

Экономическая оценка последствий введения трансграничного углеродного регулирования для регионального промышленного комплекса (на примере Свердловской области)

Н. В. Стародубец¹  , Ю. О. Грищенко¹ , И. С. Белик¹ , Н. Л. Никулина² 

¹ Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,

² Институт экономики Уральского отделения РАН,
Екатеринбург, Россия

 n.v.starodubets@gmail.com

Аннотация. Обеспокоенность проблемой антропогенного изменения климата привела к активному развитию различных инструментов снижения выбросов парниковых газов. Одним из таких инструментов, призванных бороться с утечкой углерода, является трансграничное углеродное регулирование, которое было принято Европейским союзом в 2021 г., и, начиная с 2026 г., углеродные платежи коснутся всех экспортеров углеродоемкой продукции в ЕС. Целью статьи является экономическая оценка последствий введения трансграничного углеродного регулирования для регионального промышленного комплекса на примере Свердловской области. Гипотеза исследования состоит в обосновании необходимости учета экономических потерь предприятий от мер углеродного регулирования при формировании региональных и страновых стратегий низкоуглеродного развития. Был выполнен обзор инструментов углеродного регулирования и показано место трансграничного углеродного регулирования. Дано подробное описание порядка расчетов. Выполнена экономическая оценка потенциальных потерь для предприятий Свердловской области от введения трансграничного углеродного регулирования по трем сценариям определения углеродоемкости продукции: по фактическим значениям (сценарий 1); по среднероссийским значениям (сценарий 2); по значениям 10 % худших установок ЕС (сценарий 3). Результаты показали, что годовые платежи для предприятий Свердловской области составят 73,7 млн евро (сценарий 1), 95,4 млн евро (сценарий 2), 73,0 млн евро (сценарий 3). В текущей ситуации самым вероятным является сценарий 2, в рамках которого наиболее прогрессивные с точки зрения применяемых технологий предприятия понесут максимальные потери. Для минимизации платежей предлагается внедрять методологию учета выбросов парниковых газов в разрезе видов выпускаемой продукции, разрабатывать внутривосточные инструменты углеродного регулирования, стимулировать внедрение низкоуглеродных технологий. Предлагаемый авторами инструментарий может использоваться сотрудниками предприятий для оценки предполагаемых затрат от введения углеродного регулирования. Такой инструментарий может быть востребован региональными лицами, принимающими решения, для оценки потерь бюджета региона и изменения структуры экспорта из-за трансграничного углеродного регулирования и при обосновании мер финансовой поддержки предприятий.

Ключевые слова: трансграничное углеродное регулирование; углеродоемкость продукции; учет выбросов парниковых газов; инструменты углеродного регулирования; низкоуглеродные технологии; выбросы парниковых газов в металлургии.

1. Актуальность

В 1990 г. Межправительственной группой экспертов по изменению климата был опубликован первый доклад, в котором была изложена идея о возможной антропогенной причине изменения климата в связи с ростом концентрации парниковых газов (ПГ) в атмосфере Земли [1]. В этой связи была высказана необходимость реагирования на данные изменения путем разработки мер по снижению выбросов ПГ. Рамочная конвенция ООН об изменении климата¹, подписанная более чем 180 странами в 1992 г., стала первым документом, который закреплял за ее участниками обязательство по осуществлению углеродного регулирования.

На сегодняшний день климатическую повестку определяет Парижское соглашение², ратифицированное 186 странами и ЕС и вступившее в силу в 2016 г. Согласно Парижскому соглашению, страны в добровольном порядке должны принять национальные цели по снижению выбросов ПГ, а также разработать меры по достижению этих целей.

Россия взяла на себя обязательство по обеспечению к 2030 г. сокращения выбросов парниковых газов до 70% относительно уровня 1990 г.³ Для достижения этой цели принята Стратегия низкоуглеродного развития России до 2050 г.⁴ В марте 2022 г. постановле-

нием Минэкономразвития утверждены критерии климатических проектов, которые позволяют компаниям и гражданам, осуществляющим такие проекты, фиксировать в углеродном реестре сокращения выбросов ПГ, что может являться шагом к получению углеродного финансирования⁵. Как отмечается в различных заявлениях официальных лиц, несмотря на осложнившиеся международные отношения, Россия не планирует выходить из глобальных климатических соглашений⁶, тем более что азиатские регуляторы также предъявляют требования по сокращению выбросов ПГ при производстве товаров, аналогичные европейским и американским (см. [2, 3] и др.).

Согласно оценкам экспертов Керт, среднегодовые издержки от углеродного регулирования российского экспорта в страны Азии и Ближнего Востока (Китай, Турция, Индия, ОАЭ, Саудовская Аравия, Израиль, Гонконг, Малайзия) могут составить порядка 875 млн USD в год. При этом около 78% издержек придется на Китай и Турцию. На предприятия черной металлургии будет отнесено порядка 57% издержек⁷.

Следует отметить, что структура экспорта России представлена в основном сырьевыми товарами: так, по данным Росстата, в 2021 г. 72,4% российского экспорта приходилось на продукцию предприятий ТЭК,

¹United Nations. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml

²United Nations Framework Convention on Climate Change. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf>

³Указ Президента Российской Федерации от 04.11.2020 № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов».

⁴Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10. 2021 № 3052-р «Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года».

⁵Постановление Правительства РФ от 24.03.2022 № 455 «Об утверждении Правил верификации результатов реализации климатических проектов».

⁶Expert. URL: <https://expert.ru/2022/05/30/zelenaya-strana-kak-rossiya-prodolzhit-borbu-s-klimaticheskimi-izmeneniyami-v-usloviyakh-izolyatsii-so-storony-zapada/>

⁷Открывая новые горизонты. ESG-повестка в Азиатско-Тихоокеанском регионе и на Ближнем Востоке. URL: <https://drive.google.com/file/d/187xmaVRTfI6uObLEHCX00VryECEFByZj/view?usp=sharing>

металлургии и химической промышленности⁸, при этом углеродоемкость российских товаров остается достаточно высокой по сравнению с другими странами (Башмаков и др. [4]).

В Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. целевым (интенсивным) сценарием предполагается снижение углеродоемкости экономики более чем в два раза, до уровня ведущих стран. Для достижения этой цели будут использованы в том числе меры финансовой и налоговой политики, стимулирующие снижение антропогенных выбросов ПГ в наиболее углеродоемких отраслях экономики. По мнению авторов, для эффективного обоснования таких мер также необходимо понимать, как международные инструменты углеродного регулирования будут влиять на экспортоориентированные отрасли экономики России.

Таким образом, вопросы оценки экономических последствий от мер углеродного регулирования других стран, как и разработка внутристрановых инструментов углеродного регулирования, не теряют своей актуальности. Причем ранее подобная работа для региональных промышленных комплексов России не проводилась.

Целью исследования является выполнение экономической оценки последствий введения трансграничного углеродного регулирования для регионального промышленного комплекса на примере Свердловской области.

Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие задачи, что нашло отражение в структуре статьи:

1) определены объемы экспорта в ЕС товаров предприятий Свердловской области, попадающих под углеродное регулирование;

2) рассчитана углеродоемкость экспортной продукции предприятий Свердловской области по различным сценариям определения углеродоемкости;

3) выполнена экономическая оценка потенциальных потерь для предприятий Свердловской области от введения трансграничного углеродного регулирования;

4) даны рекомендации для снижения экономических потерь предприятий от трансграничного углеродного регулирования.

Гипотеза исследования состоит в обосновании необходимости учета экономических потерь предприятий от мер углеродного регулирования при формировании региональных и страновых стратегий низкоуглеродного развития.

2. Теория трансграничного углеродного регулирования

Для достижения целей по снижению выбросов ПГ страны могут разрабатывать и внедрять различные климатические программы [5, 6], опирающиеся на административные и экономические инструменты углеродного регулирования [7].

Административные инструменты (*regulatory policies*) направлены на ограничение, контроль и нормирование количественных значений выбросов ПГ, выдвижение требований к используемым технологиям, утверждение нормативов по показателям эффективности использования энергии и ресурсов. Экономические или же рыночные инструменты (*market-based approach*) являются наиболее популярным и гибким вариантом, и их сейчас используют

⁸Росстат. Оперативные данные о внешней торговле за 2021 г. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/26_23-02-2022.html

множество развивающихся и развитых стран, включая Россию. Экономические инструменты мотивируют эмитентов к сокращению выбросов ПГ, формируя экономическую заинтересованность. В качестве побуждения используют такие инструменты, как штраф, налог, субсидию, право на льготное кредитование и проч. [8].

Одним из самых известных рыночных инструментов углеродного регулирования является Европейская система торговли выбросами (*European Union Emission Trading Scheme, EU ETS*) [9], которая была введена в странах – членах Европейского союза в 2005 г. в соответствии с Директивой Европарламента и Европейского Совета 2003/87/ЕС. На сегодняшний день, по данным *International Carbon Action Partnership* [10], в мире действует 25 систем торговли квотами на выбросы ПГ, подобных принятой в ЕС, и они покрывают 17 % глобальных выбросов ПГ.

Продолжается дискуссия о том, какие инструменты регулирования выбросов ПГ являются более эффективными: рыночные или административные. Преимуществом нерыночных инструментов называют то, что они не зависят от колебаний цен на энергоресурсы и имеют явные социальные и экономические преимущества для населения. Что касается экономических инструментов, то они могут стимулировать техническое перевооружение и изменение структуры энергопотребления в заданном направлении [11].

При этом экономические инструменты углеродного регулирования подвергаются критике. Так, Cullenward и Victor [12] отмечают необходимость полагаться в том числе на государственное регулирование и промышленную политику для обеспечения снижения выбросов ПГ.

Другим важным аспектом осуществления эффективной климатической политики является ее поддержка со стороны населения и предприятий. Bergquist et al. [13] отмечают необходимость комплексной оценки мер климатической политики, с обязательным подчеркиванием благоприятных социальных и экономических последствий от ее реализации, что повышает поддержку населения.

Young et al. [14] отмечают, что согласно проведенному ими исследованию, основным с точки зрения обеспечения поддержки мер климатической политики населением является не их форма (административная, либо экономическая), а финансовая модель, особенно если она сопряжена с дополнительными затратами для потребителей.

Относительно новым инструментом углеродного регулирования является трансграничное углеродное регулирование (*Carbon Border Adjustment Mechanism – CBAM*). Современная конфигурация данного инструмента была принята Еврокомиссией в июле 2021 г. и описана в документе «Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing a carbon border adjustment mechanism»⁹ (далее по тексту – Резолюция ЕС). Резолюцией предусмотрено два периода ввода СВАМ: первый (переходный) период (2023–2026), в рамках которого предусмотрена только подача импортерами квартальных отчетов о выбросах ПГ, содержащихся в импортируемых товарах; в рамках второго периода (2026–2036) импортеры должны будут приобретать СВАМ сертификаты.

Основным назначением СВАМ является защита от «утечки углерода» (“carbon leakage”) – переноса производств углеродоемкой продукции из ЕС

⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52021PC0564>

за его пределы с целью сокращения издержек производства в связи с низкими экологическими требованиями и незначительными экологическими платежами в третьих странах [15]. Последнее является также причиной повышенных издержек производителей углеродоемкой продукции в самом ЕС, что снижает ее конкурентоспособность и может рассматриваться как скрытая субсидия для производителей таких товаров в странах с отсутствием ценообразования на углерод [16].

Таким образом, СВМ является инструментом защиты национальных экономик стран – членов ЕС от переноса производственных мощностей, утраты рабочих мест, сокращения ВВП и поступлений в государственные бюджеты. СВМ также позволяет распространить принципы углеродного регулирования, принятые в ЕС, на другие страны [17].

Дополнительной задачей СВМ можно считать повышение мотивации торговых партнеров ЕС из других стран проявлять большую активность и содействие в сокращении антропогенного воздействия на окружающую среду и смягчение последствий изменения климата [18].

Под СВМ регулирование с 2023 по 2026 г. попадают такие товары, как цемент, железо и сталь, алюминий, электричество и удобрения. С 2026 г. возможно расширение СВМ товаров включением нефти, нефтепродуктов, угля, стекла и т. д. Полный перечень СВМ товаров содержится в Резолюции ЕС.

Резолюцией предусмотрен учет выбросов ПГ как на самом предприятии (охват 1), так и по всей цепочке поставок (охват 1+3), без учета энергии, приобретаемой со стороны (охват 2) (охваты 1, 2, 3 определяются в соответствии со стандартами GHG Protocol¹⁰).

¹⁰GHG Protocol Standards: <https://ghgprotocol.org/standards>

В общем виде механизм СВМ и его основные участники представлены на рис. 1. В каждом государстве – члене ЕС будет функционировать уполномоченный орган для администрирования и мониторинга СВМ сертификатов, их продажи, аннулирования и т. д. После приобретения СВМ сертификатов данный орган будет уполномочен выдавать разрешения на импорт товаров СВМ на территорию ЕС, только после этого импортер сможет осуществлять ввоз и продажу таких товаров начиная с 2026 г.¹¹ Таким образом, механизм СВМ создает для ввезенных в ЕС товаров такие условия, как если данные товары были изначально произведены в ЕС и подчинялись углеродному регулированию ЕС.

Приобретать сертификаты СВМ от имени и по поручению импортера при ввозе товаров будет специальное уполномоченное импортером лицо (авторизованный декларант). Также авторизованный декларант, опираясь на данные экспортера, будет указывать выбросы парниковых газов, возникшие при производстве импортируемых в ЕС товаров, в специальной декларации. По итогам года количество сертификатов должно покрывать эмиссию парниковых газов, заявленную в декларации. У авторизованного декларанта также есть ряд дополнительных функций по обеспечению законного, своевременного и полного исполнения импортером обязательств по СВМ, в том числе контроль за верификацией данных о выбросах ПГ экспортером.

Следует отметить, что в Резолюции не прописан характер взаимных расчетов по приобретению СВМ сертификатов между импортером и экспортером. Поскольку по своей сути затраты

¹¹Ernst & Young (EY). URL: https://www.ey.com/en_ru/tax/tax-alert/2021/07/ey-carbon-border-adjustment-mechanism-20-july-2021-tax-eng



Рис. 1. Схема взаимодействия субъектов трансграничного углеродного регулирования [составлено авторами по*]

Fig. 1. Scheme of interaction between subjects of Carbon Border Adjustment Mechanism

* European Commission. URL: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/carbon_border_adjustment_mechanism_0.pdf

на приобретение СВАМ сертификатов являются подобными ввозным таможенным платежам, логично предположить, что они будут покрываться импортером. С другой стороны, величина затрат на приобретение СВАМ сертификатов напрямую зависит от углеродоемкости производства экспортера, на которую импортер повлиять не имеет возможности. В этой связи импортер может запросить у экспортера скидку, равную понесенным затратам на приобретение СВАМ сертификатов, либо другого рода компенсацию. Также возможна ситуация, когда экспортер и импортер являются компаниями одного холдинга (такая конфигурация в основном встречается у крупных российских экспортеров сырьевых товаров). В этом случае затраты на приобретение СВАМ сертификатов будут являться затратами холдинга, в настоящей статье авторы будут придерживаться именно такой формы отношений между экспортером и импортером.

Существуют разные мнения об эффективности СВАМ в борьбе с «утечкой углерода» [19]. Тем не менее множество актуальных на сегодняшний момент работ приходят к выводу об эффективности СВАМ.

Mörsdorf [20] на основе моделирования анализирует эффективность СВАМ и оценивает снижение утечки углерода на 30% с привлечением дополнительных доходов (до 32 млрд USD ежегодно), которые могут быть направлены на финансирование проектов по снижению выбросов ПГ по всему миру.

Mattoo et al. [21] обращают внимание на то, что, кроме положительных последствий для защиты конкурентоспособности производителей ЕС и сокращения выбросов ПГ, СВАМ способен причинить серьезный экономический ущерб развивающимся странам.

Chang [22] обращает внимание на важность соблюдения принципа общей, но дифференцированной

ответственности за выбросы ПГ при формировании механизма трансграничного углеродного регулирования. Автор на примере Китая показывает справедливость и эффективность данного принципа с точки зрения борьбы с изменением климата.

Magacho et al. [23] подчеркивают важность СВАМ для глобальной низкоуглеродной трансформации при условиях, что платежи СВАМ будут направлены на модернизацию производств развивающихся стран.

По оценкам *The United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)* [24], СВАМ способен сместить фокус торговых отношений на те страны, в которых производство более энергоэффективно и менее углеродоемко. При цене сертификатов СВАМ в 44 USD за тонну CO₂ мировой углеродный след может сократиться на 36 млн тонн CO₂, при повышении цены на углерод до 88 USD за тонну CO₂ глобальные выбросы могут снизиться на 59 млн тонн CO₂. Также с введением СВАМ показатели потенциальной утечки углерода из ЕС сокращаются вдвое.

Simola [25] анализирует влияние СВАМ на экономические показатели крупнейших стран – экспортеров в ЕС (Россия, Украина, Турция, Китай, Индия). По результатам исследования, Российская Федерация является наиболее уязвимой из анализируемых стран, размер потенциальных платежей по СВАМ оценивается в 2,1 млрд евро в год.

Кузьминых [26] оценивает финансовые потери российских экспортеров от СВАМ на примере Северо-Западного федерального округа. Результаты оценки показали, что потенциальное ежегодное снижение выручки экспортеров СВАМ-товаров будет составлять 479–1466 млн USD в зависимости от цены на углерод и охвата товаров.

Лозовский [27] анализирует общий экспорт СВАМ-товаров Российской Федерации в ЕС на предмет углеродоемкости и соответствующих затрат на приобретение СВАМ сертификатов. Автор оценивает потенциальные затраты в 1,6 млрд евро ежегодно относительно текущих показателей цен на углерод. При прогнозном увеличении цены до 71 евро/т CO₂ к 2030 г., сумма выплат может достигать 2,1 млрд евро в год.

В отчете Мирового банка [28] говорится о небольших макроэкономических последствиях СВАМ для России и обосновывается необходимость амбициозных шагов по декарбонизации для минимизации рисков и использования возможностей «зеленой» экономики. В противном случае Россия может стать привлекательным местом для утечки углерода, что будет стимулировать «коричневый» экономический рост.

Таким образом, несмотря на продолжающуюся дискуссию вокруг различных мер климатической политики и их эффективности с точки зрения снижения выбросов ПГ, на сегодняшний день, после 15 лет дискуссий, СВАМ является принятым ЕС экономическим инструментом углеродного регулирования. В итоге после окончания переходного периода, начиная с 2026 г., все импортеры углеродоемких СВАМ товаров в ЕС должны будут нести затраты, связанные с приобретением СВАМ сертификатов. Поэтому уже сегодня крайне важно выполнять оценку этих затрат для того, чтобы предлагать адекватные внутристрановые меры реагирования.

3. Материалы и методы

3.1. Описание объекта исследования

Свердловская область занимает 8-е место среди субъектов РФ по общему объему экспорта и 5-е место среди субъектов по объему несырьевого

неэнергетического экспорта, что свидетельствует о высоком уровне технологического развития и возможности приращения добавленной стоимости товаров¹². Существенная часть продукции, произведенной в Свердловской области, принадлежит отраслям промышленного производства, что формирует образ региона как индустриального. Согласно данным Росстата, добывающий и обрабатывающий сектора в 2020 г. составляли 34 % валового регионального продукта. Ключевыми отраслями обрабатывающего сектора являются черная и цветная металлургия и металлообработка, на которые в 2020 г. пришлось 1 201 612 млн рублей (59 %), машиностроение – 322 738,2 млн

¹² Министерство промышленности и науки Свердловской области. URL: https://mpr.midural.ru/UPLOAD/2020/12/pub_declar_2021.pdf.

руб. (16 %), пищевая промышленность – 140 200,1 млн руб. (7 %) и химическое производство – 121 215,5 млн руб. (6 %).

Рассмотрим подробнее ключевые секторы производства Свердловской области, на которые может оказать влияние введение европейского трансграничного углеродного регулирования (табл. 1).

Наибольший удельный вес в экспорте области в ЕС занимает продукция черной металлургии (сталь, чугун и прокат), экспорт которой в ЕС в 2021 г. составил 429,1 млн долл. США (или 4,6 % от всего экспорта области). Следом с большим отрывом идет продукция из алюминия, экспорт которой в ЕС в 2021 г. составил 64,6 млн долл. США (или 0,7 % от общего экспорта), а также удобрения со значительным экспортом в ЕС 600 тыс. долл. США в 2021 г. (доля во всем экспорте 0,01 %).

Таблица 1. Характеристика стоимостного объема экспорта СВAM-товаров из Свердловской области за 2019–2021 гг.

Table 1. Characteristics of the cost volume of exports of CBAM goods from the Sverdlovsk region for 2019–2021

Товарные группы СВAM	Объем экспортированной продукции, млн долл. США					
	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	ЕС	Остальные страны	ЕС	Остальные страны	ЕС	Остальные страны
Цемент	0	9,5	0	7,1	0,0007	7,5
Продукция черной металлургии	235	1313,7	198,2	999	429,1	1363,6
Продукция алюминиевой промышленности	61,7	176,8	46,4	176,4	64,6	178,7
Удобрения	0	57,6	0,091	0,3	0,6	0,7
Электроэнергия	0	0	0	0	0	0
Итого весь экспорт Свердловской области	7369,2		7663,0		9296,5	

Источник: данные ФТС России (Федеральная таможенная служба. URL: <http://stat.customs.ru>)

Следует отметить, что Свердловская область не поставляет электроэнергию в другие страны. Совокупный экспорт в ЕС по приведенным СВАМ-товарам составляет 5,3 % от общего экспорта 2021 г.

В виду небольшого удельного веса в общем объеме экспорта таких СВАМ товаров, как удобрения, продукция алюминиевой промышленности и цемент, авторы для экономической оценки последствий ведения трансграничного углеродного регулирования в дальнейшем будут рассматривать экспорт предприятий Свердловской области, выпускающих продукцию черной металлургии: АО «НЛМК-Урал», АО «Первоуральский новотрубный завод», ОАО «Уральский трубный завод», ООО «НЛМК-Метиз», ПАО «Надеждинский металлургический комбинат», АО «ЕВРАЗ НТМК».

3.2. Методика расчета платежей по СВАМ

Резолюцией ЕС предусмотрен следующий порядок расчетов платежей по СВАМ при ввозе продукции в ЕС (формула (1)).

$$СВАМ_i = \mathcal{E}_i \times \left(\frac{Y_{i\text{ факт}}}{Y_{i\text{ ср}}} \right) \times (1 - D\kappa_i) \times \left(C_{i\text{ EU ETS}} - \sum U\Pi_{i\text{ унл}} - \sum УН_{i\text{ унл}} \right), \quad (1)$$

где $СВАМ_i$ – платежи в рамках СВАМ, евро;

\mathcal{E}_i – объем экспорта в ЕС продукта i за год, т;

$Y_{i\text{ факт}}$ – фактическая углеродоемкость продукта i за год, т $CO_{2\text{ экв}}/т$;

$Y_{i\text{ ср}}$ – средняя углеродоемкость продукта i в стране производства, т $CO_{2\text{ экв}}/т$;

$Y_{i\text{ худ}}$ – углеродоемкость продукта i по бенчмарку 10 % худших с точки

зрения углеродоемкости установок в ЕС, т $CO_{2\text{ экв}}/т$;

$D\kappa_i$ – доля бесплатно выделяемых квот на продукт i в Европейской системе торговли выбросами в период;

$C_{i\text{ EU ETS}}$ – средняя цена сертификатов на выбросы ПГ в Европейской системе торговли выбросами за неделю, евро/т $CO_{2\text{ экв}}$;

$U\Pi_{i\text{ унл}}$ – платеж за выбросы ПГ, уплаченный в стране производства продукта i , евро;

$УН_{i\text{ унл}}$ – углеродный налог, уплаченный в стране производства продукта i , евро.

Ключевым вопросом в расчете платежей в рамках СВАМ является определение углеродоемкости товаров. Резолюция ЕС¹³ подразумевает учет фактических удельных выбросов по формулам (2), (3), в зависимости от вида товаров:

– простые товары: товары низших переделов, когда все выбросы ПГ происходят непосредственно в процессе изготовления товара. Косвенные выбросы ПГ за приобретаемую со стороны энергию не учитываются. Расчет эмиссии ПГ будет проводиться согласно формуле (2)¹⁴, что соответствует охвату 1 по GHG Protocol¹⁵:

$$Y_{i\text{ факт}} = \frac{DE}{Q}, \quad (2)$$

где $Y_{i\text{ факт}}$ – фактические выбросы ПГ на тонну простого товара, т $CO_{2\text{ экв}}/т$;

DE – прямые выбросы в результате производственного процесса на определенной установке, т $CO_{2\text{ экв}}$;

¹³<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52021PC0564>

¹⁴European Commission. URL: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/carbon_border_adjustment_mechanism_0.pdf

¹⁵Greenhouse gas Protocol. URL: <https://ghgprotocol.org/standards>

Q – количество товаров, произведенных в отчетном периоде на определенной установке, т.;

– сложные товары: продукция высоких переделов, которая включает в себя простые товары в виде материалов и комплектующих. Расчет эмиссии ПГ будет производиться по формуле (3) и будет включать в себя как выбросы ПГ при производстве самого товара (прямые выбросы), так и выбросы ПГ по всей производственной цепочке (встроенные выбросы), при этом косвенные выбросы ПГ за приобретаемую со стороны энергию не учитываются¹⁶:

$$V_{i \text{ факт}} = \frac{DE + EE}{Q}, \quad (3)$$

где $V_{i \text{ факт}}$ – фактические выбросы ПГ на тонну сложного товара, т $\text{CO}_{2\text{экв}}/\text{т}$;

DE – прямые выбросы в результате производственного процесса на определенной установке, т $\text{CO}_{2\text{экв}}$;

Q – количество товаров, произведенных в отчетном периоде на определенной установке, т.;

EE – прямые выбросы при производстве сырья и материалов (встроенные выбросы), т $\text{CO}_{2\text{экв}}$, что соответствует охвату 3 по GHG Protocol.

Если же производитель не предоставляет верифицированную независимой аккредитованной организацией информацию о фактических удельных выбросах ПГ, в качестве их значений будет взято среднее значение удельных выбросов по конкретному товару в стране производства ($V_{i \text{ ср}}$). При отсутствии этих данных будут взяты средние значения удельных выбросов для товаров, произведенных на 10% худших с точки зрения углеродоемкости установках в ЕС ($V_{i \text{ худ}}$).

¹⁶ European Commission. URL: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/carbon_border_adjustment_mechanism_0.pdf

Следует отметить, что СВАМ-платеж будет скорректирован на долю бесплатно выделяемых на товар квот в рамках Европейской системы торговли выбросами в рассматриваемый период. Также в качестве дополнительного условия, с одной стороны, мотивирующего международных партнеров ЕС внедрять инструменты углеродного регулирования в своих странах, а с другой – позволяющего достигнуть справедливости обложения импортеров данным налогом, в Резолюции предлагается уменьшать сумму, уплаченную за СВАМ-сертификаты, на величину углеродных издержек в стране-экспортере. В качестве таких издержек могут выступать затраты на приобретение квот на выбросы ПГ в стране-экспортере (при условии, что цена на квоту выбросов ПГ будет сопоставима с ценой квоты в Европейской системе торговли выбросами), а также углеродный налог в стране-экспортере, что будет создавать сходные рыночные условия с точки зрения углеродного регулирования для обоих производителей.

Для дальнейших расчетов была взята цена на тонну углерода ($C_{i \text{ EU ETS}}$) на аукционе разрешений ЕС за март 2022 г. на Европейской энергетической бирже (*European Energy Exchange*), равная 74,54 евро/т $\text{CO}_{2\text{e}}$ ¹⁷. Также, так как существует очень много неопределенности и дискуссий о том, будут ли бесплатные квоты сохранены в будущем в ЕС, авторами использовался консервативный подход и было принято допущение об отсутствии бесплатно выделяемых квот на СВАМ-товары в Европейской системе торговли выбросами (D_{ki}), что делает выполненные расчеты максимально возможной оценкой экономических последствий от введения СВАМ.

¹⁷ European Commission. URL: https://ec.europa.eu/clima/system/files/2022-06/cap_report_202203_en.pdf

Таким образом, задача по определению величины СВАМ платежей при экспорте товаров Свердловской области в ЕС сводится к следующему: необходимо определить количество (в тоннах) экспортируемых товаров и их углеродоемкость. В зависимости от подхода к определению углеродоемкости, авторы выполнили расчеты величины СВАМ платежей для Свердловской области по трем сценариям: на основе удельных выбросов ПГ на тонну экспортируемых товаров, принятых исходя из нормативных значений по каждому переделу (сценарий 1), на основе удельных выбросов ПГ на тонну экспортируемых товаров, принятых исходя из российских среднеотраслевых значений (сценарий 2), на основе удельных выбросов ПГ на тонну экспортируемых товаров, принятых исходя из значений 10% худших с точки зрения углеродоемкости установок ЕС (сценарий 3).

3.3. Определение углеродоемкости экспортируемых товаров

Анализ открытых источников показал, что предприятия, расположенные в Свердловской области и экспортирующие СВАМ-товары, не публикуют данные по фактической углеродоемкости производимых товаров: по ряду компаний доступна информация по совокупным выбросам парниковых газов всех предприятий холдинга и в разрезе укрупненной номенклатуры выпускаемой продукции.

Также, как правило, приводятся данные только по прямым выбросам ПГ на самом предприятии (охват 1), без учета выбросов по всей цепочке поставок (охват 1 + охват 3), как этого требует Резолюция ЕС. В этой связи авторами был выполнен самостоятельный расчет углеродоемкости металлургической продукции предприятий-экспортеров.

Практически все технологические процессы черной металлургии являются источниками выбросов ПГ [29]: сжигание органического топлива, выгорание углерода из полуфабриката, разложение составляющих флюсов, сгорание метана до диоксида углерода в процессе использования вторичных энергетических ресурсов и др. При этом углеродоемкость стали и стального проката существенно зависит от применяемой технологии. Так, технологии бескоксового производства железа (HyL-3, Midrex), использование лома, доменные процессы без вдувания пылеугольного топлива позволяют существенно снизить удельные выбросы ПГ на тонну металлургической продукции [30, 31]. Нормативные значения удельных выбросов ПГ в разбивке по этапам производства металлургической продукции в соответствии с европейской системой бенчмаркинга EUROFER представлены в табл. 2.

Поскольку сталь и стальной прокат являются сложным товаром, фактические выбросы ПГ в целях СВАМ регулирования будут равны сумме эмиссий ПГ во всех процессах технологической цепи (формула (3)). С этой целью авторами был выполнен анализ используемых технологий производства металлургической продукции на всех предприятиях – экспортерах Свердловской области и определена фактическая углеродоемкость производства товаров (табл. 3) как сумма углеродоемкостей всех этапов производства, приведенных в табл. 2.

4. Результаты

В табл. 4 представлены результаты расчетов экономических потерь для предприятий – экспортеров металлургической продукции Свердловской области по трем сценариям. За основу взяты данные ФТС по весу нетто экспортируемых товаров за 2021 г.

Таблица 2. **Нормативные значения удельных выбросов парниковых газов по этапам производства металлургической продукции**

Table 2. **Normative values of specific greenhouse gas emissions by stages of production of metallurgical products**

Производственный процесс	Удельные выбросы ПГ, кг CO _{2 экв.} /т
Производство кокса	202
Производство агломерата	258
Производство чугуна	1349
Производство железа прямого восстановления на базе использования природного газа	565
Производство железа прямого восстановления на базе использования угля	1691
Плавильно-восстановительная установка	2165
Производство кислородно-конвертерной стали	50
Производство стали в электродуговых печах	173
Производство сортовых заготовок	78
Производство горячекатаного проката	70
Производство компактного горячекатаного проката	46
Плоский прокат	175
Производство сортового проката	66
Производство профильного проката	112
Производство катанки	78
Производство бесшовных горячекатаных труб	184

Источник: Бенчмаркинг в рамках EUROFER [32].

Таблица 3. **Используемые технологии и расчет углеродоемкости производимой продукции**

Table 3. **Technologies used and calculation of the carbon intensity of manufactured products**

Название предприятия-экспортера	Номенклатура экспортируемых СВАМ-товаров	Используемая технология по цепочке поставок и ее нормативная углеродоемкость (см. табл. 2)
АО «НЛМК-Урал»	Прутки горячекатаные из железа или нелегированной стали; прутки из железа или нелегированной стали	1. Производство стали в электродуговых печах из металлолома 173 кгCO _{2 экв.} /т. 2. Производство сортовых заготовок 78 кгCO _{2 экв.} /т. 3. Производство сортового проката 66 кгCO _{2 экв.} /т

Продолжение табл. 3
Continuation of table 3

Название предприятия-экспортера	Номенклатура экспортируемых СВАМ-товаров	Используемая технология по цепочке поставок и ее нормативная углеродоемкость (см. табл. 2)
АО «Первоуральский новотрубный завод»	Полуфабрикаты из железа и нелегир. стали, катаные или полученные непрерывным литьем	1. Производство стали в электродуговых печах из металлолома 173 кгСО _{2 экв.} /т. 2. Производство сортовых заготовок 78 кгСО _{2 экв.} /т. 3. Производство сортового проката 66 кгСО _{2 экв.} /т
	Трубы, трубки и профили полые из черных металлов (кроме чугунного литья) бесшовные	1. Производство стали в электродуговых печах из металлолома 173 кгСО _{2 экв.} /т. 2. Производство сортовых заготовок 78 кгСО _{2 экв.} /т. 3. Производство бесшовных горячекатаных труб 184 кгСО _{2 экв.} /т
	Трубы, трубки полые прочие из черных металлов (кроме чугунного литья) сварные	1. Производство стали в электродуговых печах из металлолома 173 кгСО _{2 экв.} /т. 2. Производство сортовых заготовок 78 кгСО _{2 экв.} /т. 3. Производство сортового проката 66 кгСО _{2 экв.} /т
	Емкости для сжатого или сжиженного газа, из черных металлов, бесшовные	1. Производство стали в электродуговых печах из металлолома 173 кгСО _{2 экв.} /т. 2. Производство сортовых заготовок 78 кгСО _{2 экв.} /т. 3. Производство бесшовных горячекатаных труб 184 кгСО _{2 экв.} /т
ОАО «Уральский трубный завод»	Трубы, трубки полые прочие из черных металлов (кроме чугунного литья); металлоконструкции из черных металлов; листы, прутки, уголки, фасонные профили из черных металлов	Нет данных
ООО «НЛМК-МЕТИЗ»	Проволока из железа и нелегир. стали	1. Производство стали в электродуговых печах из металлолома 173 кгСО _{2 экв.} /т. 2. Производство сортовых заготовок 78 кгСО _{2 экв.} /т. 3. Производство катанки 78кгСО _{2 экв.} /т

Окончание табл. 3

End of table 3

Название предприятия-экспортера	Номенклатура экспортируемых СВАМ-товаров	Используемая технология по цепочке поставок и ее нормативная углеродоемкость (см. табл. 2)
ПАО «Навигационный металлургический комбинат»	Прутки из железа или нелегированной стали; прутки прочие из железа или нелегированной стали	1. Производство кокса 202 кгСО _{2 экв.} /т. 2. Производство агломерата 258 кгСО _{2 экв.} /т. 3. Производство чугуна 1349 кгСО _{2 экв.} /т. 4. Производство стали в электродуговых печах 173 кгСО _{2 экв.} /т. 5. Производство сортовых заготовок 78 кгСО _{2 экв.} /т. 6. Производство сортового проката 66 кгСО _{2 экв.} /т
АО «ЕВРАЗ НТМК»	Передельный, зеркальный чугун	1. Производство кокса 202 кгСО _{2 экв.} /т. 2. Производство агломерата 258 кгСО _{2 экв.} /т. 3. Производство чугуна 1349 кгСО _{2 экв.} /т
	Полуфабрикаты из железа и нелегированной стали; прутки из железа или нелегированной стали	1. Производство кокса 202 кгСО _{2 экв.} /т. 2. Производство агломерата 258 кгСО _{2 экв.} /т. 3. Производство чугуна 1349 кгСО _{2 экв.} /т. 4. Производство кислородно-конверт. стали 50 кгСО _{2 экв.} /т. 5. Производство сортовых заготовок 78 кгСО _{2 экв.} /т. 6. Производство сортового проката 66 кгСО _{2 экв.} /т
	Уголки, фасонные и специальные профили из железа или нелегированной стали; изделия из черных металлов для ж/д и трамвайных путей	1. Производство кокса 202 кгСО _{2 экв.} /т. 2. Производство агломерата 258 кгСО _{2 экв.} /т. 3. Производство чугуна 1349 кгСО _{2 экв.} /т. 4. Производство кислородно-конверт стали 50 кгСО _{2 экв.} /т. 5. Производство сортовых заготовок 78 кгСО _{2 экв.} /т. 6. Производство профильного проката 112 кгСО _{2 экв.} /т

Источник: составлено авторами на основе табл. 2.

Графически полученные результаты представлены на рис. 2 и 3.

Различие сценариев обусловлено различными значениями углеродоемкости товаров по сценариям и структурой экспорта Свердловской области. Так, наибольшая разница в углеродоемкостях продукции по сценариям наблюдается у производителей стального проката («НЛМК-Урал», ПНТЗ)

за счет передовых технологий производства и использования вторичных материальных ресурсов (металлолома) на указанных предприятиях при производстве продукции, что позволяет избежать выбросов ПГ, возникающих на самых первых переделах (подготовка сырья, производство чугуна, производство стали). Но удельный вес данной продукции в структуре

Таблица 4. Значения совокупных выбросов парниковых газов и платежей по СВММ предприятий – экспортеров Свердловской области

Table 4. Values of total greenhouse gas emissions and payments for СВММ by exporting enterprises of the Sverdlovsk region

Код ТНВЭД	Наименование	Вес нетто, тыс. т	Факт. углеродоемкость (сценарий 1)	Углеродоемкость по среднеевр. значениям РФ (сценарий 2) [4]	Углеродоемкость 10% худших установок ЕС (сценарий 3) [4]	Совокупные годовые выбросы ПГ, тыс. тонн CO _{2экв}			Совокупные годовые выплаты в рамках СВММ, тыс. евро		
			т CO _{2экв} /т продукции			Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3
АО «НЛМК-УРАЛ»											
7213	Прутки горячекатаные из железа или не легированной стали	44,7	0,317	2,23	1,46	14,2	99,6	65,2	1055,5	7425,3	4861,4
7214	Прутки из железа или не легированной стали	28,3	0,317	2,23	1,46	9,0	63,2	41,4	669,9	4712,5	3085,3
АО «ПЕРВОУРАЛЬСКИЙ НОВОТРУБНЫЙ ЗАВОД»											
7207	Полуфабрикаты из железа и не легированной стали, катаные или полученные непрерывным литьем	52,7	0,317	2,08	1,61	16,72	109,7	84,9	1246,4	8178,5	6330,4
7304	Трубы, трубки и профили полые из черных металлов (кроме чугунного литья) бесшовные	5,6	0,435	2,34	2,23	2,44	13,1	12,5	181,9	978,3	932,3
7306	Трубы, трубки полые прочие из черных металлов (кроме чугунного литья) сварные	0,2	0,317	2,34	2,23	0,01	0,05	0,05	0,5	3,6	3,4
7311	Емкости для сжатого или сжиженного газа, из черных металлов, бесшовные	0,2	0,435	2,34	2,23	0,01	0,05	0,0	0,7	3,9	3,7
ОАО «УРАЛЬСКИЙ ТРУБНЫЙ ЗАВОД»											
7305	Трубы, трубки прочие из черных металлов (кроме чугунного литья)	0,4	2,34*	2,34	2,23	0,96	1,0	0,9	71,7	71,7	68,3
7306	Трубы, трубки полые прочие из черных металлов (кроме чугунного литья)	14,6	2,34*	2,34	2,23	34,27	34,3	32,7	2554,8	2554,8	2434,7
7308	Металлоконструкции из черных металлов; листы, прутки, уголки, фасонные профили из черных металлов	1,1	2,34*	2,34	2,23	2,67	2,7	2,5	198,8	198,8	189,4
ООО «НЛМК-МЕТИЗ»											
7217	Проволока из железа и не легир. стали	5,6	0,329	2,27	1,94	1,83	12,6	10,8	136,6	942,8	805,7

Окончание табл. 1

End of table 1

Код ТНВЭД	Наименование	Вес нетто, тыс. т	Факт. углеродоемкость (сценарий 1)	Углеродоемкость по среднотр. значениям РФ (сценарий 2) [4]	Углеродоемкость 10% худших установок ЕС (сценарий 3) [4]	Совокупные годовые выбросы ПГ, тыс. тонн CO _{2экв}			Совокупные годовые выплаты в рамках СВАМ, тыс. евро		
			т CO _{2экв} /т продукции			Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3
ПАО «НАДЕЖДИНСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД»											
7214	Прутки из железа или нелегированной стали	0,2	2,126	2,23	1,46	0,05	0,05	0,0	3,8	4,0	2,6
7215	Прутки прочие из железа или нелегированной стали	26,8	2,126	2,23	1,55	56,99	59,8	41,6	4248,2	4456,0	3097,2
АО «ЕВРАЗ НИЖНЕТАГИЛЬСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»											
7201	Передельный, зеркальный чугуны	7,8	1,809	2,21	2,1	14,18	17,3	16,5	1056,7	1290,9	1226,6
7207	Полуфабрикаты из железа и нелегированной стали	416,4	2,003	2,08	1,61	834,04	866,1	670,4	62169,6	64559,6	49971,6
7214	Прутки из железа или нелегированной стали	0,2	2,003	2,23	1,46	0,04	0,05	0,03	3,1	3,4	2,2
7216	Уголки, фасонные и специальные профили из железа или нелегированной стали	0,4	2,049	2,08	1,5	0,08	0,1	0,1	5,8	5,9	4,3
7302	Изделия из черных металлов для жд и трамвайных путей	0,3	2,049	2,34	1,88	0,64	0,7	0,6	48,1	54,9	44,1
Итого		604,6				988,1	1280,5	980,2	73652,1	95444,9	73063,6

* на уровне среднеотраслевых значений ввиду отсутствия информации о технологии производства металла.

Источник: составлено авторами на основе [4].

экспорта области невелик (12,1 и 9,7% соответственно).

Максимальный удельный вес в структуре экспорта приходится на металлургическое предприятие полного цикла НТМК (70,2%), при этом рассчитанное значение углеродоемкости его продукции близко по значению как со среднеотраслевым по России, так и со 10% худших установок ЕС. Все указанное сближает значения совокупных

выбросов ПГ и совокупных платежей в рамках СВАМ сценариев 1 (по нормативной углеродоемкости продукции) и 3 (по значениям углеродоемкости продукции 10% худших установок ЕС).

Следует отметить, что по всем анализируемым товарным позициям среднероссийские значения углеродоемкости (сценарий 2) выше углеродоемкости продукции 10% худших установок ЕС (сценарий 3), что, по всей

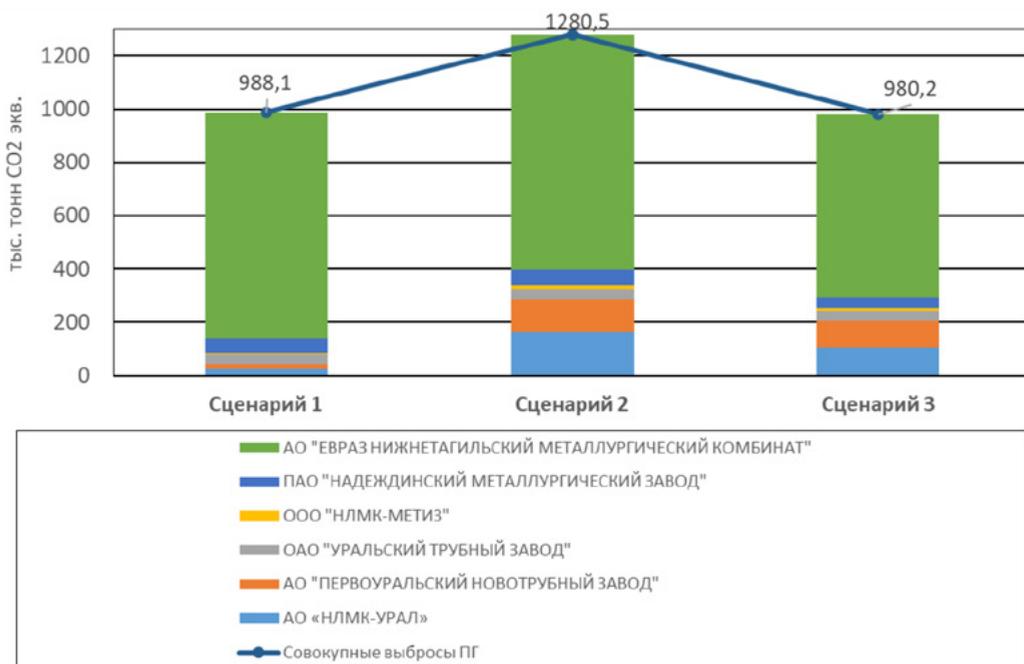


Рис. 2. Совокупные годовые выбросы парниковых газов предприятий – экспортеров СВAM-продукции Свердловской области

Fig. 2. Aggregate annual greenhouse gas emissions of enterprises-exporters of CBAM products in the Sverdlovsk Region

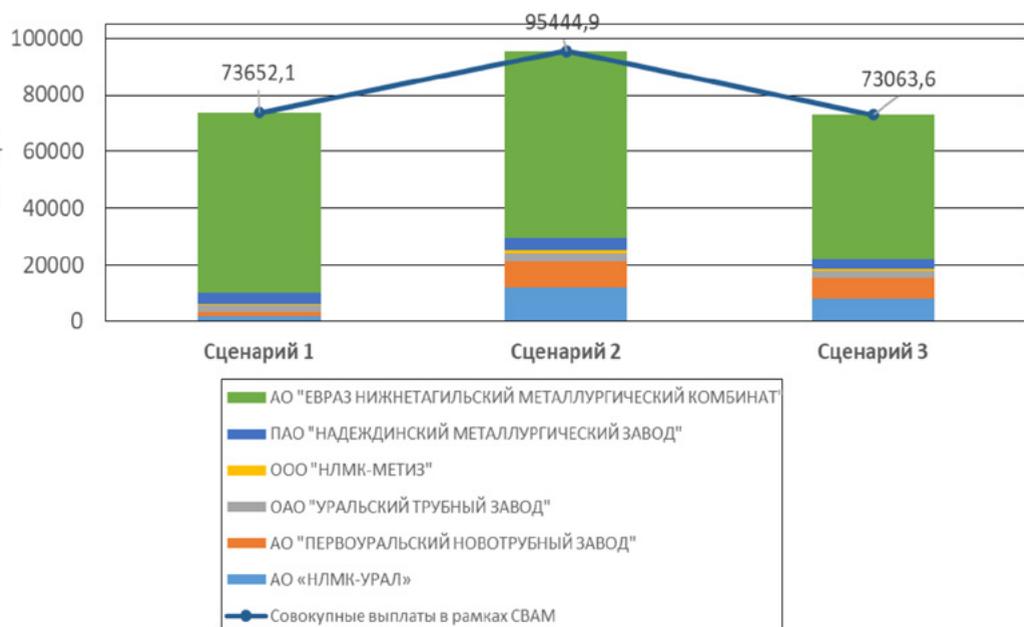


Рис. 3. Совокупные годовые выплаты предприятий – экспортеров СВAM-продукции Свердловской области

Fig. 3. Aggregate annual payments of enterprises-exporters of Sverdlovsk region products to the Sverdlovsk region

видимости, говорит о преобладании углеродоемких технологий в производстве металлургической продукции в РФ в целом по сравнению с ЕС, о необходимости последовательной модернизации комплекса [33].

5. Обсуждение

Выполненные авторами расчеты показали, что в случае, если на предприятиях области не будет налажен самостоятельный учет фактических удельных выбросов ПГ как на площадках предприятия (охват 1), так и по всей цепочке поставок (охват 3), в разрезе всей номенклатуры выпускаемой продукции, что соответствует сценарию 1, совокупные годовые платежи в рамках СВАМ, согласно Резолюции ЕС, будут рассчитаны исходя из среднероссийских значений углеродоемкости продукции (сценарий 2) и составят 95,4 млн евро в год, что на 21,8 млн евро в год выше, чем по сценарию 1, при этом больше всего пострадают наиболее прогрессивные с точки зрения применяемых технологий предприятия. В этой связи особую важность приобретает создание единой страновой правовой и методологической базы, а также формирование организационной системы для корректного учета выбросов ПГ на уровне отдельных предприятий по всей технологической цепочке производства товаров в разрезе выпускаемой продукции. Важно обеспечить ее прозрачность и сопоставимость с общепринятой в мире методологией, что могли бы подтвердить аккредитованные верификаторы.

Другим направлением снижения экономических потерь от введения СВАМ можно назвать создание российской системы торговли квотами на выбросы ПГ. На данный момент запланирована апробация площадки по торговле квотами на выбросы ПГ в Сахалинской

области¹⁸, в дальнейшем данный эксперимент по углеродному регулированию может быть проведен и в других регионах России, если будут приняты соответствующие нормативно-правовые акты (по данным Минэкономики, ряд регионов, в частности Калининградская область и ХМАО, уже выразили желание присоединиться к эксперименту, с тем чтобы создать свои системы квотирования). Данная мера позволит заинтересовать в сокращении выбросов ПГ не только экспортеров продукции в ЕС, но и предприятия, работающие на внутренний рынок или поставляющие товары в страны СНГ, Азии и в другие регионы.

Кроме того, национальная система углеродного регулирования позволит аккумулировать финансовые ресурсы на реализацию климатических проектов, включая проекты по адаптации к последствиям изменения климата внутри страны. Наличие бенчмаркинга по отраслям производства позволит выявлять и поощрять производителей с минимальными удельными выбросами ПГ, стимулировать использование наилучших доступных технологий, реализацию проектов по повышению энерго- и ресурсоэффективности.

В силу имеющихся отраслевых различий в способности и темпах декарбонизации производственных процессов имеет смысл разработка отраслевых стратегий низкоуглеродного развития на федеральном и региональном уровнях. Необходимо привлечение отраслевых специалистов, отраслевых ассоциаций и представителей научного и экологического сообщества для всестороннего рассмотрения участников, размера государственного участия

¹⁸Federal Law No. 34-FZ of March 6, 2022 "On Conducting an Experiment to Limit Greenhouse Gas Emissions in Certain Subjects of the Russian Federation".

и степени сокращения углеродоемкости. Поддержка российских производителей может снизить их уязвимость перед дополнительными издержками и возможным падением спроса на их продукцию, и для определения величины такой поддержки также важно понимать размер потенциальных экономических потерь предприятий от введения СВАМ.

6. Заключение

В статье были проанализированы существующие в мире меры углеродного регулирования, показана роль и место СВАМ как одного из экономических инструментов снижения выбросов ПГ, дано подробное описание механизма СВАМ и порядка проведения расчетов.

Авторами была выполнена экономическая оценка потенциальных потерь предприятий Свердловской области от введения трансграничного углеродного регулирования по трем сценариям определения углеродоемкости экспортируемой продукции, так как именно от нее зависит величина экономических последствий: по фактическим значениям (сценарий 1), по среднероссийским значениям (сценарий 2), по значениям 10% худших установок ЕС (сценарий 3). Результаты расчетов показали, что в рамках сценария 1 предприятия Свердловской области вынуждены будут заплатить СВАМ-платежи на сумму 73,7 млн евро в год, по сценарию 2–95,4 млн евро в год, по сценарию 3–73,0 млн евро в год.

В текущей ситуации, когда на предприятиях отсутствует налаженный, верифицированный независимой организацией, учет выбросов ПГ по всей цепочке поставок в разрезе номенклатуры выпускаемой продукции, вероятнее всего, для определения величины платежей в рамках СВАМ европейским регулятором будут использованы среднероссийские значения углеродоемкости, что

делает сценарий 2 самым реалистичным из рассмотренных. При этом наиболее уязвимыми оказываются передовые с точки зрения технологий предприятия с низкими, по сравнению со среднероссийскими и среднеевропейскими, значениями фактической углеродоемкости выпускаемой продукции, так как в рамках сценария 2 и сценария 3 они будут уплачивать больше СВАМ-платежей.

Полученные значения СВАМ-платежей являются существенными для Свердловской области, в случае их уплаты в ЕС в полном объеме они не смогут быть направлены на техническое перевооружение отечественных предприятий. Данный факт подтверждает выдвинутую гипотезу о необходимости учета экономических потерь предприятий от мер углеродного регулирования других стран при формировании региональных и страновых стратегий низкоуглеродного развития. Приведенные расчеты могут помочь в определении механизма и величины финансовой поддержки российских предприятий, которая должна быть направлена на снижение углеродоемкости выпускаемой продукции.

Используемый авторами методический подход позволяет выполнить подобную оценку для любого объекта: предприятия, промышленного комплекса, отрасли, региона. Предлагаемый авторами инструментарий может использоваться как сотрудниками предприятий, желающих оценить предполагаемые затраты от введения углеродного регулирования, так и региональными лицами, принимающими решения, для оценки потерь бюджета региона и изменения структуры экспорта из-за трансграничного углеродного регулирования, а также при обосновании мер финансовой поддержки предприятий.

Основным ограничением использованного в статье метода является

использование нормативных, а не фактических значений углеродоемкости продукции при выполнении расчетов по сценарию 1, что обусловлено отсутствием в свободном доступе информации о параметрах технологических процессов на анализируемых предприятиях,

их материальных и энергетических балансах. Разработка методики определения фактической углеродоемкости продукции в соответствии со стандартом GHG Protocol для конкретного предприятия может являться направлением дальнейших исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Climate Change: The IPCC1990 and 1992 Assessments. IPCC, 1992. 168 p. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ipcc_90_92_assessments_far_full_report.pdf.
2. Doda B., Kuneman W. A.E., Krause E., Boute A., Jackson E. Carbon Pricing Potential in East and South Asia. Umweltbundesamt, 2021. 65 p. URL: <https://www.adelphi.de/en/publication/carbon-pricing-potential-east-and-south-asia>.
3. Liu X., Murun T. Carbon Pricing for the Transition Toward Net-Zero of Asia. Institute for Global Environmental Strategies, 2022. 24 p. URL: <https://www.iges.or.jp/en/pub/cp-asia/en>. DOI: 10.57405/iges-12247.
4. Башмаков И. А., Башмаков В. И., Борисов К. К., Дзедзичек М. Г., Лунин А. А., Лебедев О. В. СВАМ. Последствия для российской экономики. М.: ЦЭНЭФ – XXI, 2021. 140 с. URL: https://cenef-xxi.ru/uploads/Cz_ENEF_XXI_CBAM_4c0a2fb4a3.pdf.
5. Белик И. С., Стародубец Н. В., Майорова Т. В., Ячменева А. И. Стимулирование перехода к низкоуглеродной экономике. М.: ИНФРА-М, 2018. 104 с. DOI: 10.12737/monography_5b4465f5655254.86893595.
6. Aligning Policies for a Low-Carbon Economy. OECD Publishing, 2015. 240 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264233294-en>.
7. Leaf D., Verolme H. J., Hunt Jr W. F. Overview of regulatory/policy/economic issues related to carbon dioxide // Environment International. 2003. Vol. 29, Issue 2–3. Pp. 303–310. DOI: 10.1016/S0160–4120 (02) 00161-7.
8. Bryner G. C. New Tools for Improving Government Regulation: An Assessment of Emissions Trading and Other Market-Based Regulatory Tools. PricewaterhouseCoopers, 1999. 29 p. URL: <https://www.businessofgovernment.org/sites/default/files/GovernmentRegulation.pdf>.
9. Hintermann B., Peterson S., Rickels W. Price and Market Behavior in Phase II of the EU ETS: A Review of the Literature // Review of Environmental Economics and Policy. 2015. Vol. 10, No. 1. DOI: 10.1093/reep/rev015.
10. Emissions Trading Worldwide: Status Report 2022. Berlin: International Carbon Action Partnership (ICAP), 2022. 240 p. URL: https://icapcarbonaction.com/system/files/document/220408_icap_report_rz_web.pdf.
11. Guo X., Fu L., Sun X. Can Environmental Regulations Promote Greenhouse Gas Abatement in OECD Countries? Command-and-Control vs. Market-Based Policies // Sustainability. 2021. Vol. 13, Issue 12. P. 6913. DOI: 10.3390/su13126913.
12. Cullenward D., Victor D. G. Making Climate Policy Work. Polity Press, 2020. 256 p. URL: shorturl.at/grvx9.
13. Bergquist P., Mildenberger M., Stokes L. C. Combining climate, economic, and social policy builds public support for climate action in the US // Environmental Research Letters. 2020. Vol. 15, No. 5. P. 054019. DOI: 10.1088/1748–9326/ab81c1.
14. Young K. M., Gurganus K., Raymond L. Framing market-based versus regulatory climate policies: A comparative analysis // Review of Policy Research. 2022. Vol. 00. Pp. 1–22. DOI: 10.1111/ropr.12493.

15. *Perdana S., Vielle M.* Carbon Border Adjustment Mechanism in the Transition to Net-Zero Emissions: Collective Implementation and Distributional Impacts // Proceedings of the 6th AIEE Energy Symposium Current and Future Challenges to Energy Security. The Energy Transition, a Pathway from Low Carbon to Decarbonization. Rome, Italy: AIEE – The Italian Association of Energy Economists, 2021. Pp. 96–98. URL: https://www.aieesymposium.eu/wp-content/uploads/2022/01/BOOK-SYMPOSIUM_2021-SITE.pdf.

16. *Shapiro J.* The Environmental Bias of Trade Policy // The Quarterly Journal of Economics. 2021. Vol. 136, Issue 2. Pp. 831–886. DOI: 10.1093/qje/qjaa042.

17. *Lamy P., Pons G., Leturcq P.* A European Border Carbon Adjustment Proposal // Renewable Energy Law and Policy Review. 2020. Vol. 10, Issue 1. Pp. 21–30. DOI: 10.4337/relp.2020.01.03.

18. *Verde S. F., Borghesi S.* The International Dimension of the EU Emissions Trading System: Bringing the Pieces Together // Environmental and Resource Economics. 2022. Vol. 83, Issue 1. Pp. 23–46. DOI: 10.1007/s10640–022–00705-x.

19. *Newman N. S.* The European Union's CBAM: Is It an Effective Economic Climate Policy? // Pepperdine Policy Review. 2022. Vol. 14, Issue 22. Article 3. URL: <https://digitalcommons.pepperdine.edu/ppr/vol14/iss1/3>.

20. *Mörsdorf G.* A Simple fix for Carbon Leakage? Assessing the Environmental Effectiveness of the EU Carbon Border Adjustment. Minich: IFO Institute, 2021. 33 p. URL: <https://www.ifo.de/DocDL/wp-2021–350-moersdorf-eu-carbon-border-adjustment.pdf>.

21. *Mattoo A., Subramanian A., van der Mensbrugghe D.* Trade effects of alternative carbon border-tax schemes // Review of World Economics. 2013. Vol. 149, Issue 3. Pp. 587–609. DOI: 10.1007/s10290-013-0159-0.

22. *Chang N.* Sharing responsibility for carbon dioxide emissions: A perspective on border tax adjustments // Energy Policy. 2013. Vol. 59. Pp. 850–856. DOI: 10.1016/j.enpol.2013.04.046.

23. *Magacho G., Espagne E., Godin A.* Impacts of CBAM on EU trade partners: consequences for developing countries // AFD Research Papers. No. 238. Agence Francaise de Developpement, 2022. 20 p. URL: <https://www.afd.fr/en/ressources/impacts-cbam-eu-trade-partners-consequences-developing-countries>.

24. A European Union Carbon Border Adjustment Mechanism: Implications for Developing Countries. The United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2021. 31 p. URL: https://unctad.org/system/files/official-document/sgsinf2021d2_en.pdf.

25. *Simola H.* CBAM! – Assessing Potential Costs of the EU Carbon Border Adjustment Mechanism for Emerging Economies // BOFIT Policy Brief. 2021. No. 10. Helsinki: Bank of Finland, Bank of Finland Institute for Emerging Economies (BOFIT), 2021. 26 p. URL: <http://hdl.handle.net/10419/251711>.

26. *Кузминых Ю. В.* Оценка финансовых потерь российских экспортеров углеродоемкой продукции: региональный аспект // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. 2022. Т. 32, № 1. С. 40–47. DOI: 10.35634/2412-9593-2022-32-1-40-47.

27. *Лозовский Д. С.* Влияние трансграничного углеродного налога на промышленный сектор Российской экономики // Вестник Российского нового университета. Серия: Человек и общество. 2022. № 1. С. 48–57. DOI: 10.18137/RNU.V9276.22.01.P.048.

28. *Makarov I., Besley D., Hasan D., Boratynski J., Chepeliev M., Golub E., Nemova V., Stepanov I.* Russia and Global Green Transition: Risks and Opportunities. World Bank, 2021. 110 p. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36757>.

29. *Симонян Л. М.* Анализ методологии определения выбросов CO₂ на территории РФ применительно к черной металлургии // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2018. Т. 61, № 9. С. 721–730. DOI: 10.17073/0368-0797-2018-9-721-730.

30. *Лисиенко В. Г., Берг Д. Б., Криворотов В. В., Чесноков Ю. Н., Лантева А. В.* Показатели конкурентоспособности продукции различных сочетаний металлургических

переделов с учетом их углеродного следа // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2015. № 6. С. 868–884. DOI: 10.15826/vestnik.2015.14.6.047.

31. Лисиенко В. Г., Лантева А. В., Чесноков Ю. Н., Луговкин В. В. Сравнительная эмиссия парникового газа CO₂ в переделах черной металлургии // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2015. Т. 58, № 9. С. 625–629. DOI: 10.17073/0368-0797-2015-9-625-629.

32. Башмаков И. А., Скобелев Д. О., Борисов К. Б., Гусева Т. В. Системы бенчмаркинга по удельным выбросам парниковых газов в черной металлургии // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2021. Т. 77, № 9. С. 1071–1086. DOI: 10.32339/0135-5910-2021-9-1071-1086.

33. Шевелев Л. Н., Бродов А. А. Энергосбережение, повышение энергоэффективности и снижение выбросов парниковых газов в черной металлургии России // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 2 (1418). С. 3–7.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Стародубец Наталья Владимировна

Кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической безопасности производственных комплексов Института экономики и управления Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID 0000-0001-8687-2050; n.v.starodubets@gmail.com.

Грищенко Юлия Олеговна

Студентка Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID 0000-0001-5151-8748; gruliya99@mail.ru.

Белик Ирина Степановна

Доктор экономических наук, профессор кафедры экономической безопасности производственных комплексов Института экономики и управления Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID 0000-0001-7405-3226; e-mail: irinabelik2010@mail.ru.

Никулина Наталья Леонидовна

Кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Института экономики Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия (620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29); ORCID 0000-0002-6882-3172; e-mail: nikulina.nl@uiec.ru.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность фонду РНФ и правительству Свердловской области: исследование выполнено за счет совместного гранта Российского научного фонда и правительства Свердловской области № 22-28-20453 «Комплексный подход к процессам декарбонизации экономики: формирование региональной политики», <https://rscf.ru/project/22-28-20453/>.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Стародубец Н. В., Грищенко Ю. О., Белик И. С., Никулина Н. Л. Экономическая оценка последствий введения трансграничного углеродного регулирования для регионального промышленного комплекса (на примере Свердловской области) // Journal of Applied Economic Research. 2022. Т. 21, № 4. С. 708–733. DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.4.025.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 9 июля 2022 г.; дата поступления после рецензирования 12 сентября 2022 г.; дата принятия к печати 10 октября 2022 г.

Economic Assessment of the Consequences of the Carbon Border Adjustment Mechanism Introduction for the Regional Industrial Complex (on the Example of the Sverdlovsk Region)

N. V. Starodubets¹  , Yu. O. Grishchenko¹ , I. S. Belik¹ , N. L. Nikulina² 

¹Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,

²Institute of Economics, The Ural Branch of Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia

 n.v.starodubets@gmail.com

Abstract. Concern about the problem of anthropogenic climate change has led to the active development of various tools to reduce greenhouse gas emissions. One such tool to combat carbon leakage is the carbon border adjustment mechanism, which was adopted by the European Union in 2021. Starting in 2026, carbon payments will affect all exporters of carbon-intensive products to the EU. The purpose of the article is an economic assessment of the consequences of the introduction of the carbon border adjustment mechanism for the regional industrial complex by studying the case of the Sverdlovsk region. The hypothesis of the study is to substantiate the need to take into account the economic losses of enterprises from carbon regulation measures in the formation of regional and country strategies for low-carbon development. An overview of carbon regulation tools is made, and the place of the carbon border adjustment mechanism is shown. A detailed description of the calculation procedure is given. An economic assessment of potential losses for enterprises of the Sverdlovsk region from the introduction of transboundary carbon regulation was carried out according to three scenarios for determining the carbon intensity of products: by actual values (scenario 1); according to average Russian values (scenario 2); according to the worst 10% EU installations (scenario 3). The results showed that annual payments for the enterprises of the Sverdlovsk region would amount to 73.7 million euros (scenario 1), 95.4 million euros (scenario 2), 73.0 million euros (scenario 3). In the current situation, scenario 2 is the most probable, in which the most progressive enterprises in terms of applied technologies would suffer the maximum losses. To minimize payments, it is proposed to introduce a methodology for accounting for greenhouse gas emissions in the context of manufactured products, develop in-country tools for carbon regulation, and stimulate the introduction of low-carbon technologies. The tools proposed by the authors can be used by employees of enterprises to assess the expected costs of introducing carbon regulation. Also, the toolkit can be used by regional decision makers to assess the losses of the region's budget and changes in the structure of exports due to transboundary carbon regulation, and to justify financial support measures for enterprises.

Key words: carbon border adjustment mechanism; carbon intensity of products; accounting for greenhouse gas emissions; carbon regulation tools; low-carbon technologies; greenhouse gas emissions in metallurgy.

JEL Q510

References

1. Climate Change: The IPCC1990 and 1992 Assessments (1992).. IPCC, 168 p. Available at: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ipcc_90_92_assessments_far_full_report.pdf.
2. Doda, B., Kuneman, W.A.E., Krause, E., Boute, A., Jackson, E. (2021). *Carbon Pricing Potential in East and South Asia*. Umweltbundesamt, 65 p. Available at: <https://www.adelphi.de/en/publication/carbon-pricing-potential-east-and-south-asia>.

3. Liu, X., Murun, T. (2022). *Carbon Pricing for the Transition Toward Net-Zero of Asia*. Institute for Global Environmental Strategies, 24 p. Available at: <https://www.iges.or.jp/en/pub/cp-asia/en>. DOI: 10.57405/iges-12247.
4. Bashmakov, I.A., Bashmakov, V.I., Borisov, K.K., Dzedzichuk, M.G., Lunin, A.A., Lebedev, O.V. (2021). *CBAM. Posledstviia dlia rossiiskoi ekonomiki [CBAM. Implications for the Russian economy]*, Moscow, CENEF–XXI. Available at: https://cenef-xxi.ru/uploads/Cz_ENEF_XXI_CBAM_4c0a2fb4a3.pdf. (In Russ.).
5. Belik, I.S., Starodubets N. V., Mayorova, T.V., Yachmeneva, A.I. (2018). *Stimulirovanie perekhoda k nizkouglerodnoy ekonomike [Encouraging a transition to a low-carbon economy]*. Moscow, INFRA-M. DOI: 10.12737/monography_5b4465f5655254.86893595. (In Russ.).
6. *Aligning Policies for a Low-Carbon Economy* (2015). OECD Publishing, 240 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/978926423294-en>.
7. Leaf, D., Verolme, H.J., Hunt Jr, W.F. (2003). Overview of regulatory/policy/economic issues related to carbon dioxide. *Environment International*, Vol. 29, Issue 2–3, 303–310. DOI: 10.1016/S0160–4120 (02) 00161-7.
8. Bryner, G.C. (1999). *New Tools for Improving Government Regulation: An Assessment of Emissions Trading and Other Market-Based Regulatory Tools*. PricewaterhouseCoopers, 29 p. Available at: <https://www.businessofgovernment.org/sites/default/files/GovernmentRegulation.pdf>.
9. Hintermann, B., Peterson, S., Rickels, W. (2015). Price and Market Behavior in Phase II of the EU ETS: A Review of the Literature. *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 10, No. 1. DOI: 10.1093/reep/rev015.
10. *Emissions Trading Worldwide: Status Report 2022* (2022). Berlin, International Carbon Action Partnership (ICAP) 240 p. Available at: https://icapcarbonaction.com/system/files/document/220408_icap_report_rz_web.pdf.
11. Guo, X., Fu, L., Sun, X. (2021). Can Environmental Regulations Promote Greenhouse Gas Abatement in OECD Countries? Command-and-Control vs. Market-Based Policies. *Sustainability*, Vol. 13, Issue 12, 6913. DOI: 10.3390/su13126913.
12. Cullenward, D., Victor, D.G. (2020). *Making Climate Policy Work*. Polity Press, 256 p. Available at: shorturl.at/grvx9.
13. Bergquist, P., Mildemberger, M., Stokes, L.C. (2020). Combining climate, economic, and social policy builds public support for climate action in the US. *Environmental Research Letters*, Vol. 15, No. 5, 054019. DOI: 10.1088/1748–9326/ab81c1.
14. Young, K.M., Gurganus, K., Raymond, L. (2022). Framing market-based versus regulatory climate policies: A comparative analysis. *Review of Policy Research*, 00, 1–22. DOI: 10.1111/ropr.12493.
15. Perdana, S., Vielle, M. (2021). Carbon Border Adjustment Mechanism in the Transition to Net-Zero Emissions: Collective Implementation and Distributional Impacts. *Proceedings of the 6th AIEE Energy Symposium Current and Future Challenges to Energy Security. The Energy Transition, a Pathway from Low Carbon to Decarbonization*. Rome, Italy, AIEE – The Italian Association of Energy Economists, 96–98. Available at: https://www.aieesymposium.eu/wp-content/uploads/2022/01/BOOK-SYMPOSIUM_2021-SITE.pdf.
16. Shapiro, J. (2021). The Environmental Bias of Trade Policy. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 136, Issue 2, 831–886. DOI: 10.1093/qje/qjaa042.
17. Lamy, P., Pons, G., Leturcq, P. (2020). A European Border Carbon Adjustment Proposal. *Renewable Energy Law and Policy Review*, Vol. 10, Issue 1, 21–30. DOI: 10.4337/relp.2020.01.03.
18. Verde, S.F., Borghesi, S. (2022). The International Dimension of the EU Emissions Trading System: Bringing the Pieces Together. *Environmental and Resource Economics*, Vol. 83, Issue 1, 23–46. DOI: 10.1007/s10640–022–00705-x.
19. Newman, N.S. (2022). The European Union’s CBAM: Is It an Effective Economic Climate Policy? *Pepperdine Policy Review*, Vol. 14, Issue 22, Article 3. Available at: <https://digitalcommons.pepperdine.edu/ppr/vol14/iss1/3>.

20. Mörsdorf, G. (2021). *A Simple fix for Carbon Leakage? Assessing the Environmental Effectiveness of the EU Carbon Border Adjustment*. Minich, IFO Institute, 33 p. Available at: <https://www.ifo.de/DocDL/wp-2021-350-moersdorf-eu-carbon-border-adjustment.pdf>.
21. Mattoo, A., Subramanian, A., van der Mensbrugghe, D. (2013). Trade effects of alternative carbon border-tax schemes. *Review of World Economics*, Vol. 149, Issue 3, 587–609. DOI: 10.1007/s10290-013-0159-0.
22. Chang, N. (2013). Sharing responsibility for carbon dioxide emissions: A perspective on border tax adjustments. *Energy Policy*, Vol. 59, 850–856. DOI: 10.1016/j.enpol.2013.04.046.
23. Magacho, G., Espagne, E., Godin, A. (2022). Impacts of CBAM on EU trade partners: consequences for developing countries. *AFD Research Papers*, No. 238. Agence Francaise de Developpement, 20 p. Available at: <https://www.afd.fr/en/ressources/impacts-cbam-eu-trade-partners-consequences-developing-countries>.
24. A European Union Carbon Border Adjustment Mechanism: Implications for Developing Countries (2021). The United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 31 p. Available at: https://unctad.org/system/files/official-document/osingf2021d2_en.pdf.
25. Simola, H. (2021). CBAM! – Assessing Potential Costs of the EU Carbon Border Adjustment Mechanism for Emerging Economies. *BOFIT Policy Brief*, No. 10. Helsinki, Bank of Finland, Bank of Finland Institute for Emerging Economies (BOFIT), 26 p. Available at: <http://hdl.handle.net/10419/251711>.
26. Kuzminykh, Iu.V. (2022). Otsenka finansovykh poter rossiiskikh eksporterov uglerodoemkoi produktsii: regional'nyi aspect (Estimation of financial losses of Russian exporters of carbon deposits: A regional aspect). *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Ekonomika i pravo (Bulletin of Udmurt University. Series Economics and Law)*, Vol. 32, No. 1, 40–47. DOI: 10.35634/2412-9593-2022-32-1-40-47. (In Russ.).
27. Lozovsky, D. S. (2022). Vliianie transgranichnogo uglerodnogo naloga na promyshlennyi sektor Rossiiskoi ekonomiki (Impact of the Boarder Carbon Tax on Industrial Sector of the Russian Economy). *Vestnik Rossiiskogo novogo universiteta. Seriya: Chelovek i obshchestvo (Vestnik of Russian New University. Series. Man in the modern world)*, No. 1, 48–57. DOI: 10.18137/RNU.V9276.22.01.P.048. (In Russ.).
28. Makarov, I., Besley, D., Hasan, D., Boratynski, J., Chepeliev, M., Golub, E., Nemova, V., Stepanov, I. (2021). Russia and Global Green Transition: Risks and Opportunities. World Bank, 110 p. Available at: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36757>.
29. Simonyan, L.M. (2018). Analiz metodologii opredeleniia vybrosov CO₂ na territorii RF primenitelno k chernoi metallurgii (Analysis of the methodology for determining CO₂ emissions on the territory of the Russian Federation in respect to the ferrous metallurgy). *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Chernaia metallurgii (Izvestiya. Ferrous Metallurgy)*, Vol. 61, No. 9, 721–730. DOI: 10.17073/0368-0797-2018-9-721-730. (In Russ.).
30. Lisienko, V.G., Berg, D.B., Krivorotov, V.V., Chesnokov, Iu.N., Lapteva, A.V. (2015). Pokazateli konkurentosposobnosti produktsii razlichnykh sochetanii metallurgicheskikh peredelov s uchetom ikh uglerodnogo sleda (Indicators of competitiveness of production of various combinations of metallurgical processes taking into account their carbon footprint). *Vestnik UrFU. Seriya ekonomika i upravlenie (Bulletin of UrFU. Series Economics and Management)*, No. 6, 868–884. DOI: 10.15826/vestnik.2015.14.6.047. (In Russ.).
31. Lisienko, V.G., Lapteva, A.V., Chesnokov, Iu.N., Lugovkin, V.V. (2015). Sravnitelnaia emissiia parnikovogo gaza CO₂ v peredelakh chernoi metallurgii (Comparative emission of greenhouse gas CO₂ in the processing of ferrous metallurgy). *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Chernaia metallurgii (Izvestiya. Ferrous Metallurgy)*, Vol. 58, No. 9, 625–629. DOI: 10.17073/0368-0797-2015-9-625-629. (In Russ.).
32. Bashmakov, I.A., Skobelev, D.O., Borisov, K.B., Guseva, T.V. (2021). Sistemy benchmarkinga po udelnym vybrosam parnikovyykh gazov v chernoi metallurgii (Benchmarking systems for greenhouse gases specific emissions in steel industry). *Chernaia metallurgii*.

Biulleten nauchno-tekhnicheskoi i ekonomicheskoi informatsii (Ferrous Metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information). Vol. 77, No. 9, 1071–1086. DOI: 10.32339/0135-5910-2021-9-1071-1086. (In Russ.).

33. Shevelev, L.N., Brodov, A.A. (2018). Energoberezhenie, povyshenie energoeffektivnosti i snizhenie vybrosov parnikovykh gazov v chernoi metallurgii Rossii (Energy Saving, Increase of Energy Usage Efficiency and Decrease of Emissions of Greenhouse Gases in Steel Industry of Russia). *Chernaia metallurgii. Biulleten nauchno-tekhnicheskoi i ekonomicheskoi informatsii (Ferrous Metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information)*, No. 2 (1418), 3–7. (In Russ.).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Starodubets Natalia Vladimirovna

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Economic Safety of Industrial Complexes, School of Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); ORCID 0000-0001-8687-2050; e-mail: n.v.starodubets@gmail.com.

Grishchenko Yulia Olegovna

Student, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); ORCID 0000-0001-5151-8748; e-mail: gruliya99@mail.ru.

Belik Irina Stepanovna

Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of Economic Safety of Industrial Complexes, School of Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); ORCID 0000-0001-7405-3226; e-mail: irinabelik2010@mail.ru.

Nikulina Natalia Leonidovna

Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher, Institute of Economics, The Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia (620014, Ekaterinburg, Moskovskaya street, 29); ORCID 0000-0002-6882-3172; e-mail: nikulina.nl@uiec.ru.

ACKNOWLEDGMENTS

We express our gratitude to the RSF and the Government of the Sverdlovsk Region: this research was supported by the Russian Science Foundation and Government of Sverdlovsk Region, Joint Grant No. 22-28-20453 «An integrated approach to the processes of decarbonization of the economy: the formation of a regional policy», <https://rscf.ru/project/22-28-20453/>.

FOR CITATION

Starodubets N. V., Grishchenko Yu.O., Belik I. S., Nikulina N. L. Economic Assessment of the Consequences of the Carbon Border Adjustment Mechanism Introduction for the Regional Industrial Complex (on the Example of the Sverdlovsk Region). *Journal of Applied Economic Research*, 2022, Vol. 21, No. 4, 708–733. DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.4.025.

ARTICLE INFO

Received July 9, 2022; Revised September 12, 2022; Accepted October 10, 2022.

