

Инновации в инструментах реализации государственной политики устойчивого развития в области возобновляемой энергетики в Китае и России

Юй Ху

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия, yulia.hu217@outlook.com,
<https://orcid.org/0009-0006-9961-9760>

Аннотация

Цель. Разработка новых инструментов государственной политики устойчивого развития, отвечающих современным вызовам и направленных на повышение эффективности реализации проектов в области возобновляемой энергетики между Россией и Китаем.

Задачи. Выявление главных различий в государственной политике устойчивого развития России и Китая; определение перспективных направлений сотрудничества указанных государств в области возобновляемой энергетики; обоснование возможности разработки и применения инновационных инструментов государственной политики устойчивого развития в рассматриваемой области.

Методология. В исследовании использованы такие научные методы, как сравнительный анализ, метод экономико-математического моделирования, принципы реализации совместной аукционной платформы. На базе сравнительного анализа выявлены различия в наборе применяемых механизмов при осуществлении государственной политики устойчивого развития в России и Китае. С помощью экономико-математического моделирования построена модель ценообразования на возобновляемую энергию. Трансграничное управление возобновляемой энергией может быть реализовано путем построения трансграничной системы прослеживаемости «зеленой» энергии на основе блокчейна, совместной аукционной платформы Vickrey — Clarke — Groves (VCG) и системы взаимного признания технических стандартов.

Результаты. Инновационные инструменты государственного регулирования способствуют росту эффективности трансграничных сделок в области «зеленой» энергии, сокращают цикл сертификации продукции, повышают результативность интеграции цифровых технологий.

Выводы. Инновационные инструменты и программы государственного регулирования, предложенные в исследовании, направлены на усиление трансграничного энергетического сотрудничества и глобального управления углеродной нейтральностью.

Ключевые слова: государственная политика устойчивого развития, управление возобновляемой энергетикой, китайско-российское сотрудничество, углеродный налог, прослеживаемость на основе блокчейна

Для цитирования: Ху Юй. Инновации в инструментах реализации государственной политики устойчивого развития в области возобновляемой энергетики в Китае и России // *Экономика и управление*. 2025. Т. 31. № 5. С. 672–682. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-5-672-682>

Innovations in the instruments for implementing state policy on sustainable development in the field of renewable energy in China and Russia

Yu Hu

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, yulia.hu217@outlook.com, <https://orcid.org/0009-0006-9961-9760>

Abstract

Aim. The work aimed to develop new instruments of state policy for sustainable development that meet modern challenges and are aimed at increasing the efficiency of renewable energy projects in Russia and China.

© Ху Юй, 2025

Objectives. The work seeks to identify the main differences in the state policy for sustainable development of Russia and China; determine the promising areas of cooperation between these countries in the field of renewable energy; substantiate the possibility of developing and applying innovative instruments of state policy for sustainable development in the field under consideration.

Methods. The study employed comparative analysis, economic and mathematical modeling, as well as principles of implementing a joint auction platform. Comparative analysis was used to identify differences in the set of mechanisms used to implement state policy for sustainable development in Russia and China. Using economic and mathematical modeling, a pricing model for renewable energy was created. Cross-border management of renewable energy can be implemented by generating a cross-border traceability system for green energy based on blockchain, the Vickrey – Clarke – Groves (VCG) joint auction platform, and a system of mutual recognition of technical standards.

Results. Innovative government regulation instruments contribute to the growth of the efficiency of cross-border transactions in the field of green energy, shorten the product certification cycle, and increase the effectiveness of the integration of digital technologies.

Conclusions. The innovative instruments and programs of state regulation proposed in the study are aimed at strengthening cross-border energy cooperation and global carbon neutrality management.

Keywords: *state policy on sustainable development, renewable energy management, Chinese-Russian cooperation, carbon tax, blockchain-based traceability*

For citation: Hu Yu. Innovations in the instruments for implementing state policy on sustainable development in the field of renewable energy in China and Russia. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2025;31(5):672-682. (In Russ.). <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-5-672-682>

Введение

Достижение целей глобальной углеродной нейтральности, снижение углеродоемкости экспортируемой продукции — сложная задача, требующая решения не только на уровне каждого хозяйствующего субъекта, но и на уровне государства. Усложнение геополитической и экономической обстановки накладывает ограничения на развитие энергетического сектора экономики, включая сферу возобновляемых источников энергии. Многие из проектов в сфере возобновляемой энергетики являются трансграничными, поэтому важным вопросом видится их институциональная поддержка со стороны государств.

В отчете Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA) «Глобальная трансформация энергетики 2024» прогнозируется, что с 2024 по 2030 г. [1] инвестиции в проекты возобновляемой энергетики достигнут 31,5 трлн долл. Например, с 2020 по 2024 г. среднегодовые темпы роста проектов сотрудничества в области возобновляемых источников энергии между Китаем и Россией увеличились на 24 %. Однако с ростом количества, масштабов и сложности проектов возрастают расходы на их коор-

динацию (до 15–25 % от общего объема инвестиций) [1].

Эффективность реализации проектов в сфере возобновляемой энергетики может зависеть от институциональных условий и ограничений трансграничного сотрудничества. Среди них — технические стандартные барьеры (различия в спецификациях подключения к сети между Европой, США и странами Азии и Африки); несоответствие рыночных механизмов (недостаточный охват системы ценообразования на выбросы углерода и отсутствие взаимного признания сертификации «зеленой» электроэнергии); споры об экологической компенсации (экологические внешние эффекты трансграничных проектов трудно поддаются количественной оценке).

Огромное давление на Россию и Китай оказывала и оказывает реализация механизма трансграничного углеродного регулирования Европейского союза (CBAM, Carbon border Adjustment Mechanism). В связи с этим возникает необходимость разработки и применения инновационных инструментов государственной политики устойчивого развития, направленных на разрешение противоречий и преодоление барьеров, возникающих при реализации проектов трансграничного сотрудничества в сфере возобновляемой энергетики.

Материалы и методы

Исследование базируется на трудах ученых России, Китая, Европы, Америки о вопросах развития возобновляемой энергетики как основы устойчивого развития, государственного и трансграничного регулирования этих процессов. Возобновляемые источники энергии, к числу которых относится гидро- и геотермальная, ветровая, солнечная энергия, обладают потенциалом для удовлетворения растущих энергетических потребностей в мире, обеспечивают формирование эффекта декарбонизации [2]. Государственная политика в большинстве стран мира ориентирована на поддержку и развитие проектов в области возобновляемой энергетики [3], включает в себя установление целевых показателей в этой области, правовое регулирование данной сферы, институциональную поддержку экспорта энергии, полученной на основе возобновляемых источников энергии [4], удовлетворение спроса на электроэнергию, вызванного ростом населения [5]. Однако, имея общие направления по достижению целей устойчивого развития, государственная политика ряда стран обладает рядом отличий по набору механизмов и инструментов ее реализации.

Различия в государственной политике Китая и России

Пилотные данные за 2024 г. показали, что дополнительные затраты на плату за углерод в мировом экспорте высокоуглеродной продукции ряда промышленных отраслей возросли до 32 млрд долл. США. В наибольшей степени пострадали сталелитейная, алюминиевая и горнодобывающая промышленность. Углеродные затраты Китая на экспорт стали в Европу возросли на 1,45 млрд долл. США, как следует из таблицы 1, а бремя налога на углерод в России на экспорт ископаемой энергии достигло 3,8 млрд долл. США [6]. В этом контексте разработка новых инструментов государственной политики, таких как системы сертификации на основе блокчейна и механизмы динамического налога на выбросы углерода, можно рассматривать в качестве главных направлений снижения транзакционных издержек.

Будучи крупнейшими мировыми производителями энергии, Китай и Россия демонстрируют характеристики «асимметричной взаимодополняемости» в области возобновляемых источников энергии,

и их сотрудничество имеет стратегическое значение для перестройки глобальной системы управления энергетикой в целом. Имея долю 72 % на мировом рынке фотоэлектрических инверторов и систему торговли, связанную с «зелеными» сертификатами и квотами на выбросы углерода, Китай создал основу для проникновения и закрепления своих позиций на рынке энергетики. Россия, имеющая долю мировых патентов на технологии арктической ветроэнергетики в размере 72 % и единственный в мире динамический механизм корректировки налога на выбросы углерода, сформировала модель регулирования, ориентированную на суверенитет ресурсов [7].

Такие разные государственные курсы обусловлены глубокими различиями в геоэкономических возможностях двух стран. Китаю необходимо срочно восполнить годовой дефицит спроса в размере 580 ТВт·ч (прогноз на 2025 г.) за счет трансграничного импорта «зеленой» электроэнергии. Россия же стремится освоить 50 ГВт потенциала возобновляемой энергии на Дальнем Востоке, чтобы хеджировать риск зависимости от нефти и газа. В условиях санкционного давления (с учетом санкций SWIFT и тарифов на выбросы углерода CBAM) инновационные инструменты государственного регулирования обеих стран превращаются в стратегический инструмент устойчивого развития.

Например, разработанная Китаем блокчейн-система отслеживания углеродного следа позволяет повысить точность проверки до 98,3 %, снизить риск уклонения компаний-экспортеров от уплаты штрафов CBAM на 42 %. Первый в России механизм «налога на выбросы углерода» (углеродное регулирование в режиме реального времени) дает возможность снижать риск выбросов углерода на 28 % за счет динамической разработки тарифов. Эти инструменты, по сути, представляют собой «защитные инновации», служат не только для обеспечения энергетической безопасности страны, но и являются универсальными в применении, могут быть масштабированы в развивающиеся государства.

Сотрудничество между Китаем и Россией в области возобновляемой энергетики

Существующие исследования подтверждают глубокую взаимодополняемость сотрудничества Китая и России в области возобновляемых

Углеродные издержки китайского экспорта по секторам под влиянием СВМ

Table 1. Carbon expenses of Chinese exports by sector under the influence of Carbon Border Adjustment Mechanism

Сектор	Выбросы (Мт CO ₂ e)				Стоимость выбросов углерода, млн евро		Экспортные доходы, млн евро	Налоговые ставки (стоимость углерода, % от доходов)	
	Область 1	Область 2	Область 3	Общий	EUA = 30 евро	EUA = 50 евро		СВА 30	СВА 50
Сельское хозяйство	2.53	0.06	0.1	2.69	81	135	2 057	4	7
Добыча полезных ископаемых	0.04	0.03	0.04	0.11	3	5	1 093		
Продукты питания	0.22	0.13	1.04	1.39	42	69	2 842	1	2
Текстиль	0.17	1.7	2.2	4.07	122	203	14,853		1
Бумага	0.06	0.07	0.09	0.22	7	11	754		1
Химикаты	1.15	0.59	0.68	2.43	73	121	6 468	1	2
Цемент	5.17	0.31	0.14	5.62	169	281	1 280	13	22
Железо и сталь	1.75	1.27	0.93	3.96	119	198	7 121	2	3
Машины и оборудование	0.99	1.38	2.65	5.02	151	251	15,752	1	2
Автомобильный	0.07	1.42	3.23	4.72	142	236	19,669	1	1
Электричество	0.2	0	0.01	0.21	6	10	58	11	18
Строительство	0	0.01	0.04	0.05	2	3	91	2	3
Розничная торговля	0	0	0	0	0	0	0		
Транспорт	3.08	0.03	0.09	3.2	96	160	2 894	3	6
Почтовая и курьерская служба	0	0	0	0.01	0	0	24		1
Размещение и питание	0	0	0	0	0	0	0		
Профессиональное обслуживание	0.03	0.12	0.17	0.32	10	16	2 321	0	
Финансовые и риэлторские услуги	0.01	0.03	0.04	0.07	2	4	405		
Туризм	0.02	0.13	0.2	0.35	10	17	7 339	0	0
Образование	0	0	0	0	0	0	0		
Здравоохранение	0	0	0	0	0	0	0		

Источник: составлено автором на основе «Исследование выбросов углерода (II): Руководство по применению СВМ». URL: <https://bigdata-s3.wmcloud.com/researchreport/2023-11/b0cf976391315d5e5d807cdffb49299d.pdf> (дата обращения: 20.11.2024). (На кит.)

источников энергии. Для описания эффектов такого сотрудничества можно использовать теорию институционального сотрудничества (ICO), предложенную Д. Глазер-Сегура и др. [8]. Модель координации трансграничной энергетической политики можно выразить через формулу:

$$Ico = \alpha \cdot Temb + \beta \cdot Rcom + \gamma \cdot Ginf,$$

где $Temb$ — технологическая развитость;

$Rcom$ — институциональная взаимодополняемость;

$Ginf$ — коэффициент геополитического влияния.

Технологическая развитость ($Temb$) изм

еряет степень проникновения технологиче

ских стандартов в систему, институциональ-
ная взаимодополняемость ($Rcom$) отражает
адаптивность инструментов государствен-
ной политики, а коэффициент геополитиче-
ского влияния ($Ginf$) — доминирование
региональных правил.
Расчеты, основанные на энергетическом
индексе Всемирного банка (2023), показы-
вают, что интенсивность институциональной
конкуренции между Китаем и Россией в сфе-
ре возобновляемой энергетики достигла 0,67.
Это значительно превышает уровни конку-
ренции между Китаем и США (0,41), Россией
и Европой (0,38) [9]. Такие конкурентные
отношения породили «резонансный эффект»
появления институциональных инноваций.

Согласно статистике, объем торговли продукцией технологий возобновляемой энергетики между Китаем и Россией достиг 8,9 млрд долл. США в 2023 г. Экспорт фотоэлектрических модулей из Китая в Россию увеличился на 217 %, а экспорт специальной стали для полярных ветровых турбин из России в Китай — на 184 % [10]. Взаимодополняемость Китая и России в скоординированной разработке инструментов регулирования создает уникальное институциональное экспериментальное поле для трансграничного энергетического сотрудничества.

Такой эффект особенно очевиден при реагировании на внешнее давление (СВАМ). На основе трехмерных связей «технологии — институты — геополитика» две страны создали знаковые проекты. Это «Арктический водородный энергетический коридор» и «Трансграничная интеллектуальная микросеть». Среди них — инициатива «Циркум-Арктический коридор возобновляемой энергии», которая привлекла к участию 12 стран. По прогнозам, к 2030 г. объем трансграничной торговли «зеленой» электроэнергией превысит 50 млрд долл. США. Расчетные модели Всемирного банка показывают, что координация политики Китая и России может сократить региональные затраты на преобразование энергии на 23 %, что на 11 процентных пунктов выше, чем в модели сотрудничества между США и Европейским союзом (ЕС) [11].

Взаимодополняемость политики России и Китая при реализации проектов в области возобновляемой энергетики несет ряд преимуществ для этих государств и отражается в таких аспектах, как ресурсные инвестиции, технические возможности, промышленная цепочка, рыночный спрос и предложение, политические механизмы, геостратегия, финансовые инвестиции и хеджирование риска. Перечисленные аспекты представлены в таблице 2.

Результаты исследования

Инновационные инструменты реализации государственной политики устойчивого развития в области возобновляемой энергетики

В качестве направлений государственной политики устойчивого развития, основанных на инновационном подходе, можно выделить трансграничную систему отслеживания «зеленой» электроэнергии, механизмы

рыночной торговли, взаимное признание технических стандартов, трансграничное хеджирование рисков.

Трансграничная система отслеживания «зеленой» электроэнергии

Китай и Россия достигли совместных технологических и институциональных инноваций в области трансграничного отслеживания «зеленой» электроэнергии. Конкретная техническая структура трансграничной интеллектуальной системы «зеленого» энергосбережения в основном разделена на три уровня, как видно на рисунке 1.

Благодаря интеграции двух спутниковых систем, в частности BeiDou (Китай) и ГЛОНАСС (Россия), точность проверки источника «зеленой» электроэнергии повышается до 10 м, а с масштабированием Hyperledger Fabric до 20 000 транзакций в секунду [19] создается архитектура отслеживания транзакций. Система использует протокол кросс-чейн-моста Polkadot для устранения барьеров в данных между китайской Hyperledger и российской Masterchain, а также создает блок управления с двумя центрами принятия решений (для принятия важных решений требуется консенсус 2/3 узлов).

В 2024 г. в ходе пилотного проекта моста между Хэйхэ и Благовещенском система успешно отследила 120 млн кВтч данных о «зеленой» электроэнергии на протяжении жизненного цикла, сократила время проверки с 72 ч до 9 мин, снизила издержки на трансграничные транзакции (на 42 %) [20]. Функция смарт-контрактов по автоматическому выполнению условий соглашения о покупке электроэнергии (РРА) повысила эффективность разрешения споров на 68 %, что стало крупным прорывом в парадигме взаимодействия суверенных данных.

Механизм рыночной торговли

В ответ на проблему асимметрии информации в трансграничных сделках по продаже «зеленой» электроэнергии Китай и Россия ввели усовершенствованный механизм аукционов VCG (Викри — Кларка — Гроувза). Механизм требует от покупателей раскрытия их истинной готовности платить по сделке. Платформа рассчитывает оптимальный план распределения энергии и требует от участника торгов компенсировать потерю предельной полезности для системы. Пилотные данные за январь 2025 г.

Направления сотрудничества России и Китая

Table 2. Fields of cooperation between Russia and China

Уровень взаимодействия	Преимущества Китая	Преимущества России	Точки сотрудничества и поддержка данных
Ресурсные инвестиции	Мировой лидер по производству возобновляемой энергии (72 % мировых фотоэлектрических модулей и 65 % лопастей ветряных турбин). Запасы гидроэнергетических ресурсов Юго-Западного Китая составляют 3,02 трлн кВт·ч	Плотность энергии ветра в Арктике является самой высокой в мире (800 Вт/м ²). На Дальнем Востоке 2 200 солнечных часов в год и 10 % мировых запасов гидроэнергии	Совместное российско-китайское предприятие «Чукотская ветровая электростанция» (планируемая мощность 5 ГВт). Китай поставляет морозостойкие компоненты, Россия предоставляет земельные ресурсы, а стоимость за кВт·ч составляет 0,042 долл. США (на 12 % ниже средней цены по России) [12]. Китай экспортирует оборудование, Россия предоставляет права на разработку ресурсов
Технические возможности	Эффективность фотоэлектрической системы 24,4 % (самый высокий показатель в мире). Стоимость аккумуляторной батареи для хранения энергии составляет 97 долл./кВт·ч (на 37 % ниже, чем в России)	Патенты на полярные ветровые электростанции. Уровень зрелости технологии производства ядерного водорода TRL7 (единственная в мире коммерциализированная технология производства ядерного водорода)	Совместная разработка технологии фотоэлектрического покрытия при температуре -50° С (снижение эффективности ≤ 5 %). Планируется создание китайско-российской лаборатории водородной энергетики для разработки технологии хранения и транспортировки жидкого водорода (целевая стоимость 3,2 долл. США/кг) [13]
Промышленная цепочка	Охват всей отраслевой цепочки (кремниевые материалы → компоненты → электростанции). Стоимость генерального подряда на 22 % ниже, чем в Европе и США	Значительный разрыв в местной цепочке поставок (уровень локализации инверторов 18 %, зависимость от импорта накопителей энергии 73 %)	LONGi и российская компания «Роснано» совместно строят завод (мощность 5 ГВт в 2025 г., уровень локализации 55 %) [14]. Китай и Россия совместно создают резервную цепочку поставок подшипников для ветроэнергетики в Арктике (резервируют 30 % ключевых компонентов)
Спрос и предложение на рынке	Разрыв в «зеленой» электроэнергии составит 580 ТВт·ч в 2025 г. Уровень ограничения ветра в северо-восточном Китае составляет 6,7 % (требуется трансграничная передача)	Планируется дополнить 12 ГВт возобновляемых источников энергии к 2035 г. (требуется внешнее финансирование). Дефицит электроэнергии на Дальнем Востоке ежегодно увеличивается на 4,3 %	Проект передачи электроэнергии Дальний Восток — северо-восток Китая и России (мощность 3,5 ГВт, «зеленая» электроэнергия напрямую поставляется в Китай FAW, что сокращает выбросы углерода на 23 %). Годовой объем торговли на трансграничной платформе «зеленой» электроэнергии достигает 1,2 ТВт·ч (2024)
Механизмы государственной политики	Единый национальный рынок «зеленых» сертификатов и квот на выбросы углерода (охватывающий 31 провинцию). Новая система баллов за энергетические транспортные средства привязана к потреблению «зеленой» электроэнергии	Динамический механизм налога на выбросы углерода (72-часовой ответ на международные цены на выбросы углерода). Классификация коэффициента компенсации освоения Арктики (0,8–1,5 раза)	Совместная трансграничная платформа блокчейна для «зеленой» электроэнергии (время проверки 9 мин) и завершение транзакции на 500 МВт·ч в 2024 году [15]. Механизм увязки цены «зеленого» сертификата с налогом на выбросы углерода (плавающий диапазон ставки премии 10–30 %)
Геостратегические перспективы	«Один пояс, один путь» — Восточный энергетический интернет-хаб (соединяет Центральную Азию и Юго-Восточную Азию)	Продление летнего безледового периода арктического маршрута до 45 дней (данные 2024 г.). Европейский шлюз на рынок «зеленого» водорода	Совместно построить водородный коридор «Ледяной Шелковый путь» (ежегодная передача водорода в объеме 500 тыс. т, охватывающая Китай, Японию и Южную Корею к 2030 г.). Инициатива «Циркумпольный коридор возобновляемой энергии» (участвуют 12 стран, объем торговли превысит 50 млрд долл. США к 2030 г.) [16]
Инвестиции	Объем рынка «зеленых» облигаций составляет 1,2 трлн долл. США (41 % от общемирового объема). Суверенные фонды предоставляют кредиты под низкий процент (6–8 %)	Расходы на финансирование проекта до 12 % (требуется внешний капитал). Суверенный кредитный рейтинг BBB- (S&P 2024)	Совместный выпуск арктических «зеленых» облигаций, деноминированных в юанях (привлечение 500 млн долл. в 2024 г. с коэффициентом подпитки 6:4 между китайскими и российскими компаниями). Фонд перехода на возобновляемые источники энергии между Китаем и Россией (2 млрд долл., 6:4) [17]
Хеджирование рисков	Зависимость от угля составляет 56 % (2024), и ее необходимо уменьшить. Избыточные мощности в производстве фотоэлектрических систем (коэффициент использования мощностей 68 %)	Доходы от нефти и газа составляют 18 % ВВП (нужна диверсификация). Западные санкции привели к сокращению поставок оборудования (запас ветроэнергетических установок составляет три месяца)	Создать резервный пул цепочки поставок (зарезервировать 30 % ключевых компонентов). Разработать варианты ценового диапазона на выбросы углерода (цена реализации 60–100 евро) для хеджирования риска колебаний цен на выбросы углерода на международном уровне [18]

Источник: составлено автором.



Рис. 1. Синергетическая техническая архитектура для трансграничной интеллектуальной «зеленой» системы управления энергопотреблением

Fig. 1. Synergetic technical architecture for a cross-border intelligent green energy management system

Источник: составлено автором.

показали [21], что механизм VCG увеличил цены сделок на 18 % по сравнению с двусторонними переговорами и повысил эффективность клиринга рынка в 3,2 раза. Ее главное преимущество заключается в совместимой по стимулам конструкции: если пространство стратегий участников равно $S = \{\text{инвестировать, ждать, выйти}\}$, решение на основе байесовского моделирования показывает, что совместные инвестиции являются доминирующей стратегией, если коэффициент премии за политический риск $\lambda = \ln(1 + EPR)$ меньше 0,23. Эта модель за шесть месяцев предупредила о геополитических рисках в проекте Арктического водородного коридора (Берингов пролив), подтвердив ценность инструментов теории игр для поддержки принятия решений в сложных условиях.

Взаимное признание технических стандартов

Чтобы преодолеть барьеры технических стандартов, Китай и Россия совместно разработали гедонистическую ценовую модель. На ее основе цена определяется с учетом как внутренних характеристик, так и внешних факторов:

$$P = 0.4E_{eff} + 0.3C_{main} + 0.3D_{local} + \epsilon.$$

Среди них уровень энергоэффективности (E_{eff}) основан на китайском стандарте GB, стоимость технического обслуживания (C_{main}) принимает российские данные о полном жизненном цикле, а степень локализации (D_{local}) преобразуется в соответствии с местным коэффициентом занятости. Модель обеспечивает эквивалентное преобразование производительности китайских

и российских фотоэлектрических модулей за счет стандартизации параметров, сокращая период сертификации с восемнадцати до шести месяцев. В ходе совместных торгов по ветряным турбинам в 2023 г. эта модель позволила снизить частоту отказов, вызванных техническими различиями, с 28 до 9 %, а также сократить затраты на оборудование на 17 % [22]. При дальнейшей реализации проектов в области водородной энергетики взаимное признание стандартов будет включать в себя такие ключевые показатели, как эффективность электролизеров и потери при хранении и транспортировке, что формирует основу для распространения технологий чистой энергии в Евразии.

Трансграничное хеджирование рисков

Столкнувшись с геополитическими и рыночными рисками, Китай и Россия создали комплексную структуру управления: «спутниковый мониторинг — гибкие положения — динамичная игра». В проекте «Арктический водородный коридор» спутники ГЛОНАСС отслеживают узлы цепочки поставок в режиме реального времени и используют технологию цифровых двойников для сокращения периода реагирования на перебои в поставках до 72 ч. Гибкие условия устанавливают динамический диапазон локализации (15–40 %), автоматически корректируя требования к локализации, в зависимости от зрелости технологии, и увеличивая уровень локализации фотоэлектрических модулей с 19 % в 2021 г. до 34 %. Кроме того, благодаря количественной оценке риска технологических перетоков (контролируемого ниже 12 %) с помощью моделирования методом Монте-Карло ускорен доступ к иностранным инвестициям в пилотной программе в Калининградской области [23]. При совместном применении этих инструментов государствам с развивающейся экономикой предоставлен эмпирический путь к достижению баланса между технологической зависимостью и открытой безопасностью.

Выводы

Китай и Россия продемонстрировали разные, но взаимодополняющие инновационные решения при управлении процессами производства и передачи возобновляемой энергии. Китай использует инструменты проникновения на рынок для преодо-

ления барьеров технических стандартов, а Россия — суверенные инструменты регулирования для противодействия внешней институциональной зависимости. В случае сотрудничества между Китаем и Россией дополнительные инновационные инструменты государственного регулирования можно представить в следующей логике. Технически, посредством гибридных архитектур, таких как «Beidou + ГЛОНАСС» и «Hyperledger + Masterchain», механизм консенсуса на основе блокчейна преодолевает одностороннюю монополию технического стандарта и переходит к управлению через кросс-чейн.

Институционально механизм VCG и модель ценообразования тесно связывают рыночные механизмы с техническими параметрами для достижения динамического баланса между уровнем локализации и открытостью рынка. Совместно гибкие положения и игровые модели сохраняют рациональность хеджирования рисков в открытости. Подводя итог, можно утверждать, что Россия и Китай достигают синергического эффекта «1 + 1 > 2» посредством асимметричного замещения ресурсов (производственные мощности Китая связаны с российскими ресурсами), институционального проектирования (связь «зеленого» сертификата с налогом на выбросы углерода) и совместного создания институциональных правил и норм.

Однако проблемы остаются. В их числе — нечеткие стандарты взаимодействия RegTech и высокие издержки трансграничного регулирования; задержки в принятии решений в системе управления двух стран (средний цикл разрешения проблем составил 14 дней в 2024 г.); сложность использования неколичественных данных о культурных и социальных аспектах в количественных моделях (таких как затраты на трансформацию традиционных энергетических сообществ) и т. д. В настоящее время Китай и Россия создали многоуровневый механизм координации реализации политики устойчивого развития, чтобы заложить институциональную основу сотрудничества в области возобновляемых источников энергии.

Подписанная в 2023 г. Дорожная карта сотрудничества Китая и России в области возобновляемых источников энергии (2023–2030) требует совместного создания платформы отслеживания «зеленой» элек-

троэнергии на основе блокчейна, унификации технических стандартов взаимного признания и формирования совместного инвестиционного фонда в размере 20 млрд долл. Специальный план по сотрудничеству в области энергетики в Арктике, опубликованный в 2024 г., дополнительно предполагает разработку системы мониторинга полярной энергетики с двухрежимным позиционированием ГЛОНАСС/Бэйдоу, определение «гибких положений о ставке локализации» и проведение пилотируемых расчетов по «зеленым» облигациям в валюте юань/рубль.

По состоянию на июнь 2024 г. Китай и Россия завершили пилотный проект по трансграничной торговле «зеленой» электроэнергией в объеме 500 МВт·ч и совместно выпустили «Перечень взаимного признания оборудования для возобновляемой энергии». По прогнозам, комплексное применение инновационных решений будет способствовать трансформации глобального управления энергетикой из парадигмы «принятия правил» в парадигму «совместного создания правил», а также повышению эффективности энергетического сотрудничества Китая и России.

Список источников

1. World energy transitions outlook 2024: 1,5°C pathway. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA), 2024. 142 p. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Nov/IRENA_World_energy_transitions_outlook_2024.pdf (дата обращения: 20.11.2024).
2. Sustainable development policy. A European perspective / ed. by M. von Hauff, C. Kuhnke. London: Routledge, 2017. 352 p.
3. Орлова Л. Н., Ху Юй. Государственная политика устойчивого развития в области возобновляемой энергетики: генезис проблемы // Экономика устойчивого развития. 2024. № 1. С. 110–117.
4. Белокрылова Е. А., Кологерманская Е. М. Современные политико-правовые аспекты развития возобновляемых источников энергии в Российской Федерации // Вестник Удмуртского университета. Серия: Экономика и право. 2017. Т. 27. № 2. С. 85–93.
5. Zhang L., Wang L., Peng L., Luo K. Measuring the response of clean energy stock price volatility to extreme shocks // Renewable Energy. 2023. Vol. 206. P. 1289–1300. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.02.066>
6. Emissions trading worldwide: International Carbon Action Partnership status report 2024. Berlin: International Carbon Action Partnership, 2024. 28 p. URL: https://icapcarbonaction.com/system/files/document/icap-2024-status-report-executive-summary_en_240517.pdf (дата обращения: 30.05.2024).
7. Tracking SDG7: The energy progress report, 2024. Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2024. 179 p. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/cdd62b11-664f-4a85-9eb6-7f577d317311/SDG7-Report2024-0611-V9-highresforweb.pdf> (дата обращения: 20.06.2024).
8. Glaser-Segura D., Anghel L.-D. An institutional theory of cooperation. Munich Personal RePEc Archive. MPRA Paper. 2002. No. 9158. URL: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/9158/1/An_Institutional_Theory_Of_Cooperation.pdf (дата обращения: 20.06.2024).
9. Worldwide governance indicators // World Bank Group. URL: <https://databank.worldbank.org/source/worldwide-governance-indicators> (дата обращения: 10.12.2024).
10. Exports of goods and services (annual % growth) // World Bank Group. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NE.EXP.GNFS.KD.ZG?end=2024&start=2024&view=bar&year=2024> (дата обращения: 10.12.2024).
11. Он Сюйю, Чжао Ляндон, Юань Хайюн, Ван Зидзиан, Као Цянь, Лю Вей. Краткий анализ новой российской политики и стандартов развития энергетики // Китайская стандартизация. 2023. № 7. С. 228–237. URL: https://www.baidu.com/link?url=pPeqonAh2KRCzOfr5bNLa_Sq6zuIWS4N_d0QrDdGQg-nT83BBd8dBazPx-xOTmbxUmpa6d9MImyqSDjrlo7lg31lmCEAu3c_twEAj73FML0mi05L6iArD98Q574BpLOB&wd=&eqid=dab0864900d4bab20000006682603aa (дата обращения: 10.12.2024). (На кит.).
12. Ли Ин. Механизмы китайско-российского сотрудничества в области энергии // Этносоциум и межнациональная культура. 2022. № 12. С. 109–119.
13. Георгиев Д. Внедрение инноваций в государственных компаниях и инфраструктурных монополиях // Наноиндустрия. 2015. № 1. С. 22–28.
14. Губенко А. В., Татценко К. В. Перспективы экономического взаимодействия Дальнего Востока России и северо-востока Китая в области электроэнергетики // Экономика и управление. 2009. № 8. С. 13–17.
15. О стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года: указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645 // Гарант.ру: информ.-правовой портал. URL: <https://base.garant.ru/74810556/?ysclid=mam7q7ii4u732931698> (дата обращения: 28.06.2024).

16. Ян Нань, Го Пэйцзин. Китайско-российское сотрудничество в Арктике: текущая ситуация, вызовы и приоритеты развития // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2022. Т. 15. № 3. С. 259–273. <https://doi.org/10.15838/esc.2022.3.81.14>
17. Исмагилова О. Д. Ценообразование выбросов углерода: мировой опыт // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*. 2023. Т. 39. № 4. С. 470–495. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2023.402>
18. Бородавко Л. С., Шамакова А. Н. Криптовалюта и методы ее регулирования в современных условиях // *Вопросы устойчивого развития общества*. 2022. № 5. С. 114–124. <https://doi.org/10.34755/IROK.2022.40.73.019>
19. Gorenflo C., Lee S., Golab L., Keshav S. FastFabric: Scaling hyperledger fabric to 20,000 transactions per second // *IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)*. (Seoul, May 14–17, 2019). New York, NY: IEEE, 2019. P. 455–463. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1901.00910>
20. Malik S., Thakur S., Duffy M., Breslin J. G. Comparative double auction approach for peer-to-peer energy trading on multiple microgrids // *Smart Grids and Sustainable Energy*. 2023. Vol. 8. Article No. 21. <https://doi.org/10.1007/s40866-023-00178-x>
21. Сюй Хонгфенг, Ван Цзин. Текущий статус развития возобновляемой энергии в России и сотрудничество между Китаем и Россией в области возобновляемых источников энергии // *Европейская экономика*. 2018. № 5. С. 83–92. URL: <https://cnki.nbsti.net/KCMS/detail/detailall.aspx?filename=dozy201805008&dbcode=CJFD&dbname=CJFD2018> (дата обращения: 10.12.2024). (На кит.).
22. Об утверждении плана мероприятий «Развитие водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года»: распоряжение Правительства РФ от 12 октября 2020 г. № 2634-р // *Правительство России: офиц. сайт*. URL: <http://government.ru/docs/40703/> (дата обращения: 12.10.2024).
23. Дорожная карта российско-китайского сотрудничества в области науки, технологий и инноваций на период 2020–2025 годов: утв. Министерством науки и высшего образования РФ 26 августа 2020 г. // *Гарант.ру: информ.-правовой портал*. URL: <https://base.garant.ru/401491799/?ysclid=m8ajbkс7vn710477655> (дата обращения: 12.10.2024).

References

1. World energy transitions outlook 2024: 1,5°C pathway. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA); 2024. 142 p. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Nov/IRENA_World_energy_transitions_outlook_2024.pdf (accessed on 20.11.2024).
2. Hauff M. von, Kuhnke C. Sustainable development policy. A European perspective. London: Routledge; 2017. 352 p.
3. Orlova L.N., Yu Hu. State policy for sustainable development in the field of renewable energy: Genesis of the problem. *Ekonomika ustoichivogo razvitiya = Economics of Sustainable Development*. 2024;(1):110-117. (In Russ.).
4. Belokrylova E.A., Kolgermanskaia E.M. Contemporary political and legal aspects of the development of renewable energy sources in the Russian Federation. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Ekonomika i pravo = Bulletin of Udmurt University. Series Economics and Law*. 2017;27(2):85-93. (In Russ.).
5. Zhang L., Wang L., Peng L., Luo K. Measuring the response of clean energy stock price volatility to extreme shocks. *Renewable Energy*. 2023;206:1289-1300. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.02.066>
6. Emissions trading worldwide: International Carbon Action Partnership status report 2024. Berlin: International Carbon Action Partnership; 2024. 28 p. URL: https://icapcarbonaction.com/system/files/document/icap-2024-status-report-executive-summary_en_240517.pdf (accessed on 30.05.2024).
7. Tracking SDG7: The energy progress report, 2024. Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank; 2024. 179 p. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/cdd62b11-664f-4a85-9eb6-7f577d317311/SDG7-Report2024-0611-V9-highresforweb.pdf> (accessed on 20.06.2024).
8. Glaser-Segura D., Anghel L.-D. An institutional theory of cooperation. Munich Personal RePEc Archive. MPRA Paper. 2002;(9158). URL: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/9158/1/An_Institutional_Theory_Of_Cooperation.pdf (accessed on 20.06.2024).
9. Worldwide governance indicators. World Bank Group. URL: <https://databank.worldbank.org/source/worldwide-governance-indicators> (accessed on 10.12.2024).
10. Exports of goods and services (annual % growth). World Bank Group. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NE.EXP.GNFS.KD.ZG?end=2024&start=2024&view=bar&year=2024> (accessed on 10.12.2024).
11. He X., Zhao L., Yuan H., Wang Z., Cao Q., Liu W. A brief analysis of Russia's new energy development policies and standards – outlook on China-Russia cooperation in new energy. *Zhongguo biaozh nhua = China Standardization*. 2023;(7):228-237. URL: https://www.baidu.com/link?url=pPeqonAh2KRCzOfr5bNLa_Sq6zuIWS4N_d0QrDdGQg-nT83BBd8d-

- BazPx-xOTmbxUmpa6d9MImyqSDjrlo7lg31lmCEAu3c_twEAj73FML0mi05L6iArD98Q574BpLOB&wd=&eqid=dab0864900d4bab20000006682603aa (accessed on 10.12.2024). (In Chin.).
12. Li Y. Mechanisms of Sino-Russian cooperation in the field of energy. *Etnosotsium i mezhnatsional'naya kul'tura = Ethnosociety and interethnic culture*. 2022;(12):109-119. (In Russ.).
 13. Georgiev D. Deployment of innovations in public companies and infrastructure monopolies. *Nanoindustriya = Nanoindustry*. 2015;(1):22-28. (In Russ.).
 14. Gubenko A.V., Tatsenko K.V. Perspectives of Far East economic interaction with North-East of China in electrical energy industry spheres. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2009;(8):13-17. (In Russ.).
 15. On the strategy for the development of the Arctic zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period up to 2035: Decree of the President of the Russian Federation of October 26, 2020 No. 645. Garant.ru. URL: <https://base.garant.ru/74810556/?ysclid=mam7q7ii4u732931698> (accessed on 28.06.2024). (In Russ.).
 16. Yang Nan, Guo Peiqing. Sino-Russian cooperation in the Arctic: Current situation, new directions and challenges. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz = Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2022;15(3):259-273. (In Russ.). <https://doi.org/10.15838/esc.2022.3.81.14>
 17. Ismagilova O.D. Carbon pricing world wide. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika = St. Petersburg University Journal of Economic Studies*. 2023;39(4):470-495. (In Russ.). <https://doi.org/10.21638/spbu05.2023.402>
 18. Borodavko L.S., Shmakova A.N. Cryptocurrency and methods of its regulation in modern conditions. *Voprosy ustoichivogo razvitiya obshchestva*. 2022;(5):114-124. (In Russ.). <https://doi.org/10.34755/IROK.2022.40.73.019>
 19. Gorenflo C., Lee S., Golab L., Keshav S. FastFabric: Scaling hyperledger fabric to 20,000 transactions per second. In: IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC). (Seoul, May 14-17, 2019). New York, NY: IEEE; 2019:455-463. <https://doi.org/10.1109/BLOC.2019.8751452>
 20. Malik S., Thakur S., Duffy M., Breslin J.G. Comparative double auction approach for peer-to-peer energy trading on multiple microgrids. *Smart Grids and Sustainable Energy*. 2023;8:21. <https://doi.org/10.1007/s40866-023-00178-x>
 21. Xu H., Wang J. The development of Russia's renewable energy sector and Sino-Russian renewable energy cooperation. *Ouzhōu jīngjì = Journal of Eurasian Economy*. 2018;(5):83-92. URL: <https://cnki.nbsti.net/KCMS/detail/detailall.aspx?filename=dozy201805008&dbcode=CJFD&dbname=CJFD2018> (accessed on 10.12.2024). (In Chin.).
 22. On approval of the action plan "Development of hydrogen energy in the Russian Federation until 2024". Order of the Government of the Russian Federation of October 12, 2020 No. 2634-r. Government of Russia official website. URL: <http://government.ru/docs/40703/> (accessed on 12.10.2024). (In Russ.).
 23. Roadmap for Russian-Chinese cooperation in science, technology and innovation for the period 2020-2025. Approved by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on August 26, 2020. Garant.ru. URL: <https://base.garant.ru/401491799/?ysclid=m8ajbkc7vn710477655> (accessed on 12.10.2024). (In Russ.).

Сведения об авторе

Юй Ху

аспирант

Московский государственный университет
имени М. В. Ломоносова

119991, Москва, Ленинские горы, д. 1

Поступила в редакцию 07.04.2025
Прошла рецензирование 05.05.2025
Подписана в печать 06.06.2025

Information about the author

Yu Hu

postgraduate student

Lomonosov Moscow State University

1 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

Received 07.04.2025
Revised 05.05.2025
Accepted 06.06.2025

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие конфликта интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest related to the publication of this article.