

Влияние механизма трансграничного углеродного регулирования ЕС на экспорт Китая и ответные меры

Либинг Ван^а, Я Вэнь^{б,*}, Юнь Чжан^б

^а Стратегический и научно-исследовательский центр, Китайская группа компаний «Хуадянь», Пекин 100031, КНР.

^б Группа компаний «Международная энергетическая взаимосвязь», ЗАО, Пекин 100031, КНР.

Аннотация. В данном исследовании анализируется потенциальное влияние механизма трансграничного углеродного регулирования ЕС (СВАМ) на экспорт углеродоемкой продукции Китая. Сначала мы резюмировали основное содержание СВАМ. Затем, на основе теории «затраты-выпуск», в исследовании предложена расчетная модель для неявных и косвенных выбросов углерода от потребления электроэнергии в экспортной продукции и представлены соответствующие результаты расчетов. На основе метода сценарного анализа было разработано шесть вариантов моделирования углеродных тарифов для оценки влияния СВАМ на основные экспортные сектора в каждом сценарии. Результаты показали, что в 2021 году неявные выбросы углерода во всей продукции, экспортируемой в Европу из Китая, составили приблизительно 375 миллионов тонн, из которых косвенные выбросы углерода от электроэнергии составили приблизительно 41,8 миллиона тонн, что составляет более 10%. Согласно действующему плану взимания пошлин, ожидается, что в 2021 году Китай будет облагаться углеродными пошлинами на сумму приблизительно 1,4 миллиарда долларов США, что составит 0,3% от общей стоимости его экспорта в Европу. Наконец, для уменьшения негативных последствий СВАМ были предложены четыре меры с точки зрения энергетической отрасли.

Ключевые слова: неявные выбросы углерода; механизм трансграничного углеродного регулирования; косвенные выбросы углерода от производства электроэнергии; Торговля «зеленой» электроэнергией.

0 Введение

25 апреля 2023 года завершился законодательный процесс создания механизма трансграничного углеродного регулирования ЕС (СВАМ), также известного как углеродные тарифы, и он официально вступил в силу 1 октября 2023 года [1,2]. СВАМ устанавливает «зеленый» торговый барьер под предлогом предотвращения утечки углерода и имеет долгосрочные и далеко идущие последствия для китайского экспорта в ЕС. В данном исследовании рассматривается вопрос асимметрии затрат на углеродосодержащие выбросы между европейскими компаниями и их зарубежными конкурентами. СВАМ не только поддерживает ЕС в реализации более амбициозных мер по сокращению выбросов, но и стимулирует его торговых партнеров к принятию мер по сокращению выбросов, сопоставимых с мерами ЕС [3]. ЕС является крупнейшим экспортным направлением для Китая, экспорт которого в 2020 году достиг 390,8 млрд долларов США, что составляет 15% от общего объема экспорта Китая и 20% от общего объема импорта ЕС. Вследствие таких факторов, как структура энергопотребления, уровень технологического развития и стадия экономического развития, китайская продукция, экспортируемая в ЕС, характеризуется относительно высокой интенсивностью выбросов углекислого газа. Внедрение механизма СВАМ потенциально окажет значительное влияние на экспорт высокоуглеродистой продукции в определенных секторах, что требует от Китая пристального внимания. Таким образом, важно оценить масштабы и распределение углеродосодержащих выбросов, связанных с экспортом высокоуглеродистой продукции из Китая в Европу.

Многие исследователи провели масштабные исследования СВАМ и его влияния. Ван и др. [4] проанализировали процесс развития, ключевые механизмы, экономические последствия, позицию

международного сообщества, тенденции и реакцию на СВМ. Цзэн и др. [5] предположили, что СВМ сократил общий объем экспорта из затронутых секторов Китая в Европу на 11–13% и увеличил экспортные издержки на 100–305 миллионов долларов США. Рен и др. [6] использовали модель анализа неявных выбросов в двусторонней торговле для оценки влияния СВМ на объем экспортной торговли, добавленную экономическую стоимость и неявные выбросы углерода 40 промышленных товаров в Китае. Лю и др. [7] использовали однозонную модель "затраты-выпуск" и таблицу межотраслевого баланса для расчета неявных выбросов углерода от экспорта Китая в 27 стран ЕС в 2018 году и проанализировали потенциальные экономические потери для Китая. Руан и др. [8] использовали GTAP - модель (Проект анализа международной торговли) для количественной оценки влияния СВМ на экспорт Китая. Тан и др. [9] использовали многозональную модель "затраты-выпуск" (MRIO) для оценки общих неявных выбросов углерода, во-первых, от прямого импорта и экспорта между Китаем и ЕС, и, во-вторых, от переработки и реэкспорта Китаем продукции, импортируемой из ЕС. Вэй и др. [10] использовали модель MRIO для измерения масштабов углеродосодержащих выбросов, связанных с энергетикой, распространяемых посредством международной торговли в период с 1995 по 2009 год. Ван и др. [11] анализируют эффекты распространения СВМ с использованием расширенной MRIO-модели и CGE-модели. Се и др. [12] провели количественный анализ влияния СВМ на экономику Китая и достижение глобальных целей по сокращению углеродосодержащих выбросов. Ан и др. [13] обсудили совместимость СВМ с рамками ВТО с точки зрения согласованности правил, сферы применения и легитимности. Рен и др. [14] изучили влияние СВМ на развитие возобновляемой энергетики в Китае и дали рекомендации. Го и др. [15] предложили модель общего равновесия на основе эволюционной игры в качестве динамической рекурсивной основы для изучения влияния СВМ на китайскую обрабатывающую промышленность. Линь и др. [16] использовали метод исследования событий с использованием данных по стали и алюминию с китайского фьючерсного рынка для эмпирического изучения существования «зеленого парадокса». Чжун и др. [17] провели систематический обзор выводов и важнейших вопросов, связанных с разработкой эффективной политики СВМ.

Существующая литература в основном сосредоточена на масштабах и моделях распространения неявных углеродосодержащих выбросов, связанных с энергетикой, при этом исследований косвенных углеродосодержащих выбросов от производства электроэнергии совсем немного. На основе теории «затраты-выпуск» в данном исследовании разработаны количественные модели неявных и косвенных углеродосодержащих выбросов от производства электроэнергии экспортной продукции в Европу. Затем был проведен вероятностный анализ для разработки шести вариантов моделирования углеродных тарифов и оценки влияния СВМ на основные экспортные сектора в каждом варианте моделирования. Наконец, с точки зрения энергетической отрасли, были предложены четыре меры для смягчения негативных последствий СВМ.

1. Основное назначение СВМ

Окончательное соглашение по предложению СВМ, в отличие от консервативного проекта Европейской комиссии и более радикальных поправок Европейского парламента, предполагает компромиссную стратегию в отношении сроков начала действия, сокращения объёмов бесплатных квот и притязаний.

Сроки введения углеродного тарифа: СВМ вступил в силу 1 октября 2023 года. Переходный период начался с 1 октября 2023 года и продлится до 31 декабря 2025 года, в течение которого будут действовать только обязательства по отчетности. Другими словами, импортерам нужно будет только ежегодно предоставлять данные о косвенных углеродосодержащих выбросах от импортируемой продукции без уплаты сборов. Официально СВМ начнет действовать в 2026 году и будет полностью внедрен к 2034 году. Введение СВМ будет осуществляться поэтапно, с той же

скоростью, что и сокращение объёма бесплатных квот в системе торговли квотами на выбросы парниковых газов ЕС (EU-ETS), как показано на рис. 1.

Цели углеродного тарифа: CBAM применяется к тем странам-торговым партнерам ЕС, которые не внедрили равноценную климатическую политику, за исключением стран со схожими климатическими целями. В результате, развивающиеся страны, включая Китай, Индию, Вьетнам и Бразилию, имеющие значительные объемы торговли с ЕС, станут основными объектами этих углеродных тарифов.

Сфера действия углеродного тарифа: в настоящее время CBAM включает такие области как сталь, алюминий, электроэнергию, цемент, удобрения, водород, некоторые предвестники бедствия, катастрофы и изделия дальнейшего передела. До окончания переходного периода Европейская комиссия должна оценить, следует ли расширить сферу его действия, включив в него другие продукты, подверженные риску утечки углерода, в том числе органические химикаты и полимеры. Цель CBAM — включить все продукты, охватываемые EU-ETS, к 2030 году.

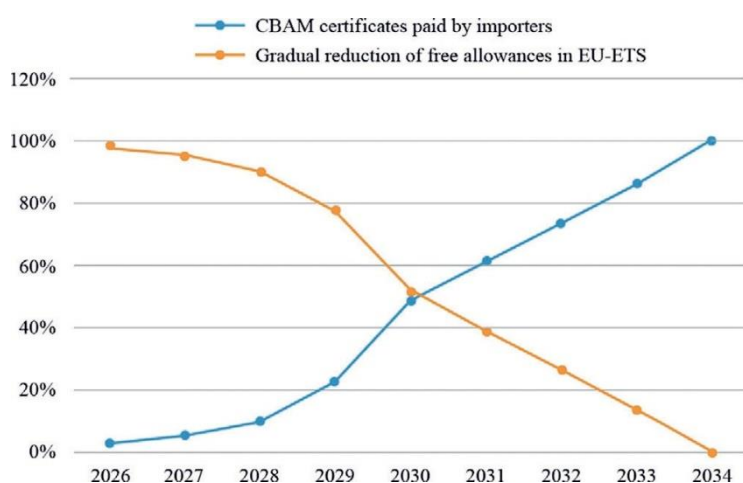


Рис. 1. Процесс введения углеродного тарифа CBAM.

Типы выбросов: в настоящее время CBAM в основном включает прямые выбросы от производственных процессов (категория 1) и определенные условия косвенных выбросов углерода от потребления электроэнергии (категория 2), охватывающие три категории парниковых газов: диоксид углерода, закись азота (только для удобрений) и перфторуглероды (только для алюминиевой продукции). Конкретные правила в отношении углеродных тарифов на косвенные выбросы еще не уточнены. В случае со сталью и алюминием, поскольку производство этих продуктов в ЕС уже получает компенсацию косвенных издержек на выбросы (субсидии на электроэнергию), эти продукты могут первоначально быть освобождены от косвенных выбросов и облагаться налогом только на прямые выбросы.

Метод расчета углеродного тарифа: импортеры из ЕС обязаны регулярно предоставлять данные, включающие общий объем импортируемых товаров и их прямые и косвенные выбросы углерода. В случае импортируемых товаров, для которых фактические данные не могут быть предоставлены, ЕС использует значение интенсивности выбросов по умолчанию для расчета налоговой ставки. Это значение по умолчанию представляет собой среднее значение интенсивности выбросов углерода 10% товаров с самыми высокими показателями, импортируемых в ЕС. ЕС продает сертификаты CBAM по цене, соответствующей аукционной цене квоты на выбросы на рынке EU-ETS. Каждый год импортеры обязаны приобретать достаточное количество сертификатов и представлять их в ЕС до 31 мая. Стоимость оплаты сертификата CBAM для импортеров рассчитывается следующим образом:

$$E = (C_{all} - C_{free}) \times CBAM_{price} - E_{pay} \quad (1)$$

где E обозначает стоимость сертификатов CBAM, уплаченную импортерами, C_{all} обозначает прямые выбросы углерода от импортируемых товаров, C_{free} обозначает бесплатную квоту на углеродосодержащие выбросы, полученную для тех же товаров в ЕС, $C_{CBAM_{price}}$ обозначает цену покупки сертификатов CBAM, а E_{pay} обозначает явные затраты на углеродосодержащие выбросы, уже уплаченные за продукт в стране происхождения.

2. Расчет неявных и косвенных выбросов углерода при производстве электроэнергии.

2.1 Неявные выбросы углерода

Выбросы углерода в экспортируемой продукции включают не только прямые выбросы от производства, но и косвенные выбросы, вызванные потреблением электроэнергии и затратами на промежуточные продукты. В данном исследовании используется концепция неявных выбросов углерода для представления общих углеродосодержащих выбросов на протяжении всего жизненного цикла продукта. Сначала с помощью теории «затраты-выпуск» рассчитывается масштаб неявных выбросов углерода в экспортируемой продукции.

Исходя из однозональной модели «затраты-выпуск», предполагающей экономику с n секторами, базовая модель «затраты-выпуск» выражается следующим образом:

$$X = AX + Y \quad (2)$$

где X представляет собой общую стоимость выпуска продукции в долларах США; A обозначает матрицу коэффициентов прямого потребления; AX обозначает стоимость использования в промежуточном секторе в долларах США; и Y представляет собой стоимость конечного использования в долларах США. Это уравнение можно преобразовать следующим образом:

$$X = (I - A)^{-1} Y \quad (3)$$

где $(I-A)^{-1}$ обозначает обратную матрицу Леонтьева. Пусть e_i представляет собой прямые выбросы углерода i -го сектора на единицу стоимости выпуска, то есть интенсивность прямых выбросов углерода i -го сектора, выраженную в tCO_2/USD , c_i представляет собой общие неявные выбросы углерода i -го сектора, $tCO_2 \cdot e_i$ и c_i для n секторов образуют n -мерные матрицы E и C соответственно. Таким образом, $X = C/E$. Подставляя это в (3), получаем неявные выбросы углерода C , вызванные удовлетворением конечного спроса Y , как

$$C = E(I - A)^{-1} Y \quad (4)$$

где $E(I-A)^{-1}$ представляет собой неявную интенсивность углеродосодержащих выбросов. Для различения отечественных и импортных производственных ресурсов на этапе производства, A делится на две части: A_d и A_m , обозначающие коэффициенты потребления отечественной и импортной продукции соответственно. Y включает конечное внутреннее потребление, формирование капитала и общий экспорт Y^o . Таким образом, неявные выбросы углерода C^o в экспортируемой продукции с использованием отечественных производственных ресурсов можно получить следующим образом:

$$C^o = E(I - A^d)^{-1} Y^o \quad (5)$$

Кроме того, прямые выбросы углерода C^d в экспортируемой продукции рассчитываются следующим образом:

$$C^d = EY^o \quad (6)$$

2.2 Косвенные выбросы от потребления электроэнергии

Использование электроэнергии для замены потребления ископаемого топлива и сокращения углеродосодержащих выбросов имеет преимущество низкой стоимости. Поэтому, оценивая масштабы и распределение косвенных выбросов углерода от электроэнергии в экспортной продукции с высоким содержанием углерода, экспортные предприятия могут смягчить воздействие СВМ за счет увеличения потребления экологически чистой электроэнергии с меньшими затратами. На основе теории «затраты-выпуск» косвенные выбросы углерода от потребления электроэнергии C^e в экспортной продукции рассчитываются следующим образом:

$$C^e = \frac{P}{X} B Y^o = M Y^o \quad (7)$$

где P обозначает количество электроэнергии, потребляемой каждым сектором (кВт·ч); P/X обозначает потребление электроэнергии на единицу произведенной продукции каждым сектором, кВт·ч/долл. США; B обозначает коэффициент углеродосодержащих выбросов при потреблении электроэнергии, tCO_2 /кВт·ч; M обозначает интенсивность косвенных выбросов углерода от производства электроэнергии, tCO_2 /долл. США.

Из (6) очевидно, что интенсивность косвенных выбросов углерода M тесно связана с интенсивностью потребления электроэнергии и коэффициентом углеродосодержащих выбросов при потреблении электроэнергии. По сравнению с развитыми странами ЕС, Китай имеет более высокую интенсивность потребления электроэнергии и более высокий коэффициент выбросов при потреблении электроэнергии, что указывает на значительный потенциал для сокращения выбросов. В 2020 году интенсивность потребления электроэнергии в Китае составляла приблизительно 278 кВт·ч/десять тысяч юаней, тогда как в ЕС — 142 кВт·ч/десять тысяч юаней, что составляет 51% от показателя Китая. В 2021 году средний коэффициент выбросов при потреблении электроэнергии в Китае составлял 557 gCO_2 /кВт·ч [18], тогда как в ЕС — 241 gCO_2 /кВт·ч, что составляет 43% от показателя Китая, как показано на рис. 2.

Доля S^e косвенных выбросов углерода от потребления электроэнергии C^e в неявных выбросах углерода C^o выражается как

$$S^e = \frac{C^e}{C^o} = \frac{M}{E(I - A^d)^{-1}} \quad (8)$$

3 Оценка влияния СВМ на экспорт Китая

3.1 Схема обработки данных

Для расчета неявных выбросов углерода C^o необходимы интенсивность прямых выбросов углерода E , матрица коэффициентов потребления отечественной продукции A_d и объем экспорта Y^o . Последний был получен непосредственно из Китайского ежегодника статистики торговли и экономики за 2021 год. Первым шагом было унификация секторального деления. Учитывались только неявные выбросы углерода от сельскохозяйственной и промышленной продукции, экспортируемой в Европу. Экспорт Китая в ЕС был разделен на 21 сектор. Подробности секторального деления можно найти в [8]. Вторым шагом был расчет интенсивности прямых выбросов углерода E на основе угля, сырой нефти и природного газа, потребляемых каждым сектором, и их коэффициентов углеродосодержащих выбросов (см. Таблицу 1). Третьим шагом был расчет A_d . На основе китайской таблицы межотраслевых связей за 2020 год, стоимость использования промежуточных товаров соответствующего отечественного производства была объединена и разделена на соответствующую объединенную совокупную стоимость затрат для получения матрицы коэффициентов прямого потребления A_d соответствующего объединенного сектора.

3.2 Результаты расчетов

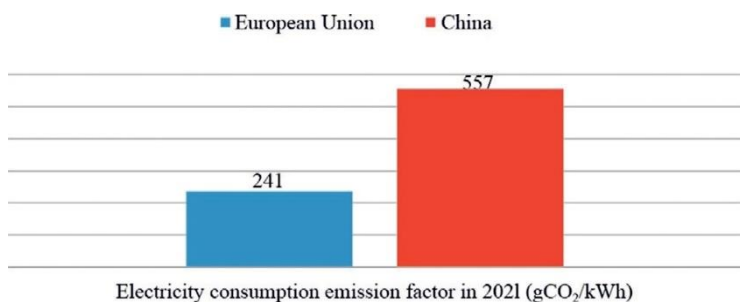


Рис. 2. Коэффициент выбросов углерода от потребления электроэнергии в ЕС и Китае в 2021 году.

Как показано на рис. 3, в 2021 году косвенные выбросы углерода Китаем от всей продукции, экспортируемой в ЕС, составили приблизительно 375 миллионов тонн, из которых пятью ведущими секторами были химическая промышленность (приблизительно 115,7 миллионов тонн), машиностроение и производство оборудования (приблизительно 59,7 миллионов тонн), производство общего и специального оборудования (приблизительно 55,1 миллионов тонн), текстильная промышленность (приблизительно 29,9 миллионов тонн) и производство металлопродукции (приблизительно 28 миллионов тонн), что в сумме составляет 76,8%. Интенсивность косвенных выбросов углерода от продукции, экспортируемой в Европу, колеблется от 0,3 кг CO₂/долл. США до 2,1 кг CO₂/долл. США, при средней интенсивности косвенных выбросов углерода 0,77 кг CO₂/долл. США. Четыре сектора с самыми высокими показателями интенсивности скрытых выбросов углерода — это химический сектор (2,13 кг CO₂/долл. США), сектор неметаллических минеральных продуктов (1,40 кг CO₂/долл. США), сектор металлургической выплавки и прокатки (1,37 кг CO₂/долл. США) и сектор добычи и обогащения неметаллических минералов (1,24 кг CO₂/долл. США). Это традиционные энерго- и ресурсоемкие секторы. Интенсивность скрытых выбросов углерода в этих четырех секторах в ЕС составляет 18%, 41%, 30% и 15% соответственно от показателей Китая. Если интенсивность скрытых выбросов углерода в промышленных товарах достигнет уровня ЕС, то общие скрытые выбросы углерода от продукции, экспортируемой в Европу в 2021 году, могут быть сокращены на 63%, что имеет большой потенциал для декарбонизации и снижения налогов.

Результаты расчетов неявных выбросов углерода экспортной продукции Китая в Европу аналогичны тем, которые приведены в ссылках [4] и [7], учитывая, что объем экспорта Китая в ЕС в 2021 году был в 1,4 раза больше, чем в 2018 году.

Как показано на рис. 4, предполагается, что коэффициент выбросов от потребления электроэнергии в Китае в 2021 году составил 557 г CO₂/кВт·ч, а косвенные выбросы углерода от потребления электроэнергии для всей продукции, экспортируемой в ЕС в 2021 году, составили приблизительно 41,8 млн тонн, что составляет 11% от общего объема косвенных выбросов углерода от всей продукции, экспортируемой в Европу. S^e каждого сектора варьировалась от 7% до 35%. Среди них наибольшие косвенные выбросы углерода от потребления электроэнергии наблюдались в текстильной, химической, машиностроительной и машиностроительной отраслях, а также в отраслях специального и общего оборудования, на которые приходится 64% от общего объема косвенных выбросов углерода от потребления электроэнергии для всей продукции, экспортируемой в Европу. Как показано на рис. 5, значения S^e для этих четырех секторов составляют 22%, 7%, 11% и 9% соответственно. В настоящее время доля косвенных выбросов углерода от потребления электроэнергии в общем объеме косвенных выбросов углерода невелика. Однако с созданием энергосистемы нового типа доля электроэнергии в конечном потреблении энергии постоянно увеличивается, и электроэнергия постепенно заменяет ископаемое топливо в качестве основного конечного источника энергии. По мере увеличения масштабов косвенных выбросов

углерода от потребления электроэнергии ожидается, что их влияние будет становиться все более значительным.

Таблица

Коэффициенты выбросов CO₂ первичных источников энергии.

Primary energy sources	Coal (Mt CO ₂ /Mt)	Oil (Mt CO ₂ /Mt)	Gas (Mt CO ₂ /100 Mm ³)
Emission coefficient	1.974	3.064	18.062

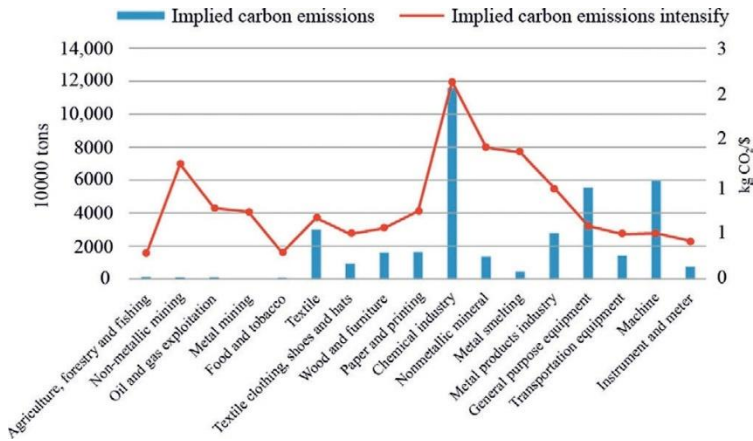


Рис. 3. Неявные выбросы углерода и интенсивность неявных выбросов углерода в различных секторах.

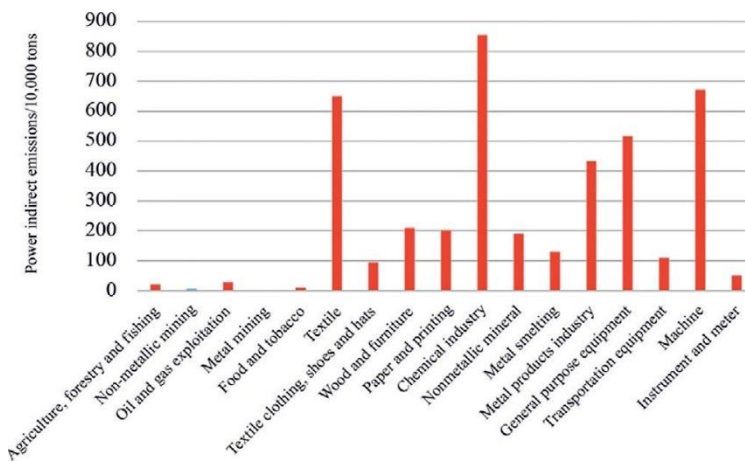


Рис. 4. Косвенные выбросы углерода от потребления электроэнергии во всех секторах.

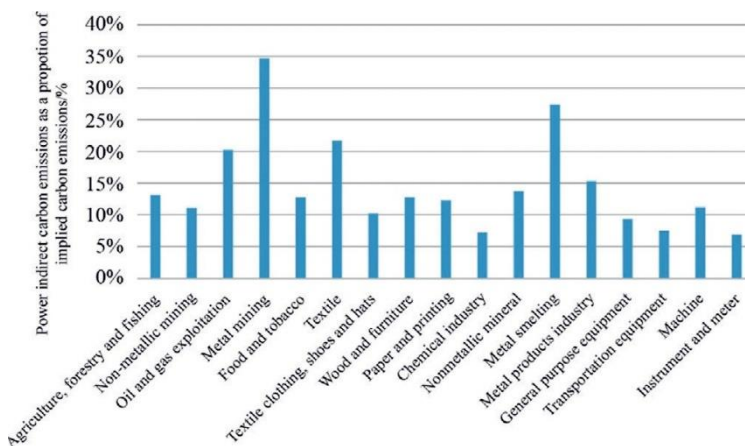


Рис. 5. Косвенные выбросы углерода от потребления электроэнергии в пропорции к неявным выбросам углерода во всех секторах.

3.3 Влияние СВМ на экспорт Китая

Для оценки влияния СВМ на экспорт Китая в ЕС используются неявные выбросы углерода. В соответствии с масштабом углеродного тарифа, тарифной ценой, бесплатными квотами в ЕС и внутренними платными затратами на выбросы углерода, было разработано шесть вариантов моделирования (S1-S6) для анализа влияния СВМ на экспорт Китая в ЕС, как показано в таблице 2. Тарифная цена в 85 евро/тонна представляет собой среднюю цену на углерод в системе торговли квотами ЕС в 2022 году, а средняя цена на углерод в китайских операциях на углеродном рынке в 2022 году составляет 55 юаней/тонна. В данном исследовании предполагается, что товары местного производства в ЕС получили бесплатные квоты на углеродосодержащие выбросы, составляющие одну треть от неявных выбросов углерода аналогичного продукта, импортируемого из Китая.

В таблице 3 приведены общие суммы уплаченных углеродных пошлин и их доля в общем объеме внешнеторгового экспорта при различных вариантах моделирования. В наиболее жестком варианте моделирования (S1) на Китай будет наложена углеродная пошлина в размере 33,7 млрд долларов США, что составляет 6,9% от общего объема экспорта в Европу. На косвенные выбросы углерода от потребления электроэнергии будет наложена пошлина в размере 3,75 млрд долларов США. В варианте моделирования S4 на Китай будет наложена углеродная пошлина в размере 11,8 млрд долларов США после переходного периода, что составляет 2,4% от общего объема его экспорта в Европу. На косвенные выбросы углерода от потребления электроэнергии будет наложена углеродная пошлина в размере 1,3 млрд долларов США. В варианте моделирования S6, который является актуальным предложением СВМ, на Китай будут наложены углеродные пошлины в размере 1,4 млрд долларов США, что составляет 0,3% от общего объема его экспорта в Европу. На косвенные выбросы углерода от потребления электроэнергии будет наложена углеродная пошлина в размере 160 млн долларов США.

На основе варианта моделирования S4 был тщательно проанализирован эффект СВМ на ключевые секторы в рамках EU-ETS. Ожидается, что сектор органических химикатов и пластмасс заплатит углеродные пошлины в размере приблизительно 5,3 млрд долларов США за экспорт в ЕС, что составляет 22% от общего объема экспорта этих двух секторов. В целом, прибыль сектора будет серьезно затронута. Ожидается, что сектор стекла и керамики заплатит приблизительно 770 млн долларов США за экспорт в ЕС, что составляет 14% от общего объема экспорта в ЕС. Это значительно увеличит экспортные издержки и ослабит относительное конкурентное преимущество. Ожидается, что секторы стали, алюминия, цемента и удобрений заплатят углеродные пошлины в размере приблизительно 2,2 млрд долларов США за экспорт в ЕС, что составляет 12,5% от общего объема экспорта этих четырех секторов в ЕС. Ожидается, что экспорт этих четырех секторов в ЕС будет серьезно затронут. Сектор металлопродукции заплатит углеродные пошлины в размере приблизительно 950 миллионов долларов США за экспорт в ЕС, что составляет 9% от общего объема экспорта этого сектора в Европу. Таким образом, общая прибыль сектора металлопродукции пострадает. Ожидается, что текстильная и бумажная промышленность заплатят углеродные пошлины в размере приблизительно 2,6 миллиарда долларов США за экспорт в Европу, что составляет 7% от общего объема экспорта этих двух секторов в Европу. Таким образом, ожидается, что СВМ снизит конкурентоспособность экспорта в этих секторах.

Таблица

2

Разработка вариантов моделирования углеродных тарифов.

Scenarios	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Scope of carbon tariff	All	All	All	EU-ETS	EU-ETS	Steel, aluminum, cement, fertilizer
Tariff price/(EUR/ton)	85	85	85	85	85	85
free allowances for same products in the EU	0	0	1/3	0	1/3	1/3
Domestic carbon emissions cost/(CNY/ton)	0	55	55	55	55	55

Таблица 3

Углеродные пошлины, уплаченные при различных вариантах моделирования.

Scenarios	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Total carbon tariff/100 M USD	337	306	204	118	79	14
Carbon tariff of indirect carbon emissions from electricity consumption/100 M USD	38	34	23	13	9	2
Proportion of carbon tariffs to total exports	6.9%	6.3%	4.2%	2.4%	1.6%	0.3%

3.4 Оценка неявных выбросов углерода в Китае

В будущем ожидается, что, хотя экспорт Китая в ЕС будет продолжать стабильно расти, структура его торговли может измениться. Объемы товаров с высокой интенсивностью выбросов углерода будут постепенно сокращаться, а товары с низкой интенсивностью выбросов углерода — постепенно увеличиваться. На основе данных за период с 2010 по 2023 год и методов аппроксимации данных прогнозируется, что к 2030 году стоимость экспорта Китая в ЕС достигнет 700 миллиардов евро, что на 36% больше, чем в 2023 году. При условии достижения целевых показателей интенсивности углеродосодержащих выбросов, установленных правительством Китая, интенсивность выбросов углерода в различных отраслях снизится на 10–30% в период с 2021 по 2030 год. В таких отраслях, как производство транспортного оборудования, машиностроение и электроника, благодаря увеличению потребления экологически чистой электроэнергии и активизации усилий по энергосбережению и сокращению выбросов, ожидается более значительное снижение интенсивности выбросов углерода, в то время как доля экспорта из этих отраслей, как ожидается, увеличится на 2-10 процентных пунктов. На основе этих данных и вышеупомянутого метода предполагается, что неявные выбросы углерода в Китае по всем товарам, экспортируемым в ЕС, достигнут пика, а затем постепенно снизятся в период с 2021 по 2030 год, достигнув 430 миллионов тонн к 2030 году, что на 14% выше, чем в 2021 году. С декарбонизацией структуры экспорта в ЕС, по мере увеличения масштабов экспорта в ЕС, ожидается снижение размера углеродных тарифов (рис. 6).

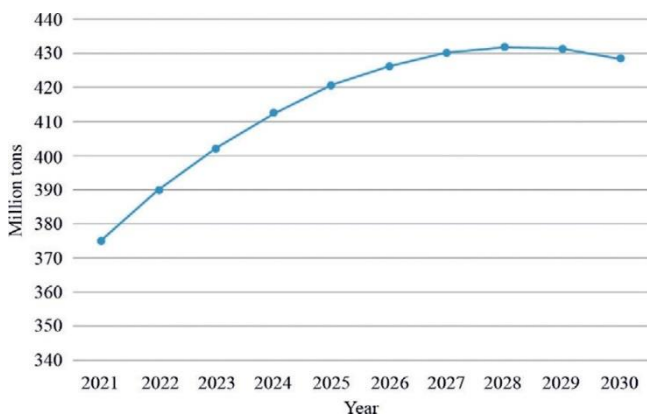


Рис. 6. Прогнозируемые значения неявных выбросов углерода в Китае для всех товаров, экспортируемых в ЕС.

4 Ответные меры

Для сокращения косвенных выбросов углерода от потребления электроэнергии и негативных последствий внедрения СВМ предлагаются следующие четыре меры:

(1) Усиление мер по энергосбережению в области промышленности

В металлургической отрасли следует популяризировать использование энергосберегающих технологий и отходов стали. В алюминиевой отрасли отходы алюминия можно перерабатывать для производства новых алюминиевых изделий, а также продвигать передовые электролитические ячейки и энергосберегающие печи для сокращения углеродосодержащих выбросов. В цементной

отрасли можно применять технологии производства цемента нового поколения для снижения энергопотребления. В отрасли производства удобрений можно увеличить долю сырья на основе «зеленого» водорода для оптимизации структуры сырья синтетического аммиака. За счет использования энергосберегающих технологий и методов управления в области промышленности можно сократить косвенные выбросы углерода на 1-5%.

(2) Ускорение низкоуглеродной трансформации электроэнергетической отрасли

В пустынных регионах, включая пустыню Гоби, необходимо ускорить масштабное локальное развитие ветроэнергетики и фотоэлектрической энергетики. Следует содействовать комплексному развитию гидроэнергетики, ветровой и солнечной энергетики в юго-западном регионе и строительству морских ветроэнергетических баз в восточном регионе. Также необходимо продвигать развитие распределенной возобновляемой энергетики. Для повышения эффективности энергопотребления и сокращения выбросов углекислого газа можно использовать электроэнергию вместо угля, нефти, газа и первичного энергетического сырья из биомассы в промышленном секторе. Опираясь на декарбонизацию структуры энергоснабжения и экологически чистую замену ископаемого топлива, можно сократить неявные выбросы углекислого газа на 5-10%.

(3) Содействие повышению коэффициента выбросов углерода при производстве электроэнергии с использованием пространственно-временной информации

Производство возобновляемой энергии значительно меняется со временем. Оно существенно меняется в зависимости от сезона, дневного времени и внутрисуточных масштабов. Таким образом, коэффициенты углеродосодержащих выбросов при потреблении электроэнергии демонстрируют значительные различия. С точки зрения пространственного измерения, из-за неравномерного распределения ветровых и световых ресурсов и различных масштабов трансрегиональной передачи электроэнергии, интенсивность углеродосодержащих выбросов от электроэнергии в разных регионах значительно различается. Как сообщается в [18], коэффициент выбросов углерода при потреблении электроэнергии в провинции Хэбэй в 6,4 раза выше, чем в провинции Юньнань. Использование коэффициента выбросов углерода при потреблении электроэнергии с использованием пространственно-временной информации вместо национального единого коэффициента выбросов углерода при потреблении электроэнергии позволяет снизить неявные выбросы углерода на 5–10%.

(4) Стремительное развитие торговли экологически чистой электроэнергией

Необходимо создать единую национальную систему зеленых сертификатов для учета вклада в сокращение углеродосодержащих выбросов в рамках торговли зеленой электроэнергией, торговли зелеными сертификатами и торговли на других рынках. Следует поощрять методы обобщения возобновляемых источников энергии для участия в торговле зеленой электроэнергией, такие как виртуальные электростанции, чтобы повысить заинтересованность в участии в торговле зеленой электроэнергией и снизить транзакционные издержки. Для реализации возможностей оптимизации конфигурации возобновляемой энергии в больших масштабах необходимо усовершенствовать межобластные и межрегиональные механизмы торговли возобновляемой энергией. За счет усиления управления углеродным следом и расширения торговли зеленой электроэнергией необходимо компенсировать косвенные выбросы углерода, связанные с производством электроэнергии.

5 Заключение

На основе теории «затраты-выпуск» в данном исследовании количественно рассматривается масштаб неявных выбросов углерода от продукции, экспортируемой в Европу, и косвенных выбросов углерода от потребления электроэнергии в Европе. Было разработано шесть вариантов

моделирования для анализа и оценки влияния СВAM на основные экспортные секторы, а также предложены меры с точки зрения энергетической отрасли по снижению негативных последствий СВAM.

(1) В 2021 году неявные выбросы углерода от всей продукции, экспортируемой из Китая в Европу, составили приблизительно 375 миллионов тонн, из которых пятью ведущими секторами были химическая промышленность, машиностроение и оборудование, общее и специальное оборудование, текстильная промышленность и металлопродукция, на которые пришлось в общей сложности 76,8%. Средняя интенсивность выбросов углерода от продукции, экспортируемой в Европу (0,77 кг углерода/долл. США), значительно выше, чем у аналогичной продукции, экспортируемой из материкового Китая в ЕС.

(2) В худшем случае Китай будет облагаться углеродными пошлинами на сумму 33,7 млрд долларов США, что составит 6,9% от общей стоимости экспорта в Европу в 2021 году. Однако, согласно действующему плану пошлин, Китай будет облагаться углеродными пошлинами на сумму приблизительно 1,4 млрд долларов США, что составит 0,3% от общей стоимости его экспорта в Европу. Основными секторами, которые пострадают от углеродных пошлин, являются органические химикаты и пластмассы, стеклокерамика, сталь, алюминий, цемент и удобрения. Ожидается, что эти секторы будут платить углеродные пошлины, которые составят более 10% от объема их экспортной торговли.

(3) Косвенные выбросы углерода от электроэнергии для всех товаров, экспортируемых из Китая в Европу в 2021 году, составили приблизительно 41,8 млн тонн, что составляет 11% от неявных выбросов углерода всех товаров, экспортируемых из Китая в Европу. Оценочная доля косвенных выбросов углерода от продукции каждого сектора, экспортируемой в Европу, составляла от 7% до 35% от неявных выбросов углерода каждого сектора. Поскольку доля потребления электроэнергии в конечной энергии продолжает расти, влияние включения косвенных выбросов углерода от потребления электроэнергии в углеродные тарифы будет становиться все более значительным.

(4) Для сокращения косвенных выбросов углерода от потребления электроэнергии необходимо усилить энергосбережение и управление в промышленности, содействовать низкоуглеродной трансформации в электроэнергетике, повысить коэффициенты углеродосодержащих выбросов в электросетях с использованием пространственно-временной информации и активно развивать торговлю «зеленой» электроэнергией, чтобы уменьшить негативное воздействие СВAM на экспорт Китая.

О конфликте интересов

Авторы заявляют о наличии следующих финансовых интересов/личных отношений, которые могут рассматриваться как потенциальный конфликт интересов: Я Вэнь и Юнь Чжан в настоящее время работают в Группе компаний «Международная энергетическая взаимосвязь», ЗАО. Исследовательский проект финансируется Группой компаний «Международная энергетическая взаимосвязь», ЗАО.

Список используемой литературы

[1] Европейская комиссия, Отчет об оценке воздействия, прилагаемый к документу: Предложение по регламенту Европейского парламента и Совета об установлении механизма корректировки углеродных выбросов на границе, Европейская комиссия, Брюссель, 2021 г.

[2] Исследовательский институт Tencent, Налог на выбросы углерода на границе ЕС: что это? Почему? Как это сделать, 2021 г. <https://www.tisi.org/17965>.

- [3] М. Дуань, Л. Ли, Ю. Тао, Механизм корректировки углеродных выбросов на границе ЕС и потенциальное влияние на ответные меры Китая (2021 г.). <http://www.3e.tsinghua.edu.cn/cn/article/116>.
- [4] М. Ван, З. Цзи, В. Кан и др., Ключевые моменты, последствия и ответные меры механизма корректировки углеродной границы ЕС, Китай. Народные ресурсы. Окружающая среда. 31 (12) (2019) 45-52.
- [5] А. Зэн, С. Тан, Ю. Ван и др., Влияние механизма корректировки углеродной границы ЕС на Китай в контексте углеродной нейтральности и его ответные меры, Китай. Журнал управления окружающей средой. 14(1) (2022) 31-37.
- [6] Ю. Рэн, Дж. Тянь, Л. Чень, Исследование экспорта промышленной продукции Китая и влияния углеродных тарифов, J. Environ. Manage. China 14 (6) (2022) 100-109.
- [7] Б. Лиу, Ф. Чжао, Влияние механизма регулирования углеродных границ ЕС на экспорт Китая и ответные меры, J. Tsinghua Univ. (Philos. Social Sci.) 36 (06) (2021), 185-194+210.
- [8] В. Руан, Влияние механизма регулирования углеродных границ ЕС на торговлю между Китаем и ЕС и его ответные меры, Sci. Dev. 2021 (04) (2021) 90-95.
- [9] Дж. Тан, М. Чен, Расчет и анализ выбросов углерода, неявно присутствующих в китайско-европейской торговле, на основе многорегиональной модели межотраслевого баланса, Экономист 02 (2015) 72-81.
- [10] Т. Вэй, С. Пэн, Исследование неявного переноса энергии и выбросов углерода в международной торговле на основе многорегиональной модели межотраслевого баланса, Resour. Sci. 39 (01) (2017) 94-104.
- [11] Х. Ван, Ю. Ван, Влияние механизма регулирования углеродных границ ЕС и ответных мер Китая, Финансовая теория и практика 08 (2022) 111-118.
- [12] С. Се, В. Пэн, Количественный анализ влияния механизма регулирования углеродных границ ЕС на экономику Китая и глобальное сокращение углеродосодержащих выбросов, Пекинский научно-исследовательский институт CICC, 2021.
- [13] Ц. Ань, Адаптивность механизма регулирования углеродных границ и правил ВТО и их значение, Международная нефтеэкономика 28 (11) (2020) 10-13.
- [14] Д. Рен, Влияние механизма регулирования углеродных границ ЕС на развитие возобновляемой энергетики Китая и ответные меры, Энергетика Китая 44 (04) (2022), 21-28+35.
- [15] К. Гуо, Влияние механизма корректировки углеродной границы на производственный сектор Китая: динамическая рекурсивная модель общего равновесия на основе эволюционной игры, J. Environ. Manage. 347 (2023) 119029.
- [16] Б. Линь, Х. Чжао, Оценка текущих эффектов предстоящего механизма корректировки углеродной границы ЕС: данные с китайского фьючерсного рынка, Energy Policy 177 (2023) 113573.
- [17] Дж. Чжонг, Дж. Пеи, Механизм корректировки углеродной границы: систематический обзор литературы о последних разработках, Clim. Policy 24 (2) (2023) 228-242.
- [18] Министерство экологии и окружающей среды. Объявление о выпуске коэффициента выбросов CO₂ от производства электроэнергии на 2021 год, 2024 год. https://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk01/202404/t20240412_1070565.html.

Получено 30 июня 2024 г.; отредактировано 13 сентября 2024 г.; принято 12 ноября 2024 г.

* Ответственный автор.

Адреса электронной почты: libing-wang@chd.com.cn (Л. Ван), ya-wen@geidco.org (Я. Вэнь), zhangyun@geidco.org (Ю. Чжан).

Эта статья переведена из журнала <Global Energy Interconnection> (ISSN: 2096-5117), выпуск 2, 2025 г. Оригинальное название статьи <The impact of EU carbon border adjustment mechanism on China's export and its countermeasures>. Перевод предоставляется исключительно для справки; преимущественную силу имеет оригинал: <https://doi.org/10.1016/j.gloi.2024.11.017>

2096-5117/© 2025 Global Energy Interconnection Group Co.Ltd. Издательские услуги предоставлены Elsevier B.V. от имени KeAi Communications Co.Ltd. Это статья с открытым доступом, распространяемая по лицензии CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



Либин Ван получил степень бакалавра в Сианьском университете Цзяотун в 2009 году и степень доктора философии в Хуачжунском университете науки и технологий в 2014 году. В настоящее время он работает в Стратегическом и научно-исследовательском центре Китайской группы компаний «Хуадянь», Его научные интересы включают планирование энергосистем, анализ энергетической политики и рынок электроэнергии.



Я Вэнь, кандидат наук в области энергетических финансов, окончил Университет Дуйсбург-Эссен, Германия. Работает в Группе компаний «Международная энергетическая взаимосвязь», ЗАО. Области его научных интересов включают энергетические финансы, рынок электроэнергии и рынок квот на выбросы вредных газов.



Юнь Чжан, кандидат технических наук, работает в Группе компаний «Международная энергетическая взаимосвязь», ЗАО. Он долгое время занимался исследованиями в области сверхвысоковольтных систем передачи постоянного тока (UHVDC), макростратегическими исследованиями энергетического перехода, а также анализом рынков электроэнергии и квот на выбросы вредных газов.

(Редактор Яджун Цзоу)