

Уроки, извлеченные из опыта развития и функционирования международных рынков торговли квотами на выбросы вредных газов, для формирования китайского углеродного рынка

Цинкай Сун^{a,*}, Ли Ма^b, Менхуа Фан^a, Сяоцзюнь Ванг^c, Чжэн Чжао^a, Йиру Ши^a

^a Государственный научно-исследовательский институт энергетики, ЗАО, Пекин 102209, КНР

^b Китайская государственная электросетевая корпорация, Пекин 100032, КНР

^c Пекинский университет Цзяотун, Пекин 100091, КНР

Аннотация. В условиях обостряющегося глобального климатического кризиса торговля квотами на выброс углерода стала важнейшим рыночным инструментом сокращения выбросов, привлекая значительное внимание государственных учреждений и научных кругов по всему миру. По состоянию на январь 2024 года в мире было создано 28 рынков торговли квотами на выбросы вредных газов, охватывающих примерно 17% мировых выбросов парниковых газов и обслуживающих около 1/3 населения планеты. Поскольку различные страны преследуют цели по достижению углеродной нейтральности и определяют пути сокращения углеродосодержащих выбросов, структура, функционирование и нормативно-правовая база рынков торговли квотами на выбросы вредных газов становятся все более совершенными и всеобъемлющими. Данное исследование разъясняет важность и необходимость создания рынков торговли квотами на выбросы вредных газов с точки зрения трансформации энергетической системы и устойчивого экономического развития. Также оно предоставляет сравнительный анализ операционных механизмов, масштабов торговли и результатов сокращения выбросов основных рынков торговли квотами на выбросы вредных газов Европейского союза, США и Новой Зеландии, систематически обобщая процессы их развития и последние достижения. В заключении, данное исследование рассматривает злободневные проблемы и важнейшие задачи, связанные с формированием китайского углеродного рынка. Опираясь на успешный опыт ведущих международных рынков торговли квотами на выбросы вредных газов в области институционального проектирования и функционирования рынка, мы предлагаем стратегии развития и рекомендации для углеродного рынка с учётом китайской специфики. Эти стратегии призваны соответствовать международным стандартам, одновременно учитывая национальные особенности Китая, и тем самым вносят вклад в понимание международной системы торговли квотами на выбросы вредных газов.

Ключевые слова: Международный рынок торговли квотами на выбросы вредных газов; История развития; Опыт практического применения; Углеродный рынок с учётом китайской специфики.

0 Введение

В настоящее время устойчивый рост глобальных выбросов парниковых газов оказывает глубокое влияние на климат Земли. Согласно данным Международного энергетического агентства (МЭА), среднегодовой темп роста глобальных выбросов углекислого газа с 1990 по 2024 год составляет приблизительно 0,9%, а среднегодовой темп роста температуры — приблизительно 3,6% [1,2], как показано на рис. 1. По сравнению с доиндустриальным уровнем средняя температура Земли повысилась примерно на 1,1 °С. Если нынешняя модель интенсивного развития останется неизменной, прогнозируется, что к концу этого столетия средняя глобальная температура повысится более чем на 3 °С. Для решения все более серьезных проблем изменения климата международное сообщество совместно подписало Рамочную конвенцию ООН об изменении климата (РКИК ООН), устанавливающую целевые показатели сокращения выбросов и рамки действий для различных стран [3]. Кроме того, реализация Киотского протокола и Парижского соглашения способствовала дальнейшему созданию и развитию международных рынков торговли квотами на выбросы вредных газов [4]. Эти инициативы международного сообщества наглядно

демонстрируют широкое признание низкоуглеродной парадигмы и подчеркивают решающую роль углеродных рынков в глобальном управлении выбросами парниковых газов.

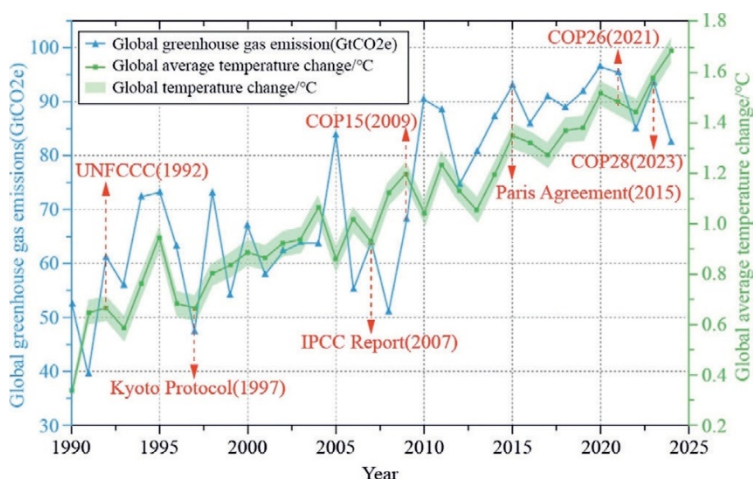


Рис. 1. Кривая глобальных выбросов парниковых газов и изменения температуры [1,2].

Для решения глобальных проблем изменения климата международное сообщество расширяет создание и развитие международного углеродного рынка. Среди них Европейский углеродный рынок (EU CM), крупнейший в мире, на долю которого приходится примерно 45% выбросов парниковых газов в ЕС. По состоянию на 2023 год объем торгов на EU CM составил 11,9 млрд тонн эквивалента CO₂, а стоимость сделок превысила 98 млрд евро. Он включает в себя такие важные промышленные сектора, как электроэнергетика, металлургия, алюминиевая промышленность, бумажное производство и авиация, способствуя трансграничной и межотраслевой торговле кривыми на выбросы вредных газов между 27 государствами-членами ЕС [5,6]. В Северной Америке Калифорнийский углеродный рынок (CCM) и Северо-восточная региональная инициатива по парниковым газам (NRGGI) занимают лидирующие позиции по объему международных торгов. С момента своего создания в 2013 году Калифорнийский углеродный рынок охватывает такие сектора, как электроэнергетика, промышленность, природный газ и транспорт, с объемом торгов в 258 млн тонн CO₂ в 2023 году. NRGGI, созданный в 2009 году, в настоящее время охватывает энергетический сектор в 11 странах, а объем торговли составит 208 миллионов тонн эквивалента CO₂ к 2023 году. Между тем, страны Азиатско-Тихоокеанского региона, такие как Япония [7], Южная Корея [8,9] и Новая Зеландия [10], также создали национальные или региональные углеродные рынки, охватывающие основные отрасли-эмитенты. Эти страны продолжают оптимизировать свои операционные механизмы и повышать ликвидность рынка для частичной интеграции с более зрелыми углеродными рынками в Европе и Северной Америке. В целом, создание международного углеродного рынка находится на этапе ускоренного развития, и ожидается, что взаимосвязь между углеродными рынками различных стран в будущем еще больше укоренится.

Вдохновленное успешными примерами международных углеродных рынков, правительство Китая решение для достижения целей «двойного углеродного» перехода и содействия низкоуглеродному переходу энергетической экономики [11-13]. Однако с момента запуска пилотных проектов углеродного рынка в Китае в 2013 году осталось несколько существенных вопросов. К ним относятся узкий охват секторов, недостаточное распределение квот, неполные механизмы мониторинга и слабые сигналы ценообразования на углерод. Для оптимизации системы углеродного рынка необходимы постоянные усилия по налаживанию коммуникации и сотрудничеству между правительством и различными заинтересованными сторонами. Цель состоит в том, чтобы как можно скорее создать эффективный углеродный рынок, соответствующий национальным условиям Китая и отвечающий международным стандартам. Это имеет важное стратегическое значение для достижения двойных целей Китая в области выбросов углерода «30-60» и продвижения глобального управления климатом.

Таким образом, данное исследование рассматривает создание и развитие международных углеродных рынков, подчеркивая ключевую роль механизмов торговли квотами на выбросы вредных газов в решении проблем изменения климата и экологического управления. В частности:

- В данном исследовании всесторонне рассмотрены важность и необходимость создания углеродных рынков с точки зрения трансформации энергетической системы и устойчивого экономического развития.
- В данном исследовании систематически рассматривается ход строительства и практический опыт международных основных углеродных рынков посредством детального сравнительного анализа операционных механизмов, масштабов торговли и эффектов сокращения выбросов основных углеродных рынков в Европейском Союзе, Соединенных Штатах и Новой Зеландии.
- В данном исследовании анализируются злободневные проблемы и вызовы, связанные с построением китайского углеродного рынка, и предлагаются стратегические рекомендации, основанные на успешном опыте международных углеродных рынков в области институционального проектирования и функционирования, с целью развития рынка, соответствующего национальным условиям и международным стандартам.

1 Необходимость ускорения создания и развития международных углеродных рынков.

1.1 Значимые вопросы глобального изменения климата

С момента промышленной революции выбросы парниковых газов от деятельности человека значительно возросли, что дестабилизирует глобальный климат и экосистемы. Если высокий уровень углеродосодержащих выбросов сохранится, к концу этого столетия глобальная температура может повыситься примерно на 3 °C по сравнению с доиндустриальным уровнем, что приведет к частым экстремальным погодным явлениям, ускоренному повышению уровня моря, потере биоразнообразия и угрозам экологической безопасности и устойчивому развитию [14,15].

Международное сообщество в целом признало серьезность этой проблемы и активно принимает меры для оперативного контроля выбросов парниковых газов с целью достижения глобальной углеродной нейтральности.

1.2 Острая необходимость трансформации энергетической системы и устойчивого экономического развития.

Для борьбы с изменением климата и содействия устойчивому экономическому развитию глобальная энергетическая система переходит от традиционных ископаемых видов топлива к модели с высокой степенью интеграции возобновляемых источников энергии, что повышает актуальность низкоуглеродных и экологически чистых энергетических решений [16-18].

Среди различных мер по переходу к устойчивому развитию углеродный рынок, как рыночный механизм сокращения выбросов, играет решающую роль в содействии экономичному, эффективному и экологически устойчивому достижению целей по сокращению углеродосодержащих выбросов. В частности:

- а) Механизм ценообразования на углеродосодержащие выбросы на углеродных рынках повышает стоимость использования ископаемого топлива за счет рыночной конъюнктуры затрат на выбросы углерода, тем самым повышая конкурентоспособность возобновляемых источников энергии, таких как ветровая и солнечная энергия.
- б) Механизм ценообразования на углеродосодержащие выбросы стимулирует предприятия инвестировать в исследования, разработки и применение экологически чистых технологий, тем самым способствуя переходу к более эффективной и низкоуглеродной энергетической структуре.

в) Углеродный рынок обязывает предприятия и потребителей учитывать экономическое воздействие углеродосодержащих выбросов, оптимизировать распределение ресурсов при принятии решений и способствовать развитию низкоуглеродной экономики.

г) Движущий механизм углеродного рынка эффективно снижает глобальные углеродосодержащие выбросы и способствует инновациям в сфере углеродного и «зеленого» финансирования, обеспечивая устойчивый импульс и финансовую поддержку для глобального перехода к «зеленой» экономике.

1.3 Возникающий эффект от внедрения углеродного рынка, способствующий сокращению выбросов

С момента своего создания международный углеродный рынок пережил годы активного развития и достиг значительных результатов в глобальном процессе сокращения углеродосодержащих выбросов. Это еще раз подтверждает, что создание и развитие углеродных рынков играют ключевую роль в смягчении последствий глобального изменения климата, как подробно описано ниже:

а) Прямой эффект сокращения выбросов: С момента запуска в 2005 году Европейский углеродный рынок (EU ETS) сократил выбросы парниковых газов в ключевых отраслях, таких как производство электроэнергии, сталелитейная промышленность и химическая промышленность, более чем на 35% [19]. Используя первоначальный лимит выбросов в качестве базового уровня, прогнозируется, что к 2024 году сокращение выбросов превысит 2,5 миллиарда тонн эквивалента CO₂, что напрямую будет способствовать достижению целей ЕС по сокращению выбросов углерода.

б) Пропорциональный эффект сокращения выбросов: согласно отчетам ЕС и Новой Зеландии [20], внедрение механизмов углеродного рынка напрямую способствовало более чем 15% прогресса в достижении целей по сокращению выбросов, что подчеркивает решающую роль углеродных рынков в национальных системах сокращения выбросов.

в) Абсолютный эффект сокращения выбросов: Европейский углеродный рынок (EU ETS) в совокупности сократил выбросы более чем на 2,5 миллиарда тонн CO₂, что эквивалентно общим годовым выбросам средней по размеру европейской страны. В Соединенных Штатах Калифорния и углеродные рынки Северо-Востока в совокупности сократили выбросы более чем на 150 миллионов тонн CO₂ за более чем десять лет работы.

2 История развития и механизмы функционирования основных международных углеродных рынков

Согласно ежегодному отчету Международного сотрудничества по углеродному развитию (ICAP) «Торговля квотами на выбросы вредных газов в мире 2024» [21], по состоянию на январь 2024 года в мире действовало 28 углеродных рынков, охватывающих 17% глобальных выбросов парниковых газов и включающих почти треть населения мира, как показано на рис. 2. С установлением целей углеродной нейтральности и уточнением путей сокращения выбросов правила работы этих рынков были скорректированы. В этом подразделе сравниваются углеродные рынки в ЕС, США и Азиатско-Тихоокеанском регионе, чтобы резюмировать их сходства и различия.

2.1 Углеродный рынок ЕС

На сегодняшний день EU ETS является самой обширной в мире системой торговли квотами, охватывающей большинство стран и отраслей промышленности. Она служит образцом для содействия переходу к низкоуглеродной экономике и развитию мировой экономики и общества.

2.1.1 История развития рынка

Для выполнения своих обязательств по сокращению выбросов в рамках Киотского протокола в 2005 году была запущена программа EU CM. С момента своего создания программа EU CM установила четкие долгосрочные цели по сокращению выбросов и развивалась в четыре этапа [22].

Первый этап (2005-2007 гг.): этот этап представлял собой пробный период для изучения целесообразности механизма торговли квотами на выбросы вредных газов в рамках ЕС. Первоначальный лимит выбросов был мягким, предусматривая бесплатные квоты на выбросы вредных газов для энергоемких отраслей промышленности и секторов производства электроэнергии, что заложило основу для последующей системы торговли квотами на выбросы вредных газов в ЕС.

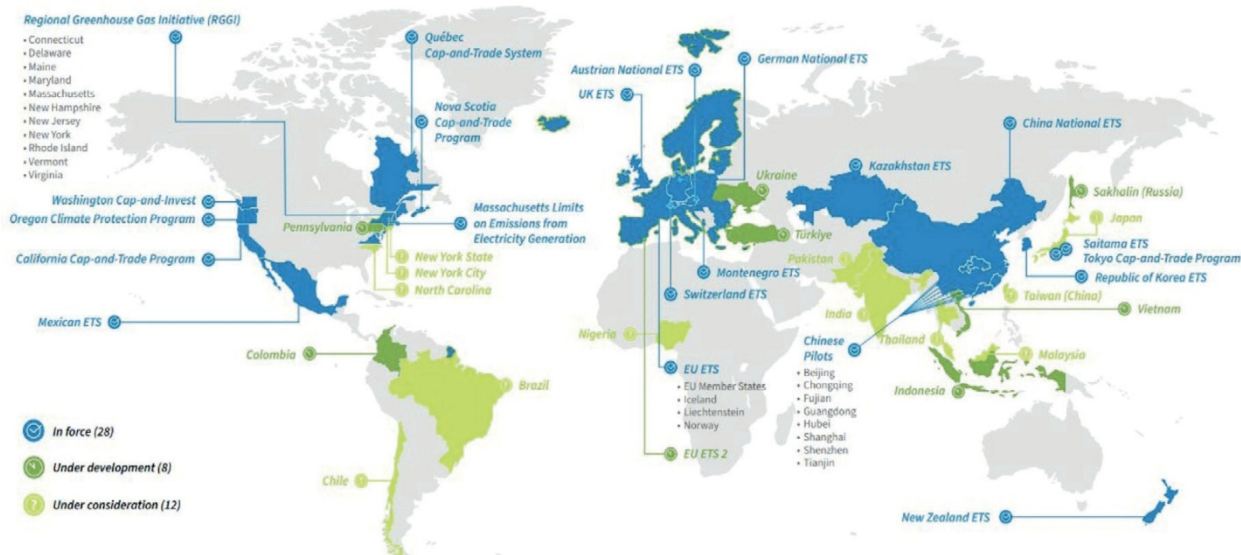


Рис. 2. Построение международного углеродного рынка [21].

Второй этап (2008-2012 гг.): соответствующий первому периоду обязательств Киотского протокола, этот этап ужесточил ограничение выбросов для достижения более строгих целевых показателей сокращения и увеличил долю квот на выбросы, распределяемых посредством аукционов, тем самым повысив эффективность и равнодоступность рынка.

Третий этап (2013-2020 гг.): на этом этапе были достигнуты значительные улучшения и расширены возможности системы торговли квотами на выбросы вредных газов. Соглашение ЕС о регулировании углеродного рынка охватывает авиационный сектор. Кроме того, увеличилась доля квот, распределяемых через аукционы, и были введены новые нормативные меры для обеспечения справедливости и прозрачности торговли.

Четвертый этап (2021-2030 гг.): в настоящее время ЕС находится на данном этапе, стремясь сократить углеродосодержащие выбросы как минимум на 55% по сравнению с уровнем 2005 года. Для поддержания стабильности цен на углеродные квоты и предотвращения избытка квот были введены такие механизмы, как Резерв стабильности рынка (MSR), что повысило эффективность углеродного рынка ЕС. В апреле 2023 года Европейский парламент дополнительно одобрил ключевые законодательные акты в рамках пакета «Fit for 55», включая новые законы об углеродном рынке ЕС и Механизме трансграничного углеродного регулирования. Это законодательство существенно корректирует общие рыночные цели, распределение квот, механизмы резерва стабильности рынка, охват и доходы от аукционов.

2.1.2 Механизм функционирования EU CM

а) Обзор рынка квот на выбросы вредных газов

На начальном этапе EU CM в основном охватывала секторы с высоким уровнем выбросов, такие как энергетика и тяжелая промышленность, включая производство электроэнергии и стали. По мере развития системы ее охват расширился и включил другие отрасли с высоким уровнем выбросов, такие как химическая промышленность и авиация, что обеспечило более широкий контроль выбросов.

В настоящее время EU CM охватывает 27 государств-членов и составляет приблизительно 45% от общего объема выбросов в ЕС. К основным парниковым газам относятся CO₂, N₂O и перфторуглероды. Однако косвенные выбросы пока не включены, что подчеркивает ограничения охвата.

К концу 2026 года ЕС планирует оценить возможность включения сжигания бытовых отходов в углеродный рынок для расширения его влияния и охвата. К 2027 году ожидается внедрение независимых систем торговли квотами на выбросы углерода для строительного и транспортного секторов с целью эффективного сокращения выбросов. Дальнейшие меры должны быть разработаны с учетом характеристик выбросов каждой отрасли для точного управления, более широкого охвата рынка и более эффективного сокращения выбросов.

б) Установка верхнего предела допустимого выброса углерода

EU CM первыми установили жесткий лимит на общее количество квот на выбросы вредных газов. Затем был применен линейный коэффициент сокращения, чтобы обеспечить автоматическое ежегодное уменьшение общего количества квот в поддержку целевого климатического показателя ЕС. Эти меры направлены на сокращение выбросов парниковых газов в ЕС как минимум на 55% к 2030 году по сравнению с уровнем 1990 года. Подход ЕС делает акцент на постепенном и прогнозируемом пути сокращения. По сравнению с другими странами, его отличительной особенностью является точное определение темпов сокращения квот и долгосрочные планы сокращения. По состоянию на 2023 год общий лимит квот в рамках EU CM установлен на уровне 1,486 млрд тонн эквивалента CO₂ [23].

в) Метод распределения квот на выбросы вредных газов

EU CM распределяет квоты на выбросы вредных газов посредством аукционов и бесплатного распределения квот. Эта двухступенчатая система эффективно уравнивает рыночные стимулы, защищая конкурентоспособность промышленности [24].

ЕС распределяет 100% своих квот на выбросы вредных газов среди энергетического сектора посредством аукционов, поскольку этот сектор может перекладывать издержки на потребителей и обладает высоким потенциалом сокращения выбросов. Промышленные сектора, подверженные риску утечки углерода, получают бесплатные квоты на основе контрольных показателей, установленных в соответствии со средней интенсивностью выбросов 10% наиболее эффективных установок. Это предотвращает перемещение промышленности в регионы без ценообразования на выбросы вредных газов и защищает конкурентоспособность предприятий ЕС. В авиационном секторе 15% квот выставляются на аукцион, а оставшиеся распределяются бесплатно на основе оперативных данных для поддержки постепенного сокращения углеродосодержащих выбросов.

Механизм распределения квот на углеродосодержащие выбросы в ЕС подвергается динамической корректировке. В соответствии с недавними предложениями по реформе, ЕС планирует постепенно сокращать бесплатные квоты, что связано с поэтапным внедрением пограничного корректирующего углеродного механизма (СВАМ). Цель СВАМ — усилить рыночные стимулы и защитить рынок ЕС от недобросовестной конкуренции из-за более низких затрат на выбросы углерода в других странах, тем самым обеспечивая справедливость и эффективность в применении

политики. Эти корректировки отражают стратегию ЕС по балансу между сокращением выбросов и экономической конкурентоспособностью.

2.1.3 Механизмы и результаты торговли квотами на выбросы углерода EU CM

а) Механизмы торговли на рынке квот на выбросы вредных газов

Механизмы торговли на рынке квот на выбросы вредных газов в ЕС включают аукционы и вторичные рынки. В сделках могут участвовать как регулируемые, так и нерегулируемые субъекты, что повышает доступность и ликвидность рынка. Аукционы организуются централизованно Европейской энергетической биржей для обеспечения прозрачности и справедливости. Вторичный рынок предлагает разнообразные финансовые продукты, включая спотовые, фьючерсные, опционные и форвардные контракты, поддерживает биржевую и внебиржевую торговлю, а также повышает гибкость и глубину рынка.

б) Механизм гибкости рынка квот на выбросы вредных газов

В 2015 году Европейская комиссия предложила создать Резерв стабильности рынка (MSR) для повышения его стабильности. Когда объем квот в обращении превышает 833 миллиона тонн, 24% излишков переводятся с аукционов в резерв. Если объем квот падает ниже 400 миллионов тонн, из резерва высвобождается 100 миллионов квот для поддержания баланса спроса и предложения. С 2020 года EU CM приостановил действие некоторых механизмов компенсации углеродосодержащих выбросов, таких как Механизм чистого развития и Совместное осуществление, чтобы лучше соответствовать специфическим условиям ЕС и усилить стимулы для местных рынков квот на выбросы вредных газов.

в) Цены и доходы на рынке квот на выбросы вредных газов

В 2023 году средняя цена аукциона на EU CM составила 78,91 евро, тогда как средняя цена на вторичном рынке составила 80,82 евро. С момента создания EU CM его общий доход составил 139,5 млрд евро [25,26].

Для оптимизации использования средств ЕС в 2021 году учредил Инновационный фонд и Фонд модернизации, используя доходы от аукциона EU CM для поддержки инновационных низкоуглеродных технологий и промышленных решений по декарбонизации энергоемких отраслей. Согласно недавним предложениям по реформе, второй этап доходов EU CM будет управляться Социальным климатическим фондом для смягчения экономического бремени для граждан от роста цен на энергоносители и углерод, особенно в секторах отопления и транспорта [27].

2.2 Рынок квот на выбросы вредных газов США

В отличие от единого рынка квот на выбросы вредных газов ЕС, развитие такого рынка США отражает отчетливые региональные особенности. Несмотря на отсутствие национальной системы торговли квотами на выбросы вредных газов, ряд штатов и регионов активно участвуют в сокращении углеродосодержащих выбросов с помощью различных механизмов. К числу примечательных примеров относятся Калифорнийский углеродный рынок и Северо-восточная региональная инициатива по парниковым газам (NRGGI). Эти примеры демонстрируют эффективные стратегии управления и торговли квотами на выбросы вредных газов на местном и региональном уровнях.

2.2.1 История развития рынка

Рассмотрим в качестве примера создание и развитие калифорнийского рынка квот на выбросы вредных газов:

Первый этап (2007-2011): будучи активным участником Западной климатической инициативы (WCI), Калифорния начала уделять внимание подготовке и законодательной базе для рынка квот на выбросы вредных газов в 2007 году [28]. Этот этап представлял собой первоначальное исследование создания эффективного рынка квот на выбросы вредных газов, а сотрудничество с региональными партнерами заложило основу для официального запуска рынка.

Второй этап (2012-2014): калифорнийский рынок квот на выбросы вредных газов начал свою работу в 2012 году, что ознаменовало его активное участие в международном рынке квот на выбросы вредных газов [29]. К 2014 году он был связан с рынком квот на выбросы вредных газов Квебека в Канаде [30], что продемонстрировало осуществимость и взаимную выгоду от сотрудничества на межнациональных региональных рынках квот на выбросы вредных газов и значительно повысило ликвидность и стабильность рынка.

Третий этап (2015-2017): операционная сфера калифорнийского рынка квот на выбросы вредных газов еще больше расширилась, а рыночные механизмы были усовершенствованы для более эффективного решения проблем, возникших на начальных этапах работы. Ключевые улучшения включают в себя усовершенствование методов распределения квот и усиление регулирования рынка.

Четвертый этап (2018-2025): начиная с 2018 года, калифорнийский рынок квот на выбросы вредных газов вступил в критическую фазу, приняв стратегию ежегодного сокращения квот на 4% для достижения 40%-ного сокращения выбросов парниковых газов по сравнению с уровнем 1990 года к 2030 году. Калифорния стремится к углеродной нейтральности к 2045 году, сократив выбросы на 85% по сравнению с уровнем 1990 года. Эти стратегические корректировки и обновления политики подчеркивают лидерство и инновации Калифорнии в международном управлении климатом, направляя рынок квот на выбросы вредных газов к более эффективному и масштабному сокращению выбросов.

2.2.2 Механизм функционирования US CM

а) Обзор рынка квот на выбросы вредных газов

На калифорнийский рынок квот на выбросы вредных газов приходится приблизительно 75% выбросов парниковых газов штата. По сравнению с рынком квот на выбросы вредных газов ЕС, калифорнийский рынок имеет уникальный и расширенный охват с точки зрения типов газов. В дополнение к шести основным видам парниковых газов, указанным в Киотском протоколе (CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, гидрофторуглероды и перфторуглероды), он включает NF₃ и другие фторированные газы [31].

Калифорнийский рынок квот на выбросы вредных газов охватывает широкий спектр отраслей, включая промышленные предприятия с годовыми выбросами, превышающими 25 000 тонн эквивалента CO₂, такие как цементная промышленность; комбинированное производство электрической энергии и тепла; производство стекла; производство водорода; а также сталелитейная, известковая и азотная промышленность. Сюда также входят нефтяная промышленность, газопереработка, нефтеперерабатывающие заводы, бумажная промышленность, производство электроэнергии на местах, предприятия по производству стационарного топлива, электростанции и импортеры электроэнергии.

Благодаря всестороннему охвату отрасли и включению дополнительных типов газа, калифорнийский рынок квот на выбросы вредных газов более специфично и целенаправленно подходит к решению проблемы изменения климата, чем рынок ЕС.

б) Установление предельно-допустимых выбросов вредных газов

U.S.CM в основном независимо формируется отдельными штатами или регионами, что приводит к отсутствию единого национального стандарта. Например, калифорнийский рынок квот на выбросы вредных газов принял стратегию ежегодного сокращения общего объема квот на углеродосодержащие выбросы для ускорения процесса сокращения этих выбросов. Эта установка и корректировка предельно-допустимых значений квот демонстрируют региональную гибкость U.S.CM. По состоянию на 2023 год предельный объем квот для калифорнийского рынка квот на выбросы вредных газов установлен на уровне 294,1 млн тонн эквивалента CO₂.

в) Метод распределения квот на углеродосодержащие выбросы

Калифорнийский рынок квот на выбросы вредных газов распределяет квоты посредством комбинации аукционов и бесплатных квот. Для промышленных предприятий бесплатные квоты рассчитываются на основе общего объема производства и потребления энергии. Например, бесплатные квоты для бумажной, нефтеперерабатывающей и сталелитейной промышленности определяются выбросами на единицу продукции, тогда как другие отрасли используют показатели потребления энергии. С 2020 года Калифорния скорректировала долю бесплатных квот до 42% [32].

По сравнению с рынком квот на выбросы вредных газов ЕС, калифорнийский рынок демонстрирует большую гибкость и отраслевую адаптивность в своих механизмах бесплатного распределения квот. В то время как ЕС также предоставляет бесплатные квоты для отраслей с высоким риском утечки углерода, Калифорния использует более детальные отраслевые методы для оценки рисков и определения целевых показателей бесплатного распределения. Корректировка пропорций бесплатных квот в Калифорнии отражает более скорую реакцию на изменения рынка и потребности отрасли, в то время как ЕС предпочитает долгосрочные стабильные стратегические корректировки в распределении квот.

2.2.3 Торговые механизмы и результаты U.S. CM

а) Механизмы торговли на рынке квот на выбросы вредных газов

Подобно рынку квот на выбросы вредных газов ЕС, калифорнийский рынок функционирует на двух уровнях: аукционы и вторичный рынок. Аукционы проводились ежеквартально организацией Western Climate Initiative Inc. (WCI). Вторичный рынок работает на таких платформах, как Intercontinental Exchange (ICE), CME Group и Nodal Exchange, и включает в себя торговлю квотами, углеродными кредитами и производными финансовыми инструментами. В 2023 году средняя цена на аукционе составила 28,08 долларов за тонну, а общий доход за 2023 год составил 4,03 миллиарда долларов.

б) Механизм гибкости рынка квот на выбросы вредных газов

Механизмы гибкости калифорнийского рынка квот на выбросы вредных газов включают два ключевых аспекта: механизмы компенсации и ценовой стабильности. Во-первых, механизм компенсации позволяет регулируемым организациям использовать углеродные кредиты для компенсации своих выбросов, предоставляя таким образом компаниям разнообразные варианты стратегий сокращения выбросов. Эти углеродные кредиты должны быть получены в рамках проектов в Соединенных Штатах и охватывать следующие шесть областей: лесное хозяйство, городское лесоводство, зоотехнический метан, уничтожение озоноразрушающих веществ, улавливание метана в шахтах и выращивание риса. С 2021 по 2025 год компании могут использовать углеродные кредиты для компенсации до 4% своих выбросов. С 2026 по 2030 год эта доля будет увеличиваться до 6% ежегодно, при этом более половины проектов по компенсации выбросов должны располагаться в Калифорнии. Во-вторых, механизм ценовой стабильности обеспечивает стабильное функционирование рынка путем установления минимальной цены на аукционе и резерва сдерживания цен на квоты (APCR). В 2023 году минимальная цена на аукционе

на калифорнийском рынке квот на выбросы вредных газов была установлена на уровне 22,21 доллара за тонну, а потолки цен — на уровне 51,92, 66,71 и 81,50 доллара за тонну соответственно. Когда рыночные цены достигают этих потолков, APCR выпускает определенное количество квот на рынок для возврата прежних цен.

Различия между рынками квот на выбросы вредных газов Калифорнии и ЕС отражают их различные стратегии управления и приоритеты. Калифорнийский механизм компенсации выбросов делает акцент на местных проектах, обеспечивая географическую концентрацию мероприятий по сокращению выбросов, в то время как ЕС допускает более широкую международную торговлю углеродными кредитами, способствуя международному сотрудничеству. Калифорнийский механизм ценовой стабильности использует прямое вмешательство в рыночные цены с явно выраженными уровнями контроля цен и минимальными ценами. В отличие от этого, ЕС использует косвенные меры, такие как Резерв рыночной стабильности (MSR), для корректировки рыночного предложения и влияния на стоимость углерода [33].

в) Стоимость и доходы на рынке квот на выбросы вредных газов

В 2023 году средняя аукционная цена на калифорнийском рынке квот на выбросы вредных газов составила 28,08 долларов за тонну. С момента своего создания рынок принес общий доход в размере 22,25 миллиарда долларов, из которых 4,03 миллиарда долларов пришлось на 2023 год. Большая часть выручки от аукционов на калифорнийском рынке квот на выбросы вредных поступает в Фонд сокращения выбросов парниковых газов, который поддерживает проекты по всему штату, приносящие значительные экологические, экономические выгоды и пользу для здоровья населения. Важно отметить, что не менее 35% средств должны быть направлены на поддержку малообеспеченных и социально незащищенных слоев населения. По состоянию на май 2023 года на более чем 560 000 проектов было выделено 11,4 миллиарда долларов, что, по оценкам, приведет к сокращению выбросов CO₂ на 79 миллионов тонн. Малообеспеченные и социально незащищенные слои населения получили помощь на сумму более 5,4 миллиарда долларов.

2.3 Новозеландский рынок квот на выбросы вредных газов

Развитие рынков квот на выбросы вредных газов в Азиатско-Тихоокеанском регионе, включая Новую Зеландию, Южную Корею, Японию и Китай, определяется уникальной промышленной структурой и политической средой каждой страны [34-36]. В этом разделе основное внимание уделяется рынку квот на выбросы вредных газов Новой Зеландии и рассматривается, как ее отличительная промышленная структура повлияла на формирование и развитие механизмов торговли квотами на выбросы вредных газов.

2.3.1 История развития рынка

С момента своего запуска в 2008 году Новозеландский рынок квот на выбросы вредных газов (NZCM) стал единственным действующим углеродным рынком в Океании [37]. Развитие NZ-СМ можно разделить на три отдельных этапа.

Первый этап (2008-2012): на начальном этапе Новозеландский муниципальный совет не установил ограничение на общее количество квот, что является уникальной особенностью его рыночного механизма. Этот этап был сосредоточен в основном на создании и первоначальном функционировании рынка и изучении того, как рыночные механизмы могут эффективно контролировать выбросы парниковых газов.

Второй этап (2013-2020): в этот период Новая Зеландия начала оценивать и корректировать структуру NZ-СМ в ответ на рыночные и экологические изменения. Правительства и другие соответствующие институты искали способы повышения эффективности и справедливости рынка.

Третий этап (2021-2050): начиная с 2021 года, этот этап знаменует собой фундаментальную реформу политики Новой Зеландии в отношении рынка квот на выбросы вредных газов. Закон о внесении поправок в Закон о реагировании на изменение климата (нулевой выброс углерода), принятый в 2020 году, предусматривает введение ограничения выбросов, начиная с 2021 года. Это изменение направлено на ужесточение NZ-СМ и приведение его в соответствие с долгосрочными целями страны по сокращению выбросов. Чтобы адаптироваться к этому изменению политики, правительство Новой Зеландии в декабре 2022 года обновило свой годовой план по ограничению выбросов на 2023-2027 годы и установило более строгие ежегодные целевые показатели сокращения.

2.3.2 Механизм функционирования NZ CM

а) Обзор рынка квот на выбросы вредных газов

Новозеландский рынок квот на выбросы вредных газов (NZ CM) имеет широкий охват, включая множество парниковых газов, таких как CO₂, CH₄ и N₂O, а также лесное хозяйство и сельское хозяйство, которые имеют важное значение для экономики Новой Зеландии. Это контрастирует с рынками квот на выбросы вредных газов ЕС и США, которые, как правило, исключают лесное хозяйство и сельское хозяйство. Новозеландский рынок квот на выбросы вредных газов следует принципу «кто выбрасывает, тот платит; кто поглощает, тот получает выгоду», различая чистые отрицательные источники выбросов, такие как лесное хозяйство, и чистые положительные источники выбросов, такие как электроэнергетика и промышленность. Этот всеобъемлющий охват делает новозеландский рынок квот на выбросы вредных газов уникальным на мировом рынке квот на выбросы вредных газов, демонстрируя его инновационный подход и приверженность охране окружающей среды.

б) Установление предельно-допустимых выбросов вредных газов

Первоначально NZ CM не устанавливал общего лимита на квоты, что является существенным отличием от рынков квот на выбросы вредных газов ЕС и США. Однако с принятием в 2020 году поправки к Закону о реагировании на изменение климата (нулевой выброс углерода) Новая Зеландия официально ввела лимит выбросов в 2021 году. Этот шаг ознаменовал зрелость ее рыночного механизма и отразил адаптацию к международным тенденциям сокращения выбросов. Эта стратегия введения лимита выбросов на более позднем этапе демонстрирует гибкую реакцию Новой Зеландии на динамику рынка и потребности в сокращении выбросов, в отличие от строгих целевых показателей сокращения выбросов в ЕС с самого начала и децентрализованного подхода к управлению рынками квот на выбросы вредных газов США. В 2023 году лимит выбросов для рынка квот на выбросы вредных газов Новой Зеландии был установлен на уровне 32,3 миллиона тонн эквивалента CO₂.

в) Метод распределения квот на выбросы вредных газов

На NZ CM используются аукционы и бесплатное распределение квот на выбросы вредных газов. Лесная промышленность получает бесплатные квоты, в то время как другие отрасли используют контрольные показатели интенсивности выбросов. Отрасли с высокой интенсивностью выбросов получают 90% бесплатных квот, а отрасли со средней интенсивностью выбросов — 60%. К 2023 году доля бесплатных квот была скорректирована до 19,8%.

По сравнению с рынками квот на выбросы вредных газов ЕС и США, NZ CM предоставляет бесплатные квоты секторам с отрицательными выбросами и предлагает значительную долю бесплатных квот отраслям с высоким уровнем выбросов. Хотя рынок квот на выбросы вредных газов ЕС также предоставляет бесплатные квоты отраслям, уязвимым к утечке углерода, его стандарты и методы сложнее, и постепенно объемы бесплатных квот сокращаются. Подход

U.S.CCM, сочетающий аукционы с бесплатным распределением, больше ориентирован на эффективность и справедливость рынка, стремясь охватить более широкий круг отраслей. Напротив, стратегия распределения квот на выбросы вредных газов в Новой Зеландии сосредоточена на удовлетворении экономических и экологических потребностей конкретных отраслей.

2.3.3 Торговые механизмы и результаты NZ CM

а) Механизмы торговли на рынке квот на выбросы вредных газов

Подобно другим крупным углеродным рынкам, NZ CM включает два уровня торговли: аукционы и вторичный рынок. Все владельцы счетов могут участвовать в аукционах, которые совместно проводятся Новозеландской и Европейской энергетическими биржами. Большая часть квот торгуется на вторичном рынке посредством спотовых и форвардных контрактов, что позволяет участникам гибко торговать опционами для различных стратегий управления рисками и финансовых стратегий.

б) Механизм гибкости рынка квот на выбросы вредных газов

Механизмы гибкости NZ CM включают механизмы компенсации и стабилизации цен. Неограниченное использование углеродных кредитов, связанных с Киотским протоколом, было разрешено до июня 2015 года, после чего выпуск новых углеродных кредитов для компенсации выбросов был запрещен. Для обеспечения стабильности цен NZ CM устанавливает минимальную цену на аукционе и резерв на сдерживание затрат (CCR). В 2023 году минимальная цена на аукционе составляла 33,06 новозеландских долларов за тонну, и ожидается, что к 2027 году она увеличится до 44,35 новозеландских долларов. CCR высвобождает квоты, когда цены достигают пороговых значений, при этом пороговая цена 2023 года установлена на уровне 80,64 новозеландских долларов, увеличившись до 129,97 новозеландских долларов в 2027 году. Объем CCR составлял 7 миллионов тонн в 2022 году, увеличившись до 8 миллионов тонн в 2023 году, и планируется сократить его до 5,9 миллионов тонн к 2027 году.

По сравнению с рынками квот на выбросы вредных газов ЕС и США, NZ CM более строг в отношении механизмов компенсации выбросов, полностью запретив выпуск новых международных углеродных кредитов для компенсации после 2015 года. Это контрастирует с рынком ЕС, который допускает частичное использование международных углеродных кредитов. Новая Зеландия контролирует рыночные колебания, устанавливая минимальные цены на аукционах и механизмы ценового регулирования, аналогичные резерву сдерживания цен в Калифорнии. Однако стратегии Новой Зеландии по корректировке цен и выпуску квот демонстрируют строгий контроль над деталями рынка и адаптивные корректировки.

в) Цены и доходы на рынке квот на выбросы вредных газов

В 2023 году средняя аукционная цена на NZ CM составила 75,88 новозеландских долларов за тонну, а цена на вторичном рынке — 78,97 новозеландских долларов за тонну. Общий доход за год достиг 2 миллиардов новозеландских долларов, а с момента создания фонда совокупный доход составил 5,1 миллиарда новозеландских долларов. В мае 2022 года правительство Новой Зеландии учредило Фонд сокращения углеродсодержащих выбросов для управления доходами рынка квот на выбросы вредных газов путем финансирования проектов по сокращению выбросов и мероприятий по адаптации к изменению климата.

2.4 Сравнение технических характеристик основных международных рынков квот на выбросы вредных газов

На основе детального анализа истории развития и механизмов функционирования основных международных рынков квот на выбросы вредных газов в данном подразделе систематически резюмируются важнейшие технические элементы каждого рынка. Эти элементы перечислены в таблице 1.

3 Состояние развития и механизмы функционирования рынка квот на выбросы вредных газов с учётом китайской специфики

3.1 Состояние развития китайского рынка квот на выбросы вредных газов

3.1.1 Ключевые этапы развития китайского рынка квот на выбросы вредных газов

Учитывая, что энергетическая структура Китая преимущественно основана на угле, сильную зависимость экономического роста от спроса на энергию и региональные дисбалансы в развитии, создание и функционирование китайского рынка квот на выбросы вредных газов развивались по уникальному пути. Это не только отражает интенсивные усилия Китая в области изменения климата, но и демонстрирует его твердую приверженность глобальным мерам по сокращению выбросов. На рис. 3 показано развитие китайского рынка квот на выбросы вредных газов по ключевым этапам.

3.1.2 Создание и функционирование единого национального рынка квот на выбросы вредных газов

Создание национального рынка квот на выбросы вредных газов Китая можно разделить на четыре этапа: начальное строительство, развитие и совершенствование, зрелость и трансформация [38], как показано на рис. 4. На этапах начального строительства и развития основное внимание уделялось достижению цели пика углеродосодержащих выбросов. Этап зрелости сосредоточен на более глубокой декарбонизации. Наконец, этап трансформации направлен на достижение углеродной нейтральности.

Единый национальный рынок квот на выбросы вредных газов Китая в настоящее время находится на начальной стадии [39]. Начавший функционировать в июле 2021 года, он в основном охватывает электроэнергетическую отрасль, в нем участвуют 2384 компании, на долю которых приходится примерно 40% выбросов национального энергетического сектора. К марту 2024 года совокупная стоимость сделок на рынке достигла 5,826 млрд юаней, объем торгов составил 176,8 млн тонн, а число участников — 2821. В первом торговом окне 2024 года лидировала корпорация Huadian с объемом торгов около 2,64 млн тонн. Вторая партия квот на 2024 год была продана на аукционе по цене 60-65 юаней за тонну, что составило около 437 млн тонн.

Таблица 1

Сравнение технических характеристик на международном рынке квот на выбросы вредных газов.

Name	EU Carbon Market	U.S. California Carbon Market	New Zealand Carbon Market
Start year	2005	2012	2008
Emission reduction targets	By 2030, emissions will be reduced by 55% compared to the lowest level in 1990, and carbon neutrality will be achieved by 2050	By 2030, emissions will be reduced by 48% compared to the lowest level in 1990, and carbon neutrality will be achieved throughout the state by 2045	By 2030, emissions will be reduced by 30% compared to 2005, and carbon neutrality will be achieved by 2050
Carbon market goals	Carbon emissions in 2030 will decrease by 62% compared to 2005 levels	During the period of 2021–2030, the carbon quota cap will decrease by an average of 4% annually, and by 2030, the cap will be lowered to 2.005 billion tons of CO ₂ equivalent	The upper limit of the market carbon quota will be reduced to 23.7 million tons of CO ₂ equivalent in 2027
2023 CDP	1.486 billion tons of CO ₂ equivalent	2.941 billion tons of CO ₂ equivalent	0.323 billion tons of CO ₂ equivalent
Cover gas	CO ₂ , N ₂ O, and perfluorocarbons	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, SF ₆ , nitrogen fluorocarbons, and perfluorocarbons. This also includes nitrogen trioxide and other fluorides.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, SF ₆ , nitrogen fluorocarbons, and perfluorocarbons.
Cover industry	Industry, electricity, aviation, etc	Industry and electricity	Electricity, industry, construction, transportation, domestic aviation, waste treatment, forestry, and agriculture
Free quota ratio	34%	42%	19.8%
Free quota allocation method	Reference line method	Reference line method	Reference line method
Price (2023 Annual Average)	Auction price of \$78.91, secondary market of \$80.82	Auction price of \$28.08	The auction price of 75.88 NZD, secondary market of 78.97 NZD
Price regulation mechanism	Market stability reserve mechanism	Auction floor price + quota price control reserve mechanism	Auction floor price + cost control reserve mechanism
Setoff mechanism	Carbon credits are not allowed to offset payable quotas	Only allow the use of domestic carbon credits	Carbon credits are not allowed to offset payable quotas

Несмотря на достигнутый прогресс, создание национального рынка квот на выбросы вредных газов по-прежнему сталкивается с рядом проблем. Например, охват отраслей ограничен, в него включена только электроэнергетическая отрасль, а размер рынка нуждается в расширении, поскольку объем торгов в первом квартале 2024 года составил лишь около 14% от общего объема квот, что свидетельствует о слабой ликвидности. Кроме того, необходимо улучшить системы поддержки, такие как системы верификации квот на выбросы вредных газов, которые недостаточно строги. Также срочно необходима подготовка профессиональных специалистов по рынку квот на выбросы вредных газов.

3.1.3 Создание и функционирование региональных рынков квот на выбросы вредных газов.

Помимо единого национального рынка квот на выбросы вредных газов, несколько провинций и городов Китая активно продвигают создание региональных рынков квот на выбросы вредных газов. Например, с момента запуска в 2013 году шанхайский рынок квот на выбросы вредных газов достиг совокупного объема торгов более 180 миллионов тонн CO₂, что эквивалентно более чем 600 участникам. С момента запуска в 2014 году рынок квот на выбросы вредных газов Чунцина достиг совокупной стоимости транзакций более 1,4 миллиарда юаней, а рынок квот на выбросы вредных газов Шэньчжэня также превысил 4,6 миллиарда юаней по совокупной стоимости транзакций. Пекин, Гуандун, Хубэй и другие регионы способствовали созданию важнейших региональных рынков квот на выбросы вредных газов [40]. Однако необходимо срочно решить проблему неоднородности регулирования на региональных рынках квот на выбросы вредных газов. Недавно рынки квот на выбросы вредных газов Гуандуна, Хубэя и Чунцина объявили о своей интеграции в национальный рынок квот на выбросы вредных газов, что знаменует собой значительный прогресс в содействии унификации рынков квот на выбросы вредных газов.

3.2 Механизмы функционирования рынка квот на выбросы вредных газов с учётом китайской специфики.

Создание и функционирование китайского рынка квот на выбросы вредных газов отличается от крупных международных рынков такого типа, демонстрируя характерные особенности китайского развития. Его основные механизмы включают множество аспектов, в том числе регулирующие органы, охват, распределение квот, мониторинг, отчетность, проверку, торговые механизмы,

механизмы соблюдения требований и механизмы компенсации [41]. Конкретные логические взаимосвязи показаны на рис. 5.

3.2.1 Регулирующие органы

В Китае национальный рынок квот на выбросы вредных газов управляется иерархической системой, включающей три уровня: национальный, региональный и муниципальный [42].

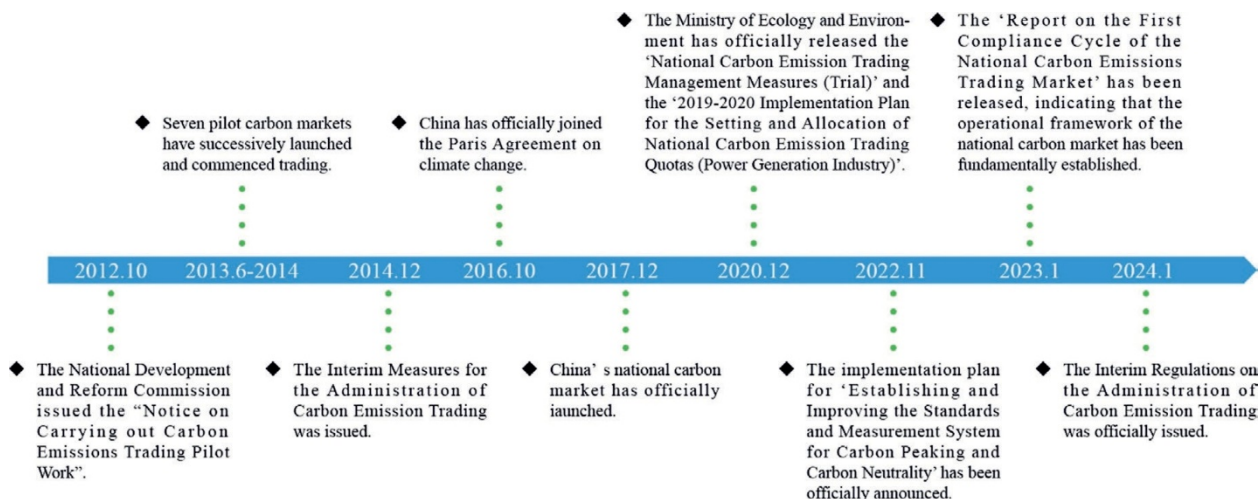


Рис. 3. Хронология развития рынка квот на выбросы вредных газов Китая.

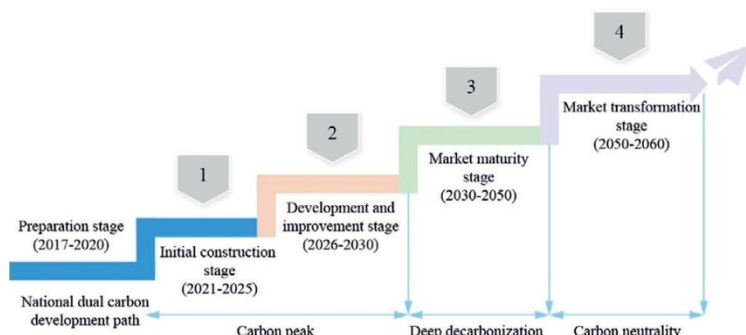


Рис. 4. Путь развития рынка квот на выбросы вредных газов Китая.

На национальном уровне Министерство экологии и окружающей среды Китая обладает высшей регулирующей властью. Оно определяет объемы парниковых газов и отрасли промышленности, охватываемые рынком квот на выбросы вредных газов, устанавливает общий объем квот на углеродосодержащие выбросы и планы их распределения, а также организует создание национального реестра углеродосодержащих выбросов и торговых институтов. Кроме того, оно разрабатывает технические стандарты для национальной торговли квотами на выбросы углерода и связанной с ней деятельности, а также усиливает надзор и управление распределением квот на углеродосодержащие выбросы на региональном уровне, отчетностью о выбросах парниковых газов и проверкой.

На региональном и муниципальном уровнях региональные департаменты по охране окружающей среды управляют выдачей и согласованием квот на углеродосодержащие выбросы в пределах региона, а также контролируют проверку и отчетность по выбросам парниковых газов. Муниципальные департаменты оказывают помощь региональным департаментам в эффективном внедрении политики на местном уровне.

Такая трехуровневая структура управления не только обеспечивает единообразие и эффективность национальной политики в области рынка квот на выбросы вредных, но и предоставляет гибкость

для реализации местной политики, позволяя адаптировать ее к специфическим потребностям различных регионов.

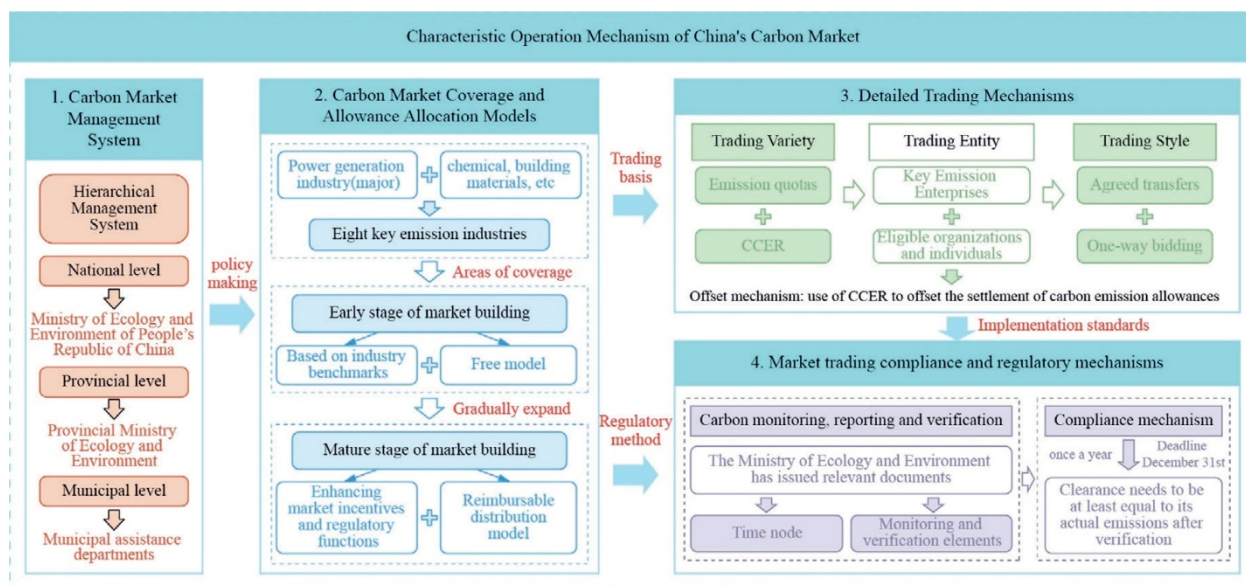


Рис. 5. Типовой механизм функционирования рынка квот на выбросы вредных газов Китая.

3.2.2 Обзор рынка

Национальный рынок квот на выбросы вредных газов Китая расширился с первоначальной отрасли электроэнергетики до восьми ключевых секторов выбросов: нефтехимия, химическая промышленность, строительные материалы, сталь, цветные металлы, бумага и авиация. Однако он пока не включает электросети [43]. Рынок в основном контролирует выбросы CO₂. Стандарт допуска предусматривает участие любого предприятия с годовым объемом выбросов CO₂-эквивалента 26 000 тонн или более в период с 2013 по 2019 год. В настоящее время в рынок включены 2167 предприятий электроэнергетики, общий объем выбросов которых превышает 4,5 миллиарда тонн, что составляет приблизительно 40% от общего объема углеродосодержащих выбросов в стране. Соответствующие уведомления Министерства экологии и окружающей среды дополнительно уточняют, что охват гарантирует включение в национальный рынок квот на выбросы вредных газов всех основных отраслей с высоким уровнем выбросов, и что любое предприятие или организация с выбросами парниковых газов, соответствующими вышеуказанному стандарту в период с 2013 по 2020 год, классифицируется как критически важная единица выбросов и включается в управление.

3.2.3 Метод распределения пособий

В настоящее время китайский рынок квот на выбросы вредных газов находится на начальной стадии развития, распределение квот основано на отраслевых стандартах и модели свободного распределения [44,45]. Он в первую очередь ориентирован на сектор производства электроэнергии, который включает в себя традиционные угольные электростанции мощностью от 300 МВт и ниже, электростанции, работающие на нетрадиционном угле, и газовые электростанции. Эти электростанции получают квоты на основе фактической выработки электроэнергии или тепла и устанавливают стандарты углеродосодержащих выбросов. Для усиления рыночных стимулов и регулирующих функций Китай планирует в будущем постепенно перейти к платной модели распределения.

3.2.4 Контроль, отчетность и проверка углеродосодержащих выбросов

В Китае ключевые предприятия-источники выбросов должны ежегодно готовить отчеты о выбросах парниковых газов в соответствии с техническими спецификациями по учету и отчетности выбросов

парниковых газов, разработанными Министерством экологии и окружающей среды. Эти отчеты должны были представляться в региональные органы экологии и охраны окружающей среды до 31 марта каждого года. Региональные ведомства несут ответственность за проверку этих отчетов и за использование результатов проверки в качестве основы для расчетов квот. «Руководство по учету и отчетности о выбросах парниковых газов предприятиями – электрогенерирующими объектами» и «Руководство по проверке отчетов предприятий о выбросах парниковых газов (пробная версия)» Министерства экологии и окружающей среды [46] содержат подробные требования к учету, отчетности и проверке углеродосодержащих выбросов.

3.2.5 Механизм рыночной торговли

В Китае внедрен единый национальный рыночный механизм торговли квотами на выбросы вредных газов, включающий систему регистрации углеродосодержащих выбросов в г. Ухане и систему торговли квотами на выбросы вредных газов в г. Шанхае. Регистрационный орган ведет учет владения, передачи, расчетов и аннулирования квот, а также предоставляет услуги по расчетам. Торговый орган организует общенациональную торговлю квотами на выбросы вредных газов.

На начальном этапе рынок в основном торгует квотами на выбросы вредных газов, дополненными сертификатами сокращения выбросов, выданными Китаем (CCER). Сертификаты CCER предусматривают сокращение выбросов от таких проектов, как возобновляемая энергия, поглощение углерода лесными ресурсами и использование метана. Компании могут использовать сертификаты CCER для компенсации до 5% от общего объема своих годовых квот.

Что касается участников торгов, то механизм в основном ориентирован на предприятия-эмитенты, другие организации и физических лиц, соответствующих национальным нормам. В настоящее время основными участниками являются предприятия по производству электроэнергии, которые включены в первую группу участников торгов в связи со значительными объемами выбросов углекислого газа. В будущем планируется постепенное расширение рынка за счет включения более широкого круга участников, таких как инвестиционные институты и частные лица, с целью содействия более широкому участию общества и привлечению инвестиций.

Рынок предлагает различные торговые механизмы, включая согласованные переводы и односторонние заявки, для удовлетворения потребностей различных участников. По мере развития рынка ожидается, что он станет открытым для нерегулируемых предприятий и индивидуальных инвесторов. Эти разнообразные методы торговли позволяют участникам действовать гибко, в соответствии со своими предпочтениями в отношении риска и торговыми стратегиями, тем самым значительно увеличивая ликвидность и активность на рынке.

3.2.6 Механизм обеспечения соответствия

Цикл соблюдения требований на китайском рынке квот на выбросы вредных газов устанавливается ежегодно, крайний срок — 31 декабря каждого года. Предприятия с критическими выбросами должны передать необходимое количество квот на углеродосодержащие выбросы за предыдущий год в региональные органы охраны окружающей среды в сроки, установленные Министерством экологии и окружающей среды. Переданное количество должно быть как минимум равно фактическим выбросам.

Для снижения нагрузки на предприятия со значительным дефицитом квот, рыночные правила устанавливают предельный размер дефицита квот, не превышающий 20% от подтвержденных выбросов. Если предприятие не предоставляет требуемые квоты в установленный срок, местный муниципальный или вышестоящий департамент экологии и охраны окружающей среды обязывает его внести исправления в течение определенного периода и может наложить штраф в размере 20

000–30 000 юаней. Если предприятие не устраняет проблему в течение установленного периода, региональный департамент экологии и охраны окружающей среды уменьшает квоты предприятия на углеродосодержащие выбросы на следующий год на сумму, равную дефициту.

В январе 2023 года Министерство экологии и окружающей среды Китая опубликовало «Первый отчет о цикле соблюдения требований Национального рынка торговли квотами на выбросы вредных газов» [47,48].

3.2.7 Механизм учёта поправки

Основные субъекты выбросов могут использовать CCER для компенсации своих обязательств по квотам на углеродосодержащие выбросы каждый год, при этом доля компенсации не должна превышать 5% от требуемых квот. CCER, используемый для компенсации, не должен поступать из проектов по сокращению выбросов, включенных в систему управления квотами на национальном рынке торговли квотами на выбросы вредных газов.

4 Важнейшие проблемы и уроки для китайского рынка квот на выбросы вредных газов, извлеченные из успешного опыта работы на международных рынках квот на выбросы вредных газов.

В настоящее время китайский рынок квот на выбросы вредных газов находится на ранних стадиях развития и сталкивается с многочисленными проблемами. Для оптимизации этой системы китайское правительство и различные сектора активно изучают успешный опыт международных рынков квот на выбросы вредных газов. Они стремятся как можно скорее создать эффективный рынок квот на выбросы вредных газов, соответствующий национальным условиям Китая и отвечающий международным стандартам. На рис. 6 показаны проблемы, возникающие в процессе построения китайского рынка квот на выбросы вредных газов. В то же время, как Китаю следует извлечь уроки из передового международного опыта и каковы конкретные меры по решению этих задач?

4.1 Задачи, с которыми сталкивается развитие рынка квот на выбросы вредных газов Китая.

Будучи развивающейся страной, Китай должен поддерживать непрерывный экономический рост, одновременно решая проблему сокращения выбросов парниковых газов. Поэтому Китай решил создать общенациональную систему торговли квотами на выбросы вредных газов для содействия переходу энергетической системы к низкоуглеродной экономике рыночными средствами. Однако этот процесс сопряжен с многочисленными трудностями.

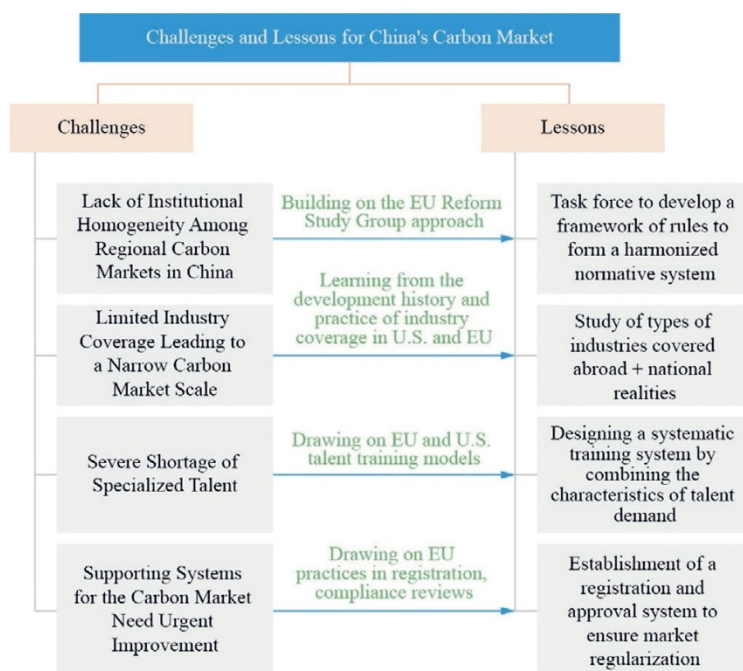


Рис. 6. Важнейшие задачи и уроки для китайского рынка квот на выбросы вредных газов.

4.1.1 Отсутствие институциональной однородности среди региональных рынков на выбросы вредных газов в Китае.

В частности, существующие пилотные проекты по торговле квотами на выбросы вредных газов демонстрируют значительные различия в критически важных институциональных структурах, таких как механизмы распределения квот, стандарты проверки, требования к контролю и отчетности, а также процессы регистрации и расчетов [49,50]. Эти различия препятствуют эффективной интеграции между пилотными рынками квот на выбросы вредных газов, тем самым влияя на построение единого национального рынка квот на выбросы вредных газов. Например, в Пекине и Шанхае действуют разные квалификационные стандарты для агентств по проверке квот на выбросы вредных газов; в Пекине требуется, чтобы доход агентства по проверке составлял не менее 50 миллионов юаней, тогда как в Шанхае — 30 миллионов юаней. Это несоответствие усложняет работу агентств по проверке при ведении межрыночных операций. Кроме того, в Шэньчжэне и Хубэе действуют разные стандарты интерфейса для их систем регистрации, при этом каждая из них разрабатывает свои собственные технические спецификации, что значительно увеличивает стоимость взаимодействия с системами регистрации квот на выбросы вредных газов. Более того, правовая и нормативная система, непосредственно поддерживающая развитие рынка квот на выбросы вредных газов, все еще несовершенна, ей не хватает надежных правовых гарантий, что создает препятствия для институционального построения рынка квот на выбросы вредных газов.

4.1.2 Ограниченный отраслевой охват приводит к узкому масштабу рынка квот на выбросы вредных газов.

В настоящее время семь китайских рынков квот на выбросы вредных газов охватывают только электроэнергетическую отрасль, на которую приходится примерно 3% национальных углеродосодержащих выбросов. Они не обеспечивают полного охвата ключевых отраслей промышленности, предприятия которой характеризуются высоким уровнем выбросов загрязнителей атмосферы, таких как тяжелая промышленность, строительные материалы и химическая промышленность, что значительно ниже показателя ЕС в 45%. Кроме того, чрезмерно однородное участие в китайском рынке квот на выбросы вредных газов напрямую приводит к низким объемам торгов и недостаточной ликвидности. Для решения этой проблемы необходимо

расширить охват отраслей и оптимизировать механизм распределения квот, чтобы расширить масштабы рынка и повысить активность торгов.

4.1.3 Острая нехватка квалифицированных кадров ограничивает эффективное функционирование рынка квот на выбросы вредных газов.

Учет, торговля и регулирование углеродных активов требуют наличия специалистов по их управлению и регулированию рынка квот на выбросы вредных газов, однако в Китае в настоящее время наблюдается явная нехватка таких специалистов. Например, пять крупнейших китайских энергетических компаний имеют всего около 12 специалистов по учету углеродных активов, по сравнению со средним показателем в 20-30 специалистов на одну европейскую энергетическую компанию. Регулирующие органы также сталкиваются со значительным дефицитом кадров: только в провинции Шаньдун требуется более 300 дополнительных специалистов по регулированию рынка квот на выбросы вредных газов. Большинство компаний не имеют специализированных отделов по управлению углеродными активами, и профессиональный уровень регулирующего персонала нуждается в повышении. Нехватка специализированных кадров напрямую приводит к неэффективной работе китайского рынка квот на выбросы вредных газов [51].

4.1.4 Системы поддержки рынка квот на выбросы вредных газов нуждаются в срочном совершенствовании.

Китаю необходимо создать и усовершенствовать механизмы контроля торговли, регистрации и расчетов, а также разработать устойчивые механизмы ценообразования и регулирования квот на выбросы вредных газов. Кроме того, необходимо разработать планы действий на случай непредвиденных обстоятельств для решения потенциальных правовых и кредитных рисков. Недостаточность этих систем поддержки ограничивает безопасное, стандартизированное и эффективное функционирование рынка квот на выбросы вредных газов Китая [52].

4.2 Анализ успешных примеров международных рынков квот на выбросы вредных газов для развития китайского углеродного рынка.

Столкнувшись с различными вопросами в процессе создания единого национального рынка квот на выбросы вредных газов, правительство Китая признает важность здорового и устойчивого развития такого рынка. Однако полагаться исключительно на спонтанное исследование региональных углеродных рынков недостаточно. Поэтому необходимо активно и всесторонне изучать опыт построения передовых международных рынков квот на выбросы вредных газов и сформировать систематический и стандартизированный план руководства по построению такого рынка [53]. Опираясь на успешные примеры международных рынков квот на выбросы вредных газов, в данном исследовании предлагаются следующие меры по его улучшению.

а) Во-первых, при содействии унификации регулирования рынка квот на выбросы вредных газов крайне важно перенять опыт механизма ЕС по разработке правил регулирования такого рынка. В ЕС Рабочая группа по реформам разрабатывает нормативные предложения, которые затем пересматриваются на основе отзывов государств-членов для формирования единых правил. Китай может перенять этот механизм, создав специализированную рабочую группу для разработки единой нормативной базы, а затем собрав отзывы и предложения по пересмотру от представителей региональных рынков квот на выбросы вредных газов. Систематическая и единая система регулирования может быть создана посредством многократных раундов обратной связи и достижения консенсуса.

б) Во-вторых, при расширении охвата отраслей важно не только изучать типы отраслей, охватываемых в других странах, но и учитывать, что каждая страна постепенно расширяла свой охват в зависимости от личных обстоятельств. Например, ЕС начал с энергетического сектора и на

третьем этапе включил только авиационный сектор. Соединенные Штаты также начали с энергетического сектора, добавив на третьем этапе сталелитейную и химическую промышленность. Новая Зеландия включает в охват секторы с отрицательными выбросами, такие как лесное хозяйство. Китаю также следует разработать поэтапный план расширения охвата, основанный на характеристиках выбросов и подготовки методов учета для каждой отрасли.

в) В-третьих, в условиях подготовки кадрового резерва необходимо не только перенимать опыт ЕС и США в области подготовки сотрудников, но и разработать рационально организованную систему обучения, основанную на этапе развития китайского рынка квот на выбросы вредных газов и особенностях спроса на кадры. Например, подготовку специалистов по проверке углеродосодержащих выбросов можно разделить на два этапа: подготовка преподавательского состава учебных заведений и подготовка практикующих специалистов по проверке. Необходимо организовать многоуровневое обучение для удовлетворения различных запросов.

г) В-четвертых, при совершенствовании систем поддержки крайне важно изучить детальную практику ЕС в области регистрации, например, требование предоставления множества документов, включая банковские рекомендательные письма, при открытии счета, а также проведение процессов проверки и утверждения для обеспечения надежности счета. Китаю также необходимо создать аналогичную систему регистрации и утверждения для обеспечения соответствия требованиям участников рынка квот на выброс вредных газов.

5 Перспективы развития углеродного рынка Китая в будущем

Будущее развитие китайского углеродного рынка можно разделить на два этапа: создание внутреннего рынка такого рода и интеграция с международными рынками квот на выбросы вредных газов. Создание внутреннего углеродного рынка обеспечивает краткосрочную перспективу и поэтапную поддержку для будущей интеграции с международными рынками подобного типа. И наоборот, интеграция с международными рынками квот на выбросы вредных газов в долгосрочной перспективе предлагает стратегическое руководство для текущего создания внутреннего углеродного рынка. Эта взаимосвязь проиллюстрирована на рис. 7.

5.1 Планирование внутреннего развития и изучение рынка квот на выбросы вредных газов

5.1.1 Неминуемое расширение национального рынка квот на выбросы вредных газов

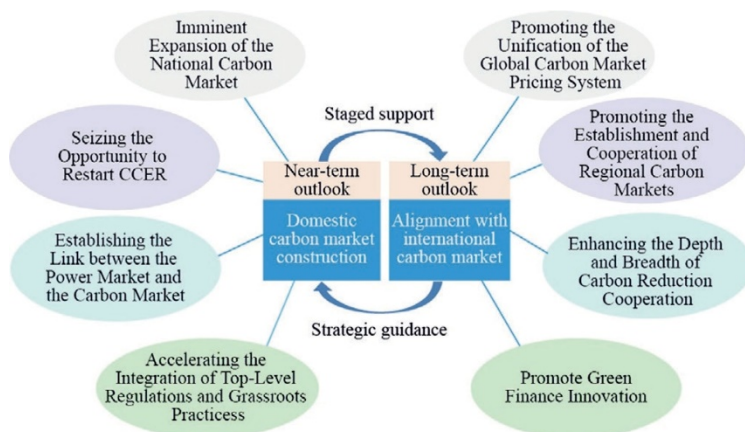


Рис. 7. Перспективы дальнейшего развития углеродного рынка Китая.

С момента начала функционирования национальный углеродный рынок Китая включал только электроэнергетическую отрасль. В условиях экономического перехода и ужесточения экологических требований крайне важно включить семь отраслей с высоким уровнем выбросов — нефтехимическую, химическую, строительную, сталелитейную, цветную металлургию, бумажную и авиационную — следуя принципу «развития одной отрасли и последующего ее включения». В мае

2023 года Министерство экологии и окружающей среды инициировало специальное исследование для расширения охвата отраслей. В июне были проведены углубленные исследования сталелитейной, нефтехимической и строительной отраслей, а первые встречи состоялись 16, 17 и 27 июня соответственно. Эти мероприятия знаменуют собой уверенный шаг вперед для национального рынка квот на выбросы вредных газов в борьбе с изменением климата и содействии «зеленому» и низкоуглеродному развитию.

5.1.2 Использование возможностей при возобновлении CCER

В связи с непрерывным развитием национального углеродного рынка Китая и завершением первого периода соблюдения требований, наблюдается заметный дефицит предложений по компенсационным квотам на выбросы парниковых газов (CCER), не удовлетворяющий растущий спрос на углеродные компенсации. В ответ на это возобновление CCER стало одним из главных вопросов, привлекающих внимание рынка. 29 июня 2023 года Министерство экологии и окружающей среды объявило о планах возобновить работу национального добровольного рынка торговли квотами на выбросы парниковых газов в течение года для удовлетворения настоящего спроса на углеродные компенсации.

Эта инициатива китайского правительства будет стимулировать предприятия к внедрению более экологичных и низкоуглеродных методов производства, содействовать развитию чистых технологий и «зеленых» отраслей, а также продвигать «зеленую» трансформацию экономики. Ожидается также создание специализированных услуг на рынке квот на выбросы вредных газов и посреднических институтов, предоставляющих услуги по управлению углеродными активами, содействию торговле углеродными квотами и консультированию по вопросам такого рынка. Эти институты будут способствовать бесперебойной работе рынка, повышению ликвидности и прозрачности.

5.1.3 Установление связи между энергетическим и углеродным рынками

Скоординированное развитие рынков электроэнергии и квот на выбросы вредных газов лежит в основе будущей энергетической и экологической политики Китая [54-56]. В пилотных проектах по внедрению квот на выбросы вредных газов в Пекине, Тяньцзине и Шанхае «зеленая» электроэнергия была исключена из расчетов углеродосодержащих выбросов. Эта мера стимулирует предприятия к увеличению использования «зеленой» электроэнергии и эффективному сокращению углеродосодержащих выбросов.

К 2023 году объем сделок с «зеленой» электроэнергией в Китае составит всего 1,2% от общего объема электроэнергии, что свидетельствует о неполной реализации потенциального спроса на такую электроэнергию. По мере того как Китай наращивает усилия по сокращению углеродосодержащих выбросов и продвигает «зеленое» развитие, ожидается, что правительство усилит сертификацию «зеленой» электроэнергии и рыночные стимулы для повышения ее привлекательности. Это будет включать в себя интеграцию «зеленой» электроэнергии в качестве положительного фактора на рынке квот на выбросы вредных газов, а также повышение осведомленности общественности об экологических проблемах и политическую поддержку для стимулирования потребления «зеленой» электроэнергии. Эта взаимосвязь между энергетическим и углеродным рынками не только поможет оптимизировать энергетическую структуру и будет способствовать «зеленому» и низкоуглеродному переходу Китая, но и продемонстрирует лидерство Китая и его вклад в международное управление климатом.

5.1.4 Ускорение объединения нормативных актов высшего уровня и практик низового уровня

Для ускорения эффективного объединения нормативных актов высшего уровня и практик на низовом уровне на углеродном рынке разработка и внедрение «Временных правил управления

торговлей квотами на выбросы углерода» стали ключевой мерой в развитии китайского углеродного рынка. С момента включения в план работы Государственного совета по законодательству эти правила подчеркнули свою центральную роль в национальной политике охраны окружающей среды. «Временные правила управления торговлей квотами на выбросы углерода» были официально опубликованы в феврале 2024 года и подробно описывают ключевые положения, такие как общий объем квот, методы распределения, процедуры оплаты, обязательства ключевых участников выбросов, надзор и управление, а также механизмы подотчетности[57]. Эти положения обеспечивают четкую правовую основу для функционирования рынка и гарантируют прочную основу для перехода от разработки политики к ее реализации на рынке.

Разработка данного регламента направляет текущее поведение рынка и устанавливает стандарты для практической деятельности на местах, обеспечивая стандартизацию и эффективность построения и функционирования рынка квот на выбросы вредных газов. Выявленные на практике проблемы и важнейшие задачи могут постоянно отслеживаться и оцениваться, предоставляя таким образом обратную связь политикам для уточнения и корректировки нормативных актов высшего уровня. Этот интерактивный механизм обеспечивает динамический баланс между политикой и практикой, тем самым повышая практическую адаптивность и работоспособность нормативных актов. Это способствует большей зрелости и эффективности китайского углеродного рынка, продвигает национальные стратегии «зеленого» и низкоуглеродного развития и достигает долгосрочных целей Китая в области охраны окружающей среды и устойчивого развития.

5.2 Международное сотрудничество и расширение углеродного рынка

Будучи одним из крупнейших в мире источников выбросов углерода, Китай, несомненно, оказал значительное и глубоко позитивное влияние на международную систему торговли квотами на выбросы углерода благодаря своим инновационным попыткам и практическим мерам по созданию подобного рынка.

5.2.1 Содействие унификации и совершенствованию международной системы ценообразования на углеродном рынке

Обмен опытом и практиками Китая в области ценообразования и торговли квотами на выбросы вредных газов может помочь преодолеть существующие ценовые барьеры, способствовать стандартизации глобальной системы ценообразования на углеродные квоты и обеспечить четкие стимулы к сокращению выбросов для правительств и предприятий во всем мире [58].

5.2.2 Содействие созданию и сотрудничеству на региональных углеродных рынках

Китай может отдать приоритет созданию региональных углеродных рынков с соседними странами, такими как Япония и Южная Корея, на основе региональных политических и торговых систем [59]. Экспериментальное объединение ключевых элементов, таких как распределение квот, обработка компенсаций и стандарты качества, может улучшить совместимость и синергию различных национальных механизмов подобного рынка. В долгосрочной перспективе такое региональное сотрудничество может заложить основу для более ликвидного международного рынка квот на выбросы вредных газов, способствуя более глубокой интеграции международной торговли углеродными квотами.

5.2.3 Углубление и расширение сотрудничества в области сокращения углеродосодержащих выбросов

Опираясь на обширный опыт Китая в международной торговле экологически чистыми проектами, он может использовать многосторонние рамки сотрудничества, такие как «Инициатива пояса и пути» и «Сотрудничество Юг-Юг», для участия в двусторонней или многосторонней торговле

углеродными кредитами со странами, расположенными вдоль этих маршрутов [43,60,61]. Это не только поможет расширить масштабы и глубину международного сотрудничества в области сокращения углеродосодержащих выбросов, но и принесет экономические и экологические выгоды Китаю и другим странам-участницам.

5.2.4 Содействие инновациям в сфере «зеленого» финансирования

Развитие китайского углеродного рынка способствовало инновациям в сфере экологически чистых финансовых продуктов и услуг, таких как углеродные кредиты и фонды [62]. Эти финансовые инструменты не только поддерживают внутренний «зеленый» переход Китая и устойчивое развитие, но и предоставляют новые инвестиционные каналы и финансовые продукты для международного рынка квот на выбросы вредных газов. Это еще больше увеличивает приток капитала и жизнеспособность мирового углеродного рынка.

6 Заключение

Учитывая региональные различия Китая, стремительное развитие новых источников энергии и сложную структуру рынка, построение его рынка квот на выбросы вредных газов значительно отличается от европейского и американского. Основные международные теории и модели углеродного рынка трудно применить к Китаю напрямую. Поэтому важно разработать стратегию развития углеродного рынка, которая соответствовала бы национальным условиям Китая и отражала бы его особенности.

В настоящее время создание китайского углеродного рынка сталкивается с многочисленными задачами, и существует острая необходимость перенять передовой опыт основных международных рынков такого типа. Ожидается, что китайский рынок квот на выбросы вредных газов постепенно достигнет зрелости, будет стремиться к интеграции с международной системой таких рынков и будет стремиться внести свой вклад в международную систему торговли углеродными квотами, используя китайский опыт и решения.

О вкладе авторов в проект CRediT

Цинкай Сун: Методология, Исследование, Привлечение финансирования, Формальный анализ, Подготовка данных, Концептуализация. **Ли Ма:** Написание – рецензирование и редактирование, Написание – первоначальный вариант текста, Визуализация. **Менхуа Фан:** Написание текста – рецензирование и редактирование, Написание текста – первоначальный вариант текста, Визуализация, Концептуализация. **Сяоцзюнь Ванг:** Ресурсы, Администрирование проекта, Методология, Исследование. **Чжэн Чжао:** Визуализация, Проверка достоверности, Руководство, Администрирование проекта. **Йиру Ши:** Методология, Исследование, Привлечение финансирования, Формальный анализ.

О конфликте интересов

Авторы заявляют о наличии следующих финансовых интересов/личных отношений, которые могут рассматриваться как потенциальный конфликт интересов: Цинкай Сун сообщает, что финансовая поддержка была предоставлена Государственным научно-исследовательским институтом энергетики. Если в списке авторов присутствуют другие лица, они заявляют, что у них нет известных конкурирующих финансовых интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на результаты работы, представленной в данной статье.

Благодарности

Благодарим за финансовую поддержку научно-технического проекта Китайской государственной электросетевой корпорации «Анализ затрат, исследование механизма рыночных торгов и проверка

новой трансформации энергетической системы в условиях диверсифицированной системы ценностей» (1400-202357380А-2-3-ХГ) для данной статьи.

Список используемой литературы

- [1] Международное энергетическое агентство (МЭА). IEA Energy and Carbon Tracker, 2024. <https://www.iea.org/data-and-statistics/dataproduct/emissions-factors-2024>.
- [2] Международное энергетическое агентство (МЭА). Глобальный энергетический обзор: выбросы CO₂ в 2021 и 2022 годах. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/global-energy-review-co2-emissions-in-2021>.
- [3] С. Одеми, Рамочная конвенция ООН об изменении климата, ЕС и Совет Безопасности ООН: предложение по исследовательской программе для решения вопроса климатической безопасности, *Adv.Clim.Chang.Res.*11 (4) (2020) 442-452.
- [4] Ю.Гао, К.Гао, К.Чжанг, Целевой показатель глобальной температуры 2 °С и эволюция долгосрочной цели решения проблемы изменения климата от Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата до Парижского соглашения, *Engineering* 3 (2) (2017) 272-278.
- [5] А.Дешезлепретре, Д.Начтигал, Ф.Венманс, Совместное влияние системы торговли квотами на выбросы углерода Европейского союза и экономические показатели, *J.Environ.Econ.Manag.*118 (2023)102758.
- [6] В. Чжан, Л. Тянь, И. Яо, З. Тянь и др., Динамические характеристики эволюции цен системы торговли квотами на выбросы углерода Европейского союза от периода высоких цен к периоду низких цен, *J.Clean.Prod.*224(2019) 188-197.
- [7] А. Дж. Чапман, К. Итаока, Энергетический переход к будущему низкоуглеродному энергетическому обществу в условиях либерализации рынка электроэнергии в Японии: прецеденты, политика и факторы успешного перехода, *Renew.Sustain.Energy Rev.*81 (2) (2018) 2019-2027.
- [8] Сюй Гуаньюэ, Ю. Ван, Х. Реман, Г. Сюй, Ю. Ван, Х. Реман, *J.Environ.Manag.*345 (1) (2023) 118588.
- [9] С. Чо, Ю.-С. Чжон, Дж.-Х. Хух, Достаточен ли сценарий Южной Кореи по достижению углеродной нейтральности к 2050 году для достижения цели по сокращению выбросов парниковых газов?, *Energy Sustain.Dev.*80 (2024) 101447.
- [10] И.П. Пинчелли, Дж. Хинкли, А. Brent, Углеродный, материальный и энергетический след крупномасштабной солнечной электростанции в Аотеароа Новой Зеландии, *Solar Energy* 273 (1) (2024) 112535.
- [11] З. Рен, Дж. Дженг, М. Хе и др., Влияние многоцелевой энергетической и климатической политики на выбросы углерода: данные на региональном уровне Китая, *Energy* 291 (15) (2024) 130436.
- [12] Ю. Джианг, Х. Ни, Ю. Ни и др., Оценка эффективности в области охраны окружающей среды, социальной сферы и управления, а также политики управления природными ресурсами в эпоху двойных углеродных целей Китая для зеленой экономики, *Resour.Policy* 85 (2023) 104050.
- [13] Б. Джианг, М. Ю. Раза, Исследование политики Китая в области возобновляемой энергии в рамках двойных углеродных целей: анализ политического дискурса, *Energ.Strat.Rev.*48 (2023) 101118.

- [14] И. Винот Канна, С. Розелин, К. Баламуруган, С. Джива, И. Аугастин Сантьягу и др., Влияние выбросов парниковых газов на глобальное потепление, Справочный модуль по системам Земли и наукам об окружающей среде, 2024.
- [15] А.К. Прия, М. Муруганандам, С. Раджаманикам и др., Влияние изменения климата и антропогенной деятельности на водную экосистему — обзор, *Environ.Res.*238 (2) (2023) 117233.
- [16] К.Хассан, П.Виктор, Т.Дж.Аль-Мусави и др., Роль возобновляемой энергии в глобальных энергетических преобразованиях, *Renewable Energy Focus* 48 (2024) 100545.
- [17] А.Б.М.Асиф Райхан, М.Бари, Взаимосвязь энергетики, экономики и окружающей среды в Китае: роль возобновляемых источников энергии в достижении углеродной нейтральности, *Innovation Green Dev.*3 (3) (2024) 100139.
- [18] М.Халид, Интеллектуальные сети и системы возобновляемой энергии: перспективы и проблемы интеграции в сети, *Energ.Strat.Rev.*51 (2024)101299.
- [19] К.Пан, С.Лиу, Развитие, изменения и ответные меры механизма корректировки углеродной границы Европейского союза в контексте глобального энергетического перехода, *World Dev.Sustain.*4 (2024)100148.
- [20] М.Тао, С.Полетти, М.С.Шенг, Взаимосвязь между углеродными, запасными и энергетическими рынками в Новой Зеландии: анализ причинно-следственных связей, *Energy* 299 (2024) 131409.
- [21] Международное партнерство по борьбе с выбросами углерода (ICAP). Ежегодный отчет о мировой торговле квотами на выбросы, 2024 г. <https://www.eu-chinaets.org/en/information/212>.
- [22] Европейская комиссия. Система торговли квотами на выбросы ЕС. http://ec.europa.eu/clima/eu-action/euemissions-trading-system-eu-ets_en.
- [23] П. Байер, М. Аклин, Система торговли квотами на выбросы Европейского союза сократила выбросы CO₂, несмотря на низкие цены, *Proc.Natl.Acad.Sci.*117 (16) (2020) 8804-8812.
- [24] Ф. Чжан, Х. Фан, В. Сонг, Анализ зрелости углеродного рынка с использованием интегрированного метода принятия решений на основе многокритериального подхода: тематическое исследование ЕС и Китая, *J.Clean.Prod.*241 (20) (2019) 118296.
- [25] К. Лю, Х. Х. До, Р. Непал и др., Побочные результаты непредсказуемости и цена на углерод на оптовых рынках электроэнергии стран Северной Европы, *Energy Econ.*134 (2024) 107559.
- [26] Х. Ю, Х. Ван, К. Лян и др., Анализ непредсказуемости углеродного рынка на основе структурных разрывов: данные ЕС-ETS и Китая, *Front.Environ.Sci.* 10 (2022) 973855.
- [27] К.-П. Анке, Х. Хобби, С. Шрайбер и др., Поэтапный отказ от угля и цены на углерод: взаимодействие между торговлей выбросами ЕС и национальной политикой по смягчению последствий изменения климата, *Energy Policy* 144 (9) (2020) 111647.
- [28] Закон о решениях проблемы глобального потепления 2006 года (AB 32), Калифорнийский совет по воздушным ресурсам, 2006. Доступно: <https://ww2.arb.ca.gov/resources/fact-sheets/ab-32-global-warming-solutions-act-2006>.
- [29] Программа «Ограничение и торговля квотами», Калифорнийский совет по воздушным ресурсам, 2012. Доступно по адресу: <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/cap-andtrade-program/about>.
- [30] Калифорнийская программа «Ограничение и торговля квотами» и Квебекская система «Ограничение и торговля квотами»: совместный аукцион № 1, ноябрь 2014 г., Калифорнийский

совет по воздушным ресурсам, 2014. Доступно по адресу: <https://ww2.arb.ca.gov/news/california-and-quebec-announce-results-joint-cap-and-trade-auction>.

[31] Программа Калифорнии по ограничению и торговле квотами на выбросы, Центр решений в области климата и энергетики (C2ES), 2018. Доступно по адресу: <https://www.c2es.org/document/californias-cap-and-trade-program/>.

[32] Программа по ограничению и торговле квотами: Обзор распределения квот между промышленными предприятиями, Калифорнийский совет по воздушным ресурсам, 2020. Доступно по адресу: <https://ww2.arb.ca.gov/resources/documents/cap-and-trade-program-overview-allocation-industrial-entities>.

[33] Р. Соуза, Л. Агиар-Конрария, Цены на энергию и углерод: сравнение взаимодействия в рамках Европейской схемы торговли квотами на выбросы и рынка Западной климатической инициативы, Carbon Manag.6 (3-4) (2015) 129-140.

[34] И. Диас-Рейни, Д. Дж. Туллок, Ценообразование на углерод и системная связь: уроки новозеландской схемы торговли квотами на выбросы, Energy Econ. 73 (2018) 66-79.

[35] Л. Ляо, И. Диас-Рейни, Д. Куруппуараччи и др., Роль фундаментальных факторов и политики в ценообразовании на углерод в Новой Зеландии, Energy Econ. 124 (2023) 106737.

[36] С. Керр, Дж. Ормсби, Д. Уайт, Разъединение новозеландской схемы торговли квотами на выбросы от Киотского протокола: сравнение теории и практики, Clim.Pol.21 (6) (2021) 792-803.

[37] Новозеландская схема торговли квотами на выбросы, Министерство окружающей среды Новой Зеландии, 2021. Доступно по адресу: <https://environment.govt.nz/what-government-is-doing/key-initiatives/emissions-tradingscheme/>.

[38] Ц. Цзян, Л.-Ч. Чен, В. Вэй, Развитие китайского углеродного рынка: обзор современного состояния, IEEE Int.Conf.Appl.Syst.Invention (ICASI) 2018 (2018) 13-17.

[39] Х. Лян, Ю. Цзэн, С. Цзян и др., Динамическая оценка низкоуглеродного развития в энергетической отрасли Китая и влияние политики углеродного рынка, Heliyon 9 (2) (2023) 13467.

[40] Ц. Цуй, Ф. Сун, З. Цзян, Эффективность против справедливости: национальный углеродный рынок Китая встречается с провинциальными рынками электроэнергии, China Econ.Rev.78 (2023) 101915.

[41] Ю.Чженг, Б.Чжанг, Хорошо ли функционирует национальный углеродный рынок Китая? Перспектива эффективного проектирования рынка, J.Chin.Governance 8 (4) (2023) 563-592.

[42] Ю.Х. Джиалин Ли, Ю. Чи, Д. Лиу и др., Анализ синергии между рынками электроэнергии, углерода и торгуемых зеленых сертификатов в Китае, Energy 26 (2024) 131808.

[43] Ю. Сонг, Т. Лиу, Ю. Ли и др., Пути и корректировки политики для повышения ликвидности углеродного рынка в Китае, Energy Econ. 115 (2022) 106379.

[44] План реализации установления и распределения общей квоты на торговлю квотами на выбросы углерода в Китае на период с 2019 по 2020 год (энергетическая отрасль), Министерство экологии и окружающей среды Китайской Народной Республики. 2020. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk03/202012/t20201230_815546.html.

[45] Л.Х. Гоулдер, Х. Лонг, Дж. Лу, Р.Д. Моргенштерн, Необычная общенациональная система торговли выбросами CO₂ в Китае: экономическая эффективность и влияние на распределение, J.Environ.Econ.Manag. 111 (2022) 102561.

- [46] Руководство по проверке отчетов предприятий о выбросах парниковых газов (экспериментальная версия), Министерство экологии и окружающей среды Китайской Народной Республики, 2021 г. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202103/t20210329_826480.html.
- [47] Меры управления для добровольной торговли квотами на сокращение выбросов парниковых газов (экспериментальная версия), Министерство экологии и окружающей среды Китайской Народной Республики, 2023 г. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk02/202310/t20231020_1043694.html.
- [48] Первый отчет о цикле соблюдения требований национального рынка торговли квотами на выбросы углерода, Министерство экологии и окружающей среды Китайской Народной Республики, 2023 г. https://www.mee.gov.cn/ywgz/ydqhbh/wsqtz/202301/t20230101_1009228.shtml.
- [49] К.К.Ванг, С.В.Су, О.Р.Лобонт, и др., Эффективен ли китайский рынок торговли углеродными квотами? Данные пилотных проектов по торговле квотами на выбросы, Energy 245 (15) (2022) 123240.
- [50] З.Чень, П.Сонг, Б.Ванг, Схема торговли квотами на выбросы углерода, энергоэффективность и эффект отдачи — данные по провинциям Китая, Energy Policy 157 (2021) 112507.
- [51] В. Шен, Китайский бизнес на заре своей внутренней системы торговли квотами на выбросы: стимулы и барьеры для участия в торговле углеродными квотами, Clim.Pol. 15 (3) (2015) 339-354.
- [52] Китайская система торговли квотами на выбросы, МЭА, 2020. <https://www.iea.org/reports/chinas-emissionstrading-scheme>.
- [53] Ю. Аньци, С. Пэн, Ю. Ли, Анализ эффективности рынка торговли квотами на углеродные выбросы в Китае, Procedia Comput.Sci. 221 (2023) 1440-1447.
- [54] Ю.Ванг, С.Лиу, М.З.Абедин, Перенос волатильности и стратегии хеджирования на китайских рынках углерода, энергии и электроэнергетики, J.Int.Finan.Markets.Inst.Money 91 (2024) 101938.
- [55] Ю.Ли, Т.Фенг, Л.Лиу и др., Как взаимодействуют рынки электроэнергии и углерода и как достигается интегрированное развитие? - Библиометрический обзор, Energy 265 (15) (2023) 126308.
- [56] К.Сонг, П.Ванг, Эффективность торговли квотами на выбросы углерода и стандартов портфеля возобновляемой энергии на региональных и объединенных рынках электроэнергии Китая, Util.Policy 84 (2023) 101622.
- [57] Временные правила управления торговлей квотами на выбросы углерода, Министерство экологии и окружающей среды Китайской Народной Республики, 2024. https://www.mee.gov.cn/zcwj/gwywj/202402/t20240205_1065850.shtml.
- [58] Ру. Ша, Дж. Цянь, Ч. Ли и др., Взаимовыгодная возможность для экономического роста и сокращения выбросов углерода в Китае: перспектива исправления искажений цен на энергоносители, Energ.Strat.Rev.53(2024) 101406.
- [59] Б. Сяо, Ю. Фань, С. Го, С. Фойгт, Влияние связи национальных углеродных рынков на международную макроэкономику: модель открытой экономики E-DSGE, Comput.Ind.Eng.169 (2022) 108166.
- [60] А. Ф. Ли, Ч.-Ф. Ку, С.-Л. Чжан, Изучение климатического сотрудничества США и Китая посредством связанных углеродных рынков, Adv.Clim.Chang.Res.14 (1) (2023) 145-155.
- [61] Х.Джианг, Дж.Ванг, Ю.Ша и др., Изучение механизма связи международного углеродного рынка: оценка эффективности в контексте углеродной нейтральности, J.Clean.Prod.420 (25) (2023) 138474.

[62] К.Джу, Ю.Ли, Углеродное финансирование и углеродный рынок в Китае: прогресс и проблемы, J.Clean.Prod.214 (20) (2019) 536-549.

Получено 9 сентября 2024 г.; отредактировано 26 ноября 2024 г.; принято 23 декабря 2024 г.

Экспертная оценка проводится под руководством компании Global Energy Interconnection Group Co.Ltd.

* Ответственный автор

Адреса электронных почт: sunqingkai_123@163.com (Ц. Сун), mali@sgeri.sgcc.com.cn (Л.Ма), dqqsqk1234@gmail.com (М.Фан), xjwang1@bjtu.edu.cn (С.Ванг), zhaozheng@sgeri.sgcc.com.cn (Ч.Чжао), shiyiru0114@163.com (Й.Ши).

Эта статья переведена из журнала <Global Energy Interconnection> (ISSN: 2096-5117), выпуск 2, 2025 г. Оригинальное название статьи:< Lessons from the development and operational experiences of international carbon markets for the construction of China's carbon market>. Перевод предоставляется исключительно для справки; преимущественную силу имеет оригинал: <https://doi.org/10.1016/j.gloe.2024.12.002>

2096-5117/© 2025 Global Energy Interconnection Group Co.Ltd. Издательские услуги предоставлены Elsevier B.V. от имени KeAi Communications Co.Ltd. Данная статья находится в открытом доступе и распространяется по лицензии CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



Цинкай Сун получил степень доктора философии в области электротехники в Пекинском университете Цзяотун (Китай) в 2023 году. В настоящее время он является научным сотрудником среднего звена в Государственном научно-исследовательском институте, ЗАО, Пекин, Китай. В сферу его научных интересов входят энергетическая политика, энергетический рынок, рынок квот на выбросы вредных газов и теория игр.



Ли Ма получила степень доктора философии в области электротехники в Чжэцзянском университете (Китай) в 2003 году. В настоящее время она является старшим инженером профессорского уровня в Государственной электросетевой корпорации Китая в Пекине. Ее научные интересы включают энергетические и углеродные рынки, анализ устойчивости энергосистем и энергетическую политику.



Менхуа Фан получила степень доктора философии в области электротехники в Тяньцзиньском университете (Китай) в 2011 году. В настоящее время она является старшим инженером профессорского уровня в Государственном научно-исследовательском институте энергетики, ЗАО, Пекин, Китай. Ее научные интересы включают рынки электроэнергии и квот на выбросы вредных газов, анализ устойчивости энергосистем и энергетическую политику.



Сяоцзюнь Ванг получил степень доктора философии в области электротехники в Северо-Китайском электроэнергетическом университете (Китай) в 2008 году. В настоящее время он занимает должность заместителя декана факультета электротехники Пекинского университета Цзяотун. Его научные интересы включают энергетические рынки, анализ устойчивости энергосистем и энергетическую политику.



Чжэн Чжао получил степень доктора философии в области электротехники в Университете Клемсона, США, в 2012 году. В настоящее время он является старшим инженером профессорского уровня в Государственном научно-исследовательском институте энергетики, Пекин, Китай. Его научные интересы включают углеродный рынок и энергетическую политику.



Йиру Ши получила степень магистра электротехники в Пекинском университете Цзяотун (Китай) в 2024 году. В настоящее время она является младшим научным сотрудником Государственного научно-исследовательского института электроэнергетики, ЗАО, Пекин, Китай. Ее научные интересы включают энергетические рынки, углеродные рынки и энергетическую политику.

(Редактор Яцзюнь Цзоу)