

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

Доброхотова Мария Викторовна

РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО
МЕХАНИЗМА РЕГУЛИРОВАНИЯ УГЛЕРОДОЕМКОСТИ
В ОТРАСЛИ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Специальность: 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель –
доктор экономических наук
Скобелев Дмитрий Олегович

Москва – 2024

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 РФ 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 CO₂-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 CO₂ как минимум на 30 % к 2050 г. Дополнительный

стимул для ограничения выбросов CO₂ 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 экспортеры, 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 металлургической продукции в новых формирующихся и существующих экономических реалиях.

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. Скобелев, С. В. Федосеев, А. Е. Череповицын, А. И. Шинкевич, R. Almgren, R. Van Berkel, 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. Алексева, 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 от-

раслевого 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.); LVII 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 экспертном 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.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассмотрены теоретические основы устойчивого развития промышленности, уточнены стратегические приоритеты и определение устойчивого развития промышленности. Предложена классификация инструментов управления декарбонизацией, основанная на результатах анализа и обобщения наиболее распространенных в мире практик. Обоснована необходимость внедрения в Российской Федерации организационно-экономического регулирования углеродоемкости в промышленности.

Во второй главе описаны предложенные автором (1) направления применения концепции НДТ для формирования организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости и (2) система национального отраслевого бенчмаркинга углеродоемкости в отрасли черной металлургии. Впервые разработаны индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов в черной металлургии.

В третьей главе представлен организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости в отрасли черной металлургии, позволяющий проводить оценку ресурсной эффективности проектов модернизации отрасли и обосновывать инвестиционные решения. Выполнена экономическая оценка разработанного механизма.

Основные результаты диссертации получили отражение в следующих выносимых на защиту положениях.

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.

Особенностью формирования низкоуглеродной экономики в рамках текущего Четвертого энергоперехода становится не столько технологическая потребность и повышение эффективности производства, сколько качественно новый фактор, связанный с необходимостью ограничения воздействия на биосферу путем сокращения техногенных выбросов CO₂ и снижения скорости и интенсивности климатических изменений.

В диссертационном исследовании выделены ключевые стратегические приоритеты, влияющие на устойчивое развитие промышленных систем, и обусловленные Четвертым энергопереходом:

– 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;

– возрастающая потребность в обеспечении экономической и энергетической безопасности значительного числа стран, обусловленная текущей геополитической обстановкой и связанная с недостаточными запасами ископаемого топлива, энергозастойчивостью экономик,

изношенностью энергосистем, ограничением доступа к современным технологиям, необходимым для реализации новых проектов;

– 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;

– 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;

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

В условиях энергоперехода при определении приоритетов развития промышленного сектора необходимо учитывать позиции стейкхолдеров. Устойчивое развитие организации все больше зависит от качества ее взаимоотношений с заинтересованными сторонами, так как социально-экологические и климатические проблемы невозможно 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 показано **концептуальное представление устойчивого развития промышленности** с учетом уточненных в диссертационном исследовании стратегических приоритетов.

В работе 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.



Рисунок 1 – Концептуальное представление устойчивого развития промышленности в условиях энергоперехода

Источник: рисунок составлен автором

Главной движущей силой реализации мероприятий, направленных на снижение углеродоемкости в промышленности, является государство и его регулирующее воздействие; при этом важно совершенствовать существующие и создавать новые инструменты регулирования, учитывающие организационно-экономические, рыночные и нерыночные подходы. К числу таких инструментов относятся (1) формирование налоговой системы, стимулирующей компании снижать углеродный след, (2) создание системы торговли выбросами, (3) организация закупок, (4) развитие рынков зеленого финансирования и др.

С учетом зарубежного и отечественного опыта регулирования, автором предложена классификация инструментов регулирования углеродоемкости, охватывающая наиболее распространенные в мире подходы (рисунок 2).

Повестка устойчивого развития (и, в частности, климатическая повестка) наиболее ярко проявляется на рынках западных стран, однако активный рост инициатив в данной области наблюдается и в восточных регионах. Реализация повестки предусматривается в основном путем применения экономических и комбинированных инструментов регулирования углеродоемкости, прямые запреты и ограничения устанавливаются редко.

Если развитие западных практик обусловлено в основном требованиями инвесторов, то драйверами устойчивого развития на азиатских рынках выступают правительства. Они обеспечивают контроль не только за исполнением международных обязательств, но и за решением

региональных проблем. Уровень развития повестки устойчивого развития существенно отличается в странах Азиатско-Тихоокеанского региона и Ближнего Востока. При этом общими чертами является совершенствование национальных законодательств и развитие механизмов управления декарбонизацией, в том числе установление обязательных биржевых требований. Особое внимание в этих регионах уделяется вопросам изменения климата, а также ответственного управления цепочками поставок.

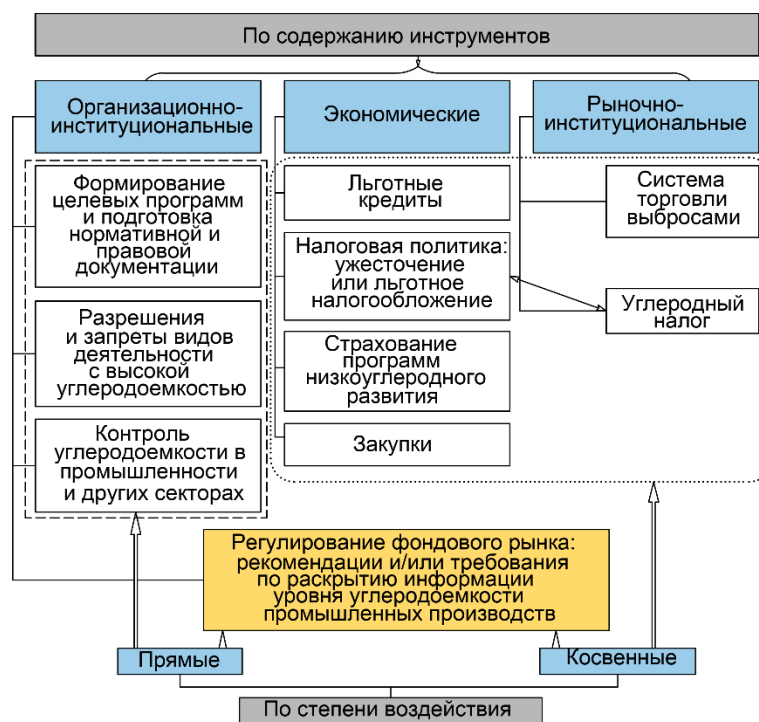


Рисунок 2 – Классификация инструментов регулирования углеродоемкости

Источник: рисунок составлен автором

Такое положение дел формирует вызов для системообразующих углеродоемких отраслей российской промышленности, в том числе ориентированных на экспорт, и требует от государства разработки гармонизированного с международными подходами организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости в промышленности, в основу которого может быть положена представленная классификация действующих в различных странах и регионах инструментов. Этот механизм позволит (1) доказательно подтвердить ответственность отечественных производителей и сформировать благоприятные условия для развития рынка устойчивого финансирования, (2) проводить оценку проектов модернизации отрасли, направленных на повышение ресурсной эффективности, (3) обосновывать инвестиционные решения, (4) рассчитывать ставку платы за выбросы парниковых газов, стимулирующую предприятия к ресурсно-технологической модернизации.

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 отрасли ресурсно-технологическом уровне.

В контексте энергетического перехода первоочередное внимание следует уделить устойчивому развитию углеродоемких отраслей промышленности, вклад которых в валовой внутренний продукт наиболее значителен. К ним относятся черная металлургия и производство алюминия, химическая промышленность, производство прочей неметаллической минеральной продукции и целлюлозно-бумажная промышленность (рисунок 3).

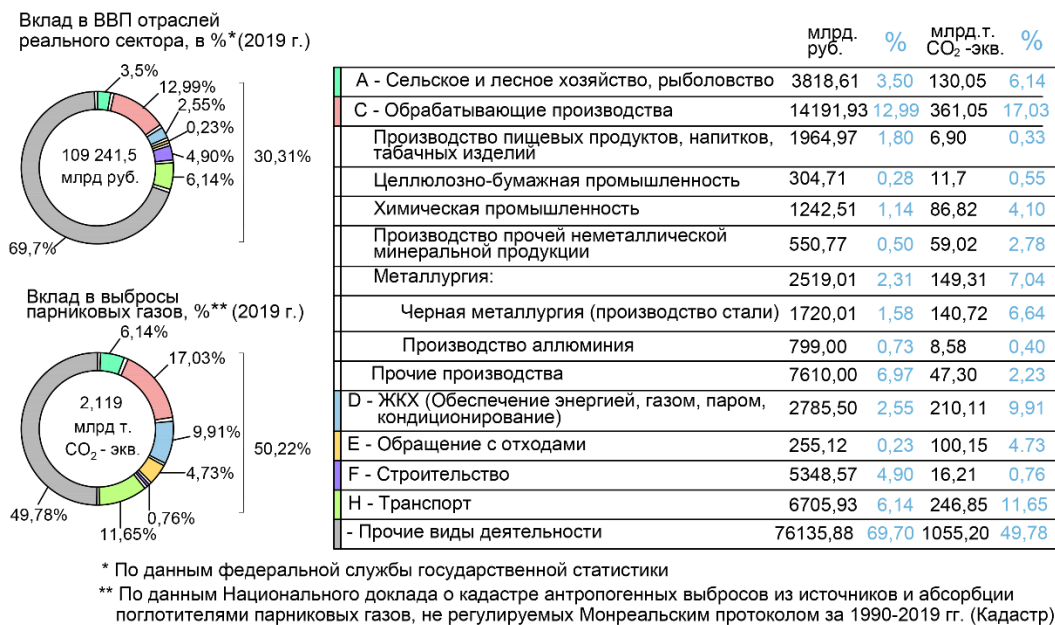


Рисунок 3 – Вклад в валовой внутренний продукт и структура выбросов парниковых газов отраслей экономики России в 2019 г.

Источник: рисунок составлен автором

По данным Национального доклада о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов за 1990–2019 гг., масса выбросов составила 140,72 млн т CO₂-экв. (6,64 % от всех выбросов).

В ходе выполнения исследования показано, что углеродоемкость определяется прежде всего ресурсоемкостью производства и зависит от ресурсно-технологического уровня экономических субъектов. В нашей стране ресурсно-технологический уровень промышленности оценивается на протяжении последних десяти лет в рамках перехода к технологическому нормированию объектов негативного воздействия на окружающую среду, основанному на принципах НДТ. Для этого проводится сопоставительный анализ (бенчмаркинг) эмиссий загрязняющих веществ и показателей ресурсопотребления в областях применения НДТ и устанавливаются (1) технологические показатели выбросов и сбросов загрязняющих веществ и (2) целевые показатели ресурсной эффективности производства.

Наличие доказанной в диссертационном исследовании зависимости показателей углеродоемкости от показателей потребления ресурсов и экономических показателей ресурсной эффективности (удельных затрат на единицу потребляемого ресурса) определяет целесообразность формирования системы бенчмаркинга выбросов парниковых газов на основе специальных показателей, устанавливаемых в справочниках по НДТ.

В качестве примера представлены результаты исследования зависимости удельных выбросов парниковых газов от удельных потреблений электроэнергии, природного газа, концентрата и удельных затрат на эти ресурсы при производстве окатышей (рисунок 4).

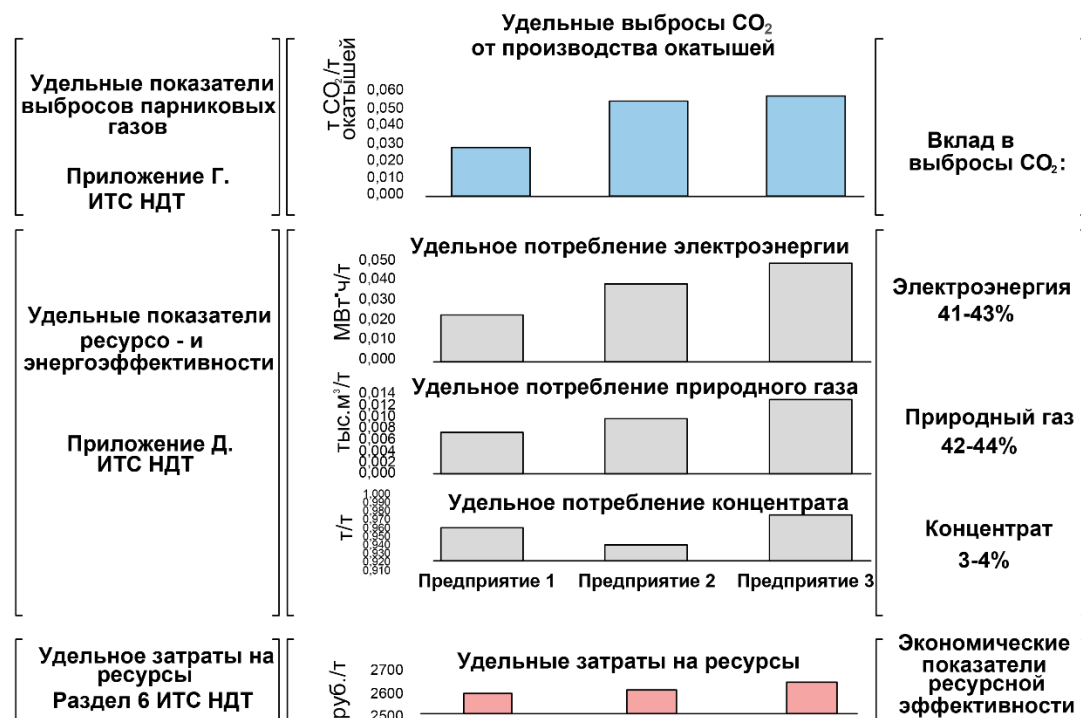


Рисунок 4 – Связь экономических показателей ресурсной эффективности и углеродоемкости для выбранных предприятий при производстве окатышей

Источник: рисунок составлен автором

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.

В рамках диссертационного исследования автором разработан подход к определению допустимого и стимулирующего модернизацию уровня выбросов парниковых газов с использованием **отраслевых индикативных показателей углеродоемкости**, под которыми понимается диапазон значений удельных выбросов CO₂, полученный в результате проведения сопоставительного анализа (бенчмаркинга) углеродоемкости производственных процессов в отрасли, учитывающий (1) количество экономических субъектов, (2) применяемые технологии и (3) достигнутый каждым из субъектов ресурсно-технологический уровень и уровень углеродоемкости.

Кривая бенчмаркинга формируется в результате обработки, анализа информации и расчета выбросов, проведенных по стандартизированным 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.

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 зеленых проектов при проведении технико-экономической оценки проектов, претендующих на получение тех или иных мер государственной поддержки (рисунок 5).

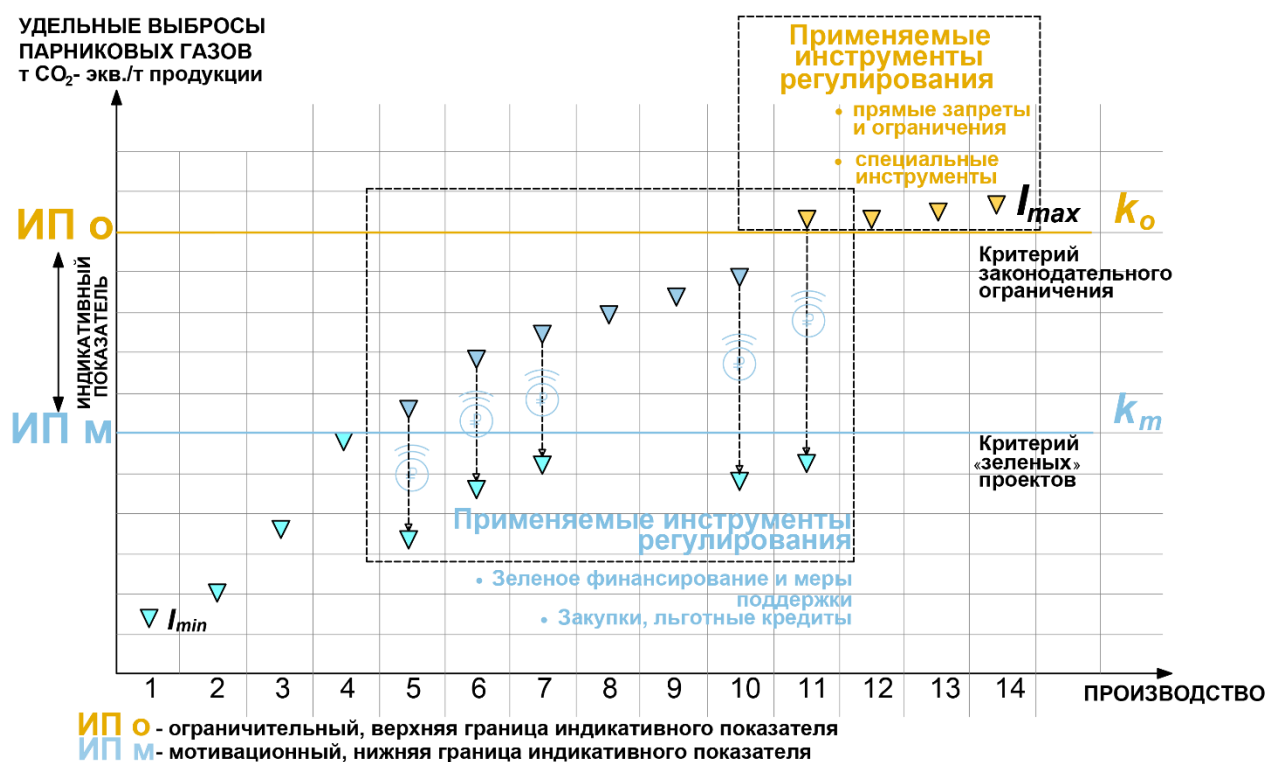


Рисунок 5 – Индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов

Источник: рисунок составлен автором

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

Верхняя граница индикативного показателя $ИП_o$ определяется по формуле:

$$ИП_o = I_{max} - (I_{max} - I_{min}) \times k_o, \quad (1)$$

где I_{max} – наибольший удельный выброс CO₂ от определенного производственного процесса в отрасли; I_{min} – наименьший удельный выброс CO₂ от определенного производственного процесса в отрасли; k_o – ограничительный коэффициент.

Нижняя граница индикативного показателя $ИП_m$ определяется по формуле:

$$ИП_m = I_{max} - (I_{max} - I_{min}) \times k_m, \quad (2)$$

где I_{max} – наибольший удельный выброс CO₂ от определенного производственного процесса в отрасли; I_{min} – наименьший удельный выброс CO₂ 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 социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. (далее – Стратегия), а также в 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», поскольку в Операционном плане отраслевые ориентиры установлены.

Автором рассчитаны граничные значения индикативных показателей для черной металлургии, исходя из 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 CO_2 при увеличении объемов производства и незначительное снижение удельных выбросов от полного цикла производства стали (около 6 %). В 2030–2050 гг. Стратегией 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.

В качестве примера представлены (полученные при участии автора) результаты бенчмаркинга углеродоемкости для производства стали в электродуговых печах (рисунок 6).

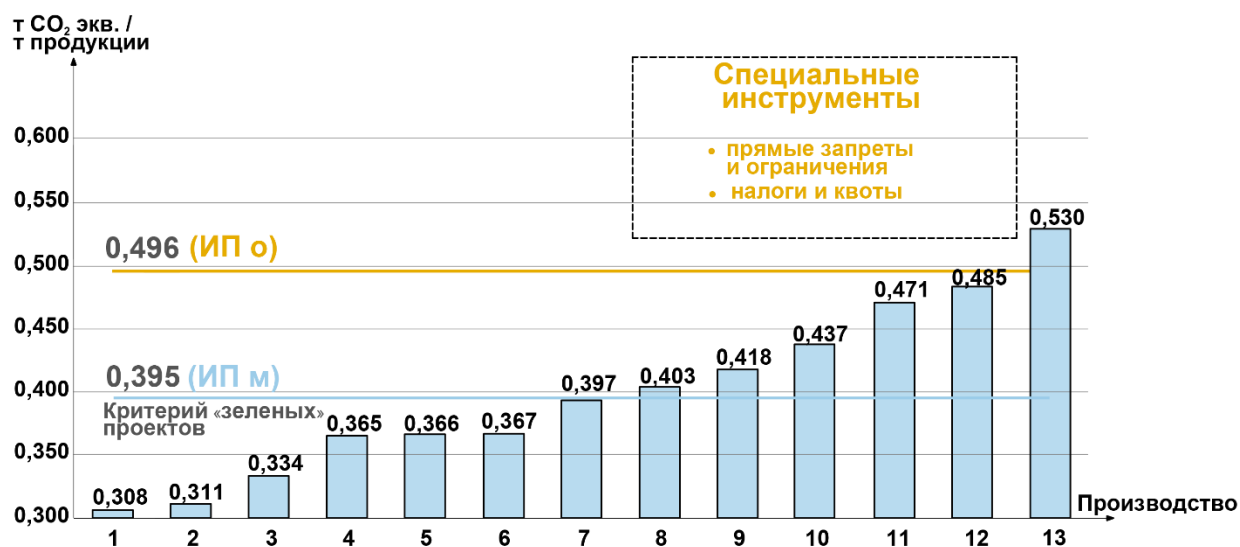


Рисунок 6 – Результаты бенчмаркинга углеродоемкости для производства стали в электродуговых печах

Источник: рисунок составлен 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.

3. Организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости черной металлургии должен включать совокупность предложенных 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.

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 7 организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости в черной металлургии, позволяющий стимулировать ресурсно-технологическую модернизацию отрасли и повысить эффективность инвестиций в промышленности.

Объектом регулирования выступают промышленные предприятия отрасли черной металлургии, субъектом регулирования – федеральные органы исполнительной власти, ответственные за формирование и реализацию промышленной и климатической политик.

ОЭМ учитывает влияние различных факторов: внешних, связанных требованиями некоторых стран, предъявляемыми к импортируемой ими продукции, а также Парижским соглашением; внутренними – определенными нормативными правовыми актами РФ и документами стратегического планирования. Разработанный ОЭМ следует рассматривать как совокупность методических основ и инструментов регулирования углеродоемкости, а также как последовательность действий участников процесса для обеспечения ресурсно-технологической модернизации и декарбонизации отрасли.

ОЭМ основывается на дифференцированном применении инструментов регулирования в зависимости от достигнутых экономическими субъектами уровней углеродоемкости, сопоставленных с установленными в ИТС НДТ отраслевыми индикативными показателями, полученными в результате проведения отраслевого бенчмаркинга.

В рамках ОЭМ используется классический порядок управления сложной экономической системой, включающий мониторинг и анализ, прогнозирование и планирование, организацию и стимулирование, а также разработку и реализацию корректирующих мероприятий. Организационно-экономический механизм может быть использован на различных уровнях управления (рисунки 8).

На макро- и мезоуровнях ОЭМ целесообразно применять для планирования и определения целевых ориентиров при разработке программ и стратегий развития экономики в целом и отдельных отраслей промышленности соответственно, а также при формировании бюджетов

и администрирования мер государственной поддержки проектов модернизации и платы за превышение установленных верхних пороговых значений, которая будет стимулировать декарбонизацию отрасли.

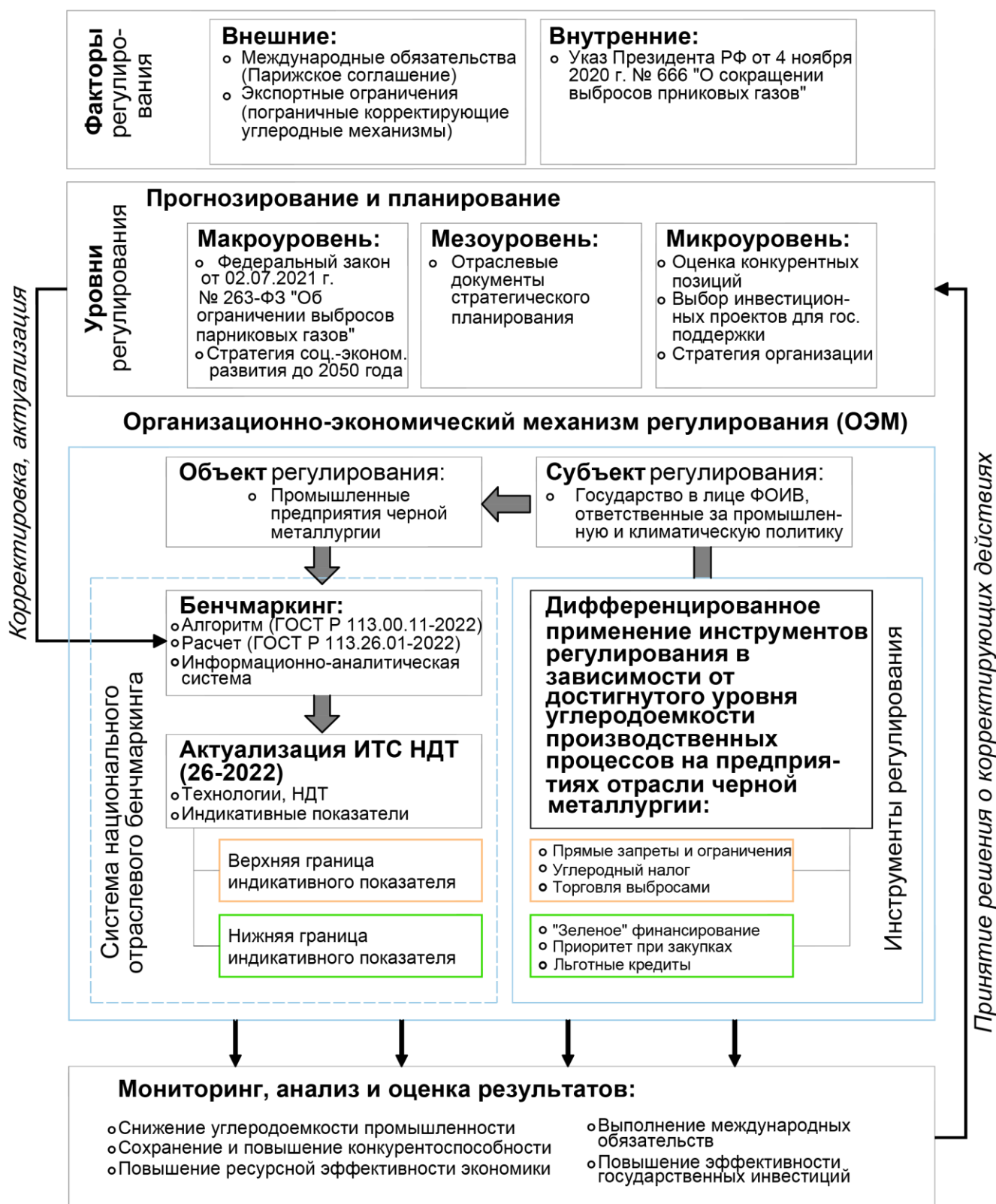


Рисунок 7 – Организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости в черной металлургии

Источник: рисунок составлен автором

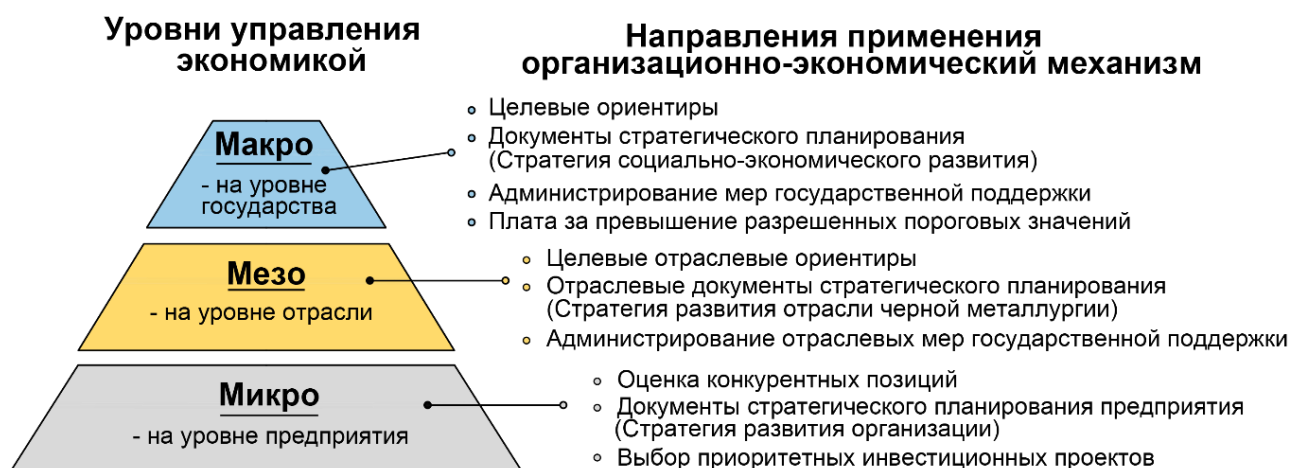


Рисунок 8 – Применение механизма регулирования углеродоемкости на микро-, мезо- и макроуровнях

Источник: рисунок составлен автором

На микроуровне у промышленных компаний появляется возможность для оценки своих конкурентных позиций, сравнения достигнутого ресурсно-технологического уровня с лучшим в отрасли, а также для формирования и принятия решений о реализации приоритетных инвестиционных проектов.

На основании результатов оценки ожидаемого экономического эффекта применения предложенного механизма регулирования углеродоемкости черной металлургии рассчитана ставка платы за выбросы CO_2 , стимулирующая предприятия отрасли к инвестициям в ресурсно-технологическую модернизацию.

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

$$PT = E_t \cdot Y_t, \quad (3)$$

где E_t – масса выбросов парниковых газов сверх верхней границы индикативного показателя ($ИП_0$) 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 CO_2 сверх верхней границы $ИП_0$ (E_t) определяется по формуле:

$$E_t = (P_f - IP_0) \cdot M, \quad (4)$$

где P_f – удельный показатель выбросов CO_2 , достигнутый на производстве в отчетном году, т CO_2 -экв./т продукции; IP_0 – верхняя граница индикативного показателя удельных выбросов парниковых газов $ИП_0$, т CO_2 -экв./т продукции; M – годовая масса выбросов, т.

Далее определяется стоимость снижения выбросов CO_2 предприятиями до верхней границы индикативного показателя $ИП_0$ (P_t) по формуле:

$$P_t = E_t \cdot I_t, \quad (5)$$

где E_t – масса выбросов CO_2 сверх верхней границы индикативного показателя $ИП_0$ за отчетный год, т; I_t – стоимость снижения на 1 тонну CO_2 , руб./т.

Затем рассчитывается стоимость снижения выбросов CO_2 до нижней границы индикативного показателя $ИП_m$ (P_s) по формуле:

$$P_s = E_s \cdot I_t, \quad (6)$$

где E_s – масса выбросов CO_2 сверх нижней границы индикативного показателя IIP_m за отчетный год, рассчитанная по формуле 7, т; I_t – стоимость снижения на 1 тонну CO_2 , руб./т.

Масса выбросов CO_2 сверх нижней границы IIP_m (E_s) определяется по формуле:

$$E_s = (P_f - IP_s) \cdot M, \quad (7)$$

где P_f – удельный показатель выбросов, достигнутый на производстве в отчетном году, т CO_2 -экв./т продукции; IP_s – нижняя граница индикативного показателя удельных выбросов IIP_m , т CO_2 -экв./т продукции; M – годовая масса выбросов, т.

Расчет производится по каждому переделу каждого производства в отрасли, полученные результаты суммируются, таким образом определяются стоимости достижения верхней и нижней границы индикативных показателей и плата за превышение верхнего порогового значения. Результаты расчетов по всем исследуемым переделам для отрасли черной металлургии приведены в таблице 1. Охват составил более 95 % от всех предприятий отрасли. В их число вошли все предприятия Ассоциации «Русская сталь».

Таблица 1 – 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 IIP_o (P_t), тыс. руб	Стоимость снижения выбросов ПГ до нижней границы индикативного показателя IIP_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 конверт. 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

Плата за выбросы рассчитана при стоимости за 1 т CO₂-экв., равной 1000 руб. Такая ставка платы за превышение квот установлена в настоящее время в Сахалинской области, где проводится эксперимент по ограничению выбросов CO₂. С учетом экспертных оценок и опыта реализации пилотных проектов затраты на снижение выбросов на 1 т CO₂-экв. приняты равными 15000 руб. Полученные результаты говорят о том, 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 порядок соответственно превышает плату за выбросы CO₂ (PT).

В диссертационном исследовании проведен расчет эффективной ставки платы для достижения верхней границы индикативных показателей (Y_{et}), которая определяется по формуле:

$$Y_{et} = \frac{P_t}{PT} \cdot Y_t \quad (8)$$

Под эффективной ставкой платы понимается такая ставка, при установлении 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:

$$Y_{es} = \frac{P_s}{PT} \cdot Y_t \quad (9)$$

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 CO₂.

При этом автор предполагает, что более действенным является вариант с актуализацией показателей Стратегии, что позволит распределить финансовую 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.

Так, например, ожидаемые издержки для черной металлургии при объемах экспорта 2020 г. в ЕС могли бы составить до 600 млн евро в год при ставке 53,5 евро/т CO₂-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 зависит от установленной ставки). Эти средства могут быть целевым образом «окрашены» и использованы для оказания мер государственной поддержки низкоуглеродных проектов.

III. 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 пер-

воочередные 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 экспортеров 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.

IV. ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА, В КОТОРЫХ ОТРАЖЕНЫ ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России,
и в рецензируемых научных изданиях, включенных в базу цитирования Scopus**

1. Росляков П. В., Скобелев Д. О., **Доброхотова М. В.**, Гусева Т. В. Оценка показателей выбросов парниковых газов для угольных теплоэлектростанций в контексте развития углеродного регулирования в Российской Федерации // Уголь. – 2023. – № 9. – С. 84–89. – DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-84-89.

2. Зажигалкин А. В., **Доброхотова М. В.**, Черкасская С. В. Парниковые газы и наилучшие доступные технологии. инфраструктура стандартизации // Стандарты и качество. – 2023. – № 5. – С. 44–48.

3. **Доброхотова М. В.**, Скобелев Д. О. Организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости в промышленности // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – № 1. – URL: <https://esj.today/PDF/26ECVN123.pdf>.

4. **Доброхотова М. В.** Особенности перехода российской угольной промышленности к наилучшим доступным технологиям // Уголь. – 2022. – № 9 (1158). – С. 34–40. – DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-34-40.

5. **Доброхотова М. В.**, Матушанский А. В. Применение концепции наилучших доступных технологий в целях технологической трансформации промышленности в условиях энергетического перехода // Экономика устойчивого развития. – 2022. – № 2 (50). – С. 63–68.

Статьи в других изданиях и тезисы докладов

1. **Доброхотова М. В.**, Курошев И. С., Ежова О. С. Производство чугуна и стали // Энциклопедия технологий 2.0: Производство металлов / [гл. ред. Д. О. Скобелев]; ФГАУ «НИИ «ЦЭПП». – Москва; Санкт-Петербург – Реноме, 2022. – Гл. 4. – С. 279 - 375

2. Скобелев Д. О., **Доброхотова М. В.**, Курошев И. С. Оценки ресурсной эффективности промышленного производства. «Энциклопедия технологий» // Качество и жизнь. – 2019. – № 4 (24). – С. 66–69.

3. Гузь Л. В., Петров И. Б., **Доброхотова М. В.**, Курошев И. С. Правовая проблематика вовлечения отходов в экономический оборот в условиях действующего законодательства // Качество и жизнь. – 2019. – № 4 (24). – С. 75–78.

4. **Доброхотова М. В.**, Скобелев К. Д., Вертышев С. В. Работа ТК по стандартизации // Стандарты и качество. – 2019. – № 4. – С. 28–30.

5. **Доброхотова М. В.** Разработка организационно-экономического механизма регулирования углеродоемкости в отрасли черной металлургии // LVII Международная научно-практическая конференция «Российская наука в современном мире». – Москва, 2023. – С. 179–183.

6. Скобелев Д. О., **Доброхотова М. В.** Внедрение наилучших доступных технологий как инструмент снижения углеродоемкости промышленного производства // Труды Международной научно-практической конференции «Трансформация экономических процессов в условиях больших вызовов». – Казань, 2023. – С. 116–124.

7. **Доброхотова М. В.** Подходы к управлению снижением углеродоемкости металлургического производства // Труды XI Международной научно-практической конференции «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития». Лузинские чтения – 2022. – Апатиты, 2022. – С. 16–17.

8. **Доброхотова М. В.** Применение концепции наилучших доступных технологий в целях технологической трансформации промышленности в условиях энергетического перехода // Труды XII Межд. форума «Экология». – Москва, 2022. – С. 49–53.

9. **Доброхотова М. В.** Основные направления сокращения ресурсо- и углеродоемкости черной металлургии // Труды Международного экспертного семинара «Чистая страна. Неверно оценивая нашу жизнь». – Москва, 2020. – С. 35–40.