизацию, а также на повышение уровня конкурентоспособности российской черной металлургии на глобальных рынках в среднесрочной и долгосрочной перспективах.

5. Проведена оценка ожидаемого экономического эффекта для государства и отрасли черной металлургии от применения предложенного механизма регулирования углеродоемкости в отрасли. Рассчитана эффективная ставка платы за превышение установленных граничных значений отраслевых индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов и потенциальные издержки экспортёров продукции черной металлургии. Показано, что реализация разработанного организационно-экономического механизма позволит минимизировать издержки, вызванные введением пограничных корректирующих углеродных механизмов, и направить средства предприятий в модернизацию производств.

Перспективным направлением исследований может стать развитие и тиражирование принципов, методов и инструментов, сформированных в рамках организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости в черной металлургии на другие отрасли промышленности национальной экономики. При этом представляется важным разрабатывать сценарии декарбонизации промышленности с оценкой стоимости технологических и организационно-экономических решений, включая технологии улавливания, использования и хранения диоксида углерода.

Список литературы

Научная литература на русском языке

1. Алешин, Б.С. Инновационный путь российской экономики: взаимодействие бизнеса и государства / Б.С. Алешин. – [Электронный ресурс] – URL: www.prompolitika.rspqr.ru/intl.ru/cmd//publication/200403011622-5338.html.
2. Андреев, А.Н. Модернизация и промышленная политика государства [Текст] / А.Н. Андреев // Свободная мысль. – 2010. – № 8. – С. 5-26.
3. Антонова, М.А. Теоретико-методологические основы изучения устойчивого развития регионов / М.А. Антонова // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2013. – № 4 (36). – Номер статьи: 3604. – [Электронный ресурс] – URL: <https://eee-region.ru/article/3604/>.
4. Арканова, И.А. Перспективы развития оборотных циклов на предприятиях черной металлургии / И.А. Арканова, Н.Д. Доманцевич // Вестник Южно-Уральский государственный университет. Серия «Строительство и архитектура». – 2021. – Т. 21. – № 1. – С. 59-67. – [Электронный ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-oborotnyh-tsiklov-na-predpriyiyah-chernoy-metallurgii/viewer>.
5. Баканов, Д.С. О содержании организационно-экономического механизма управления предприятиями газовой промышленности [Текст] / Д.С. Баканов, А.Е. Махметова // Вестник ТГУ. – 2011. – Вып. 12 (104). – С. 146-155.
6. Башмаков, И.А. Системы бенчмаркинга по удельным выбросам парниковых газов в черной металлургии [Текст] / И.А. Башмаков, Д.О. Скobelев, К.Б. Борисов, Т.В. Гусева // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2021. – № 77(9). – С. 1071-1086.
7. Башмаков, И.А. Российский ресурс энергоэффективности: масштабы, затраты, выгоды [Текст] / И.А. Башмаков // Вопросы экономики. – 2016. – № 2. – 71 с.

8. Башмаков, И.А. Углеродное регулирование в ЕС и российский сырьевой экспорт [Текст] / И.А. Башмаков // Вопросы экономики. – 2022. – № 1. – С. 90-109.
9. Бобылев, С.Н. В поисках новой экономики [Текст] / С.Н. Бобылев, Б.Н. Порфириев // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. – № 4. – 2019. – С. 3-7.
10. Бобылев, С.Н. Вызовы кризиса: как измерять устойчивость развития? [Текст] / С.Н. Бобылев, Н.В. Зубаревич, С.В. Соловьева // Вопросы экономики. – 2015. – № 1. – С. 147-160.
11. Бобылев, С.Н. Новые модели экономики и индикаторы устойчивого развития [Текст] / С.Н. Бобылев // Экономическое возрождение России. – 2019. – Т. 61. – № 3. – С. 23-29.
12. Бобылев, С.Н. Устойчивое развитие в интересах будущих поколений: экономические приоритеты [Текст] / С.Н. Бобылев // Мир новой экономики. – 2017. – № 3. – С. 90-96.
13. Бобылев, С.Н. Устойчивое развитие: парадигма для будущего [Текст] / С.Н. Бобылев // Мировая экономика и международные отношения. – 2017. – Т. 61. – № 3. – С. 107-113.
14. Бобылев, С.Н. Циркулярная экономика и ее индикаторы для России [Текст] / С.Н. Бобылев, С.В. Соловьева // Мир новой экономики. – 2020. – Т. 14. – № 2. – С. 63-72.
15. Бобылев, С.Н. Социально-экологическая ответственность, корпоративное управление и наилучшие доступные технологии: оценка эффективности инвестиций [Текст] / С.Н. Бобылев, А.А. Волосатова, Д.О. Скобелев // Экономика устойчивого развития. – 2022. – № 4 (52). – С. 12-19.
16. Буковцова А.И. Бенчмаркинг как инновационный метод экономического анализа [Текст] / А.И. Буковцова // Молодежь и научно-технический прогресс: Сборник докладов IX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2016. – Том 2. – С. 130-133.

17. Волосатова, М.А. Технический комитет «Наилучшие доступные технологии»: новые направления развития [Текст] / М.А. Волосатова, О.В. Гречевцов, М.В. Бегак // Компетентность. – 2018. – № 9-10. – С. 28-31.
18. В фокусе: корпоративное управление и устойчивое развитие: Вестник // KPMG. – 2013. – № 3. – 14 с. – [Электронный ресурс] – URL: <https://studylib.ru/doc/2146897/v-fokuse--korporativnoe-upravlenie-i-ustojchivoe>.
19. Гусева, Т.В. Экологическое нормирование предприятий: наилучшие доступные технологии, повышение энергоэффективности производства и выбросы парниковых газов. Международный опыт и российские подходы [Текст] / М.В. Бегак, Ю.А. Герлах, Т.В. Гусева, К. Майр, Я.П. Молчанова – М.: ЮрИнфор-Пресс, 2016. – 130 с.
20. Дорохотова, М.В. Особенности перехода российской угольной промышленности к наилучшим доступным технологиям [Текст] / М.В. Дорохотова // Уголь. – 2022. – № 9 (1158). – С. 34-40.
21. Дорохотова, М.В. Организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости в промышленности / М.В. Дорохотова, Д.О. Скобелев // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – № 1. – [Электронный ресурс] – URL: <https://esj.today/PDF/26ECVN123.pdf>.
22. Дорохотова, М.В. Парниковые газы и наилучшие доступные технологии. инфраструктура стандартизации [Текст] / А.В. Зажигалкин, М.В. Дорохотова С.В. Черкасская // Стандарты и качество. – 2023. – № 5. – С. 44-48.
23. Дорохотова, М.В. Оценка показателей выбросов парниковых газов для угольных теплоэлектростанций в контексте развития углеродного регулирования в Российской Федерации [Текст] / П.В. Росляков, Д.О. Скобелев, М.В. Дорохотова, Т.В. Гусева // Уголь. – 2023. – № 9. – С. 84-89.
24. Дорохотова, М.В. Применение концепции наилучших доступных технологий в целях технологической трансформации промышленности в условиях энергетического перехода [Текст] / М.В. Дорохотова, А.В. Матушанский // Экономика устойчивого развития. – 2022. – № 2 (50). – С. 63-68.

25. Ефимова, О.В. Анализ устойчивого развития компании: стейкхолдерский подход [Текст] / О.В. Ефимова // Экономический анализ: теория и практика. – 2013. – № 45 (348). – С. 41-51.
26. Казанцева, Е.Г. Развитие российских олигополистических рынков [Текст]/ Е.Г. Казанцева // Новые технологии. – 2016. – № 1. – С. 73-80.
27. Казакова, Е.Д. Внедрение концепции экологически чистых государственных закупок в Федеральную контрактную систему России [Текст] / Е.Д. Казакова // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2012. – № 3. – С. 173-187.
28. Кизимов, В. Черная металлургия России: что ждет отрасль в 2022 году / В. Кизимов // Журнал Тинькофф. – [Электронный ресурс] – URL: <https://journal.tinkoff.ru/news/rus-metal-industry-2022/>.
29. Кныш, В.А. Проблемные аспекты внедрения механизма НДТ в горнодобывающей промышленности [Текст] / В.А. Кныш, М.А. Невская, А.Е. Чеповицын // Рациональное освоение недр. – 2019. – № 2-3. – С. 38-47.
30. Козлова, Е.В. Формирование методического подхода к обеспечению устойчивого развития предприятия на основе учета фактора времени: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 [Текст] / Козлова Елена Владимиrowна; С.-Петерб. гос. ун-т. – СПб., 2010 – 20 с.
31. Колосова, Т.В. Обеспечение устойчивого развития предприятия на основе повышения его инновационного потенциала: автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 [Текст] / Колосова Татьяна Валентиновна; Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. – Н. Новгород, 2011. – 44 с.
32. Костюхин, Ю.Ю. Вызовы и риски российской металлургии в современных условиях нестабильности [Текст] / Ю.Ю. Костюхин, Е.Ю. Сидорова // Инновационное развитие экономики. – 2022. – № 6 (72). – С. 45-50.
33. Костюхин, Ю.Ю. Стратегическое управление российской металлургией в условиях вызовов и рисков [Текст] / Ю.Ю. Костюхин // Управленческие науки. – 2022. – Т. 12. – № 2. – С. 21-32.

34. Костюхин, Ю.Ю. Тенденции развития черной металлургии в России [Текст] / Ю.Ю. Костюхин, Д.Ю. Савон // Экономика промышленности. – 2020. – Т. 13. – № 2. – С. 158-166.
35. Костюхин, Ю.Ю. Мониторинг эффективности реализации стратегий деятельности предприятиями металлургического комплекса [Текст] / Ю.Ю. Костюхин, Ю.Н. Мосейкин // Вестник БИСТ (Башкирского института социальных технологий). – 2019. – № 4 (45). – С. 7-19.
36. Krakovskaya I.N., Guskova N.D. Методические подходы к формированию индикаторов устойчивой конкурентоспособности инновационных промышленных кластеров [Текст] // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. – 2021. – Т. 6. – № 3. – С. 401-407.
37. Кудрявцева, О.В. Оценка влияния «углеродного» риска на российскую финансовую систему [Текст] / О.В. Кудрявцева, Л.Т. Альчикова, С.В. Чернявский, Р.М. Качалов / Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2022. – № 59. – С. 281-295.
38. Кудрявцева, О.В. НДТ: новая российская технологическая революция [Текст] / С.Н. Бобылев, О.В. Кудрявцева, Д.О. Скобелев, С.В. Соловьева, Е.Ю. Яковлева // Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Бюро НДТ. – М. – 2021. – 260 с.
39. Мантуров, Д.В. Переход на наилучшие доступные технологии в аспекте современной промышленной политики Российской Федерации [Текст] / Д.В. Мантуров // Вестник Московского университета. – Серия 6: Экономика. – 2018. – № 4. – С. 25-34.
40. Мантуров, Д.В. Устойчивый экономический рост: аспекты гармонизации промышленной и экологической политики России [Текст] / Д.В. Мантуров // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2018. – Т. 11. – № 4. – С. 132-140.

41. Мантуров, Д.В. О промышленной политике России на перспективу 2018-2030 гг. [Текст] / Д.В. Мантуров // Вестник МГИМО Университета. 2018. – № 4 (61). – С. 7-22.
42. Минулина, О.В. Методика оценки ресурсосберегающих производственных систем в экономике замкнутого цикла [Текст] / О.В. Минулина, А.И. Шинкевич // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2022. – Т. 24. – № 2 (106). – С. 33-41.
43. Мясков, А.В. Основы экономики предотвращения экологических кризисов, зарождающихся в результате развития парникового эффекта в атмосфере Земли [Текст] / А.В. Мясков, С.М. Попов // Известия Уральского государственного горного университета. – 2019. – № 4 (56). – С. 153-160.
44. Мясков, А.В. Наилучшие доступные технологии как инструмент экологической промышленной политики [Текст] / А.В. Мясков, А.Е. Закондырин. – Москва: «Интернаука». – 2021. – 52 с. – ISBN: 978-5-6045842-3-1.
45. Мясков, А.В. Наилучшие доступные технологии как эффективное решение для угольных стивидорных компаний [Текст] / А.В. Мясков, Е.В. Севостьянова, В.С. Шмелев // Горный журнал. – 2021. – № 2. – С. 69-76.
46. Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.igce.ru/performance/publishing/reports/>.
47. Никитин, Г.С. Индикаторы устойчивого развития промышленности: региональные аспекты. позиция Нижегородской области [Текст] / Г.С. Никитин, Д.О. Скобелев // Вестник Нижегородского университета имени Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2021. – № 2 (62). – С. 7-13.
48. Обзор доклада Николаса Стерна «Экономика изменения климата». Издание 2-ое, дополненное и переработанное WWF. Strategic Programme Fund (SPF) / А.О. Кокорин, С.Н. Кураев, М.А. Юлкин – М.: WWF России, 2009.

- [Электронный ресурс] – URL: <https://wwf.ru/resources/publications/booklets/ekonomika-izmeneniya-klimata-2/>.
- 49. Объем госзакупок в России в 2018 году вырос до 6,8 трлн рублей // Информационное агентство «Финмаркет». – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.finmarket.ru/news/4923084>.
- 50. Пешкова, Г.Ю. Методический подход к формированию стратегических планов и программ развития горно-промышленного комплекса местного значения [Текст] / Г.Ю. Пешкова // Актуальные вопросы развития современного общества: Сборник научных статей 8-ой Международной научно-практической конференции, Курск, 20–21 марта 2018 года. – Курск: «Университетская книга», 2018. – С. 192-195.
- 51. Пикалова, Т.А. Реализация стратегических инвестиционных проектов горно-металлургической компании в контексте концепции корпоративного устойчивого развития [Текст] / Т.А. Пикалова, Т.В. Пономаренко // Современный менеджмент: проблемы, гипотезы, исследования. – Вып. 7. – 2016. – С. 18-27.
- 52. Порфириев, Б.Н. «Зеленые» тенденции в мировой финансовой системе [Текст] / Б.Н. Порфириев // Мировая экономика и международные отношения. 2016. – Т. 60. – № 9. – С. 5-16.
- 53. Резолюция 2. План выполнения решений Всемирной встречи на высшем уровне по устойчивому развитию. – г. Йоханнесбург. – 2002. – [Электронный ресурс] – URL: http://www.un.org/ru/events/pastevents/pdf/plan_wssd.pdf.
- 54. Рябков, И.Л. Влияние внешних факторов на деятельность предприятий черной металлургии / И.Л. Рябков, Н.Н. Яшалова // Электронный научный журнал Байкальского государственного университета. – 2020. – Т. 11. – № 3. – С. 2-13. – [Электронный ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-vneshnih-faktorov-na-deyatelnost-predpriatiy-chernoy-metallurgii/viewer>.

55. Сарбаев, Р.Р. Актуальные вызовы и тренды развития горно-металлургического комплекса промышленности России и мира [Текст] / Р.Р. Сарбаев // Актуальные проблемы социально-гуманитарного и научно-технического знания. – 2023. – № 3(34). – С. 33-35.
56. Сербулов, Ю.С. Бенчмаркинг как основа стратегического управления компанией [Текст] / Ю.С. Сербулов, О.А. Смирнова // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2007. – № 1. – С. 187-190.
57. Скворцова, Н.В. Современные тенденции и проблемы развития metallургической промышленности в экономике России [Текст] / Н.В. Скворцова, Д.В. Ачкасов // Актуальные вопросы современной экономики. – 2019. – № 5. – С. 973-984. – DOI 10.34755/IROK.2019.5.5.166.
58. Скобелев, Д.О. Применение справочников по наилучшим доступным технологиям для дофинансовой оценки проектов «зеленого» финансирования / Д.О. Скобелев, С.В. Федосеев // Вестник евразийской науки. – 2021. – № 2. – [Электронный ресурс] – URL: <https://esj.today/39ECVN221.html>.
59. Скобелев, Д.О. Промышленная политика повышения ресурсоэффективности и достижение целей устойчивого развития [Текст] / Д.О. Скобелев // Journal of New Economy. – 2020. – Т. 21. – № 4. – С. 153-173.
60. Скобелев, Д.О. Ресурсная эффективность экономики: аспекты стратегического планирования [Текст] / Д.О. Скобелев // Менеджмент в России и за рубежом. – 2020. – № 4. – С. 3-13.
61. Скобелев, Д.О. Экологическая промышленная политика: основные направления и принципы становления в России [Текст] // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. – № 4. – 2019. – С. 78-94.
62. Соловьева, В.М. Методы формирования стратегических альтернатив для горно-металлургических компаний на примере ПАО «ГМК «Норильский никель»» [Текст] / А.Е. Неволин, А.Е. Череповицын, В.М. Соловьева // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2023. – Т. 26, № 3(81). – С. 44-60.

63. Сравнительный анализ процедур разработки, пересмотра и актуализации справочников по наилучшим доступным технологиям в Европейском союзе и Российской Федерации [Текст] / Под ред. Д. О. Скobelева. – Москва: Перо, 2018. – 114 с.
64. Старикин, В.В. Бенчмаркинг – путь к совершенству [Текст] / В.В. Старикин // Маркетинг в России и за рубежом. – 2006. – №4. – С. 12.
65. Стройков, Г.А. Текущее состояние и перспективы развития углеродного регулирования в России [Текст] / Г.А. Стройков, А.Е. Череповицын, Н.В. Ромашева, Е.А. Кузнецова, Л.А. Подолянец // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 10 (147). – С. 295-303.
66. Толстых, Т.О. Управление экосистемной трансформацией территорий при переходе к низкоуглеродной экономике [Текст] / Т.О. Толстых, Н.В. Шмелева // В сборнике: Проблемы и перспективы развития промышленности России. Сборник материалов Десятой международной научно-практической конференции. Под редакцией А.В. Быстрова. Москва. – 2022. – С. 295-302.
67. Толстых, Т.О. Институциональные инструменты реализации экологических задач для промышленных предприятий [Текст] / Т.О. Толстых, Е.А. Алпеева, В.С. Краснобаева // Промышленность: экономика, управление, технологии. – 2022. – Т. 1. – № 2 (2). – С. 161-174.
68. Толстых, Т.О. Формирование промышленных симбиозов на основе принципов наилучших доступных технологий [Текст] / Т.О. Толстых, В.С. Краснобаева // Промышленность: экономика, управление, технологии. – 2022. – Т. 1. – № 3-4 (3). – С. 116-125.
69. Хашиев, И.С. Методология реализации бенчмаркинга как инструмента принятия маркетинговых решений [Текст] / И.С. Хашиев // Economics. – 2020. – № 2 (45). – С. 32-34.
70. Федорович, В.О. Состав и структура организационно-экономического механизма управления собственностью [Текст] / В.О. Федорович // Сибирская финансовая школа. – 2006. – № 2 (59). – С. 45-54.

71. Цысов, А.С. Функциональные зоны рисков предприятий металлургической промышленности / А.С. Цысов // Вестник Академии знаний. – 2020. – №37. – С. 361-367. – [Электронный ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/funktionalnye-zony-riskov-predpriyatiy-metallurgicheskoy-promyshlennosti/viewer>.
72. Череповицын, А.Е. Управление стейкхолдерами проектов секвестрации углекислого газа в системе государство – бизнес – общество [Текст] / А.Е. Череповицын, А.А. Ильинова, О.О. Евсеева // Записки горного института. – 2019. – Т. 240. – С. 731-742.
73. Черный, Д.В. Бенчмаркинг как элемент инновационного развития предприятия [Текст] / Д.В. Черный, Т.И. Смотрова // Будущее науки: взгляд молодых ученых на инновационное развитие общества: Сборник научных статей Всероссийской молодежной научной конференции. – 2023. – Том 1. – С. 325-328.
74. Шинкевич, А.И. Проблемы управления ресурсоэффективностью промышленных объектов в российских условиях [Текст] / А.И. Шинкевич, А.Э. Валиуллин // Экономический вестник Республики Татарстан. – 2020. – № 4. – С. 19-24.
75. Шинкевич, А.И. Трансформация подходов к эффективности промышленных систем в эпоху технологического суверенитета [Текст] / А.И. Шинкевич, Ф.Ф. Галимулина // Курск: Университетская книга, 2023. – 104 с.
76. Широв, А.А. Экономические риски в контексте разработки политики с низким уровнем эмиссий парниковых газов в России [Текст] / Б.Н. Порфирьев, А.А. Широв, В.В. Семикашев, А.Ю. Колпаков // Энергетическая политика. – 2020. – № 5 (147). – С. 92-103.
77. Эванс, Д.Р. Управление качеством [Текст] / Джеймс Р. Эванс, пер. с англ. под ред. Э.М. Короткова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 349 с.
78. Юдин, С.С. Партнерство государства и бизнеса для обеспечения экономической устойчивости сложных промышленных нефтегазовых систем в

- Арктике [Текст] / С.С. Юдин, А.Е. Череповицын // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2022. – № 2 (76). – С. 7-18.
79. Юшина, Т.И. Современные тенденции в развитии технологий переработки железных руд [Текст] / Т.И. Юшина, Е.Л. Чантурия, А.М. Думов, А.В. Мясков // Горный журнал. – 2021. – № 11. – С. 75-83.
80. Яшалова, Н.Н. Декарбонизация черной металлургии: цели и инструменты регулирования [Текст] / Н.Н. Яшалова, В.С. Васильцов, И.М. Потравный // Черные металлы. – 2020. – № 8. – С. 70-75.

Научная литература и источники на иностранных языках

81. Aigner, K. Industrial Policy for a Sustainable Growth Path [Text] / K. Aigner // European Union's Seventh Framework Programme for Research, Technological Development and Demonstration. Policy Paper. OECD, 2014. – No. 13. – 33 p.
82. Anand, G. Benchmarking the benchmarking models [Text] / G. Anand, R. Kodali // Benchmarking: An International Journal. – 2008. – Vol. 15(3). – Pp. 257-291.
83. Anderson, J.W. Corporate Social Responsibility [Text] / J.W. Anderson // Connecticut: Greenwood Press. – 1989. – 294 p.
84. Armstrong, J.S. Strategic Planning and Forecasting Fundamentals [Text] / J.S. Armstrong // The Strategic Management Handbook. New York: McGraw Hill, 1983. – Pp. 2-1 - 2-32.
85. Ayres, R. Manufacturing: Investing in Energy and Resource Efficiency/ R. Ayres, C. Van Der Lugt // Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. United Nations Environment Programme. – 2011. – [Electronic resource] – URL: https://www.researchgate.net/publication/279182413_Manufacturing_Investing_in_Energy_and_Resource_Efficiency.

86. Bianchi, P. Industrial Change, Financial System and Coherent Industrial Policy [Text] / P. Bianchi, S. Labory // Revue D'économie Industrielle. – 2016. – 2nd Trimester. – Pp. 207-226.
87. Balzan, L. Benchmarking in Maltese internal audit units [Text] / L. Balzan, P.J. Baldacchino // Benchmarking: An International Journal. – 2007. – Vol. 14. – No 6. – Pp. 750-767.
88. Bogan, C.E. Benchmarking for Best Practices. Winning Theory though Innovative Practice [Text] / C.E. Bogan, M.J. English // New York: McGraw Hill, 1994. – 312 p.
89. Camp, R.C. Benchmarking: The Search for Industry Best Practices that Lead to Superior Performance [Text] / R.C. Camp // London: Quality Press, 1989. – 320 p.
90. Carpinetti, L.C.R. What to benchmark? [Text] / L.C.R. Carpinetti, A.M. de Melo // Benchmarking: An International Journal. – 2002. – Vol. 9. – No 3. – Pp. 244-255.
91. Cherepovitsyn, A.E. Popularization of Carbon Capture and Storage Technology in Society: Principles and Methods [Text] / A.E. Cherepovitsyn, T.A. Chvileva // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2020. – No17. – Vol. 8368. – Pp. 1-24.
92. Cherepovitsyn, A. Parameters of Sustainable Development: Case of Arctic Liquified Natural Gas Projects [Text] / A. Cherepovitsyn, O. Evseeva // Resources. – 2021. – Vol. 10. – No. 1. – Pp. 1-27.
93. China's Green Development in the New Era // The state Council Information Office of the People's Republic of China. – Beijing, China: Foreign Publishing Press. – 2023. – 48 p. – ISBN: 978-7-119-13295-2. – [Electronic resource] – URL: [https://eng-lish.news.cn/20230119/b9b902af9308417db57bf08ca7a74a9e_XxjwshE007008_20230119_CBMFN0A001.pdf](https://english.news.cn/20230119/b9b902af9308417db57bf08ca7a74a9e/20230119b9b902af9308417db57bf08ca7a74a9e_XxjwshE007008_20230119_CBMFN0A001.pdf).

94. Climate Investment Opportunities: Climate-Aligned Bonds & Issuers 2020 – [Electronic resource] – URL: <https://www.climatebonds.net/resources/reports/climate-investment-opportunities-climate-aligned-bonds-issuers-2020>.
95. Daly, H.E. Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development [Text] / H.E. Daly // Boston, Massachusetts: Beacon Press. – 1996. – 158 p.
96. December 2022 crude steel production and 2022 global crude steel production // World Steel Association. – [Electronic resource] – URL: <https://worldsteel.org/media-centre/press-releases/2023/december-2022-crude-steel-production-and-2022-global-totals/>.
97. Decoupling 2: Technologies, Opportunities and Policy Options: A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel [Text] / E. U. von Weizsäcker, J. de Larderel, K. Hargroves, C. Hudson, M. Smith, M. Rodrigues. – New-York, 2014. – 174 p.
98. Developing a National Green Taxonomy: A World Bank Guide. // Washington, 2020. – [Electronic resource] – URL: <https://www.greengrowthknowledge.org/research/developing-national-green-taxonomy-world-bank-guide>.
99. Eco-Innovation Policies in Japan. – [Electronic resource] – URL: <https://www.oecd.org/japan/42876953.pdf>.
100. Edgington, D.W. The Japanese Innovation System: University–Industry Linkages, Small Firms and Regional Technology Clusters [Text] / D.W. Edgington // Prometheus. – 2008. – Vol. 26:1. – Pp. 1-19.
101. Ehrlich, P.R. The Population Explosion [Text] / P.R. Ehrlich, A.H. Ehrlich // Simon and Schuster, New York. – 1990. – 320 p.
102. Enders, J. Theories of Sustainable Development [Text] / J. Enders, M. Remig // London: Routledge. – 2016. – 212 p.
103. Energy Efficiency and Industry: the National Trend // 2017. – [Electronic resource]. – URL: <https://www.aceee.org/blog/2017/08/energy-efficiency-and-industry>.
104. Escrig-Olmedo, E. Rating the Raters: Evaluating how ESG Rating Agencies Integrate Sustainability Principles [Text] / E. Escrig-Olmedo, M.Á. Fernández-

- Izquierdo, I. Ferrero-Ferrero, J.M. Rivera-Lirio, M.J. Muñoz-Torres // Sustainability. – 2019. – Vol. 11. – Pp. 915-923.
105. Filho, W. Engaging Stakeholders in Education for Sustainable Development at University Level. World Sustainability Series [Text] / W. Filho, L. Brandli // Cham: Springer. – 2016. – 487 p. – DOI: 10.1007/978-3-319-26734-0.
106. Finch, N. The Motivations for Adopting Sustainability Disclosure / N. Finch // SSRN Electronic Journal. – 2005. – DOI: 10.2139/ssrn.798724. – [Electronic resource] – URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=79872.
107. Gamidullaeva, L. An Assessment Approach to Circular Business Models within an Industrial Ecosystem for Sustainable Territorial Development [Text] / L. Gamidullaeva, N. Shmeleva, T. Tolstykh, A. Shmatko // Sustainability. – 2022. – Vol. 14. – № 2. – DOI: 10.3390/su14020704.
108. Geng, Y. Developing the Circular Economy in China: Challenges and Opportunities for Achieving 'Leapfrog Development [Text] / Y. Geng, B. Doberstein // International Journal of Sustainable Development & World Ecology – 2008. – Pp. 231-239.
109. Global review of Supplier Performance Review (SPR) 2017. – [Electronic resource] – URL: <https://www.gartner.com/en/documents/3874892>.
110. Green Growth Indicators 2014. OECD Green Growth studies. – 2014. – [Electronic resource] – URL: <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/green-growth-indicators-2013-9789264202030-en.htm>.
111. Green Financing: the Nordic Way [Text] // Copenhagen: Nordisk Ministerrad. – 2016. – Pp. 39-47.
112. Guseva, T. Best Available Techniques, Energy Efficiency Enhancement and Carbon Emissions Reduction [Text] / T. Guseva, K. Shchelchkov, A. San-zhakovskiy, Ya. Molchanova // Proceedings of the 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. – Vol. 19. – Is. 5.1. – Pp. 63-70.
113. Hák, T. Sustainable Development Goals: A Need for Relevant Indicators [Text] / T. Hák, S. Janoušková, B. Moldan // Ecological Indicators. – 2016. – Vol. 60. – Pp. 565-573.

114. Hertwich, E. Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future. A report of the International Resource Panel / E. Hertwich, R. Lifset, S. Pauliuk, N. Heeren // United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. – 2020 – [Electronic resource] – URL: <https://www.unep.org/resources/report/resource-efficiency-and-climate-change-material-efficiency-strategies-low-carbon>.
115. Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth Organization for Economic Co-operation and Development. – 2002. – [Electronic resource] – URL: [http://search.oecd.org/officialdocuments/display/documentpdf/?doclanguage=en&cote=sg/sd\(2002\)1/final](http://search.oecd.org/officialdocuments/display/documentpdf/?doclanguage=en&cote=sg/sd(2002)1/final).
116. Kudryavtseva, O.V. Low-Carbon Industrial Policy in Turbulent Times: the Case of Russia [Text] / O.V. Kudryavtseva, A. Kurdin, E. Yu. Yakovleva // Proceedings of 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2022. – 2022. – Vol. 22. – DOI: 10.5593/sgem2022/5.1/s21.078.
117. Matinde, E. Mining and metallurgical wastes: a review of recycling and re-use practices [Text] / E. Matinde, G.S. Simate, S. Ndlovu // Journal of South African Institute for Mining and Metallurgy. – 2018. – Vol. 118. – Pp. 825-844.
118. Matos, P. ESG and Responsible Institutional Investing around the World. A Critical Review / P. Matos // CFA Institute Research Foundation, Charlottesville. – US. – 2020. – [Electronic resource] – URL: <https://www.cfainstitute.org/-/media/documents/book/rf-lit-review/2020/rflr-esg-and-responsible-institutional-investing.ashx>.
119. Meadows, D.H. The Limits to Growth [Text] / D.H. Meadows, D.L. Meadows, J. Randers, W.W. Behrens III // Universe Books, New York. – 1972. – 211 p.
120. Murray, G. Effects of a Green Purchasing Strategy: The Case of Belfast City Council [Text] / G. Murray // Supply Chain Management: An International Journal. – 2000. – Vol. 5. – No. 1. – Pp. 37-44.
121. Murray, G. Improving the Validity of Public Procurement Research [Text] / G. Murray // International Journal of Public Sector Management. – 2009. – Vol. 22. – No. 2. – Pp. 91-103.

122. Molchanova, T.K. Environmental Concerns of Russian Businesses: Top Company Missions and Climate Change Agenda [Text] / T.K. Molchanova, D.A. Ruban, N.N. Yashalova // Climate. – 2020. – Vol. 8. – No. 4. – Pp. 56-65.
123. Ponomarenko, T. Corporate Responsibility of Mining Companies: Mechanisms of Interaction with Stakeholders in Projects Implementation [Text] / T. Ponomarenko, O. Marinina // Journal of Applied Economic Sciences. – 2017. – No. 12 (6). – Pp. 1826-1838.
124. Preston, F. A Global Redesign? // Shaping the Circular Economy. London: Chatham House 2012. – [Electronic resource] – URL: <https://www.chatham-house.org/publications/papers/view/182376>.
125. Price, V.C. Industrial policies in the European Community [Text] // Macmillan for the Trade Policy Research Centre. – 1981. – Vol. 4. – Pp. 29-45.
126. Procurement & Public-Private Partnerships. Strategic Government Spending for Sustainable Development. International Institute for Sustainable Development. – [Electronic resource] – URL: <http://www.iisd.org/procurement>.
127. Public Procurement Indicators 2015 DG GROW G4 – Innovative and e-Procurement. – Ref. Ares (2016)7128361 – 22/12/2016. – [Electronic resource] – URL: <https://www.pianoo.nl/sites/default/files/documents/documents/publicprocurementindicators2015-eu-december2016.pdf>.
128. Reimink, H. CO₂ Data Collection User Guide, version 10. WSA. Review 2021 / H. Reimink, F. Maciel // [Electronic resource] – URL: <https://www.scribd.com/document/520245022/CO2-User-Guide-V10>.
129. Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum [Text] / K. Schwab // Switzerland: Cologny, 2016. – 216 p.
130. Simachev, Y. Russia on the Path towards a New Technology Industrial Policy: Exciting Prospects and Fatal Traps [Text] / Y. Simachev, M. Kuzyk, B. Kuznetsov, E. Pogrebnyak // Foresight-Russia. – 2014. – Vol. 8. – No. 4. – Pp. 6-23.

131. Shinkevich, A.I. Development of a Methodology for Forecasting the Sustainable Development of Industry in Russia based on the Tools of Factor and Discriminant Analysis [Text] / A.I. Shinkevich, A.R. Akhmetshina, R.R. Khalilov // Mathematics. – 2022. – Vol. 10. – No 6. – DOI: 10.3390/math10060859.
132. Skobelev, D. Best Available Techniques and Sustainable Development Goals [Text] / D. Skobelev, R. Almgren, T. Guseva, M. Hjort, T. Koh // Proceedings of the 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. – 2019. – Is. 5.1. 6.1. – Pp. 185-192.
133. Skobelev, D.O. Building the Infrastructure for Transforming Russian Industry towards Better Resource Efficiency and Environmental Performance [Text] / D.O. Skobelev // Procedia Environmental Science, Engineering and Management. – 2021. – Vol. 8. – No. 2. – Pp. 483-493.
134. Skobelev, D. Environmental Industrial Policy in Russia: Economic, Resource Efficiency and Environmental Aspects [Text] / D. Skobelev // Proceedings of the 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. – 2019. – Is. 5.1. – Pp. 291-298.
135. Skobelev, D. Evolution of Technology and Technology Governance [Text] / D. Skobelev, R. Almgren // J. Open Innov. Technol. Mark. Complex. – 2020 – No. 6 (2) – Pp. 22-38.
136. Steel Climate Impact Steel Climate Impact: An International Benchmarking of Energy and CO₂ Intensities, 2022. – [Electronic resource] – URL: <https://www.globalefficiencyintel.com/steel-climate-impact-international-benchmarking-energy-co2-intensities>.
137. Status Assessment Marrakech Task Force on Sustainable Public Procurement. – [Electronic resource] – URL: [https://iclei-europe.org/projects/?Marrakech_Task_Force_Toolkit-Status_Assessment_Toolkit_for_the_Marrakech_Task_Force_\(MTF\)_on_Sustainable_Public_Procurement_\(SPP\)_&projectID=LXOGvdlc](https://iclei-europe.org/projects/?Marrakech_Task_Force_Toolkit-Status_Assessment_Toolkit_for_the_Marrakech_Task_Force_(MTF)_on_Sustainable_Public_Procurement_(SPP)_&projectID=LXOGvdlc).
138. Stiglitz, J.E. Globalization and Its Discontents Revisited [Text] / J.E. Stiglitz // London: Penguin, 2017. – 528 p.

139. Tcvetkov, P.S. The Changing Role of CO₂ in the Transition to a Circular Economy: Review of Carbon Sequestration Projects [Text] / P.S. Tcvetkov, A.E. Cherepovitsyn, S.V. Fedoseev // Sustainability. – 2019. – No 11. – Vol. 20. – Pp. 1-19.
140. The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge University Press. – 2006. – [Electronic resource] – URL: https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20100407172811/http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm.
141. Tanaka, K. Assessment of energy efficiency performance measures in industry and their application for policy [Text] / K. Tanaka // Energy Policy. – 2008. – Vol. 36. – Pp. 2887-2902.
142. Tonelli, F. Industrial Sustainability: Challenges, Perspectives, Actions [Text] / F. Tonelli, P. Taticchi // International Journal of Business Innovation and Research. – 2013. – No. 7 (2). – Pp. 1751-0252.
143. Van Berkel, R. Resource Efficient and Cleaner Production for Competitive, Clean and Innovative Industry / R. Van Berkel // Proceedings of the International Conference on Energy, Environment and Information Systems. – 2016. – Semarang. – [Electronic resource] – URL: https://www.researchgate.net/publication/309492834_Resource_Efficient_and_Cleaner_Production_for_Competitive_Clean_and_Innovative_Industry.
144. Vasilev, Y.N. Promoting Public Awareness of Carbon Capture and Storage Technologies in the Russian Federation: A System of Educational Activities [Text] / Y.N. Vasilev, A.E. Cherepovitsyn, A.Y. Tsvetkova, N.E. Komendantova // Energies. – No 14 (5). – 2021. – Pp. 1-14.
145. Voet van der, E. Environmental Implications of Demand Scenarios for Metals, Methodology and Application to Seven Major Metals [Text] / E. van der Voet, L. van Oers, M. Verboon, K. Kuipers // Journal of Industrial Ecology. – 2019. – Vol. 23 (1). – Pp. 141-155.

146. Warwick, K. Beyond Industrial Policy: Emerging Issues and New Trends [Text] / K. Warwick // OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. OECD Publishing, Paris, 2013. – No. 2. – 67 p.
147. Warwick, K. Evaluation of Industrial Policy: Methodological Issues and Policy Lessons [Text] / K. Warwick., A. Nolan // OECD Science, Technology and Industry Policy Papers 16. – OECD Publishing, 2014. – 59 p.
148. Weizsacker, E. Factor Five – Transforming the Global Economy through 80 % Improvements in Resource Productivity [Text] / E. Weizsacker, K. Hargoves, M. Smith, C. Desha, P. Stasinopoulos. – New-York: Earthscan, 2009. – 432 p.
149. Weizsacker, E. Factor Four: Doubling Wealth, Halving Resource Use. The New Report to the Club of Rome [Text] // Routledge, 1998. – 360 p.
150. World Steel in Figures, 2023. World Steel Association. – [Electronic resource] – URL: <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/world-steel-in-figures-2023>.

***Нормативные правовые акты и документы по стандартизации
на русском языке***

151. ГОСТ Р 113.00.03-2019. Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника: Национальный стандарт Российской Федерации: Дата введения 2020-02-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 18 с.
152. ГОСТ Р 113.00.14-2023. Наилучшие доступные технологии. Методические рекомендации по проведению сравнительного анализа производств при разработке информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям. Национальный стандарт Российской Федерации: Дата введения 2024-01 01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Стандартинформ, 2023. – 20 с.

153. ГОСТ Р 113.00.11–2022. Наилучшие доступные технологии. Порядок проведения бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов в отраслях промышленности. Национальный стандарт Российской Федерации: Дата введения 2023-03 30 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Стандартинформ, 2022. – 18 с.
154. ГОСТ Р 113.26.01-2022. Наилучшие доступные технологии. Методические рекомендации по проведению бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов для отрасли черной металлургии. Национальный стандарт Российской Федерации: Дата введения 2023-03 01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Стандартинформ, 2022. – 24 с.
155. ИТС 25 - 2021. Добыча и обогащение железных руд: Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Бюро НДТ, 2021. – 279 с.
156. ИТС 26 - 2022. Производство чугуна, стали и ферросплавов: Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Бюро НДТ, 2022. – 609 с.
157. ИТС 27 - 2023. Производство изделий дальнейшего передела черных металлов: Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Бюро НДТ, 2023. – 538 с.
158. О защите и поощрении капиталовложений в Российской Федерации: Федеральный закон от 01.04.2020 г. № 69-ФЗ: принят Государственной Думой 19.03.2020 г.: одобрен Советом Федерации 25.03.2020 г. // Собрание законодательства РФ. – 06.04.2020 г. – № 14 (Часть I). – Ст. 1999.

159. О промышленной политике в Российской Федерации: Федеральный закон от 31.12.2014 г. № 488-ФЗ: принят Государственной Думой 16.12.2014 г.: одобрен Советом Федерации 25.12.2014 г. (в ред. от 20.07.2020 г.) // Собрание законодательства РФ. – 05.01.2015 г. – № 1 (Часть I). – Ст. 41.
160. О стандартизации в Российской Федерации: Федеральный закон от 29.06.2015 г. № 162-ФЗ: принят Государственной Думой 19.06.2015 г.: одобрен Советом Федерации 24.06.2015 г. (ред. от 30.12.2020 г.) // Российская газета. – № 144. – 03.07.2015 г.
161. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Президентом Российской Федерации 30.04.2012 г.). – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/news/15177>.
162. Об ограничении выбросов парниковых газов: Федеральный закон от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ: принят Государственной Думой 01.06.2021 г.: одобрен Советом Федерации 23.06.2021 г. // Российская газета. – № 147-148. – 07.07.2021 г.
163. О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации: Федеральный закон от 06.03.2022 г. № 34-ФЗ: принят Государственной Думой 16.02.2022 г.: одобрен Советом Федерации 02.03.2022 г. // Собрание законодательства РФ. – 07.03.2022 г. – № 10. – Ст. 1391.
164. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ: принят Государственной Думой 20.12.2001 г.: одобрен Советом Федерации 26.12.2001 г. (ред. от 09.03.2021 г.) // Российская газета. – № 6. – 12.01.2002 г.
165. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» // Российская газета. – № 159. – 22.07.2020 г.

166. Указ Президента Российской Федерации от 04.11.2020 г. № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов» // Российская газета. – № 250. – 06.11.2020 г.
167. Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2023 г. № 812 «Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. – 30.10.2023 г. – № 44. – ст. 7865.
168. Постановление Правительства от 30.04.2019 г. № 541 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на возмещение части затрат на выплату купонного дохода по облигациям, выпущенным в рамках реализации инвестиционных проектов по внедрению наилучших доступных технологий, и (или) на возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях, а также в международных финансовых организациях, созданных в соответствии с международными договорами, в которых участвует Российская Федерация, на реализацию инвестиционных проектов по внедрению наилучших доступных технологий» (ред. от 10.12.2020 г.) // Собрание законодательства РФ. – 13.05.2019 г. – № 19. – Ст. 2298.
169. Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 г. № 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» // Собрание законодательства РФ. – 11.01.2021 г. – № 2 (Часть II). – Ст. 447.
170. Постановление Правительства РФ от 28.12.2016 г. № 1508 «О некоторых вопросах деятельности Бюро наилучших доступных технологий» (ред. от 03.03.2021 г.) // Собрание законодательства РФ. – 09.01.2017 г. – № 2 (Часть I). – Ст. 340.
171. Постановление Правительства Российской Федерации от 21.09.2015 г. № 999 «О межведомственной комиссии по рассмотрению программ повышения экологической эффективности» (ред. от 11.09.2020 г.) // Собрание законодательства РФ. – 28.09.2015 г. – № 39. – Ст. 5414.

172. Постановление Правительства РФ от 16.07.2015 г. № 708 «О специальных инвестиционных контрактах для отдельных отраслей промышленности» (с изменениями и дополнениями) // Собрание законодательства РФ. – 27.07.2015 г. – № 30. – Ст. 4587.
173. Постановление Правительства РФ от 23.12.2014 г. № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям» // Собрание законодательства РФ. – 05.01.2015 г. – № 1 (Часть II). – Ст. 253.
174. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.03.2022 г. № 518 «О порядке определения платы за оказание оператором услуг по проведению операций в реестре углеродных единиц» (с «Правилами определения платы за оказание оператором услуг по проведению операций») // Собрание законодательства РФ. – 04.04.2022 – № 14. – Ст. 2296.
175. Постановление Правительства Российской Федерации от 24.03.2022 г. № 455 «Об утверждении Правил верификации результатов реализации климатических проектов» // Собрание законодательства РФ. – 28.03.2022 – № 13. – Ст. 2115.
176. О комплексе мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы наилучших доступных технологий и внедрение современных технологий: Распоряжение Правительства РФ от 19.03.2014 г. № 398-р (ред. от 29.08.2015 г.) // Собрание законодательства РФ. – 31.03.2014 г. – № 13. – Ст. 1494.
177. Об утверждении Перечня областей применения наилучших доступных технологий: Распоряжение Правительства РФ от 24.12.2014 г. № 2674-р (ред. от 24.05.2018 г.) // Собрание законодательства РФ. – 05.01.2015 г. – № 1 (Часть III). – Ст. 399.
178. О координирующей роли Минэкономразвития России по вопросам развития инвестиционной деятельности и привлечения внебюджетных средств в проекты устойчивого (в том числе «зеленого») развития в Российской

Федерации: Распоряжение Правительства РФ от 18.11.2020 г. № 3024-р // Собрание законодательства РФ. – 23.11.2020 г. – № 47. – Ст. 7623.

179. Об утверждении перечня парниковых газов, в отношении которых осуществляется государственный учет выбросов парниковых газов и ведение кадастра парниковых газов: Распоряжение Правительства РФ от 22.10.2021 г. № 2979-р // Собрание законодательства РФ. – 01.11.2021 – № 44. – Ст. 7456.
180. Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года: Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 г. № 3052-р // Собрание законодательства РФ. – 08.11.2021 – № 45. – Ст. 7556.
181. Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации: Постановление Правительства Российской Федерации от 21.09.2021 г. № 1587 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 04.10.2021 г. – № 40. – Ст. 6818.
182. Об утверждении Стратегии развития metallurgicheskoy promyshlennosti Rossiiiskoy Federatsii na period do 2030 goda: Распоряжение Правительства РФ от 28.12.2022 г. № 4260-р. // Собрание законодательства РФ. – 02.01.2023 г. – № 1 (Часть III). – Ст. 421.
183. Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов: Приказ Минприроды России от 27.05.2022 г. № 371. – [Электронный ресурс] – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207290034>.
184. Парижское соглашение: Рамочная конвенция ООН об изменении климата. 21-я сессия Конференции Сторон от 12.12.2015 г. – [Электронный ресурс] – URL:https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.

185. Перечень поручений по результатам проверки исполнения положений законодательства об обращении с отходами производства и потребления, отнесенными к III классу опасности (утв. Президентом РФ 16.09.2020 г. № Пр-1489. – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/64046>.

Нормативные правовые акты и документы на иностранных языках

186. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the UN General Assembly on 25 September 2015. – [Electronic resource] – URL: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.
187. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the establishment of a Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM). – [Electronic resource] – URL: <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-european-green-deal/file-carbon-border-adjustment-mechanism>.
188. Commission Delegated Regulation (EU) 2019/331 of 19 December 2018 determining transitional Union-wide rules for harmonised free allocation of emission allowances pursuant to Article 10a of Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council. – [Electronic resource] – URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0331&from=EN>.
189. Commission Implementing Regulation (EU) 2021/447 of 12 March 2021 determining revised benchmark values for free allocation of emission allowances for the period from 2021 to 2025 pursuant to Article 10a (2) of Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Union L 87/29. – [Electronic resource] – URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R0447>.
190. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and

the Committee of the Regions. A New Industrial Strategy for Europe. Brussels, 10.3.2020. COM (2020) 102 final. – [Electronic resource] – URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0102&from=EN>.

191. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions “The European Green Deal”. Brussels, 11.12.2019 COM (2019) 640 final. – [Electronic resource] – URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>.
192. Development of ENERGY STAR Energy Performance Indicator for Integrated Steel Mills. – 2021. – [Electronic resource] – URL: https://www.energystar.gov/buildings/tools-and-resources/development_energy_star_energy_performance_indicator_integrated_steel_mills.
193. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on Industrial Emissions (Integrated Pollution Prevention and Control) (recast) (Text with EEA relevance). – [Electronic resource] – URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32010L0075>.
194. Standard EN 19694-2. Stationary Source Emissions – Greenhouse Gas (GHG) Emissions in Energy Intensive Industries – Part 2: Iron and Steel Industry.

Приложение 1

Документы, подтверждающие использование результатов диссертационной работы



**МИНИСТЕРСТВО
ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И ТОРГОВЛИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНПРОМТОРГ РОССИИ)**

Пресненская наб., д. 10, стр. 2, Москва, 125039

Тел. (495) 539-21-66

Факс (495) 547-87-83

<http://www.minpromtorg.gov.ru>

15.11.2023 № 122486/12

На № _____ от _____

НИТУ МИСИС

Диссертационный совет Д-212.132.171

Ленинский проспект, д. 4, стр. 1,
г. Москва, 119049

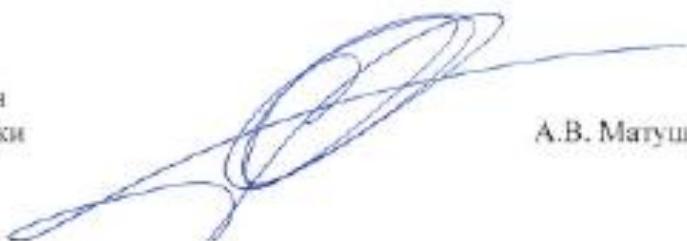
Департамент стратегического развития и корпоративной политики Министерства промышленности и торговли Российской Федерации подтверждает, что результаты, полученные Марией Викторовной Дорохотовой, автором диссертационной работы на тему «Разработка организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости в отрасли черной металлургии», использованы при подготовке Операционного плана реализации Стратегии социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов на период до 2050 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р, в части раздела «Реструктуризация промышленности, адаптация и внедрение НДТ».

Индикативные показатели оценки углеродоемкости производственных процессов в черной металлургии, предложенные и обоснованные М.В. Дорохотовой, согласованы Рабочей группой З «Реструктуризация реального сектора», созданной по поручению Председателя Правительства Российской Федерации М.В. Мишустина для адаптации национальной экономики к глобальному энергопереходу (от 20 сентября 2021 г. № ММ-П13-12547). Указанные показатели включены в информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС НДТ 26-2022 «Производство чугуна, стали и ферросплавов» при его актуализации.

Показатели также могут быть использованы как один из критериев при технико-экономической оценке инвестиционных проектов в рамках конкурсного отбора по постановлению Правительства Российской Федерации от 30 апреля 2019 г. № 541 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на возмещение части затрат на выплату купонного дохода по облигациям, выпущенным в рамках реализации инвестиционных проектов по внедрению наилучших доступных технологий, и (или) на возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях, государственной корпорации развития «ВЭБ.РФ», а также в международных финансовых организациях, созданных в соответствии с международными договорами, в которых участвует Российская Федерация, на реализацию инвестиционных проектов по внедрению наилучших доступных технологий».

Директор Департамента
стратегического развития
и корпоративной политики

А.В. Матушанский





**МИНИСТЕРСТВО ЭКОЛОГИИ И УСТОЙЧИВОГО
РАЗВИТИЯ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

693020, г. Южно-Сахалинск, Коммунистический проспект, 39 б

тел.: (4242) 67-18-67, факс: (4242) 67-18-69

e-mail: ecology@sakhalin.gov.ru, сайт: <https://ecology.sakhalin.gov.ru>

ОКВЭД: 974030, ОКРН: 1105501004701, ИНН: 6501239873, КПП: 650101001

28.09.2023 № 87и
На № _____ от _____

В диссертационный совет
Д-212.132.171 на базе ФГАОУ
ВО НИТУ МИСИС
119049, г. Москва, Ленинский
проспект, д. 4, стр. 1

Рецензия на диссертацию
Доброхотовой М.В.

Министерство экологии и устойчивого развития Сахалинской области, подтверждает, что результаты, полученные в диссертационной работе, посвященной разработке организационно-экономического механизма регулирования углеродоёмкости в промышленности, Доброхотовой Марии Викторовны используются в рамках проведения эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов на территории Сахалинской области (далее - эксперимент). Предложенная система индикативных показателей оценки углеродоёмкости производственных процессов, устанавливаемых в информационно-технических справочниках по наилучшим доступным технологиям (далее - ИТС НДТ), используется для определения

технологического уровня при формировании проектируемых квот выбросов парниковых газов для региональных регулируемых организаций, хозяйственная и иная деятельность которых осуществляется на территории Сахалинской области в рамках проведения эксперимента. Технологический уровень регулируемых организаций устанавливается путем определения соответствия применяемых технологических процессов, оборудования, технических способов и методов индикативным отраслевым показателям удельных выбросов парниковых газов, содержащихся в ИПС НДГ. Данный подход установлен Приказом Министерства экономического развития РФ от 24 августа 2022 г. N 452 «Об утверждении методики определения проектируемых квот выбросов парниковых газов в рамках проведения эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации».

Заместитель министра
экологии и устойчивого
развития Сахалинской
области



Д.А. Васин



Ассоциация предприятий черной металлургии «Русская Сталь»
Россия, 109074, г. Москва, Славянская пл., д. 2/5/4, стр. 3, оф. 1021
тел.: +7 (495) 784-69-61
e-mail: info@russtal.ru

Russian Steel Association
Russia, 109074, Moscow, Slavyanskaya sq., office 1021
tel.: +7 (495) 784-69-61
e-mail: info@russtal.ru

Исх. № 241 от « 16 » января 2024г.

В диссертационный совет
Д-212.132.171,
на базе ФГАОУ ВО НИТУ МИСИС
119049, г. Москва, Ленинский проспект,
д. 4, стр. 1

Ассоциация предприятий черной металлургии «Русская Сталь» (далее - Ассоциация) рассмотрела материалы диссертационной работы Доброхотовой Марии Викторовны на тему «Разработка организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости в отрасли черной металлургии» и сообщает следующее.

Тема диссертационной работы является особо актуальной в настоящее время и в будущем будет только усиливаться. Предложенный Доброхотовой М.В. механизм регулирования углеродоемкости учтен Ассоциацией при разработке сценариев декарбонизации черной металлургии Российской Федерации на период до 2060 года.

Исследования, проведенные автором в тесном сотрудничестве с членами Ассоциации – крупнейшими производителями продукции черной металлургии в Российской Федерации, привели к получению результатов, которые активно используются предприятиями на практике при формировании стратегий развития компаний и оценке потенциальных издержек от введения углеродного регулирования.

Предложенный в диссертационном исследовании подход к установлению индикативных показателей поддержан Ассоциацией и нашел практическое применение в утвержденном национальном стандарте Российской Федерации ГОСТ Р 113-26-01-2022 «Наилучшие доступные технологии. Методические рекомендации по проведению бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов для отрасли черной металлургии».

С уважением,
Исполнительный директор


A.V. Сентюрин



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики"

Факультет географии и геоинформационных технологий

В диссертационный совет Д-212.132.171
на базе ФГАОУ ВО НИТУ МИСИС
119049, г. Москва, Ленинский проспект,
д. 4, стр. 1

12.12.2012 № 214-21/21225-2

на № _____ от _____

Справка

о внедрении результатов диссертационной работы
Доброхотовой Марии Викторовны на тему «Разработка организационно-
экономического механизма регулирования углеродоёмкости в отрасли чёрной
металлургии»

Результаты диссертационной работы Доброхотовой Марии Викторовны на тему «Разработка организационно-экономического механизма регулирования углеродоёмкости в отрасли чёрной металлургии», представленной на соискание учёной степени кандидата экономических наук, внедрены в практику преподавания в Национальном исследовательском университете «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ).

Положения диссертационной работы, выносимые на защиту, используются при подготовке методических материалов для проведения лекционных и семинарских занятий по дисциплине «Технологические опции декарбонизации» в рамках реализации образовательной программы «Управление низкоуглеродным развитием» (уровень образования - магистратура) по направлению подготовки 05.04.02 География для студентов очной формы обучения.

Декан



Н.К. Куричев

Жолнерович Наталья Викторовна
+7 (495) 772-95-90 доб. 27949
nzholnerovich@hse.ru

Покровский бульвар, д. 11, Москва, Россия, 109009, тел.: +7 (495) 772 95 90 *28243, e-mail: geo@hse.ru
www.geography.hse.ru



В диссертационный совет

Д-212.132.171

на базе ФГАОУ ВО НИТУ МИСИС

Тел. (495) 240-00-00

E-mail: TK113@BuroNDT.ru

119049, г. Москва, Ленинский проспект,

д. 4, стр. 1

12.01.2024г. № 07-2/TK113/28

Об использовании результатов диссертационного исследования

Технический комитет по стандартизации ТК 113 «Наилучшие доступные технологии» подтверждает, что результаты научных исследований Марии Викторовны Доброхотовой, изложенные в диссертационной работе на тему «Разработка организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости в отрасли черной металлургии», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата экономических наук по научной специальности 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика, использованы при разработке и актуализации следующих документов по стандартизации:

- ГОСТ Р 113.00.11-2022 «Наилучшие доступные технологии. Порядок проведения бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов в отраслях промышленности»;
- ГОСТ Р 113.26.01-2022 «Наилучшие доступные технологии. Методические рекомендации по проведению бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов для отрасли черной металлургии»;
- Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 26-2022 «Производство чугуна, стали и ферросплавов».

Заместитель председателя ТК 113

М. В. Бегак

Приложение 2

Электронный ресурс «Модель определения углеродоемкости производственных процессов в черной металлургии»



<https://ofernio.ru/portal/modules/news/>

<https://ofernio.ru/portal/newspaper/ofernio/2023/12.pdf>



Стр. 2 из 64. Навигатор в мире науки и образования № 12(175)'2023

Институт программных систем им. А.К. Айламазяна
Российской академии наук

Бюллетень «Хроники Объединенного фонда электронных ресурсов "Наука и образование"» № 12(175)' 2023

DOI: <https://doi.org/10.12731/ofernio.2023.12>

Издание основано в 2006 г.

С 2006 года до 2009 год издание носило название:

"Иновации науки и образования (Телеграф отраслевого фонда алгоритмов и программ)"

Главный редактор

А.И. Галкина, почетный работник
науки и техники РФ, руководитель
ОФЭРНиО

**Компьютерная верстка и дизайн
издания**

М.А. Ходенкова

Техническая поддержка

И.А. Гришан, специалист ИТ

Информация об электронных и информационных ресурсах приведена
в авторской стилистике

©Объединенный фонд электронных ресурсов "Наука и образование"
©Институт программных систем им. А.К. Айламазяна Российской академии наук
Москва 2023

Номер ОФЭРНиО: 25221
Дата регистрации: 22.11.2023

Автор: Доброхотова М.В.

Наименование разработки: Модель определения углеродоемкости производственных процессов черной металлургии

Модель позволяет выполнить количественную оценку удельных выбросов парниковых газов (ПГ) при производстве железорудных окатышей. Пользователь сможет рассчитать выбросы парниковых газов как за текущий период, так и оценить динамику выбросов за несколько лет с возможностью анализа средних показателей за выбранных период, что поможет провести анализ технологического процесса с точки зрения его стабильности, а также найти причины отклонений. Применение данного алгоритма поможет в принятии управлеченческих решений на основе оценки прогнозного изменения ключевых параметров технологии и достигаемого эффекта с точки зрения массы выбросов парниковых газов. Данный алгоритм разработан для пользователей, не имеющих специализированных навыков по проведению аналитических расчетов и анализа технологического процесса. Целевая аудитория разработки - промышленные предприятия отрасли черной металлургии (производство железорудных окатышей), отраслевые эксперты, научные организации и ассоциации в чью область интересов входит тематика устойчивого развития, в частности оценка выбросов парниковых газов от технологических процессов.

Стр. 34 из 64. Навигатор в мире науки и образования № 12(175)'2023

Тип ЭВМ: Intel

Тип и версия ОС: Windows

Инструментальные средства: MS Office 2007

E-mail: m.dobrokhotova@eipc.center

Ссылка на РТД: http://ofernio.ru/rto_files_ofernio/25221.doc

DOI: <https://doi.org/10.12731/ofernio.2023.25221>

РЕФЕРАТ

Автор: Доброхотова Мария Викторовна

Электронная почта: m.dobrokhotova@eipc.center

Вид ресурса: Расчетная модель

Название: Модель определения углеродоемкости производственных процессов черной металлургии

Аннотация не более 1530 символов с пробелами

Модель позволяет выполнить количественную оценку удельные выбросы парниковых газов (ПГ) при производстве железорудных окатышей.

Пользователь сможет рассчитать выбросы парниковых газов как за текущий период, так и оценить динамику выбросов за несколько лет с возможностью анализа средних показателей за выбранных период, что поможет провести анализ технологического процесса с точки зрения его стабильности, а также найти причины отклонений.

Применение данного алгоритма поможет в принятии управленческих решений на основе оценки прогнозного изменения ключевых параметров технологии и достигаемого эффекта с точки зрения массы выбросов парниковых газов.

Данный алгоритм разработан для пользователей, не имеющих специализированных навыков по проведению аналитических расчетов и анализа технологического процесса.

Целевая аудитория разработки – промышленные предприятия отрасли черной металлургии (производство железорудных окатышей), отраслевые эксперты, научные организации и ассоциации в чью область интересов входит

тематика устойчивого развития, в частности оценка выбросов парниковых газов от технологических процессов.

Модель определения углеродоемкости производственных процессов черной металлургии

1. Функциональное назначение продукта, область применения, его ограничения.

1.1 Назначение разработки.

Модель позволяет выполнить количественную оценку удельные выбросы парниковых газов (ПГ) при производстве железорудных окатышей.

Пользователь сможет рассчитать выбросы парниковых газов как за текущий период, так и оценить динамику выбросов за несколько лет с возможностью анализа средних показателей за выбранных период, что поможет провести анализ технологического процесса с точки зрения его стабильности, а также найти причины отклонений.

Применение данного алгоритма поможет в принятии управлеченческих решений на основе оценки прогнозного изменения ключевых параметров технологии и достигаемого эффекта с точки зрения массы выбросов парниковых газов.

Данный алгоритм разработан для пользователей, не имеющих специализированных навыков по проведению аналитических расчетов и анализа технологического процесса.

1.2 Область применения разработки.

Целевая аудитория разработки – промышленные предприятия отрасли черной металлургии (производство железорудных окатышей), отраслевые эксперты, научные организации и ассоциации в чью область интересов входит тематика устойчивого развития, в частности оценка выбросов парниковых газов от технологических процессов.

1.3 Ограничения использования разработки.

Отсутствие оргтехники (компьютер – при индивидуальной работе, локальная сеть – при групповой работе), установленного пакета MS Office, отсутствие исходных данных по материально-сырьевому балансу технологического процесса.

2. Описание разработки.

При проведении количественной оценки выбросов ПГ для отрасли черной металлургии учитываются выбросы CO₂, выбросы иных парниковых газов не учитываются, т.к. их вклад в общую массу выбросов парниковых газов составляет менее 1 %.

Модель учитывает прямые выбросы CO₂ от производственного процесса (передела), а также косвенные выбросы, связанные с производством электрической и тепловой энергии, технических газов и дутья, используемых в производственном процессе (на переделе).

Описание границ «Производство железорудных окатышей» для последующего расчета:

Окискование железорудного сырья путем производства обожженных окисленных окатышей (подготовка шихты (дробление, измельчение смешивание), окомковывание, классификация, обжиг (сушка, нагрев, спекание, термический упрочняющий обжиг, рекуперация, охлаждение), погрузочно-разгрузочные работы, транспортирование, сортировка, складирование, установки газо- и водоочистки).

Не включаются в границы выбросы парниковых газов от использования топлива и энергоресурсов (электроэнергии, тепловой энергии, технических газов) на:

- водоподготовку и водоотведение за пределами данного производства;
- выработку сжатого воздуха;
- транспортировку и переработку твердых и жидкых отходов за пределами данного производства;

- ремонтные работы;
- общехозяйственные нужды, не связанные непосредственно с технологическим процессом.

2.1 Расчет интенсивности выбросов CO₂

Расчет удельных выбросов CO₂ для производства продукции выполняется по формуле (1):

$$I_{CO_2} = E_{CO_2, \text{прям.}}^* + E_{CO_2, \text{электр.}} + E_{CO_2, \text{тепл.}} + E_{CO_2, \text{тех.газы}} + \\ + \Delta E_{CO_2, \text{втор.газы}}, \quad (1)$$

где:

I_{CO_2} – интенсивность выбросов, т CO₂/т продукции;

$E_{CO_2, \text{прям.}}^*$ – удельные прямые выбросы в границах производственного процесса (передела) без учета вторичных топливных газов, т CO₂/т продукции;

$E_{CO_2, \text{электр.}}$ – удельные выбросы, связанные с электроэнергией, т CO₂/т продукции;

$E_{CO_2, \text{тепл.}}$ – удельные выбросы, связанные с тепловой энергией, т CO₂/т продукции;

$E_{CO_2, \text{тех.газы}}$ – удельные выбросы, связанные с техническими газами и дутьем, т CO₂/т продукции;

$\Delta E_{CO_2, \text{втор.газы}}$ – удельная поправка к прямым выбросам на вторичные топливные газы, т CO₂/т продукции.

Удельные выбросы CO₂ определяются как валовые выбросы CO₂, отнесенные к объему произведенной продукции.

2.2 Расчет удельных прямых выбросов CO₂ в границах производственного процесса (передела) без учета вторичных топливных газов

Расчет удельных прямых выбросов СО₂ в границах производственного процесса без учета вторичных топливных газов выполняется по формуле (2):

$$E_{CO_2, \text{прям.}}^* = [\sum(R_{\text{вх},i} \times C_{\text{вх},i}) - \sum(R_{\text{вых},j} \times C_{\text{вых},j})] \times 3,664, \quad (2)$$

где:

$R_{\text{вх},i}$ – удельный объем использования i-го углеродсодержащего ресурса в границах производственного процесса (на входе) за исключением вторичных топливных газов, ед. изм. (т, тыс. м³ и др.)/т продукции;

$C_{\text{вх},i}$ – содержание углерода в i-м углеродсодержащем ресурсе, т С/ед. изм. (т, тыс. м³ и др.);

$R_{\text{вых},j}$ – удельный объем производства (образования) j-го углеродсодержащего ресурса в границах производственного процесса (на выходе) за исключением вторичных топливных газов, ед. изм. (т, тыс. м³ и др.)/т продукции;

$C_{\text{вых},j}$ – содержание углерода в j-м углеродсодержащем ресурсе, т С/ед. изм. (т, тыс. м³ и др.).

Вторичные топливные газы (доменный, коксовый, конвертерный) не учитываются здесь ни на входе, ни на выходе. Остальные значимые углеродсодержащие ресурсы, включая отходы, учитываются.

В формуле (2) должны учитываться объемы ресурсов, непосредственно использованные и произведенные (образовавшиеся) в технологических процессах, после внесения всех возможных поправок на изменение запасов на складах. Рекомендуемым источником информации о расходе ресурсов являются технические и балансовые отчеты производственных и энергетических цехов предприятия.

Содержание углерода рекомендуется принимать одинаковым для всех предприятий для следующих видов топлива/сырья: природный газ, мазут, дизельное топливо, сталь и т.п.

Содержание углерода принимается по данным предприятий или рассчитывается на основании данных о физико-химических характеристиках для следующих видов топлива, сырья и продукции: коксующегося угля, кокса (валового), угля энергетический, угля в шихте и т.п.

2.3 Расчет удельных выбросов CO₂, связанных с потреблением и выработкой электроэнергии

Расчет удельных выбросов CO₂, связанных с электроэнергией, выполняется по формуле (3):

$$E_{CO_2, \text{электр.}} = (P_{\text{потр.}} - P_{\text{выр.}}) \times EF_{CO_2, \text{электр.}}, \quad (3)$$

где:

$P_{\text{потр.}}$ – удельное потребление электроэнергии в границах производственного процесса, МВт·ч/т продукции;

$P_{\text{выр.}}$ – удельная выработка электроэнергии в границах производственного процесса, МВт·ч/т продукции;

$EF_{CO_2, \text{электр.}}$ – коэффициент выброса для электроэнергии, т CO₂/МВт·ч.

Величины $P_{\text{потр.}}$, $P_{\text{выр.}}$ определяются по фактическим данным предприятия. Величины $P_{\text{потр.}}$ и $P_{\text{выр.}}$ при подстановке в формулу (3) не должны включать затраты электроэнергии на собственные нужды источника электроэнергии. Величина $P_{\text{потр.}}$ включает суммарное потребление электроэнергии, как предоставленной со стороны для данного производства (передела), так и выработанной в границах производственного процесса (передела). Электроэнергия $P_{\text{выр.}}$ включает суммарную выработку электроэнергии, которая может быть потреблена как внутри, так и за границами рассматриваемого производственного процесса.

Величина $EF_{CO_2, \text{электр.}}$ принимается равной 0,504 т CO₂/МВт·ч для всех предприятий черной металлургии. Данное значение находится между средним значением для сетевой электроэнергии в РФ (около 0,34) и приблизительным значением для конденсационного режима заводских электростанций черной

металлургии (0,55-0,6) применительно к природному газу или его эквиваленту с точки зрения выбросов CO₂. Также значение 0,504 примерно соответствует замыкающему конденсационному режиму регулирующих электростанций в энергосистеме (условно газовые станции).

2.4 Расчет удельных выбросов CO₂, связанных с потреблением и выработкой тепловой энергии

Расчет удельных выбросов CO₂, связанных с тепловой энергией, выполняется по формуле (4):

$$E_{CO_2, \text{тепл.}} = (Q_{\text{потр.}} - Q_{\text{выр.}}) \times EF_{CO_2, \text{тепл.}}, \quad (4)$$

где: $Q_{\text{потр.}}$ – удельное потребление тепловой энергии (в паре и горячей воде) в границах производственного процесса, Гкал/т продукции;

$Q_{\text{выр.}}$ – удельная выработка тепловой энергии (в паре и горячей воде) в границах производственного процесса (передела), Гкал/т продукции;

$EF_{CO_2, \text{тепл.}}$ – коэффициент выброса для тепловой энергии, т CO₂/Гкал.

Тепловая энергия включает энергию, передаваемую с паром и горячей водой. Величины $Q_{\text{потр.}}$, $Q_{\text{выр.}}$ определяются по фактическим данным предприятия. Величина $Q_{\text{потр.}}$ включает суммарное потребление тепловой энергии, как поставленной со стороны для данного производственного процесса, так и выработанной в границах производственного процесса. Тепловая энергия $Q_{\text{выр.}}$ включает суммарную выработку тепловой энергии, которая может быть потреблена как внутри, так и за границами рассматриваемого производственного процесса.

Величина $EF_{\text{тепл.}}$ принимается равной 0,27 т CO₂/Гкал для всех предприятий черной металлургии. Данная величина рассчитана исходя из предположения, что тепловая энергия вырабатывается на основе природного газа (как замыкающего топлива) с эффективностью производства и передачи тепловой энергии, равной 85%.

2.5 Расчет удельных выбросов CO₂, связанных с техническими газами и дутьем

Расчет удельных выбросов CO₂, связанных с техническими газами и дутьем, выполняется по формуле (5):

$$E_{CO_2, \text{тех.газы}} = \sum(G_i \times EF_{CO_2, \text{тех.газ},i}), \quad (5)$$

где:

G_i – удельное потребление i-технического газа, доменного дутья в границах производства, тыс. м³/т продукции;

$EF_{CO_2, \text{тех.газ},i}$ – коэффициент выброса для i-технического газа, доменного дутья, т CO₂/тыс. м³.

Технические газы включают кислород, азот, аргон, а также доменное дутье, используемые на технологические нужды в границах рассматриваемого производственного процесса (передела). Величины G_i определяются по фактическим данным предприятия без учета потерь при производстве и передаче. Расход газов приводится к стандартным условиям (20 °C, 101,325 кПа).

Величины $EF_{CO_2, \text{тех.газ},i}$ для всех предприятий черной металлургии принимаются равными для кислорода 0,355 т CO₂/тыс. м³; азота 0,103 т CO₂/тыс. м³; аргона 0,103 т CO₂/тыс. м³; доменного дутья 0,05 т CO₂/тыс. м³. Для кислорода, азота и аргона приняты значения, рекомендованные WSA по умолчанию. Для доменного дутья принято значение принято на основании экспертной оценки, основанная на анализе эффективности производства дутья паро- и электровоздуховыми. Топливом считается природный газ.

2.7 Расчет удельной поправки к прямым выбросам CO₂ на вторичные топливные газы

Расчет удельной поправки к прямым выбросам CO₂ на вторичные топливные газы, выполняется по формуле (6):

$$\Delta E_{CO_2, \text{втор.газы}} = \sum [(F_{\text{потр.},i} - F_{\text{выр.},i} + F_{\text{потери.},i}) \times \varepsilon_i] \times EF_{CO_2, \text{прир.газ}}, \quad (6)$$

где:

$EF_{CO_2, \text{прир.газ}}$ – коэффициент выброса CO_2 для природного газа, т $CO_2/\text{т у.т.}$

$F_{\text{потр.},i}$ – удельное потребление i -го вторичного топливного газа в границах производственного процесса, т у.т./т продукции;

$F_{\text{выр.},i}$ – удельная выработка (образование) i -го вторичного топливного газа в границах производственного процесса, т у.т./т продукции;

$F_{\text{потери.},i}$ – удельные потери i -го вторичного топливного газа в границах предприятия, включая сжигание на свечах, рассеивание и утечки, т у.т./т продукции;

ε_i – показатель эффективности сжигания i -го вторичного топливного газа в сравнении со сжиганием природного газа, доля.

Вторичные топливные газы включают доменный, коксовый, конвертерный газы.

Удельное потребление $F_{\text{потр.},i}$ – включает расход доменного, коксового и конвертерного газов в рассматриваемом производственном процессе. Если конвертерный (или любой другой вторичный топливный) газ не используется в качестве топлива, то при расчете по формуле (6) принимать во внимание данный газ не требуется (т.к. его вклад в поправку $\Delta E_{CO_2, \text{втор.газы}}$ равен нулю).

Величины $F_{\text{выр.},i}$, $F_{\text{потр.},i}$, $F_{\text{потери.},i}$ определяются по фактическим данным предприятия. Потери $F_{\text{потери.},i}$ принимаются по разнице между выработкой вторичного топливного газа ($F_{\text{выр.},i}$) и его суммарным полезным использованием, включая собственные объекты и отпуск сторонним потребителям.

Величины ε_i принимаются равными: для доменного газа 0,92; коксового газа 0,99; конвертерного газа 0,95.

2.8 Расчет удельных выбросов парниковых газов с учетом потенциалов глобального потепления парниковых газов

Расчет удельных выбросов парниковых выбросов в т СО₂-эквивалента (СО₂-экв.) выполняется по формуле (7):

$$E_{CO2e,y} = \sum_{i=1}^n (E_{i,y} \times GWP_i), \quad (7),$$

где:

$E_{CO2e,y}$ – удельные выбросы парниковых газов в СО₂-эквиваленте за период у, т СО₂-экв./т продукции;

$E_{i,y}$ - выбросы i-парникового газа за период у, т/т продукции;

GWP_i - потенциал глобального потепления i-парникового газа, т СО₂-экв./т;

n - количество видов выбрасываемых парниковых газов;

i - CO₂, CH₄, N₂O, CHF₃, CF₄, C₂F₆, SF₆.

Для производственных процессов (переделов) отрасли черной металлургии, при расчете удельных выбросов парниковых газов в СО₂-эквиваленте учитываются только выбросы CO₂.

Значения потенциалов глобального потепления (GWP_i) приведены в распоряжении Правительства РФ от 22 октября 2021 г. № 2979-р. Для CO₂ потенциал глобального потепления равен 1.

3. Специальные условия и требования организационного, технического и технологического характера.

Для эксплуатации данного алгоритма особых требований к компьютерной технике не предъявляется.

Операционная система Windows XP и выше, оперативная память 256 Мб, наличие пакета Office XP и более поздние версии.

4. Условия передачи документации на разработку или условия ее продажи.

Распространение и использование разработки может осуществляться с согласия авторов.

Расчетный модуль «Производство кокса»

Предприятие / Дивизион / Компания

Производственный процесс	Вид потока (вход/выход)	Тип ресурса	Вид ресурса	Единицы измерения	Основное производство					Примечание	Содержание углерода, т/т	Коэффициент выбросов CO2, т/т	Источник данных	Абсолютные валовые выбросы CO2, т								
					Суммарный годовой израсходованный объем						20_	20_	20_	20_	Среднее значение за период	20_	20_	20_	Среднее значение за период			
Производство кокса	Вход	Сырье	Коксующиеся угли	T. (сухой вес)	-	-	-	-	-	Приведено к 1000 ккал/м3. Расход коксового газа на производство кокса. Приведено к 4000 ккал/м3. Расход эл.эн. всего, включая поставленную со стороны и выработанную в данном процессе (за исключением собственных нужд источника электроэнергии) Расход тепловой энергии всего, включая поставленную со стороны и выработанную в данном процессе За исключением ремонтных и прочих вспомогательных нужд За исключением ремонтных и прочих вспомогательных нужд За исключением ремонтных и прочих вспомогательных нужд	0,0000	данные предприятия										
	Вход	Топливо	Природный газ	тыс. м3	-	-	-	-	-		0,5200	1,9053	стандартные данные									
	Вход	ВЭР	Доменный газ	прив. тыс. м3	-	-	-	-	-		0,0585	0,2142	стандартные данные									
	Вход		Коксовый газ (на производство кокса)	прив. тыс. м3	-	-	-	-	-		0,2517	0,9221	стандартные данные									
	Вход	Энергия	Электроэнергия	MВт*ч	-	-	-	-	-		-	0,5040	стандартные данные									
	Вход		Теплоэнергия (пар, сетевая вода)	Гкал	-	-	-	-	-		-	0,2700	стандартные данные									
	Вход	Технические газы	Кислород	тыс. м3	-	-	-	-	-		-	0,3550	стандартные данные									
	Вход		Азот	тыс. м3	-	-	-	-	-		-	0,1030	стандартные данные									
	Вход		Аргон	тыс. м3	-	-	-	-	-		-	0,1030	стандартные данные									
	Выход	Продукция	Кокс (валовой, всех фракций)	T. (сухой вес)	-	-	-	-	-		-	0,0000	данные предприятия									
	Выход	Побочная продукция	Каменноугольная смола + Наптален	T.	-	-	-	-	-		-	0,9249	-3,3890	стандартные данные								
	Выход	продукция	Бензол	T.	-	-	-	-	-		-	0,9230	-3,3820	стандартные данные								
	Выход	ВЭР	Коксовый газ (выработано всего)	прив. тыс. м3	-	-	-	-	-		-	0,2517	0,9221	стандартные данные								
	Выход		Коксовый газ (отпущенний другим цехам и на сторону)	прив. тыс. м3	-	-	-	-	-		-	0,2517	0,9221	стандартные данные								
	Выход		Коксовый газ (потери)	прив. тыс. м3	-	-	-	-	-		-	0,2517	0,9221	стандартные данные								
	Выход	Энергия	Электроэнергия	MВт*ч	-	-	-	-	-		-	-	-0,5040	стандартные данные								
	Выход		Теплоэнергия (пар, сетевая вода)	Гкал	-	-	-	-	-		-	-	-0,2700	стандартные данные								

$E_{CO2, прям.}^*$	Прямые выбросы в границах производства (передела) без учета вторичных топливных газов, т CO2			
$E_{CO2, электр.}$	Выбросы, связанные с электроэнергией, т CO2			
$E_{CO2, тепл.}$	Выбросы, связанные с тепловой энергией, т CO2			
$E_{CO2, тех.газы}$	Выбросы, связанные с техническими газами и дутьем, т CO2			
$\Delta E_{CO2, втор.газы}$	Поправка к прямым выбросам на вторичные топливные газы, т CO2			
	Валовые выбросы, т CO2			
	Продукт (кокс), т			

I_{CO2}	Удельные выбросы CO2, т / т продукции	Среднее значение				
		20_	20_	20_	20_	
$E_{CO2, прям.}^*$	Удельные прямые выбросы в границах производства (передела) без учета вторичных топливных газов					
$E_{CO2, электр.}$	Удельные выбросы, связанные с электроэнергией					
$E_{CO2, тепл.}$	Удельные выбросы, связанные с тепловой энергией					
$E_{CO2, тех.газы}$	Удельные выбросы, связанные с техническими газами и дутьем					
$\Delta E_{CO2, втор.газы}$	Удельная поправка к прямым выбросам на вторичные топливные газы					
	Интенсивность выбросов (бенчмарк) для определенного вида металлургической продукции					

Расчетный модуль «Производство агломерата»

Предприятие / Дивизион / Компания

Производственный процесс	Вид потока (вход/выход)	Тип ресурса	Вид ресурса	Единицы измерения	Основное производство					Примечание	Содержание углерода, т/т	Коэффициент выбросов CO2, т/т	Источник данных	Абсолютные валовые выбросы CO2, т					
					Суммарный годовой израсходованный объем						20__	20__	20__	20__	Среднее значение за период	20__	20__	20__	Среднее значение за период
Производство агломерата	Вход	Сырье	Концентрат железорудный	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	Приведено к 1000 ккал/м3. Приведено к 4000 ккал/м3. Расход эл.эн. всего, включая поставленную со стороны и выработанную в данном процессе (за исключением собственных нужд источника электроэнергии) Расход тепловой энергии всего, включая поставленную со стороны и выработанную в данном процессе За исключением ремонтных и прочих вспомогательных нужд За исключением ремонтных и прочих вспомогательных нужд За исключением ремонтных и прочих вспомогательных нужд	0,0005	0,0018	стандартные данные	0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000	-	-	-	-	0,000
	Вход		Другие железосодержащие материалы (о/т. (сухой вес)		-	-	-	-	-		0,0100	0,0366	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Вход		Пыль газоочисток	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,2500	0,9160	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Вход		Известняк	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,1200	0,4397	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Вход		Доломит	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,1300	0,4763	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Вход		Доломитовая известь	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0065	0,0238	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Вход		Известь	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0065	0,0238	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Вход		Оlivин	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0000	0,0000	данные предприятия		-	-	-	-	0,000
	Вход	Топливо	Коксовая мелочь (валовой, всех фракций)	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0000	0,0000	данные предприятия		-	-	-	-	0,000
	Вход		Антрацит	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0000	0,0000	данные предприятия		-	-	-	-	0,000
	Вход		Другие виды углей	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0000	0,0000	данные предприятия		-	-	-	-	0,000
	Вход		Природный газ	тыс. м3	-	-	-	-	-		0,5200	1,9053	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Вход		Другие виды топлива	т. у. т.	-	-	-	-	-		0,0000	0,0000	данные предприятия		-	-	-	-	0,000
	Вход	ВЭР	Доменный газ	прив. тыс. м3	-	-	-	-	-		0,0585	0,2142	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Вход		Коксовый газ	прив. тыс. м3	-	-	-	-	-		0,2517	0,9221	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Вход	Энергия	Электроэнергия	MВт*ч	-	-	-	-	-		0,5040	0,5040	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Вход		Теплоэнергия (пар, сетевая вода)	Гкал	-	-	-	-	-		0,2700	0,2700	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Вход	Технические газы	Кислород	тыс. м3	-	-	-	-	-		0,3550	0,3550	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Вход		Азот	тыс. м3	-	-	-	-	-		0,1030	0,1030	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Вход		Аргон	тыс. м3	-	-	-	-	-		0,1030	0,1030	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Выход	Продукция	Агломерат (бункерный)	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0003	-0,0011	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Выход	Энергия	Электроэнергия	MВт*ч	-	-	-	-	-		-0,5040	-0,5040	стандартные данные		-	-	-	-	0,000
	Выход		Теплоэнергия (пар, сетевая вода)	Гкал	-	-	-	-	-		-0,2700	-0,2700	стандартные данные		-	-	-	-	0,000

$E_{CO2, \text{драм.}}^*$	Прямые выбросы в границах производства (передела) без учета вторичных топливных газов, т CO2	0,000
$E_{CO2, \text{электр.}}$	Выбросы, связанные с электроэнергией, т CO2	0,000
$E_{CO2, \text{тепл.}}$	Выбросы, связанные с тепловой энергией, т CO2	0,000
$E_{CO2, \text{тех.газы}}$	Выбросы, связанные с техническими газами и дутьем, т CO2	0,000
$\Delta E_{CO2, \text{втор.газы}}$	Поправка к прямым выбросам на вторичные топливные газы, т CO2	0,000
	Валовые выбросы, т CO2	0,000
	Продукт (агломерат), т	0,000

$E_{CO2, \text{драм.}}^*$	Удельные выбросы CO2, т / т продукции				Среднее значение
	20__	20__	20__	20__	
$E_{CO2, \text{драм.}}^*$	-	-	-	-	
$E_{CO2, \text{электр.}}$	-	-	-	-	
$E_{CO2, \text{тепл.}}$	-	-	-	-	
$E_{CO2, \text{тех.газы}}$	-	-	-	-	
$\Delta E_{CO2, \text{втор.газы}}$	-	-	-	-	
I_{CO2}	Интенсивность выбросов (бенчмарк) для определенного вида металлургической продукции	-	-	-	

Расчетный модуль «Производство железорудных окатышей»

Предприятие / Дивизион / Компания

Производственный процесс	Вид потока (вход/выход)	Тип ресурса	Вид ресурса	Единицы измерения	Основное производство					Примечание	Содержание углерода, т/т	Коэффициент выбросов CO2, т/т	Источник данных	Абсолютные валовые выбросы CO2, т						
					Суммарный годовой израсходованный объем						20_	20_	20_	20_	Среднее значение за период	20_	20_	20_	Среднее значение за период	
Производство железорудных окатышей	Вход	Сырье	Концентрат железорудный	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	Приведено к 1000 ккал/м3. Приведено к 4000 ккал/м3. Расход эл.эн. всего, включая поставленную со стороны и выработанную в данном процессе (за исключением собственных нужд источника электроэнергии) Расход тепловой энергии всего, включая поставленную со стороны и выработанную в данном процессе За исключением ремонтных и прочих вспомогательных нужд За исключением ремонтных и прочих вспомогательных нужд За исключением ремонтных и прочих вспомогательных нужд	0,0005	0,0018	стандартные данные	-	-	-	-	-	0,000	
	Вход		Другие железосодержащие материалы (о/т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	0,0100	0,0366	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Вход		Бентонит	т. (сухой вес)	-	-	-	-	0,0050	0,0183	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Вход		Известь	т. (сухой вес)	-	-	-	-	0,0065	0,0238	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Вход		Известняк	т. (сухой вес)	-	-	-	-	0,1200	0,4397	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Вход		Другие Флюсы (ФМ-1, МАХГ, ФМИ, ФОМИ) т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	0,0000	0,0000	данные предприятия	-	-	-	-	0,000				
	Вход	Топливо	Природный газ	тыс. м3	-	-	-	-	0,5200	1,9053	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Вход		Мазут	т. у. т.	-	-	-	-	0,6200	2,2717	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Вход		Другие виды топлива	т. у. т.	-	-	-	-	0,0000	0,0000	данные предприятия	-	-	-	-	0,000				
	Вход	VЭР	Доменный газ	прив. тыс. м3	-	-	-	-	0,0585	0,2142	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Вход		Коксовый газ	прив. тыс. м3	-	-	-	-	0,2517	0,9221	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Вход	Энергия	Электроэнергия	MВт*ч	-	-	-	-		0,5040	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Вход		Теплоэнергия (пар, сетевая вода)	Гкал	-	-	-	-		0,2700	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Вход		Технические газы	Кислород	тыс. м3	-	-	-		0,3550	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Вход			Азот	тыс. м3	-	-	-		0,1030	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Вход			Аргон	тыс. м3	-	-	-		0,1030	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Выход	Продукция	Окатыши	т. (сухой вес)	-	-	-	-	0,0003	-0,0011	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Выход	Отход/BMP	Отсев окатышей	т. (сухой вес)	-	-	-	-	0,0003	-0,0011	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Выход	Энергия	Электроэнергия	MВт*ч	-	-	-	-		-0,5040	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				
	Выход		Теплоэнергия (пар, сетевая вода)	Гкал	-	-	-	-		-0,2700	стандартные данные	-	-	-	-	0,000				

$E_{CO2,прям.}^*$	Прямые выбросы в границах производства (передела) без учета вторичных топливных газов, т CO2	-	-	-	-	-	0,000
$E_{CO2,электр.}$	Выбросы, связанные с электроэнергией, т CO2	-	-	-	-	-	0,000
$E_{CO2,тепл.}$	Выбросы, связанные с тепловой энергией, т CO2	-	-	-	-	-	0,000
$E_{CO2,техгазы}$	Выбросы, связанные с техническими газами и дутьем, т CO2	-	-	-	-	-	0,000
$\Delta E_{CO2,втор.газы}$	Поправка к прямым выбросам на вторичные топливные газы, т CO2	-	-	-	-	-	0,000
$E_{CO2,втор.газы}$	Валовые выбросы, т CO2	-	-	-	-	-	0,000
$П$ родукт (окатыши), т	Продукт (окатыши), т	-	-	-	-	-	0,000
	Удельные выбросы CO2, т / продукцию	20_	20_	20_	20_		Среднее значение

$E_{CO2,прям.}^*$	Удельные прямые выбросы в границах производства (передела) без учета вторичных топливных газов	-	-	-	-	-	
$E_{CO2,электр.}$	Удельные выбросы, связанные с электроэнергией	-	-	-	-	-	
$E_{CO2,тепл.}$	Удельные выбросы, связанные с тепловой энергией	-	-	-	-	-	
$E_{CO2,техгазы}$	Удельные выбросы, связанные с техническими газами и дутьем	-	-	-	-	-	
$\Delta E_{CO2,втор.газы}$	Удельная поправка к прямым выбросам на вторичные топливные газы	-	-	-	-	-	
I_{CO2}	Интенсивность выбросов (бенчмарк) для определенного вида металлургической продукции	-	-	-	-	-	

Расчетный модуль «Производство чугуна в доменных печах»

Предприятие / Дивизион / Компания

Производственный процесс	Вид потока (вход/выход)	Тип ресурса	Вид ресурса	Единицы измерения	Суммарный годовой израсходованный объем					Примечание	Содержание углерода, т/т	Коэффициент выбросов CO2, т/т	Источник данных	Абсолютные валовые выбросы CO2, т				
					20_	20_	20_	20_	Среднее значение за период					20_	20_	20_	20_	Среднее значение за период
Производство чугуна в доменных печах	Вход	Сырье	Кусковая руда	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	Расход доменного газа на производство чугуна. Приведено к 1000 ккал/м3.	0,0100	0,0366	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Вход		Концентрат железорудный	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0005	0,0018	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Вход		Агломерат	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0003	0,0011	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Вход		Окатиши	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0003	0,0011	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Вход		Другие железосодержащие материалы (о/т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	-		0,0100	0,0366	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Вход		Лом	Т.	-	-	-	-	-		0,0025	0,0092	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Вход	Топливо	Кокс (валовой, всех фракций)	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0000	0,0000	данные предприятия	-	-	-	-	0,000
	Вход		Антрацит	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0000	0,0000	данные предприятия	-	-	-	-	0,000
	Вход		Пылеуглеродное топливо (PUT)	Т.	-	-	-	-	-		0,0000	0,0000	данные предприятия	-	-	-	-	0,000
	Вход		Другие виды углей	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0000	0,0000	данные предприятия	-	-	-	-	0,000
	Вход		Природный газ	тыс. м3	-	-	-	-	-		0,5200	1,9053	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Вход	ВЭР	Доменный газ	прив. тыс. м3	-	-	-	-	-		0,0585	0,2142	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Вход		Коксовый газ	прив. тыс. м3	-	-	-	-	-		0,2517	0,9221	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Вход	Энергия	Электроэнергия	МВт*ч	-	-	-	-	-		0,5040	0,5040	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Вход		Теплоэнергия (пар, сетевая вода)	Гкал	-	-	-	-	-		0,2700	0,2700	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Вход	Технические газы	Дутье	тыс. м3	-	-	-	-	-		0,0500	0,0500	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Вход		Кислород	тыс. м3	-	-	-	-	-		0,3550	0,3550	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Вход		Азот	тыс. м3	-	-	-	-	-		0,1030	0,1030	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Вход		Аргон	тыс. м3	-	-	-	-	-		0,1030	0,1030	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Выход	Продукция	Чугун жидккий	Т.	-	-	-	-	-		0,0000	0,0000	данные предприятия	-	-	-	-	0,000
	Выход	ВЭР	Доменный газ (выработано всего)	прив. тыс. м3	-	-	-	-	-		-0,0585	-0,2142	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Выход		Доменный газ (отпущененный другим цехам прив.	тыс. м3	-	-	-	-	-		-0,0585	-0,2142	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Выход		Доменный газ (потери)	прив. тыс. м3	-	-	-	-	-		0,0585	0,2142	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Выход	Отход/BMP	Газовая пыль (колошниковая, газоочисток)	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,2500	-0,9160	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Выход		Шлак	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0010	-0,0037	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Выход		Шлам газоочисток	Т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,2500	-0,9160	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Выход	Энергия	Электроэнергия	МВт*ч	-	-	-	-	-		0,5040	-0,5040	стандартные данные	-	-	-	-	0,000
	Выход		Теплоэнергия (пар, сетевая вода)	Гкал	-	-	-	-	-		-0,2700	-0,2700	стандартные данные	-	-	-	-	0,000

$E_{CO2\text{прам.}}^*$	Прямые выбросы в границах производства (передела) без учета вторичных топливных газов, т CO ₂	-	-	-	-	0,000
$E_{CO2\text{электр.}}$	Выбросы, связанные с электроэнергией, т CO ₂	-	-	-	-	0,000
$E_{CO2\text{тепл.}}$	Выбросы, связанные с тепловой энергией, т CO ₂	-	-	-	-	0,000
$E_{CO2\text{тех.газы}}$	Выбросы, связанные с техническими газами и дутвем, т CO ₂	-	-	-	-	0,000
$\Delta E_{CO2\text{втор.газы}}$	Поправка к прямым выбросам на вторичные топливные газы, т CO ₂	-	-	-	-	0,000
	Валовые выбросы, т CO ₂	-	-	-	-	0,000
	Продукт (чугун), т	-	-	-	-	0,000
		Удельные выбросы CO ₂ , т / т продукции				Среднее значение
		20	20	20	20	
$E_{CO2\text{прам.}}^*$	Удельные прямые выбросы в границах производства (передела) без учета вторичных топливных газов					
$E_{CO2\text{электр.}}$	Удельные выбросы, связанные с электроэнергией	-	-	-	-	
$E_{CO2\text{тепл.}}$	Удельные выбросы, связанные с тепловой энергией	-	-	-	-	
$E_{CO2\text{тех.газы}}$	Удельные выбросы, связанные с техническими газами и дутвем	-	-	-	-	
$\Delta E_{CO2\text{втор.газы}}$	Удельная поправка к прямым выбросам на вторичные топливные газы	-	-	-	-	
I_{CO2}	Интенсивность выбросов (бенчмарки) для определенного вида металлургической продукции					

Расчетный модуль «Производство железа прямого восстановления»

Предприятие / Дивизион / Компания

Производственный процесс	Вид потока (вход/выход)	Тип ресурса	Вид ресурса	Единицы измерения	Основное производство					Примечание	Содержание углерода, т/т	Коэффициент выбросов CO2, т/т	Источник данных	Абсолютные валовые выбросы CO2, т																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
					Суммарный годовой израсходованный объем									20_	20_	20_	20_	Среднее значение за период																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Производство железа прямого восстановления	Вход	Сырье	Кусковая руда для прямого восстановления Т. (сухой вес)		-	-	-	-	-	Краткое описание производственного процесса: Входные ресурсы: Кусковая руда для прямого восстановления Т. (сухой вес), Окатыши для прямого восстановления Т. (сухой вес), Природный газ тыс. м3, Энергия МВт*ч, Технические газы тыс. м3, Азот тыс. м3, Аргон тыс. м3, Продукция Железо прямого восстановления Т.	0,0100	0,0366	стандартные данные	-	-	-	-	-	0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	Вход		Окатыши для прямого восстановления Т. (сухой вес)		-	-	-	-	-		0,0003	0,0011	стандартные данные	-	-	-	-	0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	Вход	Топливо	Природный газ	тыс. м3	-	-	-	-	-		0,5200	1,9053	стандартные данные	-	-	-	-	0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	Вход	Энергия	Электроэнергия	МВт*ч	-	-	-	-	-			0,5040	стандартные данные	-	-	-	-	0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	Вход		Теплоэнергия (пар, сетевая вода) (за искл Гкал		-	-	-	-	-			0,2700	стандартные данные	-	-	-	-	0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	Вход	Технические газы	Кислород	тыс. м3	-	-	-	-	-			0,3550	стандартные данные	-	-	-	-	0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	Вход		Азот	тыс. м3	-	-	-	-	-			0,1030	стандартные данные	-	-	-	-	0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	Вход		Аргон	тыс. м3	-	-	-	-	-			0,1030	стандартные данные	-	-	-	-	0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	Выход	Продукция	Железо прямого восстановления	Т.	-	-	-	-	-			0,0000	данные предприятия	-	-	-	-	0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	Выход	Энергия	Электроэнергия	МВт*ч	-	-	-	-	-			-0,5040	стандартные данные	-	-	-	-	0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	Выход		Теплоэнергия (пар, сетевая вода)	Гкал	-	-	-	-	-			-0,2700	стандартные данные	-	-	-	-	0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Ключевые показатели производственного процесса: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">$E_{CO2,прям.}^*$</td> <td style="width: 10%;">$E_{CO2,прям.}$</td> <td colspan="4">Прямые выбросы в границах производства (передела) без учета вторичных топливных</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>$E_{CO2,электр.}$</td> <td></td> <td colspan="4">Выбросы, связанные с электроэнергией, т CO2</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>$E_{CO2,тепл.}$</td> <td></td> <td colspan="4">Выбросы, связанные с тепловой энергией, т CO2</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>$E_{CO2,тех.газы}$</td> <td></td> <td colspan="4">Выбросы, связанные с техническими газами и дутьем, т CO2</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="4">Валовые выбросы, т CO2</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="4">Проверка: т CO2</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="4">Продукт (ПВЖ), т</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td colspan="5">Удельные выбросы CO2, т / т продукции</td> <td colspan="4">Среднее значение</td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td>20_</td> <td>20_</td> <td>20_</td> <td>20_</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> </tr></table>	$E_{CO2,прям.}^*$	$E_{CO2,прям.}$	Прямые выбросы в границах производства (передела) без учета вторичных топливных																0,000	$E_{CO2,электр.}$		Выбросы, связанные с электроэнергией, т CO2																0,000	$E_{CO2,тепл.}$		Выбросы, связанные с тепловой энергией, т CO2																0,000	$E_{CO2,тех.газы}$		Выбросы, связанные с техническими газами и дутьем, т CO2																0,000			Валовые выбросы, т CO2																0,000			Проверка: т CO2																0,000			Продукт (ПВЖ), т																0,000											Удельные выбросы CO2, т / т продукции					Среднее значение														20_	20_	20_	20_																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
$E_{CO2,прям.}^*$	$E_{CO2,прям.}$	Прямые выбросы в границах производства (передела) без учета вторичных топливных																0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
$E_{CO2,электр.}$		Выбросы, связанные с электроэнергией, т CO2																0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
$E_{CO2,тепл.}$		Выбросы, связанные с тепловой энергией, т CO2																0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
$E_{CO2,тех.газы}$		Выбросы, связанные с техническими газами и дутьем, т CO2																0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		Валовые выбросы, т CO2																0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		Проверка: т CO2																0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		Продукт (ПВЖ), т																0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
										Удельные выбросы CO2, т / т продукции					Среднее значение																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
										20_	20_	20_	20_																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

Расчетный модуль «Производство стали в конвертерах»

Предприятие / Дивизион / Компания

Производственный процесс	Вид потока (вход/выход)	Тип ресурса	Вид ресурса	Единицы измерения	Основное производство					Примечание	Содержание углерода, т/т	Коэффициент выбросов CO2, т/т	Источник данных	Абсолютные валовые выбросы CO2, т						
					Суммарный годовой израсходованный объем						20_	20_	20_	20_	Среднее значение за период	20_	20_	20_	20_	
Производство стали в конвертерах	Вход	Сырье	Чугун жидкий	т.	-	-	-	-	-	Приведено к 1000 ккал/м3. Приведено к 4000 ккал/м3. Расход эл.эн. всего, включая поставленную со стороны и выработанную в данном процессе (за исключением собственных нужд источника электроэнергии) Расход тепловой энергии всего, включая поставленную со стороны и выработанную в данном процессе За исключением ремонтных и прочих вспомогательных нужд За исключением ремонтных и прочих вспомогательных нужд За исключением ремонтных и прочих вспомогательных нужд	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-	-	-	-	0,000
	Вход	Чугун твердый (чушки)	т.	-	-	-	-	-	-		0,0025	0,0092	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Лом	т.	-	-	-	-	-	-		0,0170	0,0623	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Железо прямого восстановления	т.	-	-	-	-	-	-		0,0100	0,0366	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Руда	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	-		0,0000	0,0000	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Окалина	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	-		0,0065	0,0238	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Известь	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	-		0,1200	0,4397	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Известняк	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	-		0,1300	0,4763	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Доломит	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	-		0,0065	0,0238	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Доломитовая известь	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	-		0,0000	0,0000	данные предприятия	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Другие флюсы (ФМ-1, МАХГ, ФМИ и т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	-	-		0,0010	0,0037	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Ферросилиций	т.	-	-	-	-	-	-		0,0050	0,0183	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Ферросиликомарганец	т.	-	-	-	-	-	-		0,0500	0,1832	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Ферромарганец	т.	-	-	-	-	-	-		0,0100	0,0366	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Феррохром	т.	-	-	-	-	-	-		0,0120	0,0440	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Другие ферросплавы (феррованадий, ферр.т.	-	-	-	-	-	-	-		0,5200	1,9053	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Топливо	Уголь и другие углеродсодержащие	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,9990	3,6603	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Природный газ	тыс. м3	-	-	-	-	-	-		0,0585	0,2142	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Электроды	Графитовые электроды	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,2517	0,9221	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	ВЭР	Доменный газ	прив. тыс. м3	-	-	-	-	-		0,5040	0,0000	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Коксовый газ	прив. тыс. м3	-	-	-	-	-	-		0,2700	0,0000	данные предприятия	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Энергия	Электроэнергия	MВт*ч	-	-	-	-	-		0,3550	0,1030	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Теплоэнергия (пар, сетевая вода)	Гкал	-	-	-	-	-	-		0,1030	0,1030	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Технические газы	Кислород	тыс. м3	-	-	-	-	-		0,0470	-0,1722	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Азот	тыс. м3	-	-	-	-	-	-		0,0010	-0,0037	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Вход	Аргон	тыс. м3	-	-	-	-	-	-		0,0010	-0,0037	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Выход	Продукция	Литая сталь (слабы, слитки, блом и др. заг.т.	-	-	-	-	-	-		0,0010	-0,0037	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Выход	Отход/БМР	Лом (немерные заготовки, обрезь, угар, б/т.	-	-	-	-	-	-		0,0010	-0,0037	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Выход	Шлак конвертерный	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	-		0,0010	-0,0037	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Выход	Пыль и шламы газоочистки конверторной	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	-		0,0470	-0,5040	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Выход	Энергия	Электроэнергия	MВт*ч	-	-	-	-	-		-0,2700	0,0000	стандартные данные	-	-	-	-	0,000		
	Выход	Теплоэнергия (пар, сетевая вода)	Гкал	-	-	-	-	-	-		-0,2700	0,0000	данные предприятия	-	-	-	-	0,000		

$E_{CO2,прям.}^*$	Удельные выбросы в границах производства (передела) без учета вторичных топливных газов, т CO2	Удельные выбросы CO2, т / т продукции				Среднее значение	
		20_	20_	20_	20_		
$E_{CO2,прям.}^*$	Прямые выбросы в границах производства (передела) без учета вторичных топливных газов, т CO2	-	-	-	-	0,000	
$E_{CO2,электр.}$	Выбросы, связанные с электроэнергией, т CO2	-	-	-	-	0,000	
$E_{CO2,тепл.}$	Выбросы, связанные с тепловой энергией, т CO2	-	-	-	-	0,000	
$E_{CO2,тех.газы}$	Выбросы, связанные с техническими газами и дутьем, т CO2	-	-	-	-	0,000	
$\Delta E_{CO2,втор.газы}$	Поправка к прямым выбросам на вторичные топливные газы, т CO2	-	-	-	-	0,000	
	Валовые выбросы, т CO2	-	-	-	-	0,000	
	Продукт (сталь конвертерная), т	-	-	-	-	0,000	
$E_{CO2,прям.}^*$	Удельные прямые выбросы в границах производства (передела) без учета вторичных топливных газов	Удельные выбросы CO2, т / т продукции				Среднее значение	
$E_{CO2,электр.}$	Удельные выбросы, связанные с электроэнергией	Удельные выбросы CO2, т / т продукции					
$E_{CO2,тепл.}$	Удельные выбросы, связанные с тепловой энергией	Удельные выбросы CO2, т / т продукции					
$E_{CO2,тех.газы}$	Удельные выбросы, связанные с техническими газами и дутьем	Удельные выбросы CO2, т / т продукции					
$\Delta E_{CO2,втор.газы}$	Удельная поправка к прямым выбросам на вторичные топливные газы	Удельные выбросы CO2, т / т продукции					
I_{CO2}	Интенсивность выбросов (бенчмарк) для определенного вида металлургической продукции	Удельные выбросы CO2, т / т продукции					

Расчетный модуль «Производство стали в электродуговых печах»

Предприятие / Дивизион / Компания

Производственный процесс	Вид потока (вход/выход)	Тип ресурса	Вид ресурса	Единицы измерения	Суммарный годовой израсходованный объем					Примечание	Содержание углерода, т/т	Коэффициент выбросов CO2, т/т	Источник данных	Абсолютные валовые выбросы CO2, т							
					20_	20_	20_	20_	Среднее значение за период					20_	20_	20_	20_	Среднее значение за период			
Производство стали в электродуговых печах	Вход	Сырье	Чугун жидкий	т.	-	-	-	-	-	Приведено к 1000 ккал/м3. Приведено к 4000 ккал/м3. Расход эл.эн. всего, включая поставленную со стороны и выработанную в данном процессе (за исключением собственных нужд источника электроэнергии) Расход тепловой энергии всего, включая поставленную со стороны и выработанную в данном процессе За исключением ремонтных и прочих вспомогательных нужд За исключением ремонтных и прочих вспомогательных нужд За исключением ремонтных и прочих вспомогательных нужд	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Вход	Чугун твердый (чушки)	т.	-	-	-	-	-	-		0,0025	0,0092	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Лом	т.	-	-	-	-	-	-		0,0170	0,0623	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Железо прямого восстановления	т.	-	-	-	-	-	-		0,0100	0,0366	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Руда	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	-		0,0065	0,0238	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Известь	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	-		0,1200	0,4397	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Известняк	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	-		0,0000	0,0000	данные предприятия	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Другие Флюсы (ФМ-1, МАХГ, ФМИ, ФОМИ и т. (сухой вес)	т.	-	-	-	-	-	-		0,0010	0,0037	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Окалина	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-	-		0,0050	0,1833	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Ферросилиций	т.	-	-	-	-	-	-		0,0100	0,0366	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Ферросиликомарганец	т.	-	-	-	-	-	-		0,0500	0,1832	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Ферромарганец	т.	-	-	-	-	-	-		0,0100	0,0366	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Феррохром	т.	-	-	-	-	-	-		0,0120	0,0440	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Другие ферросплавы (феррованадий, ферр.	т.	-	-	-	-	-	-		0,0000	0,0000	данные предприятия	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Топливо	Уголь и другие углеродсодержащие	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,5200	1,9053	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Природный газ	тыс. м3	-	-	-	-	-	-		0,9990	3,6603	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Электроды	Электроды	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0585	0,2142	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	ВЭР	Доменный газ	прив. тыс. м3	-	-	-	-	-		0,2517	0,9221	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Коксовый газ	прив. тыс. м3	-	-	-	-	-	-		0,5040	0,0000	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Энергия	Электроэнергия	MВт*ч	-	-	-	-	-		0,2700	0,0000	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход		Теплоэнергия (пар, сетевая вода)	Гкал	-	-	-	-	-		0,3550	0,0000	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Технические газы	Кислород	тыс. м3	-	-	-	-	-		0,1030	0,0000	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Аргон	тыс. м3	-	-	-	-	-	-		0,1030	0,0000	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Вход	Азот	тыс. м3	-	-	-	-	-	-		0,0010	-0,0037	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Выход	Продукция	Литая сталь (слибы, слитки, блюм и др. заг.	т.	-	-	-	-	-		0,0010	-0,0037	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Выход	Отход/БМР	Шлак ЭСП производства	т. (сухой вес)	-	-	-	-	-		0,0010	-0,0037	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Выход		Лом (немерные заготовки, обрезь, угар, бт.	т.	-	-	-	-	-		0,0010	-0,0037	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Выход	Энергия	Электроэнергия	MВт*ч	-	-	-	-	-		-0,5040	0,0000	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			
	Выход		Теплоэнергия (пар, сетевая вода)	Гкал	-	-	-	-	-		-0,2700	0,0000	стандартные данные	-	-	-	-	0,0000			

$E_{CO2,prim}^*$	Прямые выбросы в границах производства (передела) без учета вторичных топливных газов, т CO2				Среднее значение
	20_	20_	20_	20_	
$E_{CO2,электр}^*$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$E_{CO2,тепл}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$E_{CO2,тех.газы}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\Delta E_{CO2,втор.газы}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Удельные выбросы CO2, т / т продукции				Среднее значение
	20_	20_	20_	20_	
$E_{CO2,драм}^*$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$E_{CO2,электр}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$E_{CO2,тепл}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$E_{CO2,тех.газы}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\Delta E_{CO2,втор.газы}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
I_{CO2}	Интенсивность выбросов (бенчмарк) для определенного вида металлургической продукции				

Приложение 3

Результаты бенчмаркинга углеродоемкости в черной металлургии

Результаты бенчмаркинга углеродоемкости для производственных процессов черной металлургии представлены на рисунках П 3.1 – П 3.6.

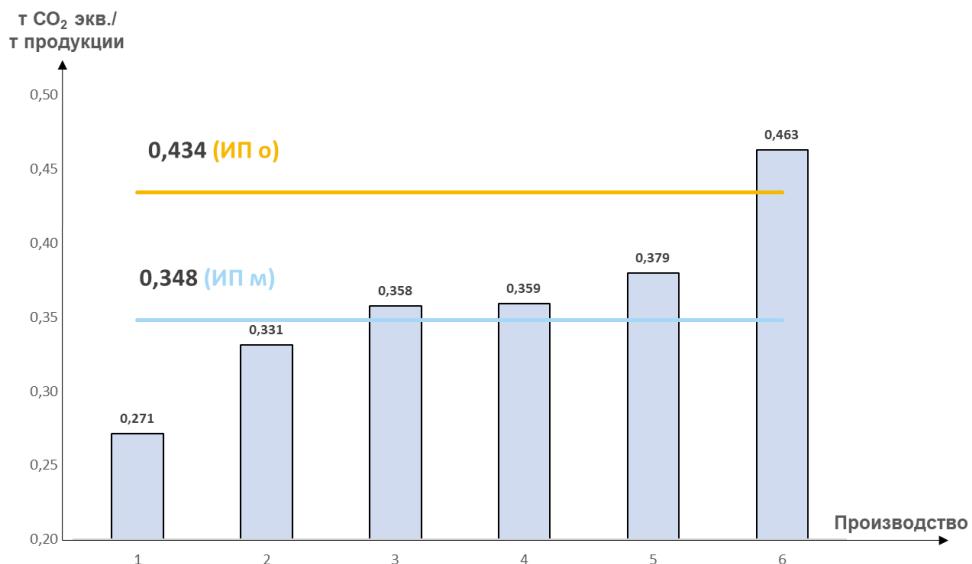


Рисунок П 3.1 – Результаты бенчмаркинга углеродоемкости
для производства кокса

Источник: рисунок составлен автором

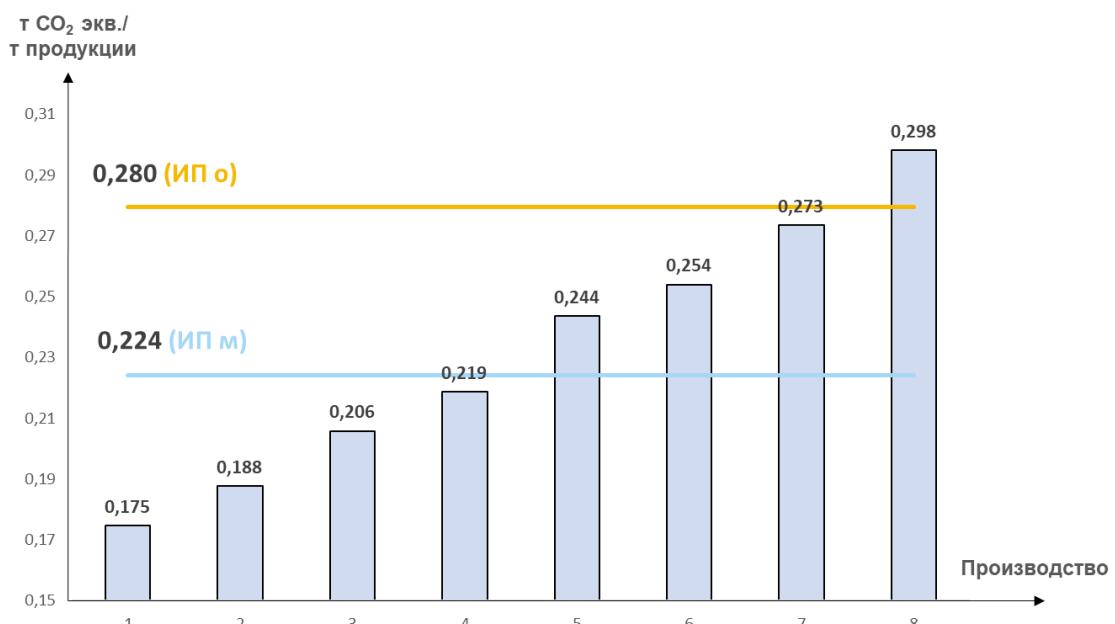


Рисунок П 3.2 – Результаты бенчмаркинга углеродоемкости
для производства агломерата

Источник: рисунок составлен автором

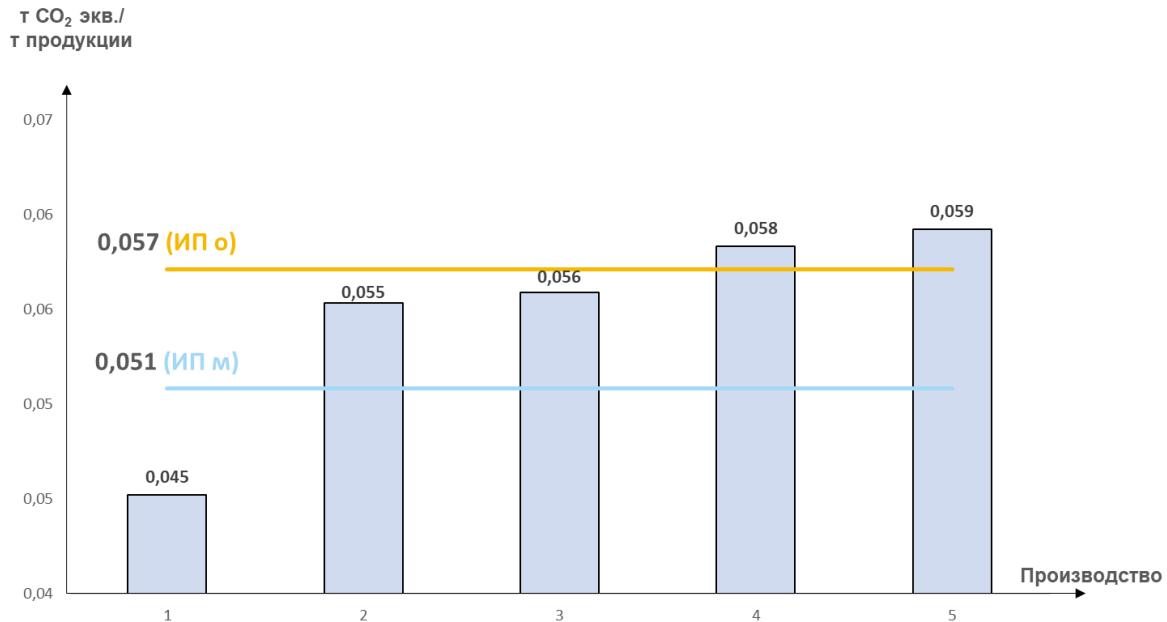


Рисунок П 3.3 – Результаты бенчмаркинга углеродоемкости
для производства окатышей

Источник: рисунок составлен автором

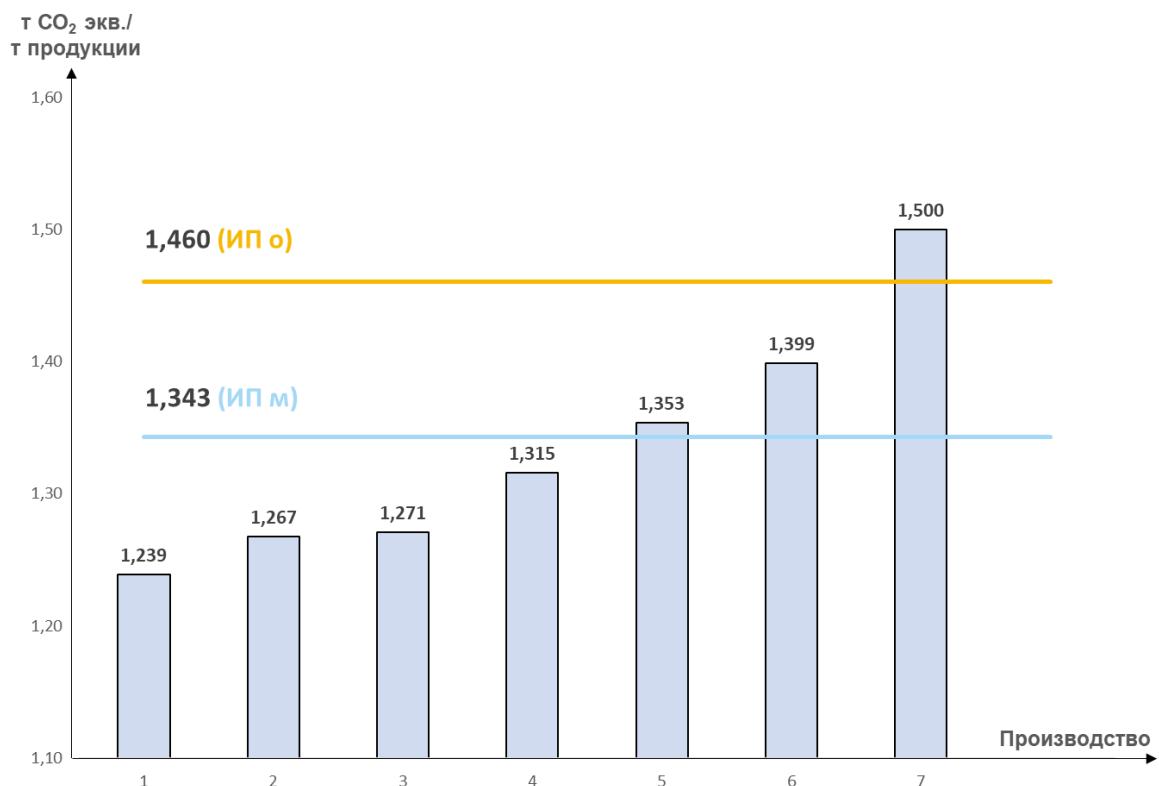


Рисунок П 3.4 – Результаты бенчмаркинга углеродоемкости
для производства чугуна в доменных печах

Источник: рисунок составлен автором

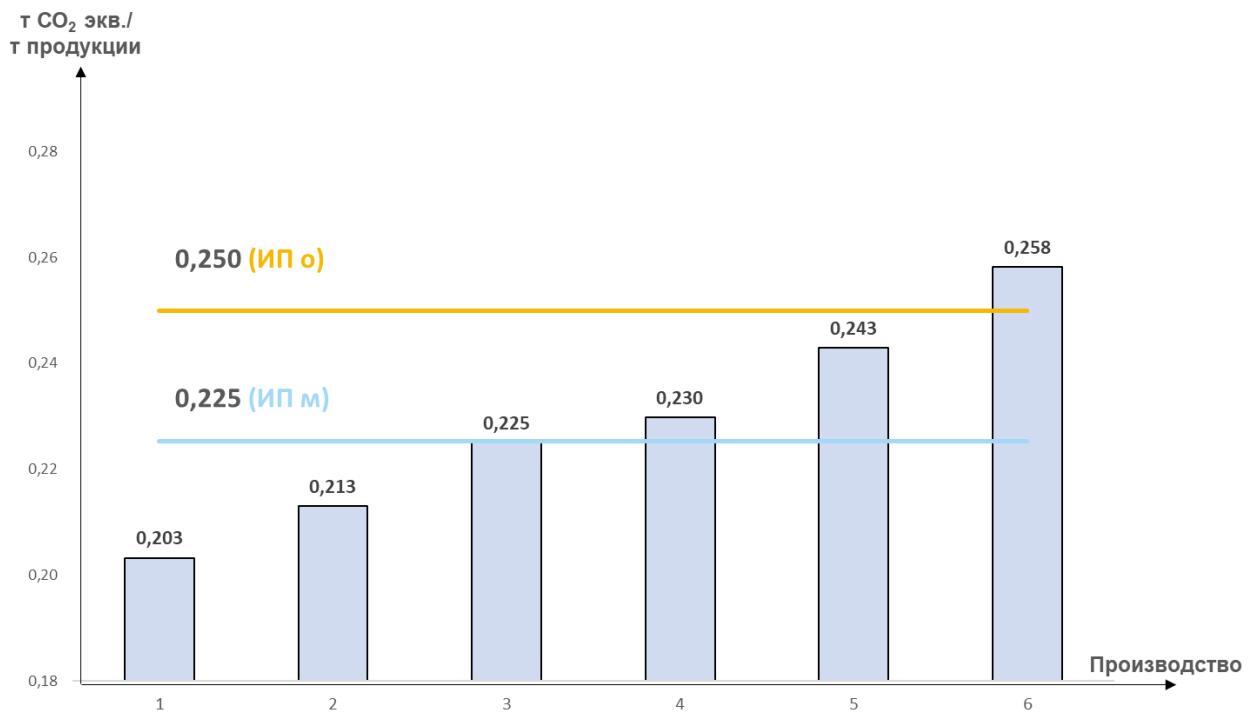


Рисунок П 3.5 – Результаты бенчмаркинга углеродоемкости

для производства стали в конвертерах

Источник: рисунок составлен автором

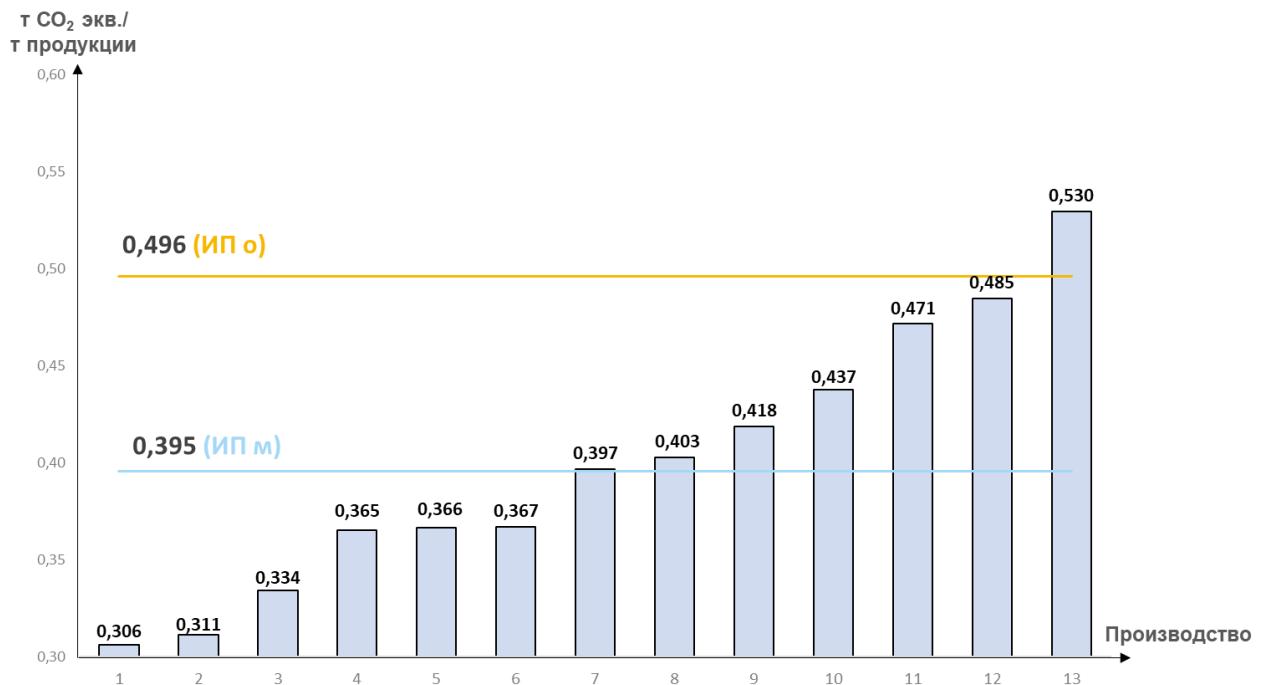


Рисунок П 3.6 – Результаты бенчмаркинга углеродоемкости

для производства стали в электродуговых печах

Источник: рисунок составлен автором