Русскоязычный перевод статьи DOI: 10.3390/su15086518 *

Направления устойчивого развития угольной промышленности Китая в пост-эпидемическую эпоху

Лицюань ЧЖАН ✉, Т.В. ПОНОМАРЕНКО
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия
✉ *s215002@stud.spmi.ru*

Ссылка для цитирования оригинальной статьи: Zhang, L.; Ponomarenko, T. Directions for Sustainable Development of China's Coal Industry in the Post-Epidemic Era. *Sustainability* 2023, 15, 6518. https://doi.org/10.3390/su15086518

Аннотация: В структуре энергетики Китая преобладает ископаемое топливо, особенно уголь, доля которого относительно высока. В январе 2020 года вспышка COVID-19 повлияла на мировой рынок угля, и во многих странах наблюдался отрицательный экономический рост. Экономическое развитие требует потребления энергии. В 2021 году Китай поставил задачу достичь пика выбросов углерода к 2030 году, чтобы постепенно избавиться от зависимости экономического развития от выбросов углерода. Поэтому целью данной статьи является разработка направлений устойчивого развития угольной промышленности Китая. На основе анализа макросреды и существующей ситуации в статье делается вывод о том, что под влиянием геополитики, дефицита импортных угольных ресурсов и постоянного роста спроса на уголь в Китае доля угля в энергетической структуре страны в долгосрочной перспективе существенно не снизится. Основными направлениями устойчивого развития угольной промышленности Китая являются обеспечение безопасности хранения угольной энергии и повышение уровня надзора за безопасностью; координация развития региональной энергетики; повышение чистоты, эффективности и низкоуглеродной утилизации угля; укрепление международного стратегического сотрудничества в угольной сфере.

Ключевые слова: угольная промышленность Китая; PESTEL-анализ; устойчивое развитие; энергетическая экономика; SWOT-анализ; пост-эпидемическая эпоха; циркулярная экономика.

Directions for Sustainable Development of China's Coal Industry in the Post-Epidemic Era

Lijuan ZHANG ✉ and Tatyana V. PONOMARENKO
Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russia
✉ *s215002@stud.spmi.ru*

Abstract: China's energy structure is dominated by fossil fuels, especially coal consumption, which accounts for a relatively high share. In January 2020, the COVID-19 outbreak affected the global coal market, and many countries experienced negative economic growth. Economic development requires energy consumption. In 2021, China set a target of peaking carbon emissions by 2030 in order to phase out the dependence of carbon emissions on economic development. Therefore, the aim of this article is to develop directions for the sustainable development of China's coal industry. Based on the macroenvironment and situation analysis, the article concludes that, under the influence of geopolitics, China's shortage of imported coal resources and China's continuous rise in coal demand, the share of coal in China's energy structure will not decrease significantly in the long-term. The main directions for the sustainable development of China's coal industry are to ensure the safety of coal energy storage and improve the level of safety supervision; coordinate the development of regional energy; increase the clean, efficient, and low-carbon utilization of coal; and strengthen international coal strategic cooperation.

Keywords: sustainable development; energy economy; Chinese coal industry; PESTEL analysis; SWOT analysis; post-epidemic era; circular economy.

* Перевод подготовлен для повышения интереса русскоязычной аудитории к данной статье.

© 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).
© Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II (перевод), 2024.

1. Введение

Парижское соглашение по климату, достигнутое странами в 2015 г., поставило глобальную цель достижения углеродной нейтральности, а решение проблемы изменения климата стало одним из центральных вопросов в борьбе с экологическими проблемами во всем мире. Более 130 стран и регионов мира поставили цели по нулевым выбросам и взяли на себя обязательства по достижению углеродной нейтральности к 2050 году, а энергетический переход открыл новые возможности для достижения углеродной нейтральности [1]. Стагнация мирового промышленного производства в 2020 году из-за COVID19 и стагнация производства привели к снижению энергопотребления [2]. Благодаря нормализации профилактики и борьбы с глобальной эпидемией потребление трех основных источников энергии в 2021 году восстановилось.

Производственный процесс во вторичном секторе будет приносить различную степень загрязнения, влияя на качество воздуха, воды и земли [3, 4]. Поскольку Китай является одной из стран с высоким уровнем выбросов углерода в атмосферу, его стремление к снижению выбросов углерода имеет важное значение как на национальном, так и на глобальном уровне. Некоторые исследователи показали, что изменения в структуре промышленности оказывают влияние на снижение выбросов CO_2 и низкоуглеродное развитие Китая [5-8]. Китай переживает переход от вторичного сектора экономики к индустрии услуг [9]. Доля услуг в ВВП составляет более 50 % [10]; среди них спрос на ископаемое топливо в транспортном секторе продолжает вызывать высокое потребление угля и нефти [11].

Увеличение потребления энергии привело к росту выбросов CO_2. В 2021 году мировые выбросы углекислого газа увеличились на 5,7 % по сравнению с предыдущим годом [12]. В том числе на долю Китая пришлось 53,8 % мирового потребления угля, израсходовавшего 86,17 ЭДж [13]. В первой половине 2022 года мир вновь охватила эпидемия, и потребление энергии и выбросы углерода снизились. Затем, в связи с политическими проблемами в энергетических странах, глобальными ограничениями энергоснабжения и нестабильностью цен, страны начинают пересматривать соотношение между энергетической безопасностью и низкоуглеродной защитой окружающей среды и энергозатратами, а переход энергетики к устойчивому развитию становится господствующей тенденцией [14].

Для достижения устойчивого развития (УР) сокращение выбросов CO_2 требует снижения спроса на потребление угля и постепенного расширения использования низкоуглеродных возобновляемых источников энергии, атомной энергии, а также нефти и газа как основных средств УР [15]. Согласно

«China Mineral Resources Report 2022», опубликованному Министерством природных ресурсов, запасы угля в Китае к концу 2021 года достигнут 207,885 млрд. т [16]. Общий объем угольных ресурсов в Китае велик, но распределение их неравномерно и имеет тенденцию к развитию в большей степени на севере и в меньшей – на юге, в большей степени на западе и в меньшей – на востоке [17]. Китай является крупнейшим в мире производителем и потребителем угля, а угольная промышленность – важной промышленной отраслью Китая, которая также может играть ключевую роль в обеспечении национальной безопасности [18]. Китайская модель энергопотребления, основанная на использовании угля, привела к загрязнению воздуха в регионе [19]. В сочетании с взаимовлиянием экономического развития, ресурсов, окружающей среды и энергетики повышение устойчивости угольного производства требует создания программ управления энергопотреблением и программ циркулярной экономики [20]. В угольной промышленности необходимо ускорить модернизацию экологически чистых угольных технологий, а также технологий разведки, добычи и производства угля с целью снижения загрязнения окружающей среды выбросами CO_2.

Цели и задачи:

(1) Проанализировать макросреду и состояние развития угольной промышленности в Китае в **пост-эпидеми**ческую эпоху.

(2) Выявить факторы риска и проблемы УР угольной промышленности в Китае.

(3) Обосновать направления УР угольной промышленности в Китае.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Актуальные вопросы:

(1) Какие факторы влияют на УР угольной промышленности Китая в современных экономических, экологических и геополитических условиях?

(2) Какие направления перспективны для УР в угольной отрасли Китая?

Структура статьи:

Статья состоит из трех частей. В первой части статьи анализируется УР в угольной промышленности Китая до и после вспышки COVID-19, включая анализ производства и потребления угля, импорта и экспорта, а также анализ цен на уголь; во второй части анализируется макроэкономическая ситуация в угольной промышленности Китая с использованием PESTEL-анализа (политико-экономические, социальные, технологические, экологические и правовые аспекты) и SWOT-анализа, который обобщает влияние различных факторов и возможностей на УР угольной промышленности Китая; в третьей части даются предложения по УР угольной промышленности Китая. В заключении сформулированы выводы статьи.

Новизна статьи заключается в выявлении основных факторов риска и проблем для устойчивого развития угольной промышленности Китая с использованием инструментов стратегического анализа (PESTEL и SWOT), а также в предложенном комплексном подходе к УР угольной промышленности в энергетическом секторе Китая.

Вклад авторов связан с интеграцией подхода к УР угольной отрасли с анализом государственного регулирования и международного сотрудничества, а также с использованием инструментов стратегического анализа для обоснования стратегических направлений развития угольной отрасли. С учетом проведенного авторами сравнения государственного регулирования в области УР в угольной промышленности Китая (13-й и 14-й пятилетние планы) и анализа китайско-российского сотрудничества в энергетическом секторе обоснованы основные направления УР в угольной промышленности Китая, в том числе: обеспечение безопасности угольных накопителей энергии и повышение уровня надзора за безопасностью; координация развития региональной энергетики; повышение чистоты, эффективности и низкоуглеродной утилизации угля; укрепление международного стратегического сотрудничества в угольной отрасли.

2. Материалы и методы

В статье использованы литературные исследования, анализ макросреды (PESTEL-анализ) и ситуационный анализ (SWOT-анализ).

2.1. Анализ литературы

После прочтения и сортировки большого объема литературы авторы провели базовый теоретический анализ стратегического управления, стратегий развития и моделей анализа, а также провели целенаправленный анализ текущей ситуации и предыстории развития угольной промышленности Китая. Всесторонний анализ позволил окончательно сформировать общие исследовательские идеи и рамки анализа в данной статье. При этом в статье собраны последние статистические и политические документы, касающиеся угольной промышленности, на основе аналитических отчетов со всего мира, статистического бюро Китая и официальных правительственных сайтов, а также обобщены, систематизированы и проанализированы теории и результаты исследований, обеспечивающие доказательную базу.

2.2. PESTEL-анализ

В данной статье используется метод анализа макроокружения, который является важной частью стратегического анализа. Эффективным инструментом анализа макроокружения является PESTEL-анализ [21]. Этот метод расширяет традиционную модель PEST-анализа. Анализ среды по четырем направлениям – политическому (P), экономическому (E), социокультурному (S) и технологическому (T) – позволяет всесторонне проанализировать общее развитие предприятия [22]. В дальнейшем, по мере широкого использования этой модели анализа в исследованиях различных областей и дисциплин, в модель PEST-анализа были добавлены экологические (E) и юридические (L) факторы, в результате чего была сформирована модель PESTEL [23].

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

PESTEL-анализ может помочь нам лучше понять текущий экологический фон и состояние развития объекта исследования. PESTEL-анализ помогает получить более полное представление об экологическом фоне и развитии объекта исследования. На основе факторов влияния каждой части модели PESTEL авторы разработали методику анализа (карту состава элементов) для угольной промышленности (рис. 1).

2.3. SWOT-анализ

Метод SWOT-анализа, известный также как метод ситуационного анализа, представляет собой комплексную оценку внутренней и внешней среды компании, включающую внутренние сильные (S) и слабые (W) стороны компании, а также возможности (O) и угрозы (T) внешней среды [24-27]. С учетом ситуации в угольной промышленности Китая в статье SWOT-анализ стратегической конкуренции для угольных предприятий расширен до анализа ситуации стратегической конкуренции в отрасли. На основе структурированного и системного анализа представлены направления развития угольной промышленности Китая в пост-эпидемическую эпоху.

Общая идея исследования, методология и структура статьи представлены на рис. 2.

Итак, на основе обзора литературы мы определили производственную среду и будущие тенденции развития угольной промышленности Китая; на основе PESTEL-анализа рассмотрели различные факторы развития угольной промышленности в условиях ограничений политической и экономической системы Китая; на основе SWOT-анализа изучили возможности и проблемы для УР угольной промышленности Китая. В результате были разработаны направления развития УР угольной промышленности Китая.

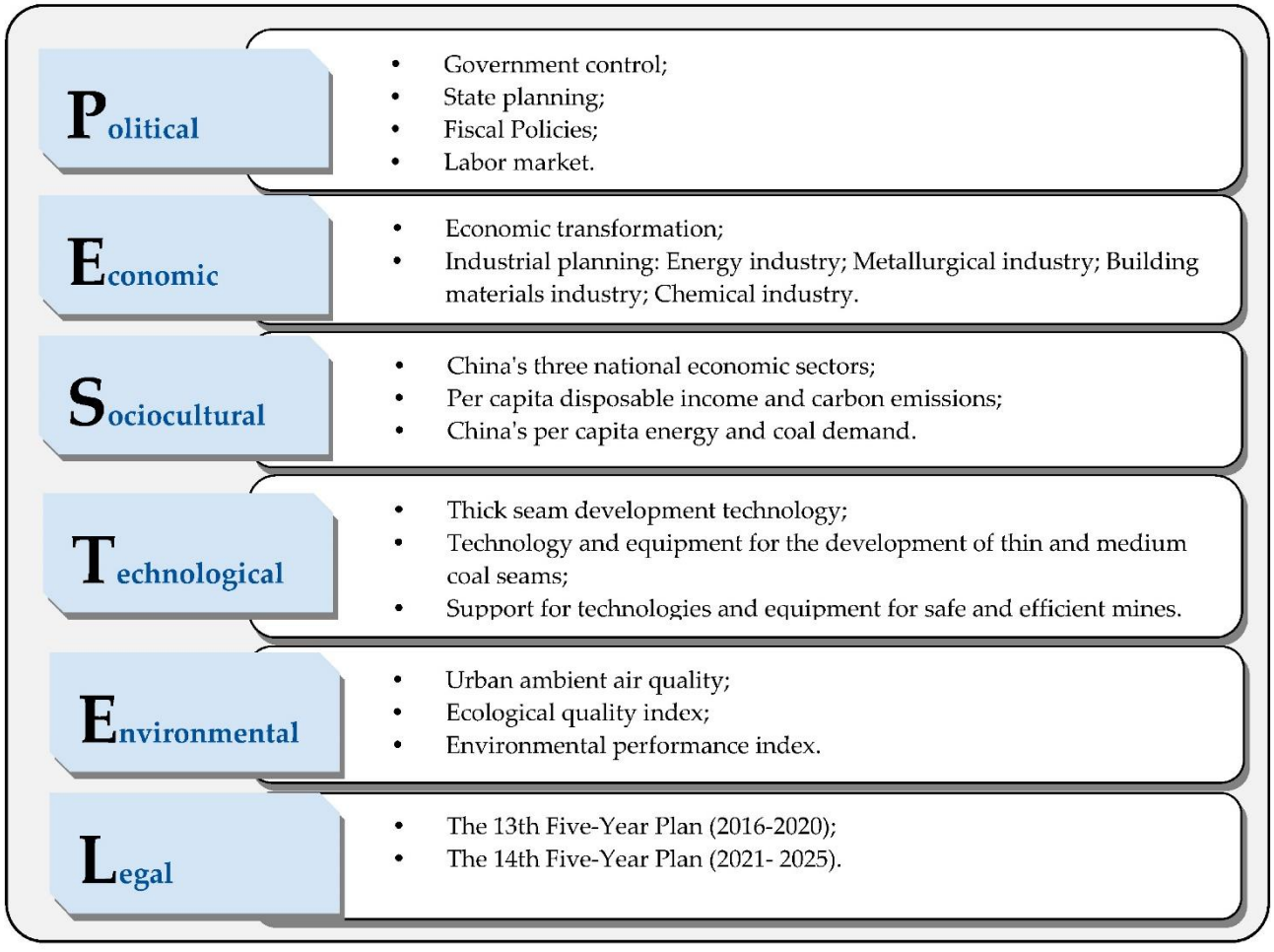


Рис. 1. Модель PESTEL-анализа на примере угольной промышленности Китая

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

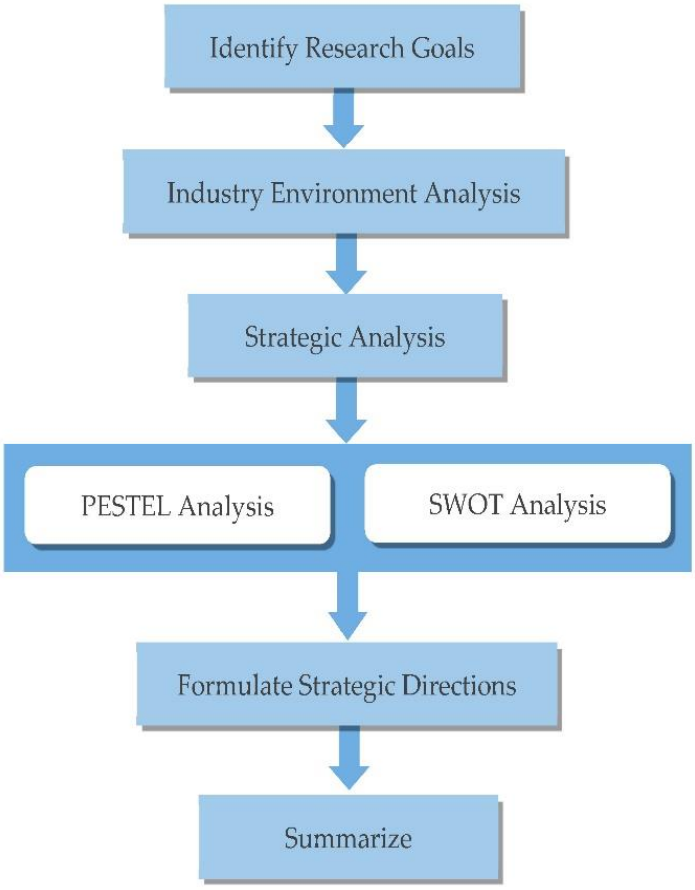


Рис. 2. Структура методологии исследования статьи

3. Результаты

3.1. Текущее развитие угольной промышленности Китая до и после вспышки COVID-19

3.1.1. Производство и потребление

Исходя из текущих экономических и рыночных тенденций, спрос на уголь в Китае поддерживается быстро растущим спросом на электроэнергию и тяжелой промышленностью. Общее потребление угля в Китае составляет более половины мирового, и ожидается, что в первой половине 2022 года спрос на уголь в Китае снизится на 3 %; это связано с замедлением экономического роста из-за возрождения COVID-19 в некоторых китайских городах, однако ожидается, что рост во второй половине вернет годовое потребление угля к уровню 2021 года [28].

В структуре потребления первичной энергии в Китае в 2021 году на долю угля приходилось 56 %, или около 2,934 млрд. т условного топлива, на долю нефти и природного газа – 19,41 % и 8,65 % соответственно. Общее потребление энергии в стране достигло 5,24 млрд. тонн угольного эквивалента, из которых потребление угля выросло на 4,6 %. В 2021 году четыре основные углепотребляющие отрасли, включая электроэнергетику, металлургию, химическую промышленность и производство строительных материалов, использовали в общей сложности 3,95 млрд. т угля. Доля потребления угля в целом по обществу составляет около 93 %, увеличиваясь по сравнению с прошлым годом на 6,7 %. Электроэнергетика потребляет 2,42 млрд. т угля, что составляет около 57 % от потребления угля в обществе в целом [16]. В 2021 году потребление угля металлургической промышленностью достигло 670 млн. т. Это объясняется тем, что под влиянием таких мер политики, как налоговые льготы на экспорт в сталелитейной промышленности и сокращение запасов стали, потребление угля снизилось. Годовое потребление угля химической промышленностью и промышленностью строительных материалов несколько увеличилось: на 3,6 % и 1,1 % по сравнению с предыдущим годом и составило 310 млн. т и 550 млн. т соответственно [29] (рис. 3).

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

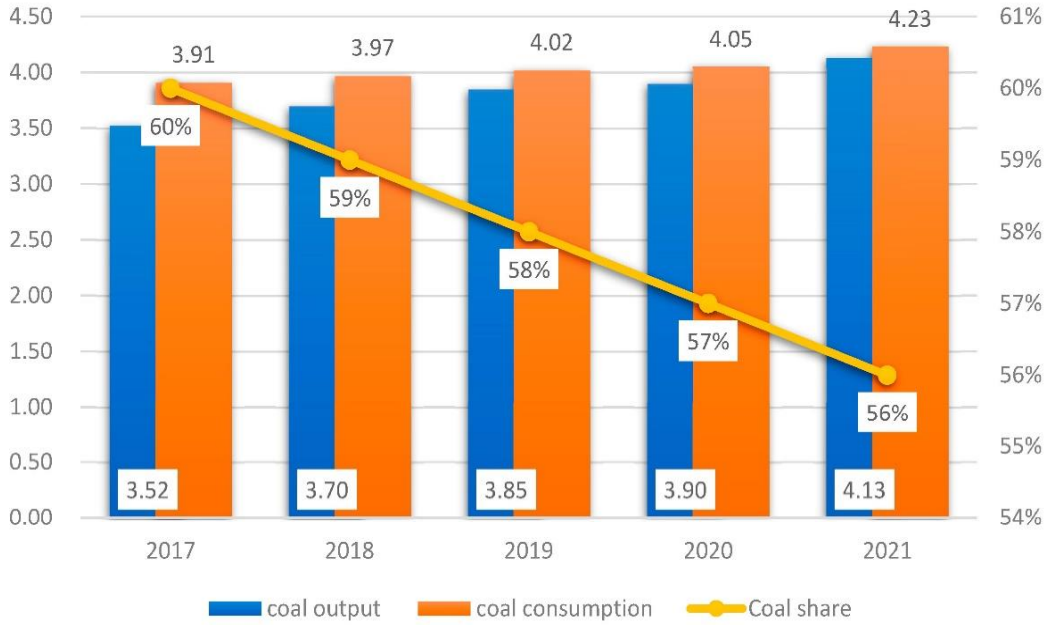


Рис. 3. Производство и потребление угля в Китае в 2017-2021 годах (Единицы измерения: млрд т).
Составлено авторами на основе «Отчета о полезных ископаемых Китая» [16]

3.1.2. Импорт и экспорт

Китай богат угольными ресурсами, но не является крупным экспортером угля (рис. 4). Экспорт угля из Китая в последние годы также постепенно снижается по следующим причинам: во-первых, по сравнению с углем, добываемым в других странах, китайский уголь имеет низкое качество, причем уголь с высоким содержанием серы составляет около 33 % от общего количества угля, а содержание серы достигает 3.2 % и 3,0 % в Юго-Западном и Северо- Западном регионах соответственно; в Северном Китае и провинции Шаньдун среднее содержание серы в углях может достигать 1,6 % и более 2 % [30] (табл. 1).

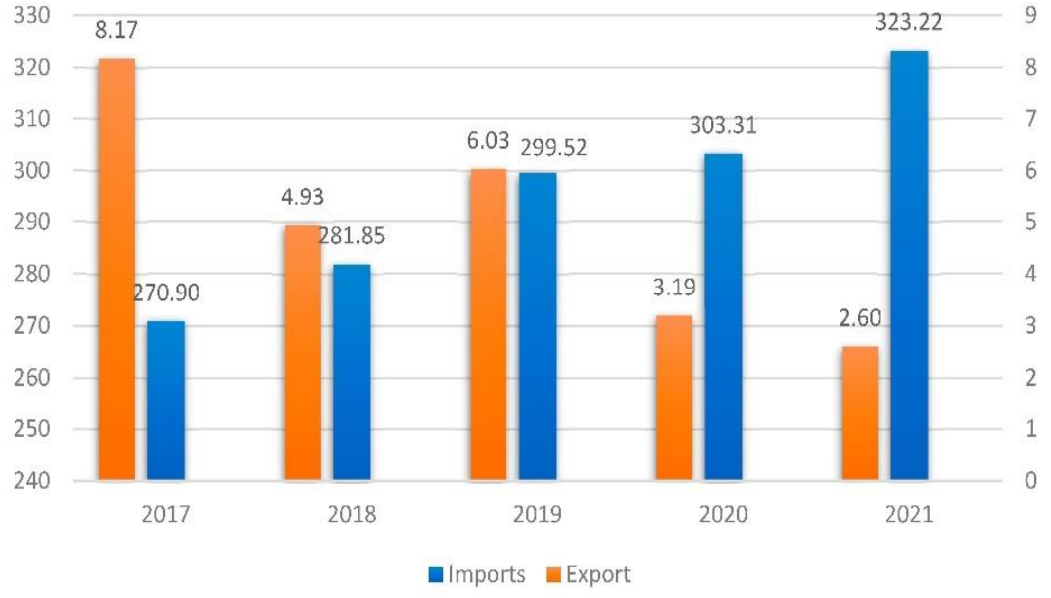


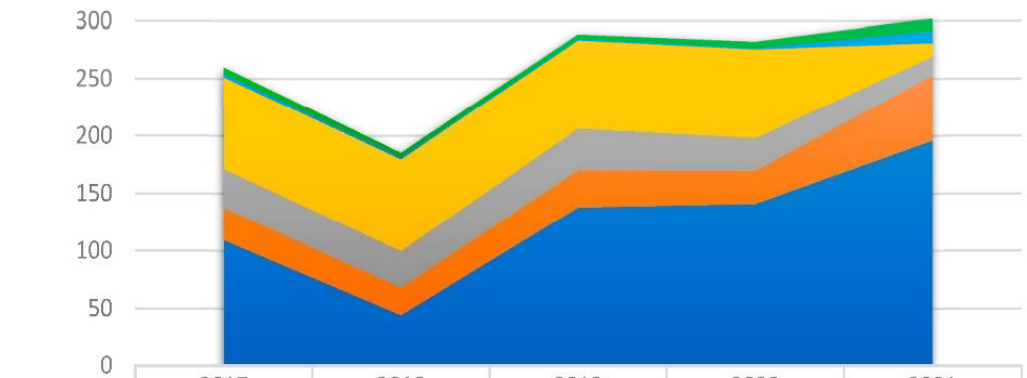
Рис. 4. Импорт и экспорт угля в Китае за последние пять лет (млн. т).
Составлено авторами на основе «Отчета о полезных ископаемых Китая» [16]

Во-вторых, импортный уголь имеет ценовое преимущество перед собственным внутренним производством угля в Китае. Количество открытых угольных шахт в Китае составляет менее 12 %, а производственные мощности – 17,8 % от общего количества в стране, что приводит к высокой общей себестоимости добычи угля [31].

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

В-третьих, основные угледобывающие регионы Китая расположены на западе и севере, а регионы использования угля сосредоточены на востоке и юге. Внутренние транспортные расходы в Китае высоки, в то время как международные перевозки удобны, поскольку в последние годы цены на перевозки снижаются, поэтому импортный уголь имеет ценовое преимущество [32].

Реализация инициативы «Один пояс – один путь» в 2013 году сконцентрировала страны-источники импорта угля в Китай, основными из которых стали Австралия и Индонезия. В 2021 году пятью основными источниками импорта каменного и бурого угля в Китай стали Индонезия, Россия, Монголия, Австралия и США (рис. 5). Крупнейшим источником импорта угля в Китай является Индонезия, на долю которой приходится около 60 % от общего объема импорта. В 2021 году Китай импортировал 53,656 млн. т российского угля, что составило 17,6 % китайского импорта угля; Россия стала вторым по величине импортером угля в Китай [33].



	2017	2018	2019	2020	2021
Canada	5.27	2.95	3.8	5.49	10.43
U.S.	3.17	2.28	1.12	0.94	10.6
Australia	80.06	79.77	77.09	77.51	11.71
Mongolia	33.99	31.91	36.35	28.54	16.44
Russia	28.07	23.79	32.24	28.54	56.99
Indonesia	109.01	44.06	137.62	140.84	195.66

Рис. 5. Сравнение изменений доли импорта угля в Китай за последние пять лет (единицы измерения: млн. т). Составлено авторами на основе «Статистических данных Национального бюро статистики Китая» [34]

Таблица 1

Стандарты на импорт и экспорт товарного угля

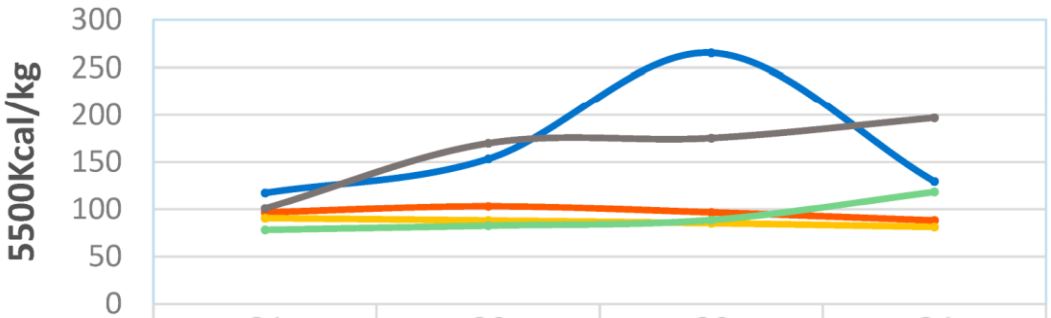
Индикаторы	Единица	Бурый уголь		Прочий уголь	
		Основные требования (расстояние транспортировки* ≤ 600 км)	Междугородние перевозки (расстояние перевозки > 600 км)	Основные требования (расстояние транспортировки ≤ 600 км)	Междугородние перевозки (расстояние перевозки > 600 км)
Зола (Ad)	%	≤30	≤20	≤40	≤30
Доля серы (St,d)	%	≤1,5	≤30	≤3	≤2
Тепловыделение (Qnet,ar)	МДж/кг		≤1.5		≥18
Ртуть (Hgd)	мкг/г	≤0,6			
Мышьяк (Asd)	мкг/г	≤80			
Фосфор (Pd)	%	≤0,15			
Хлор (Cld)	%	≤0,3			
Фтор (Fd)	мкг/г	≤200			

* Под расстоянием транспортировки понимается расстояние от места происхождения до места потребления (для угля, реализуемого на внутреннем рынке) или от порта ввоза до места потребления (для угля, реализуемого на внешнем рынке). Составлено авторами на основе «Временных мер по управлению качеством товарного угля» [34].

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

3.1.3. Цены на уголь

В Китае существуют два основных механизма ценообразования на уголь: цена, определяемая рыночным спросом и предложением, и цена, формируемая в результате государственного вмешательства. Определение цен на уголь в основном отражает присущие этой сфере взаимоотношения между рынком и государством. Согласно истории развития цен на уголь в Китае, механизм ценообразования на уголь можно разделить на четыре этапа: (1) полностью плановая экономика (1953-1984 гг.); (2) промежуточная фаза цен на уголь (1985-2012 гг.); (3) полностью рыночная фаза (2013-2015 гг.); (4) два варианта цен – «базовая цена + плавающая цена» с параллельными средне- и долгосрочными соглашениями и рыночными ценами (2016 год – настоящее время) [35, 36]. Динамика цен на уголь в Китае, поквартально, за период 2018-2022 годов представлена на рис. 6.



	Q1	Q2	Q3	Q4
2018	96.8	103.3	96.7	88.2
2019	90.6	88.2	85.3	81.3
2020	78.2	82.7	88.7	118.6
2021	117.6	153.5	265.6	129.7
2022	101.1	170	175.4	197.1

Рис. 6. Среднеквартальная цена угля в Китае в 2018-2022 годах (Единицы измерения: долл. США). Составлено авторами на основе общедоступных данных по энергетическому углю (5500 ккал/кг) в Китае [37]

Анализ показал, что в 2021 году цены на энергетический уголь резко выросли в 1-3 кварталах. Причина заключается в том, что спрос на энергию со стороны общества в целом быстро растет, а неугольная генерация недостаточна, что способствует высокой загрузке тепловой энергетики и увеличению спроса на энергетический уголь. Что касается предложения, то под влиянием политических факторов высвобождение мощностей по добыче угля ограничено, и в то же время жесткие ограничения на импорт привели к дисбалансу между спросом и предложением, что вызвало резкий рост цен на энергетический уголь. Увеличение запасов топлива привело к значительному падению цен на уголь за пределами Китая, поскольку возобновление работы угольных электростанций в Европе и досрочное пополнение запасов привело цены на уголь к резкому росту.

В третьем квартале китайский уголь подорожал из-за дисбаланса между спросом и предложением, вызванного снижением добычи в угледобывающих регионах из-за политики предотвращения и контроля COVID-19, а также ростом внутреннего спроса на уголь для зимнего отопления в Китае. Европа досрочно возобновила работу угольных электростанций и пополнила запасы угля, что значительно повысило цены на уголь. В результате средняя цена на уголь в Китае в четвертом квартале 2022 года выросла по сравнению с предыдущим кварталом, однако с октября по декабрь цены постепенно снижались (октябрь USD 225,21/т, ноябрь USD 187,04/т, декабрь USD 179,01/т). В долгосрочной перспективе основным фактором, влияющим на цены на уголь и рыночные тенденции, является конфликт между спросом и предложением [38]. Он может быть решен за счет импорта (табл. 2).

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Таблица 2

Статистика основных стран-импортеров угля в Китай на 2020-2022 гг.

Год	Параметры	РФ	Индонезия	Монголия	Канада	США	Австралия
2020	Импорт (млрд. долл. США)	2,42	3,12	2,00	0,68	0,11	7,90
	Количество (млн. тонны)	33,67	56,12	28,45	5,50	0,95	78,08
2021	Импорт (млрд. долл. США)	7,00	9,71	2,00	28,28	2,70	1,01
	Количество (млн. тонны)	54,77	87,94	16,03	10,43	10,60	11,71
2022 (до ноября)	Импорт (млрд. долл. США)	10,78	16,96	4,23	3,06	1,76	0,31
	Количество (млн. тонны)	61,17	115,12	18,58	6,88	3,94	2,86

Составлено авторами на основе «Статистики Главного таможенного управления Китая» [39].

Структура импорта в 2022 году изменилась: довольно существенно выросли поставки из России, Индонезии и Монголии при значительном снижении из Канады, США и Австралии.

3.2. Анализ влияния макросреды

3.2.1. PESTEL-анализ

- Политический

Государственный контроль: в Китае земля принадлежит государству, субъектом права собственности на минеральные ресурсы также является государство, поэтому китайские угледобывающие предприятия находятся в государственной собственности. Субъектами права недропользования могут быть государство, физические и юридические лица, общественные организации, поэтому субъектами недропользования являются как государственные предприятия и зарегистрированные компании, так и частные собственники.

Государственное планирование: в связи с возросшими потребностями в преобразовании структуры энергетики направление развития угольной промышленности Китая сместилось в сторону экологически чистого и разумного. В 9-й пятилетке было предложено ускорить развитие трех сильных угледобывающих провинций – Шаньси, Шэньси и Внутренней Монголии; в 10-й пятилетке – увеличить долю высококачественного угля; в 11-й пятилетке – обеспечить производство и использование экологически чистого угля; в 12-й пятилетке – развивать крупные угольные конгломераты; в 13-й пятилетке и 14-й пятилетке – разработать соответствующие планы развития угольной промышленности с учетом региональной координации. В 2021 году Народный банк Китая (НБК) запустил программу поддержки сокращения выбросов углерода и специальный кредит рефинансирования для поддержки чистого и эффективного использования угля. Для достижения цели «двойного углерода» и плавной трансформации энергетической структуры в ноябре 2021 г. Центральный банк запустил программу поддержки сокращения выбросов углерода и специальный кредит рефинансирования в размере 200 млрд. юаней (почти 28,57 млрд. долл.) для поддержки чистого и эффективного использования угля, а также предоставил 60 % и 100 % поддержку рефинансирования соответствующих кредитов для сокращения выбросов углерода и чистого и эффективного использования угля. В начале мая 2022 года Центральный банк также увеличил объем специальных перекредитований на цели чистого и эффективного использования угля на 100 млрд. юаней (почти 14,28 млрд. долл.) для поддержки разработки и использования угля и увеличения мощности угольных резервов. За время параллельной реализации этих двух программ центральный банк выделил в общей сложности 161,1 млрд. юаней (почти 23 млрд. долл.), из которых 138,6 млрд. юаней (почти 19,8 млрд. долл.) приходится на инструменты поддержки сокращения выбросов углерода, а 22,5 млрд. юаней (почти 3214 млн. долл.) – на специальные кредиты рефинансирования для поддержки чистого и эффективного использования угля.

Рынок труда: в рамках реализации подхода «двойного углерода» в Китае будет продолжаться рост «зеленых» рабочих мест. Международная организация труда определяет «зеленые»

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

рабочие места как достойную работу, создаваемую в секторах экономики и видах деятельности, которые смягчают воздействие на окружающую среду и в конечном итоге приводят к экологическому, экономическому и социальному УР [40]. В 2020 г. Китай объявил о целевой установке на достижение углеродного пика и углеродной нейтральности. За этим последовало бурное развитие новых видов бизнеса, новых предприятий и новых отраслей. По данным Национальной комиссии по развитию и реформам, в 2020 году объем производства энергосберегающей и природоохранной промышленности Китая составит около 7,5 трлн. юаней, а доля в ВВП – 7,38 %, что сделает ее одной из опорных отраслей национальной экономики. Среди 18 новых типов рабочих мест, объявленных Министерством трудовых ресурсов и благосостояния в марте 2021 года, – менеджеры по углероду.

Политика КС (количественного смягчения) оказывает определенное влияние на смягчение воздействия COVID-19 на энергетический сектор [41, 42]. В то же время экологическое регулирование оказывает положительное влияние на инвестиции в НИОКР. Для достижения УР государству необходимо продолжать формировать экологическую политику [43], включая функцию макрорегулирования, поощряя промышленность к развитию альтернативных источников энергии и сокращению использования ископаемого топлива и угольной энергетики [44]. Например, европейская программа «Зеленый курс» является хорошей моделью стимулирующих программ, которые не только сочетают промышленный рост с инвестициями в глубокую декарбонизацию и эффективность, но и создают возможности для трудоустройства [45].

- Экономический

Международное энергетическое агентство (МЭА) отмечает, что резкий рост цен на природный газ (рис. 7) сделал уголь более конкурентоспособным на многих рынках. В 2021 году из-за глобальных экономических потрясений мировые цены на минеральное сырье достигли рекордных значений, а резкий рост цен на природный газ усилил рыночную конкурентоспособность угля. Для достижения устойчивого экономического роста Китаю необходимы стабильные поставки полезных ископаемых, в том числе энергетического угля [46].

Экономические преобразования: с 2010 года темпы роста ВВП Китая постепенно замедляются (рис. 8), и китайская экономика находится под постоянным и огромным давлением, требующим перехода от модели роста, основанной на экспорте и инвестициях, к модели, основанной на внутреннем спросе и потреблении, и перехода от сырьевого низкотехнологичного производства к высокотехнологичному производству с более высокой добавленной стоимостью.

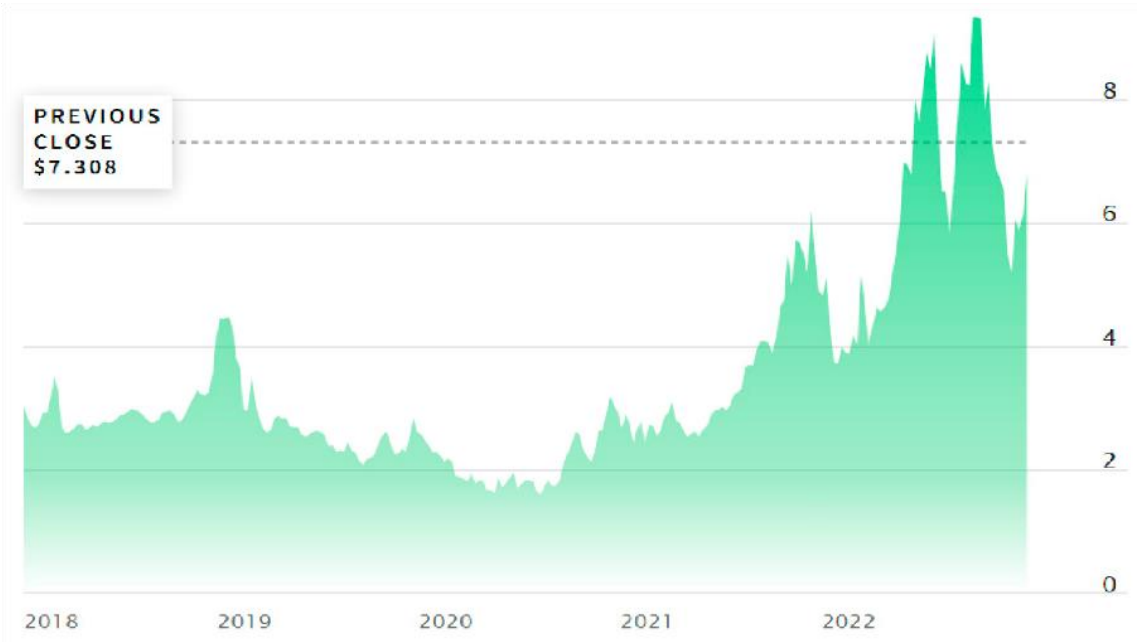
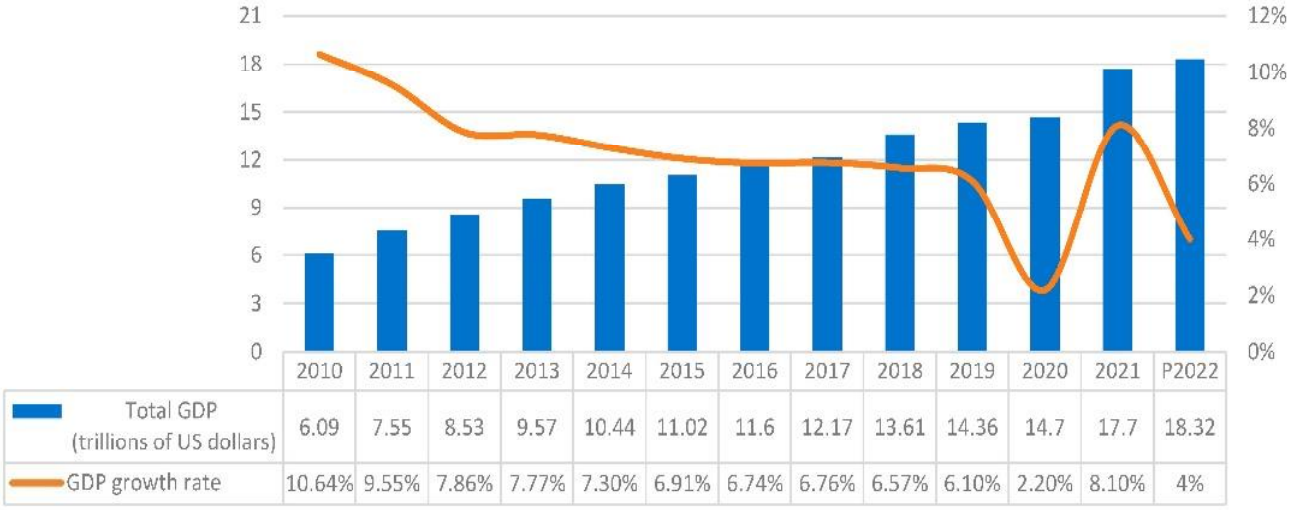


Рис. 7. Динамика мировых цен на природный газ с 2018 по 2022 год
(Единица измерения: тыс. долларов США/млн БТЕ) [47]

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	P2022
Total GDP (trillions of US dollars)	6.09	7.55	8.53	9.57	10.44	11.02	11.6	12.17	13.61	14.36	14.7	17.7	18.32
GDP growth rate	10.64%	9.55%	7.86%	7.77%	7.30%	6.91%	6.74%	6.76%	6.57%	6.10%	2.20%	8.10%	4%

Рис. 8. Динамика ВВП Китая за период 2010-2022 гг.
Составлено авторами на основе «Статистических данных Национального бюро статистики Китая» [33]

Промышленное планирование. Промышленное планирование – это экономическое явление, обозначающее пространственное распределение и сочетание отраслей промышленности в стране или регионе [48]. Его рациональность или нерациональность влияет на экономические преимущества страны или региона, определяя темпы экономического развития [49]. Под влиянием инициативы «Пояс и путь», выдвинутой в 2013 году, китайские предприятия ускоряют темпы «выхода на международный уровень» – от привлечения иностранных инвестиций (ПИИ) к выездному инвестированию.

Потребление энергетического угля в Китае сосредоточено в электроэнергетике, металлургии, производстве строительных материалов и химической промышленности. В структуре производства электроэнергии в Китае доминирует энергетический уголь; в химической промышленности уголь используется в основном как сырье (углехимия); в промышленности строительных материалов и металлургии уголь используется в основном как топливо. Доля потребления угля в электроэнергетике на протяжении длительного периода времени остается относительно стабильной и составляет более 60 % [50]. Спрос на энергетический уголь в Китае сильно зависит от макроэкономических условий и развития смежных отраслей и в целом является рынком, ориентированным на спрос.

Электроэнергетика. В настоящее время Китай сокращает использование угля в качестве источника конечной энергии, увеличивает долю электроэнергии в энергопотреблении, постепенно оптимизирует структуру энергетики для производства электроэнергии, т.е. оптимизирует производство тепловой энергии, активно развивает гидроэнергетику, правильно и активно строит атомную энергетику, активно развивает и применяет новые источники энергии, такие как ветер, приливная и солнечная энергия, для диверсификации источников энергии для производства электроэнергии. Опыт трансформации энергосистем накоплен в Японии, которая с 2014 года реализует «Базовый энергетический план» для достижения национальной цели по снижению выбросов к 2030 году. План предполагает, что за счет конверсии старых электростанций и продвижения новейших технологий производства электроэнергии при строительстве новых электростанций будут усилены исследования и разработки технологии IGCC (комбинированный цикл с комплексной газификацией), значительно повышена эффективность угольной генерации и существенно снижены выбросы парниковых газов на единицу вырабатываемой электроэнергии. В 2025 году будет освоена технология IGFC (интегрированный газификационный топливный элемент), позволяющая использовать водород, содержащийся в угле, для выработки электроэнергии на топливных элементах, что позволит снизить выбросы CO_2 примерно на 30 % [51].

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

В системе IGCC топливо газифицируется и сжигается в парогазовой турбине для выработки электроэнергии [52]. Тяньцзиньская IGCC-электростанция Хуаньэн, строительство которой началось в сентябре 2009 г., является первой самостоятельно спроектированной и построенной IGCC-электростанцией в Китае, а в ноябре 2012 г. она была введена в коммерческую эксплуатацию. В настоящее время IGCC-электростанция достигла непрерывной и стабильной работы с годовым временем работы более 5500 ч и максимальной нагрузкой 265,9 МВт; общие результаты достигли передового международного уровня. Этот пример наглядно показывает, что технология IGCC имеет большое стратегическое значение для эффективного использования угля и устойчивого развития, а также для поддержания национальной энергетической безопасности.

Металлургическая промышленность. Китай, занимая первое место в мире по объему металлургической промышленности, производит почти половину мирового производства стали и широко используемых цветных металлов. Поскольку для рынка металлургической промышленности характерны длительные процессы, большое количество процедур и сложные технологические процессы, обычно возникают такие проблемы, как избыточные мощности, низкая эффективность труда, высокая нагрузка на безопасность и окружающую среду. В контексте двойной углеродной цели снижение выбросов углерода является целью развития металлургии Китая. Технология водородной металлургии, использующая в качестве восстановителя водород вместо угля, является наилучшим способом декарбонизации сталелитейной промышленности [53].

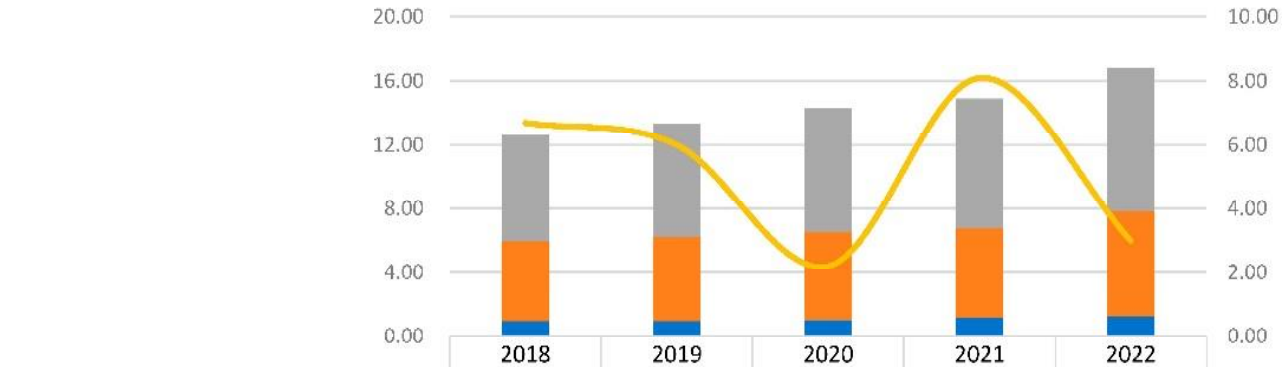
Промышленность строительных материалов. В «Плане действий по снижению выбросов углерода до 2030 года», выпущенном Государственным советом Китая, говорится о «PEDF». PEDF – это аббревиатура, обозначающая применение четырех строительных технологий: фотовольтаика, аккумулирование энергии, распределение постоянного тока и гибкость. PEDF является важной опорой для развития безуглеродной энергетики, которая способствует прямому потреблению энергии ветра и фотовольтаики. Он предлагает углубить применение возобновляемых источников энергии в зданиях и способствовать комплексному применению фотоэлектрической энергии и зданий.

Химическая промышленность. С ростом нефтехимической промышленности развитие угольной химической промышленности замедлилось. Однако в связи с ограниченностью запасов нефти и ростом цен на нее угольная химическая промышленность вновь стала привлекать к себе внимание. Угольная химическая промышленность в основном подразделяется на коксование угля, газификацию угля, сжижение угля и т.д. В последние годы в Китае постепенно увеличиваются производственные мощности и выпуск таких продуктов углехимии, как кокс, метанол, процесс производства газа из угля и процесс производства нефти из угля. Развитие углехимической промышленности может в определенной степени решить энергетическую проблему Китая, связанную с богатством угля, нехваткой нефти и низким содержанием газа, и тем самым повысить энергетическую безопасность. В контексте энергетической революции и низкоуглеродного развития углехимическая промышленность Китая также будет развиваться в направлении «зеленого» и низкоуглеродного развития.

- Социокультурный

Отрасли народного хозяйства Китая делятся на три категории: первичный сектор, включающий сельское хозяйство, лесное хозяйство, животноводство и рыболовство (за исключением сферы услуг сельского хозяйства, лесного хозяйства, животноводства и рыболовства); вторичный сектор, включающий горнодобывающую промышленность (за исключением вспомогательной деятельности по добыче полезных ископаемых), обрабатывающую промышленность (за исключением производства металлических изделий, ремонта машин и оборудования), производство и поставку электроэнергии, тепла, газа и воды, а также строительство; и третичный сектор – сектор услуг, к которому относятся отрасли, не относящиеся к первичному и вторичному секторам. На рис. 9 показано, что к 2022 году устойчивый рост ВНП будет наблюдаться только в обрабатывающей промышленности [54, 55].

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0



	2018	2019	2020	2021	2022
Total cost of tertiary industry	6.64	7.10	7.76	8.12	8.97
Total value of the secondary industry	5.02	5.29	5.52	5.64	6.63
Total cost of primary industry	0.94	0.94	1.02	1.15	1.22
Cumulative GDP Growth YoY (%)	6.70	6.00	2.20	8.10	3.00

Рис. 9. Динамика валового национального продукта Китая с 2018 по 2022 год (Единица измерения: триллион долларов) [56]. Составлено авторами на основе «Статистических данных Национального бюро статистики Китая» [33]

Существует пороговый эффект между располагаемым доходом жителей на душу населения. Интенсивность выбросов углерода в регионе зависит от разницы в доходах, и районы с низкими доходами ограничены в инновациях «зеленых» технологий и стремятся к развитию экономических целей, игнорируя охрану окружающей среды, что приводит к увеличению выбросов углерода [57]. Поэтому чем выше располагаемый доход на душу населения, тем большее внимание в региональном развитии уделяется выбросам углерода. На рис. 10 показано, что среднедушевой располагаемый доход жителей Китая увеличивается из года в год.



	2018	2019	2020	2021	2022
National per capita disposable income of residents/yuan	4276.97	4454.06	4665.07	5165.88	5423.97
National per capita consumption expenditure of residents	3008.03	3124.49	3073.91	3544.12	3608.53
Real growth rate after deducting price factors	6.50%	5.80%	2.10%	8.10%	2.90%
Real growth rate after deducting price factors	6.20%	5.50%	-4.00%	12.60%	-0.20%

Рис. 10. Располагаемый доход на душу населения/потребительские расходы на душу населения жителей Китая, 2018-2022 годы (Единицы измерения: USD) [58]. Составлено авторами на основе «Статистических данных Национального бюро статистики Китая» [33]

На рис. 11 показана тенденция роста спроса на энергию и спроса на уголь на душу населения в Китае. Следует отметить, что душевой спрос связан с общей численностью населения, а общая численность населения Китая в 2022 году составила 1,411 млрд. человек, что является первым случаем отрицательного роста численности населения Китая за последние 60 лет. Таким образом, ожидается, что после 2022 года потребление энергии на душу населения и спрос на уголь в Китае будут снижаться, если не учитывать другие факторы [59].

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

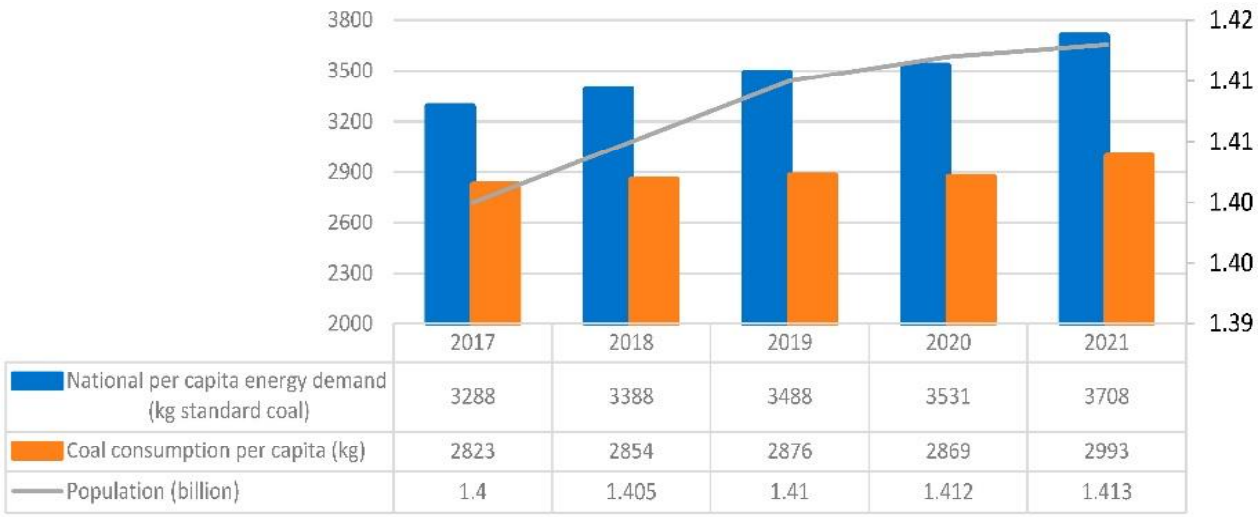


Рис. 11. Потребность в энергии на душу населения в Китае и потребность в угле на душу населения с 2017 по 2021 год [33]. Составлено авторами на основе «Статистических данных Национального бюро статистики Китая» [33]

- Технологический

Программа «Чистое и эффективное использование угля», поддерживаемая центральным банком, направлена на поддержку разработки и использования угля и увеличение его запасов. Основными направлениями поддержки являются безопасное производство угля и его запасы. В том числе строительство современных угольных шахт, применение экологически чистых и эффективных технологий, интеллектуальные шахты, преобразование безопасности угольных шахт, обогащение угля, наращивание потенциала угольных запасов и другие проекты. Например, в настоящее время на угольных шахтах Китая используется специализированная прикладная платформа (БПЛА «Интернет+»), обеспечивающая инспекцию и командный контроль всей площади угольных шахт с безопасного расстояния. Реализация данного проекта позволяет эффективно снизить такие проблемы, как человеческий фактор, и в большей степени обеспечить безопасность добычи, возможности рационального использования природных ресурсов, а также нормальную работу различных критически важных объектов и оборудования угольных шахт.

Добыча угля открытым способом имеет такие преимущества, как высокая степень извлечения ресурсов, хорошие условия безопасности, высокая производительность труда, большие масштабы производства, и играет важную роль в обеспечении стабильных поставок угля на внутренний рынок. Однако бóльшая часть угольных ресурсов Китая залегает глубоко, и менее 12 % угольных шахт пригодны для открытой добычи. К концу декабря 2020 года в Китае насчитывалось 376 разрезов с производственной мощностью 950 Мт/год, что составляло 8 % от общего количества и 17,8 % от производственных мощностей страны. Из них 283 – это действующие разрезы с производственной мощностью 751 млн. т/год [60].

1. Технология разработки толстых пластов

Начиная с 1990-х годов угольная промышленность Китая перешла от строительства высокопроизводительных и высокоэффективных шахт к строительству безопасных и эффективных шахт, а китайская технология разработки толстых угольных пластов достигла высокого международного уровня. В соответствии с «Правилами безопасности на угольных шахтах», добыча угля с обрушением в угольных пластах толщиной более 12 м в Китае также в значительной степени ограничена. Поэтому увеличение высоты добычи и, соответственно, увеличение высоты выгрузки угля стало направлением дальнейших исследований. После многих лет исследований и разработок были успешно решены технические проблемы, включая технологию высотной полностью механизированной добычи угля, технологию и оборудование для поддержания разработки больших участков в забое, вспомогательное транспортное оборудование и безопасность. Высота горных выработок постепенно увеличилась до 5,2 м, толщина обрушения угольного пласта также возросла с 12 до 20 м. Удельная производительность забоев составляет более 6 млн. т/год, вплоть до 10 млн. т/год, что значительно повышает эффективность добычи угля [61]. После 2007 года в Китае

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

строительство ведется по стандарту «безопасно и эффективно». В 2008 году в Китае насчитывалось 292 безопасные и эффективные шахты, а в 2018 году их число возросло до 901, увеличившись за 10 лет в 3 раза [62].

2. Технология и оборудование для разработки тонких и средних угольных пластов

В 2019 году на угольной шахте «Биньху» компании Шаньдунская группа «Заокуанг» была применена интеллектуальная угледобывающая установка для разработки тонких угольных пластов. Средняя высота разработки составила 1,35 м, длина забоя – 139 м. Установлен рекорд производительности – 4000 т в сутки на одном забое тонкого угольного пласта, что способствовало отказу от ночных смен. Это улучшает условия труда шахтеров, способствуя устойчивому развитию.

3. Поддержка технологий и оборудования для безопасной и эффективной работы шахт

В последние 10 лет Китай работает над тремя элементами «разрушение породы, якорные лебедки угольщика и транспортировка», которые влияют на скорость добычи, учитывает зарубежные передовые технологии, которые развивают комплексные технологии. Развитие подъемно-транспортного оборудования оказало мощную поддержку безопасному и эффективному производству на угольных шахтах. При строительстве шахт в Китае в настоящее время наибольший диаметр ствола составляет 6 м. Применяется бесколейный транспорт. На угольной шахте Шэньхуа Хуаньюйчуань установлена первая в Китае система подъема больших клетей с максимальной нагрузкой 45-57 т. На угольных шахтах Баласу и Дахайчже нагрузка на большую клеть достигла 78,5 т.

В XXI веке Китай совершил крупнейший прорыв в технологии и оборудовании для строительства скважин в условиях огромной толщины верхнего слоя почвы. Китай объединил метод замораживания с методом бурения, провел исследования по управлению бурением, новым типам конструкций стенок скважины, разработке и применению технологии замораживания, низкотемпературного высокопрочного бетона и новых типов конструкций стенок скважины. Например, инновационная конструкция ствола скважины включает три основных и обходной стволы глубиной 583 м. Использована композитная стенка из железобетона и стального листового бетона; вторичная скважина построена методом замораживания с глубиной замороженного ствола 650 м и двухслойной стенкой из железобетона и высокоэффективного железобетона [63].

В Китае построена крупнейшая в мире экологически чистая и эффективная угольная электростанция. Эффективность угольных электростанций достигла передового мирового уровня. Промышленные угольные котлы производят сверхнизкие выбросы распространенных загрязняющих веществ, а углеродоемкость угольной энергетики ниже, чем в таких развитых странах, как Япония и Германия. В 2010 году в Китае был создан инновационный альянс по сверхкритической угольной генерации при температуре 700 °C. В декабре 2015 года была успешно введена в эксплуатацию первая в стране платформа для испытания ключевых компонентов при температуре 700 °C [64]. Разработаны передовые технологии угольной генерации, такие как интегрированная газификация, комбинированная выработка электроэнергии (IGCC) и технология оптимизации системы выработки электроэнергии на топливных элементах (IGFC), которые могут удовлетворить потребности Китая в диверсификации энергетики, чистоте и низком уровне выбросов углекислого газа [65]. По состоянию на июль 2021 г. в Китае начаты проекты по улавливанию, утилизации и хранению углерода (CCUS) и 49 проектов находятся в стадии строительства. CCUS может удовлетворить растущий спрос на нефть при одновременном снижении углеродоемкости угля [66].

- Экологический

По сравнению с развитыми странами (Европа, Япония, Корея), в Китае заявленная углеродная нейтральность будет достигнута на 10 лет позже, в 2060 году. В Китае пик выбросов углерода будет достигнут в 2030 году, поэтому период между пиком выбросов углерода и объявленной углеродной нейтральностью составит всего 30 лет. Это существенно меньше, чем 40-60 лет в Европе и США, поэтому задача будет более актуальной и более сложной [67-69].

В 2020 г. углеродоемкость снизится на 18,2 % по сравнению с 2015 г., по сравнению с 2005 г. углеродоемкость снизится на 48,1 %, а доля неископаемой энергии в энергопотреблении составит

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

15,3 %. На долю «зеленых» зданий в Китае приходится 60 % новых городских зданий. С 2010 г. в Китае стремительно растет число автомобилей на новых источниках энергии, на долю которых приходится 55 % от общего числа новых энергетических автомобилей в мире, поэтому Китай является страной с самым большим количеством автомобилей на новых источниках энергии в мире. Среднегодовой темп прироста установленных мощностей ВИЭ составляет около 12 %, а на долю вновь установленных мощностей приходится более 50 % [70].

В 2021 году среди 339 городов Китая 218 городов (64,3 %) будут соответствовать экологическим стандартам качества воздуха, что на 3,5 процентных пункта выше, чем в 2020 году (рис. 12).

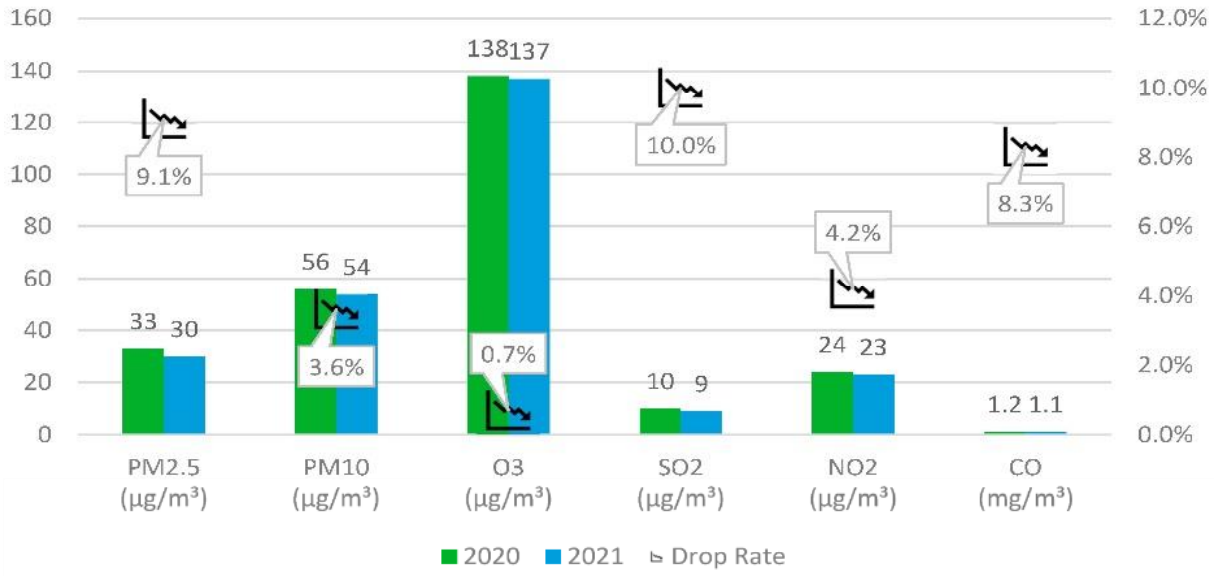


Рис. 12. Концентрация шести загрязняющих веществ в 339 городах в 2021 году [71]

В 2021 году экологические риски для почв в Китае будут в значительной степени контролироваться, а ухудшение загрязнения почв будет сдерживаться на начальном этапе. Коэффициент безопасного использования загрязненных пахотных земель в стране стабильно находится на уровне более 90 %.

Расчет индекса экологического качества (EQI) рассчитывается по формуле [72]:

$$\text{Индекс экологического качества (ИЭК)} = 0{,}36 \times \text{экологическая модель} + 0{,}35 \times \text{экологическая функция} + 0{,}19 \times \text{биоразнообразие} + 0{,}10 \times (100 - \text{экологический стресс}) \quad (1)$$

Для построения экологической модели используются следующие показатели:

1. Прибрежная зона:

$$\text{Экологическая модель} = 0.32 \times (0.70 \times \text{EL} + 0.30 \times \text{NONCrr}) + 0.68 \times (0.10 \times \text{ECRR} + 0.80 \times \text{HQI} + 0.10 \times \text{PC}) \quad (2)$$

2. Внутренняя территория:

$$\text{Экологическая модель} = 0.32 \times \text{EL} + 0.68 \times (0.10 \times \text{ECRR} + 0.80 \times \text{HQI} + 0.10 \times \text{PC}) \quad (3)$$

Замечание 1. *EL – Индекс соотношения экологических площадей; NONCrr – Индекс удержания морской естественной береговой линии; ECRR – Индекс коэффициента экологической защиты территории «красной линии»; HQI – Индекс качества среды обитания; PC – Индекс связности важных экологических пространств.*

В 2021 году значение индекса экологического качества (EQI) в Китае составит 59,77, что в целом стабильно по сравнению с 2020 годом. На рис. 13 показано распределение экологического качества по территории Китая. В табл. 3 приведено содержание классификации экологического качества Китая.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

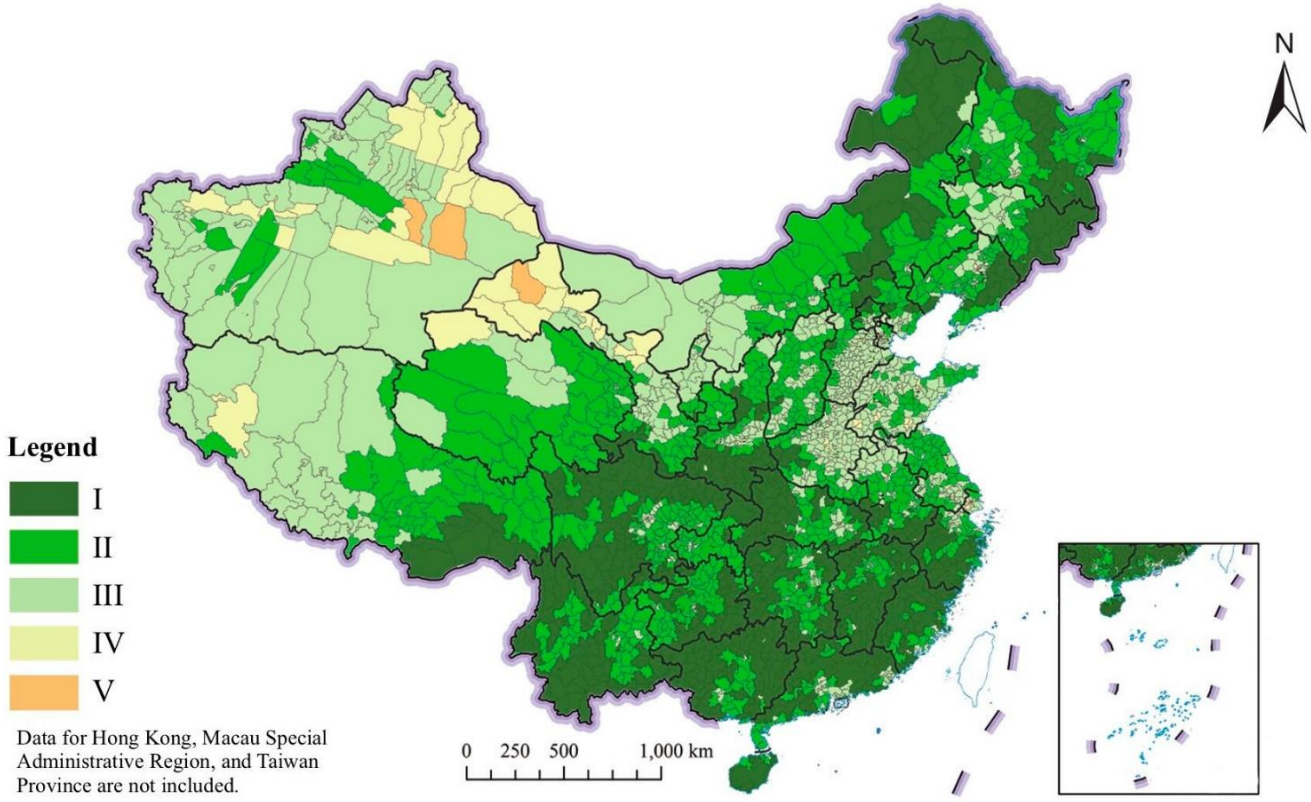


Рис. 13. Схема распределения экологического качества Китая в 2021 году [71]

Таблица 3

Китайская классификация качества окружающей среды * [72]

Категория	Показатель	Содержание
I	EQI ≥70	Природная экосистема характеризуется высокой долей покрытия, низкой интенсивностью антропогенного вмешательства, богатым биоразнообразием, целостной экологической структурой, стабильностью систем и совершенством экологических функций
II	55 ≤ EQI < 70	Естественная экосистема имеет более высокий коэффициент покрытия, меньшую интенсивность антропогенного вмешательства, более богатое биоразнообразие, более полную экологическую структуру, более устойчивые системы и лучшие экологические функции.
III	40 ≤ EQI < 55	Доля естественного покрытия экосистем средняя, при определенной степени антропогенной нагрузки богатство биоразнообразия среднее, целостность и устойчивость экологической структуры средняя, экологические функции в основном совершенны.
IV	30 ≤ EQI < 40	Естественные экологические фоновые условия плохие или интенсивность антропогенного вмешательства высокая, природная экосистема более хрупкая, а экологическая функция низкая.
V	EQI < 30	Плохие естественные экологические фоновые условия или высокая интенсивность антропогенного вмешательства, хрупкость природных экосистем и низкий уровень экологических функций.

* Начиная с 2021 года оценка качества окружающей среды будет проводиться на основе «Региональной методики оценки качества окружающей среды (тест)».

На рис. 14 показаны районы распространения угля в Китае, и сравнение со значениями индекса экологического качества, приведенными в рис. 13, показывает, что индекс экологического качества в районе энергосжигающего комплекса является плохим (темно-зеленый цвет).

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

DOI: 10.3390/su15086518

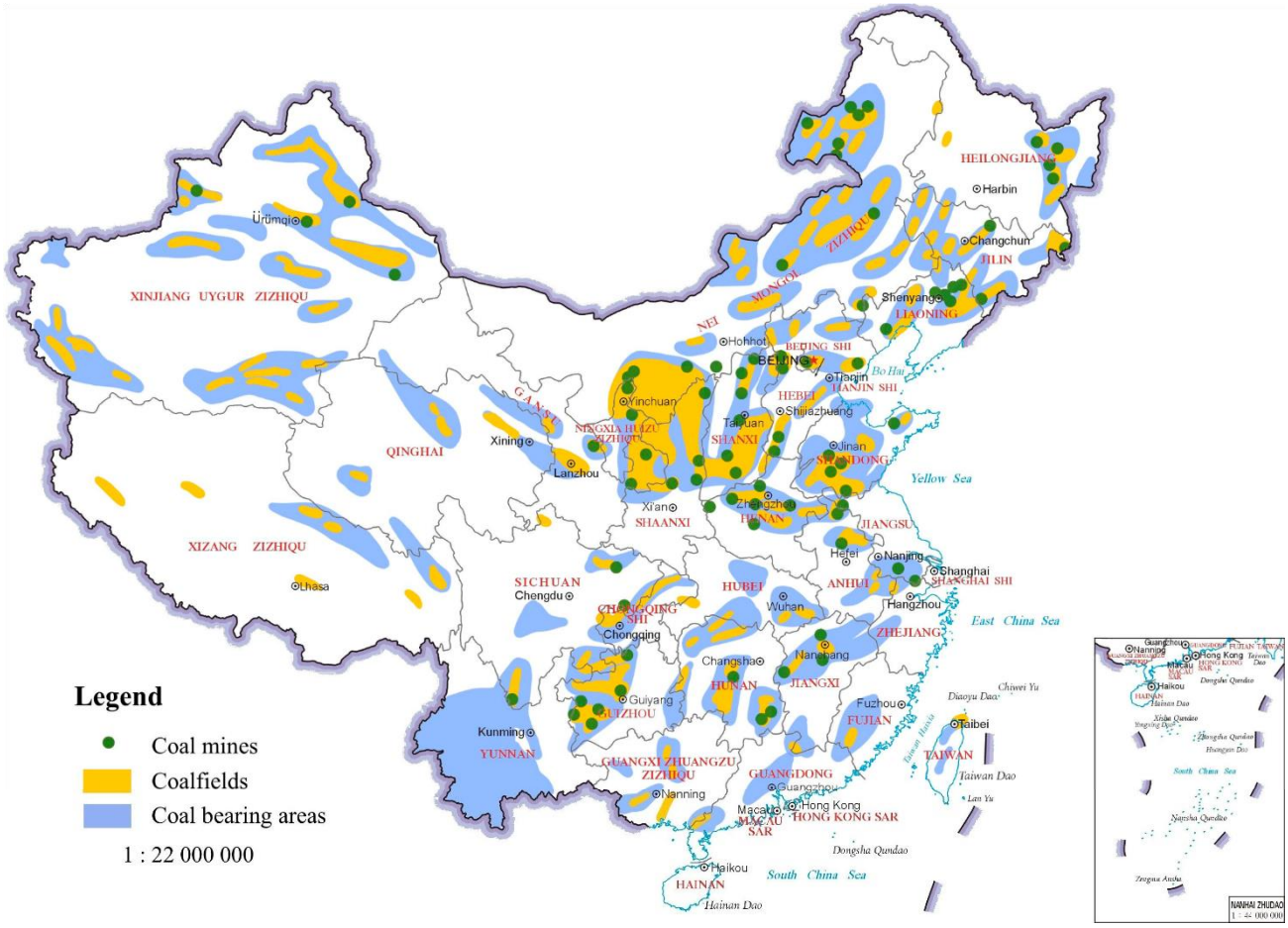


Рис. 14. Региональное распределение угля в Китае [73]

Индекс экологической эффективности (EPI) является наиболее широко используемым показателем экологической чистоты между странами. Это наиболее полный индекс, показывающий уровень чистоты оцениваемых стран от самой чистой до самой грязной. При оценке учитываются десятки показателей, а в статью включены данные по ста восьмидесяти странам мира [74]. Являясь составным индексом, индекс экологической эффективности объединяет данные по 40 показателям устойчивости в 11 широких категорий проблем, 3 политические цели и, в конечном итоге, в один общий балл EPI для каждой страны (рис.15) [75].

Таблица 4

Обзор результатов EPI в некоторых странах в 2022 г. [73]

Страны	EPI	10-летняя смена	Жизнеспособность экосистемы	Состояние окружающей среды	Климатическая политика
Китай	28,4	11,40	24,5	32,8	30,4
Россия	37,5	1,6	39	50,6	29,1
США	51,1	3,3	51,4	76,8	37,2
Великобритания	77,7	23	62,3	83,9	91,5
Индия	18,9	-0,6	19,3	12,5	21,7

Составлено авторами на основе «Отчета EPI за 2022 год» [75].

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

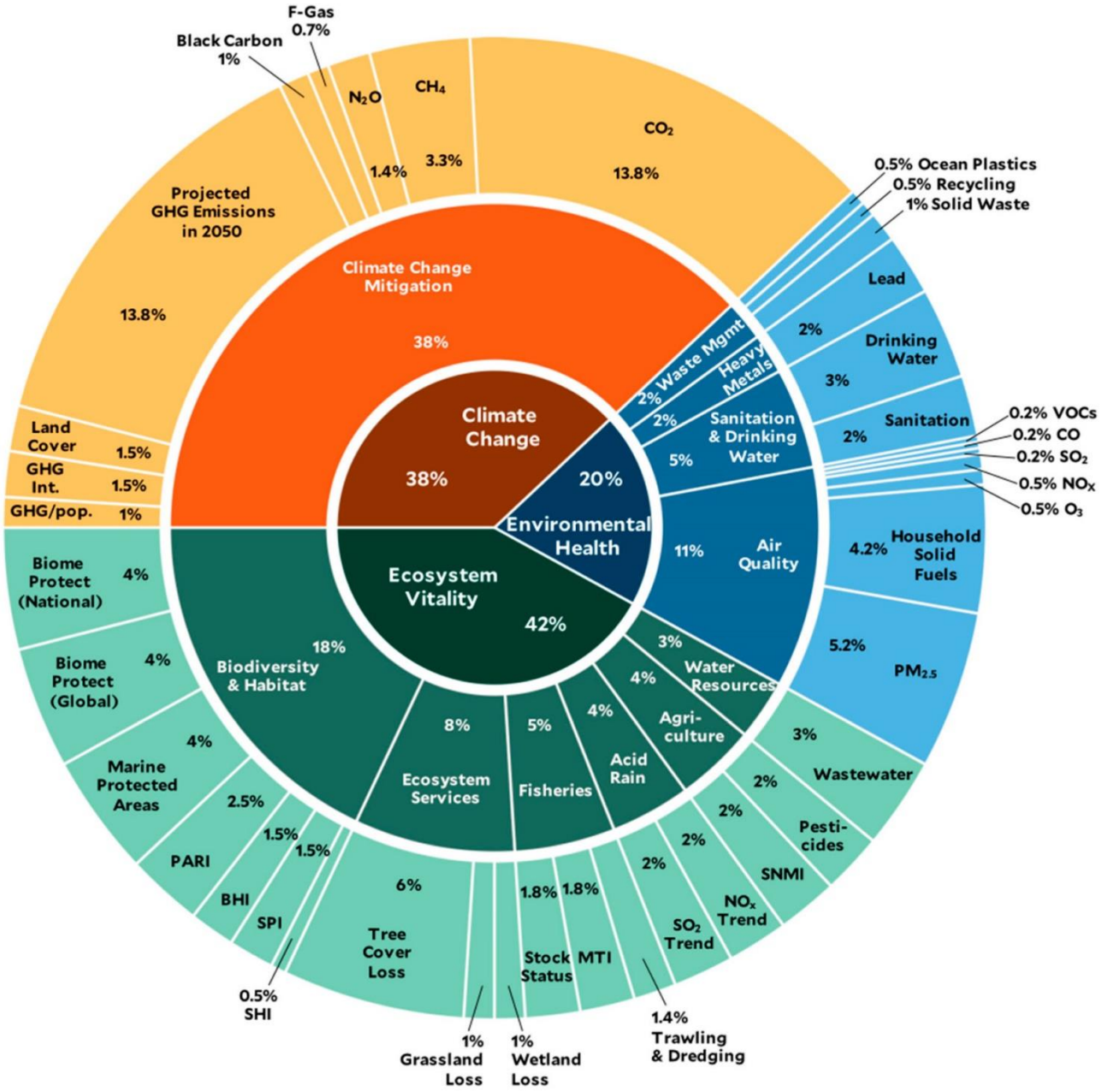


Рис. 15. Структура EPI 2022 [75]

В EPI 2022 факторы экологического успеха рассматриваются в трех категориях: (1) экономические; (2) управленческие; (3) социальные. Затем рассматривается, как эти факторы способствуют устойчивому развитию, и показывается, почему некоторые страны превосходят свои аналоги по экологическим показателям [76]. В табл. 4 приведены результаты оценки EPI для некоторых стран в 2022 году.

По показателю EPI в 2022 г. Китай в настоящее время занимает 160-е место в мире по количеству баллов, но по изменению баллов за десятилетие занимает 18-е место, что показывает, какое большое значение Китай придает чистой окружающей среде и добился значительного прогресса.

Согласно прогнозам EPI, в 2050 г. при сохранении нынешних тенденций только на четыре страны – Китай, Индию, США и Россию – будет приходиться более 50 % глобальных остаточных выбросов парниковых газов. В общей сложности 24 страны будут нести ответственность за почти 80 % выбросов в 2050 г., если лица, принимающие решения, не усилят климатическую политику и не изменят траектории выбросов.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

• Юридический

Для решения проблемы глобального потепления, вызванного парниковыми газами, в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК) в апреле 2016 года представители 73 стран подписали Парижское соглашение – международную конвенцию по борьбе с изменением климата путем инвестирования в устойчивое низкоуглеродное будущее. Парижское соглашение предусматривает, что развитые страны должны оказывать финансовую, технологическую и иную поддержку развивающимся странам. В частности, развитые страны обязались к 2020 году достичь цели по предоставлению развивающимся странам 100 млрд долл. в год в качестве вспомогательного финансирования для решения проблемы изменения климата. Парижское соглашение также предусматривает проведение инвентаризации общего прогресса глобальных действий каждые пять лет, начиная с 2023 года. Например, Китай предложил достичь пика выбросов CO_2 около 2030 г. и стремиться к его скорейшему достижению, а также сократить выбросы CO_2 на единицу ВВП на 60-65 % по сравнению с 2005 г. и другие цели автономных действий [77].

11 ноября 2022 г. Национальный координационный центр РКИК Китая официально представил в Секретариат РКИК “Отчет о прогрессе Китая в реализации национального целевого показателя автономного вклада (2022 г.)”. Для выполнения Парижского соглашения Китай также выпустил документ “План действий по достижению углеродного пика к 2030 году” и “Политику и действия Китая по борьбе с изменением климата”. В настоящее время Китай достиг новых результатов в контроле над выбросами парниковых газов в ключевых областях. По предварительным расчетам, в 2021 году интенсивность выбросов углерода в Китае будет на 3,8 % ниже, чем в 2020 году, и на 50,8 % ниже, чем в 2005 году, в совокупности. В 2021 году доля потребления экологически чистой энергии в Китае увеличилась до 25,5 %, а доля потребления угля снизилась до 56,0 % [78].

Таблица 5 сравнивает 13-й пятилетний план Китая и 14-й пятилетний план СТАНДАРТ.

Таблица 5

Политика в области устойчивого развития в Китае в пятилетних планах

Планы	Годы планируемого периода	Политика	Ключевое содержание пятилетнего плана
13-й пятилетний план (2016-2020)	2016	Тринадцатый пятилетний план развития угольной промышленности	1. Активно развивать экологически чистый уголь; 2. Проводить слияние и реструктуризацию угледобывающих предприятий с целью ликвидации отсталых производственных мощностей; 3. Повышать качество угля и контролировать производственные мощности; 4. Стабилизировать цены на уголь; 5. Поддерживать предприятия в развитии среднесрочного и долгосрочного сотрудничества; 6. Интеллектуальное развитие угольных шахт.
	2017	Тринадцатый пятилетний план обеспечения безопасности на угольных шахтах	
	2018	Руководство по работе с энергетикой в 2018 году	
	2019	Уведомление о работе по устранению избыточных мощностей в ключевых областях в 2019 году	
	2020	Уведомление о вопросах, связанных с рекомендацией первой партии демонстрации интеллектуальной угольной конструкции	
14-й пятилетний план (2021-2025)	2021	Программа действий «Пик углерода 2030»	1. Реализация программы «Карбон Пик»; 2. Разработка интеллектуальной интегрированной платформы управления угольной шахтой (искусственный интеллект, сетевые системы 5G); 3. Совершенствование управления безопасностью на угольных шахтах; 4. Усиление исследований в области эффективных угольных технологий и разработка ключевого оборудования и новых технологий
		Руководство по интеллектуальному строительству угольных шахт (2021 год издания)	
		Основные направления качественного развития угольной промышленности в 14-й пятилетке	
	2022	Основные направления качественного развития угольной промышленности в 14-й пятилетке	
		Наука и технологии для поддержки программы «Пик углерода» (2022-2030 гг.)	

Составлено авторами на основе информации с сайтов правительственных сетей Китая [79].

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Анализ показал, что в 13-м пятилетнем плане основное внимание уделялось экологичности и качеству угля для обеспечения производительности и эффективности, а в 14-м плане – интеллектуальным и информационным технологиям для обеспечения безопасности и эффективности. В связи со сложной международной ситуацией с предложением и спросом на энергоносители и резким ростом цен в 2022 году энергоснабжение и стабильность цен в Китае также столкнулись с большими рисками, поэтому Национальная комиссия по развитию и реформам Китая усовершенствовала план механизма ценообразования на уголь. Ожидается, что в 2023 году конкретные результаты работы механизма стабилизации цен на уголь в Китае и совершенствование системы производства, поставки, хранения и сбыта энергоносителей станут одним из ключевых моментов национальной политики. Затем, чтобы обеспечить реализацию политики углеродного пика, к 2024 и 2025 гг. ожидается не только стимулирование исследований новых технологий и усиление управления безопасностью угледобычи, но и реализация различных планов развития в соответствии с изменениями производственных мощностей различных угледобывающих регионов, от отраслевых стандартов до стандартов предприятий, с указанием целевых показателей снижения углерода. Поэтому правительство должно уделять больше внимания долгосрочному планированию, придерживаться реструктуризации промышленности и рационального природопользования, а также стремиться к устойчивому развитию энергетики [80]. Например, правительство может предоставлять различные процентные налоговые льготы и субсидии на НИОКР компаниям, которые стремятся к технологическим инновациям и охране окружающей среды [81].

3.2.2. SWOT-анализ

- Сильные стороны

В целях укрепления надежности энергоснабжения Комиссия Госсовета Китая по тарифам приняла решение о введении нулевой ставки импортной пошлины на весь уголь с 1 мая 2022 года по 31 марта 2023 года. При этом ранее для различных марок угля применялись ставки в размере 3 % (антрацит, коксующийся уголь, бурый уголь), 5 % (прочие виды угля и твердого топлива) и 6 % (каменный уголь) [82]. В настоящее время высокая цена на импортный уголь является основной причиной сдерживания роста импорта. Введение нулевой ставки налога на импорт для всего угля позволяет снизить стоимость импорта, расширить ввоз угольных ресурсов (Монголия, Россия, Канада). Цены на энергоносители в стране снижаются, а значит, импорт угля, как ожидается, будет трудно значительно увеличить. Комплексная механизированная добыча угля в Китае является эффективным методом разработки мощных угольных пластов. Его преимуществами являются высокая степень проходки, низкое энергопотребление, низкая стоимость и высокая эффективность [83]. Она относится к низкоуглеродным технологиям добычи и является основным способом отработки мощных угольных пластов в Китае. Это знаковая технология угледобычи в мире. В 2021 году в Китайском горно-технологическом университете была разработана технология интеллектуального управления разгрузкой угля на основе распознавания изображений, которая стала прорывом и впервые реализовала интеллектуальное управление разгрузкой угля в полном смысле этого слова [84]. Эта технология прошла промышленные испытания, была масштабирована и применена на соответствующих угольных шахтах. В настоящее время Австралия, Индия, Турция, Россия, Вьетнам и другие страны также начали уделять внимание и внедрять китайскую технологию полностью механизированной обрушенной добычи угля и проводить некоторые базовые исследования.

- Слабые стороны

В первой половине 2021 года Китай не импортировал уголь из Австралии, что неразрывно связано с внешней политикой. Колебания импорта угля влияли на цену угля в Китае, что, в свою очередь, сказывалось на его потреблении. Данные показывают, что с конца августа по 19 октября 2021 года фьючерсные цены на энергетический уголь продолжали расти с менее чем 126,9 долл. за тонну до 314,6 долл. за тонну. Производство тепловой энергии в Китае составляет 72 % от общего объема выработки электроэнергии, а на долю угля приходится около 50 % производства тепловой энергии [85], что также напрямую привело к значительному росту стоимости энергоснабжения в сочетании с усилением конкуренции в различных отраслях промышленности Китая. Конкуренция приводит к резкому росту стоимости сырья для предприятий, что вынуждает многие предприятия сворачивать свою деятельность и снижать прибыль. Себестоимость продукции превышает цену реализуемых товаров, что вынуждает предприятия останавливать производство.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Таблица 6

Российско-китайские соглашения о сотрудничестве в области энергетики до 2021 г. [Ошибка! Источник ссылки не найден.**]**

Области проекта	Партнеры	Содержание
Разработка нефтяных и газовых месторождений	Китайская национальная нефтегазовая корпорация (CNPC) и ПАО «НК «Роснефть» (Роснефть)	CNPC и «Роснефть» подписали лицензионное соглашение об использовании программного обеспечения RN-GRID – технологии моделирования и проектирования ГРП в нефтяных пластах. Роснефть будет способствовать повышению эффективности разработки китайских нефтегазовых месторождений.
Производственные объекты	Китайская национальная компания химического машиностроения Лтд. (CNCEC), Синогидро Групп Лтд., Китайская энергетическая инженерная группа Лтд. (CEEC) и ОАО «НК «Роснефть»	CNCEC и ОАО «НК «Роснефть» подписали соглашение о сотрудничестве в сфере закупок по участию в строительстве производственных объектов, которое предусматривает долгосрочное сотрудничество в области строительства в России новых производственных объектов по добыче, транспортировке и переработке нефти и газа в соответствии с перечнем капитальных проектов с учетом возможности участия в конкурентных закупках на период 2022-2027 гг. Синогидро Груп Лтд. и Роснефть подписали «Соглашение о сотрудничестве по участию в закупках в области строительства производственного оборудования». Синогидро Груп Лтд. будет активно участвовать в открытых конкурсах, проводимых ОАО «НК «Роснефть» и ее дочерними компаниями, в том числе в области нового строительства, модернизации, реконструкции и восстановления оборудования для добычи нефти, углеводородов и нефтеперерабатывающего оборудования. Компания CEEC Китайская компания «Гежуба Групп Лтд.» подписала соглашение о сотрудничестве с ОАО «НК «Роснефть», направленное на развитие долгосрочного сотрудничества в области добычи, транспортировки и переработки нефти и газа в России, а также на проведение конкретных переговоров по конкурентным закупкам для планируемых проектов ОАО «НК «Роснефть» в период с 2022 по 2027 год.
Энергетика, электросети	Китайская энергетическая инженерная группа, Лтд. (CEEC) и российский Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева, российское ПАО «Россети»	Китайский институт планирования и проектирования электроэнергетики CEEC и российский Институт систем энергетики имени Л.А. Мелентьева подписали меморандум о взаимопонимании по партнерскому соглашению, целью которого является развитие сотрудничества между двумя сторонами в области энергетического планирования и проектирования, исследований, связанных с энергетическими проектами, и т.д. В дальнейшем обе стороны будут развивать энергетическое сотрудничество между Россией и Китаем в области совместных исследований в области энергетики и энергетики, организации семинаров и рабочих групп, проведения международных конференций и форумов, обмена знаниями в области энергетики и энергетики, организации обменных визитов исследователей/экспертов и т.д. CEEC провел переговоры с российским ПАО «Россети» о возможностях сотрудничества в области модернизации и реконструкции электросетевых систем и новых строительных проектов в России и третьих странах и достиг предварительного намерения о сотрудничестве.
Зеленая энергетика	Китайская Харбинская электрическая корпорация (CHEC) и ОАО «НК «Роснефть»; Китайская Дунфанская электрическая корпорация (CDEC) и российское ПАО «Восток Петролеум» (ROP)	CHEC подписала соглашение о сотрудничестве с компанией «Роснефть» по проекту мощностью 25 МВт в Красноярском крае. Проект мощностью 25 МВт в Красноярском крае является первым ветроэнергетическим проектом, который планирует реализовать «Роснефть». Проект принадлежит дочерней компании «Роснефти» OOCL и расположен в Красноярском нефтеразведочном районе. CDEC и ROP подписали соглашение о сотрудничестве. Стороны договорились о создании рабочей группы для подготовки к началу исследования ветроэнергетического потенциала ветропарка проекта OOCL и дальнейшего углубления деталей сотрудничества. Ветроэнергетический проект в Ульяновске (Россия), ранее поставленный и построенный компанией Dongfang Electric, общей установленной мощностью 35 МВт, является первым крупномасштабным ветроэнергетическим проектом в России, а также первым демонстрационным проектом выхода китайского ветроэнергетического оборудования на российский рынок ветроэнергетики.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

• Угрозы

Возобновление новой вспышки COVID-19 в Китае и ограничения на передвижение людей привели к повсеместному и серьезному нарушению экономической деятельности. Во втором квартале 2022 года реальный ВВП резко упал на 2,6 % в годовом исчислении, что стало самым значительным снижением с начала вспышки, экономика Китая продолжает замедляться из-за сокращения потребления. Россия является важным источником импорта энергоносителей для Китая. Российский газ, нефть и другие энергоносители являются основными компонентами энергоснабжения Китая. Спрос на импорт российского угля возрос в связи с неофициальными ограничениями Китая на импорт австралийского угля в 2020 году, что также создаст определенную степень энергетического кризиса в Китае в случае возникновения проблем с поставками энергоносителей из России [88].

3.3. Планирование устойчивого развития угольного сектора Китая в пост-эпидемическую эпоху

3.3.1. Обеспечение безопасности национального хранилища энергии

Энергетическая безопасность включает в себя безопасность энергоснабжения, безопасность функционирования энергетической системы, безопасность жизни людей, а также использование энергии для национального экономического и социального развития. Помимо стихийных бедствий, финансовых кризисов и геополитики, риски энергетической безопасности должны учитывать и технические риски, такие как безопасность и стабильность энергетической системы, а также такие технические риски, как производство и эксплуатация; улучшать долгосрочный механизм инвестирования и управления безопасным производством в угольных шахтах, а также помогать угледобывающим предприятиям эффективно гарантировать инвестиции в безопасное производство; содействовать интеграции информационных технологий и управления безопасностью производства в угольных шахтах и повышать уровень информационных технологий в управлении безопасностью производства в угольных шахтах; совершенствовать информационную политику и систему регулирования безопасности в угольных шахтах и поощрять предприятия к созданию платформ автоматизации раннего предупреждения о бедствиях; совершенствовать построение информационных систем производственного надзора за безопасностью в угольных шахтах и повышать уровень надзора за безопасностью производства.

Достижение безопасного и устойчивого развития угольной промышленности должно опираться на гарантию достаточного количества угля. Для обеспечения безопасности хранения угольной энергии необходимо создать механизм высвобождения и сокращения угледобывающих мощностей, а основной источник производства электроэнергии перевести на возобновляемые источники энергии [89]. Когда гидроэнергетика, ветроэнергетика, солнечная энергетика и другие источники энергии осуществляют нормальное производство электроэнергии, угольные шахты сокращают производство и контролируют выпуск продукции; когда нормальное производство электроэнергии невозможно или производственных мощностей недостаточно, уголь используется вновь, а производственные мощности постепенно и разумно сворачиваются [90].

3.3.2. Планирование развития энергетики в различных регионах

Под влиянием таких факторов, как распределение угольных ресурсов и расположение промышленных объектов, угольная промышленность Китая в процессе развития постепенно сформировала каскадную схему развития на востоке, в центре и на западе. Интенсивность развития высока, а инвестиционная выгода снижается. Со временем ускорение развития угольной промышленности в западном направлении стало неизбежной тенденцией. Ограниченное региональными различиями в распределении угля, общее скоординированное развитие угля в Китае требует совершенствования производственной схемы угольных баз.

Согласно «Руководству по качественному развитию угольной промышленности Китая в 14-й пятилетке», мы можем оптимизировать размещение угольных ресурсов в соответствии с потребностями в угле, ресурсным потенциалом, региональными экономическими характеристиками, обеспеченностью ресурсами крупных угольных баз, интенсивностью развития, расположением рынка, экологическими возможностями, каналами передачи и другими факторами. Мы можем провести разумное позиционирование и научное планирование в соответствии с потребностями в угле, ресурсным потенциалом, региональными экономическими характеристиками, ресурсообеспеченностью, интенсивностью

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

развития, расположением рынка, экологической емкостью, каналом передачи и другими факторами, оптимизировать схему развития, способствовать системному планированию разработки угольных ресурсов и экологической защиты окружающей среды, а также повысить потенциал безопасности угольных ресурсов.

Согласно указаниям правительства, конкретными мерами по добыче и переработке угля в Китае являются: разработка и реализация планов работ по экологическому управлению и экологическому восстановлению районов угледобычи для обеспечения устойчивого развития; восстановление окружающей среды мест открытой добычи угля и промышленных производственных площадок, усиление профилактики и контроля загрязнения воздуха и воды в районах добычи, увеличение темпов рекультивации земель [91].

В то же время государству необходимо совершенствовать законы и нормативные акты по угольной промышленности, пересматривать политику в угольной отрасли, совершенствовать стандарты и технические процессы добычи [92], а также усилить контроль за состоянием окружающей среды, интегрировать экологическую политику во все аспекты регионального экономического развития [93], разрабатывать и совершенствовать стандарты, правила и надзор для “умных” шахт, чистой добычи угля и комплексного управления ресурсами.

3.3.3. Развитие экологически чистых угольных технологий

К 2025 году внутренние выбросы углекислого газа на единицу ВВП в Китае сократятся на 18 % за пять лет, или примерно на 9,266 млрд. т (в 2020 году выбросы CO_2, связанные с национальной энергетической системой Китая, составят около 11,3 млрд. т (включая выбросы промышленных процессов), а на долю угля, нефти и природного газа придется соответственно 66 %, 16 % и 6 % выбросов углерода). [94]. Согласно тенденции снижения потребления угля в энергопотреблении Китая на 1 % в год, к 2025 году потребление угля должно сохраниться на уровне около 52 %, и суммарные выбросы углерода в этом году также достигнут максимума – 8,01 млрд. т. Период плато составит 5-6 лет.

Для реализации 14-й пятилетки и долгосрочной цели 2035 года Китай должен создать «современную энергетическую систему» с точки зрения энергетики. Угольной промышленности необходимо усилить исследования в области интеллектуальных технологий для «зеленых» шахт, включая точную разведку и системы 4D-GIS, ключевые технологии для интеллектуальных быстрых угольных шахт, технологии интеллектуальных беспилотных горных машин, а также ключевые технологии для добычи угля. Экологически чистая добыча, построение технологии цепочки данных всего технологического процесса угольной шахты, внедрение интеллектуального принятия решений и автоматизации работы угольной шахты, а также содействие гибкому снабжению углем [95]. Минимизация углеродного следа путем внедрения экологически чистых источников энергии для сокращения использования угля в обрабатывающей промышленности Китая [96].

Что касается технологий, то необходимо активизировать усилия по исследованию ключевых технологий чистого, эффективного и низкоуглеродного использования угля и преобразованию полученных результатов, стимулировать разработку ключевых теорий и ключевых технологий чистого, эффективного и низкоуглеродного использования угля и включить их в ключевые технологические исследовательские проекты, такие как улавливание, связывание и утилизация углерода, в том числе в рамках национального плана поддержки науки и техники, ключевых инновационных областей энергетики и ключевых инновационных областей [97]. Реализовать демонстрационные проекты по экологически чистому и эффективному использованию угля, усилить контроль и стимулирующую политику для углепотребляющих отраслей. [98].

3.3.4. Усиление международного сотрудничества

Китай располагает огромным рынком потребления угля и имеет высокий спрос на него. Для поддержания стабильности китайского импорта угля необходимо в полной мере использовать потребности китайского рынка в угле и заключать средне- и долгосрочные контракты на импорт угля со странами, расположенными вдоль «Пояса и пути» и обладающими богатыми запасами угля. С марта по апрель 2022 г. общий объем торговли товарами между Китаем и Россией достиг 24,36 млрд. долл., увеличившись на 15,2 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, в том числе общий объем импорта товаров Китаем из России достиг 16,73 млрд. долл. В новых

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

международных условиях Россия более позитивно относится к торгово-экономическому сотрудничеству с Китаем, обе страны будут реализовывать достигнутые консенсусы по взаимодействию и активно расширять новые направления сотрудничества. Китай должен включить международное сотрудничество в области добычи полезных ископаемых в общее планирование стратегии национальной безопасности, усилить стратегические исследования в области международного сотрудничества в области угля, а также глубоко интегрировать международное сотрудничество в области угля с экономическим и торговым сотрудничеством в рамках «Пояса и пути» промышленными инвестициями, финансовым сотрудничеством и другими областями [99].

4. Обсуждение

В большинстве исследований по УР рассматривается энергетический сектор Китая, в том числе сегменты возобновляемой энергетики. Экономический спад, вызванный COVID-19, привел к снижению спроса на электроэнергию [100,101]. Для достижения устойчивых экологических целей в структуре энергетики ископаемое топливо должно быть заменено на возобновляемые источники энергии [102]. Политика Китая для УР, которая должна быть реализована в 2020 г., свидетельствует о стремлении правительства развивать возобновляемую энергетику [103]. Существует четыре основных вида экологически чистой энергии: атомная, гидроэнергетическая, ветровая и фотоэлектрическая. Гидроэнергетика является одним из основных источников возобновляемой энергии в Китае, занимая второе место по количеству возобновляемых энергетических технологий (ВИЭ) для производства электроэнергии [104]. К концу 2021 года мощность гидроэлектростанций в Китае составит 134,01 млрд. кВтч, а атомных электростанций – 407,52 млрд. кВтч [105]. Однако расширение гидроэнергетических и атомных проектов одновременно привело к увеличению переработки полезных ископаемых в процессе производства, поэтому темпы роста гидроэнергетики и атомной энергетики в Китае в настоящее время постепенно замедляются [106].

В целом по миру установленные мощности возобновляемой энергетики за время пандемии увеличились более чем на 25 млрд. Вт, причем чистый прирост генерирующих мощностей возобновляемой энергетики превысил аналогичный показатель для ископаемого топлива и атомной энергетики вместе взятых. К 2022 году установленная мощность возобновляемых источников энергии в Китае достигнет 1,213 млрд. кВт, что составит 47,3 % от общей установленной мощности генерации в стране, а производство энергии из возобновляемых источников достигнет 2,7 трлн. киловатт-часов, что составит 31,6 % от потребления электроэнергии в обществе, что эквивалентно сокращению внутренних выбросов углекислого газа примерно на 2,26 млрд. т [107].

УР угольной промышленности является основой энергетической безопасности. Анализ объемов производства и потребления в энергетическом секторе Китая, а также структуры видов выработки электроэнергии показывает, что сложившаяся в Китае структура энергетики с преобладанием угля в ближайшей перспективе вряд ли претерпит принципиальные изменения (на долю угля приходится около 56 %). В 14-м пятилетнем плане развития возобновляемой энергетики указывается, что к 2025 году общий объем потребления возобновляемой энергии в Китае должен составить около 1 млрд. т стандартного угля, что составит около 18 % потребления первичной энергии, а потребление неископаемой энергии – около 20 % [108]. Поэтому основное внимание по-прежнему уделяется оптимизации добычи и использования угольных ресурсов в стране.

На основе сопоставления данных можно сделать вывод, что вспышка COVID-19 оказала негативное влияние на производство и потребление угля, но не повлияла на устойчивое направление развития угольной промышленности Китая. После того как в 2015 году в Парижском климатическом соглашении была поставлена глобальная цель достижения углеродной нейтральности, китайский подход к угольной промышленности был ориентирован на «высококачественное производство и использование». Начиная с 2020 года Китай постепенно предлагает различные стратегии поддержки эффективного использования экологически чистого угля, включая техническую поддержку и экологические рекомендации. В пост-эпидемическую эпоху направление развития китайской угольной промышленности остается устойчивым, а общий акцент делается на достижении снижения выбросов углекислого газа и пиковых значений выбросов углекислого газа. В дополнение к вышесказанному правительство поощряет трансформацию энергетической системы в низкоуглеродную, и нельзя игнорировать ценообразование на углерод. Гибкие стимулы или

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

штрафные санкции для компаний с разным уровнем выбросов углерода способствовали бы развитию устойчивости [109]. Учитывая вариативность региональных планов устойчивого развития, можно ввести единую модель расчета, включающую расчет каждой статьи затрат, участвующей в цепочке создания стоимости продукта: затраты на энергию, прямые затраты на материалы, косвенные затраты, затраты на услуги и трудозатраты [110]. Компаниям необходимо тщательно реализовывать стратегии устойчивого развития, в первую очередь для развития передовых научно-технических кадров, например, сотрудничать с колледжами и университетами, использовать обучение с расширением возможностей для развития у студентов навыков работы и интереса к НИОКР, а также привлекать талантливых специалистов на предприятия [111]. Во-вторых, компаниям необходимо уделять внимание собственному стратегическому планированию, управлению и оценке для долгосрочного развития, чтобы справиться с нестабильностью, вызванной колебаниями цен в энергетической отрасли в условиях макросреды и жесткими показателями в условиях международного экологического надзора [112, 113]. Угольные компании могут также сформулировать модель циркулярного бизнеса для продления собственного жизненного цикла путем создания новой бизнес-цепочки [114], обращать внимание на инвестиционные тенденции на рынке торговли энергоресурсами, проводить оценку рисков инновационных проектов в отраслях переработки и сбыта угольной промышленности, инвестировать в лучшие проекты и формулировать конкурентные стратегии [115]. Наконец, компаниям необходимо ориентироваться на долгосрочную стоимость развития, больше инвестировать в проекты устойчивого развития и повышать эффективность долгосрочного развития [116]. Перечисленные выше вопросы все еще находятся в стадии обсуждения. Сочетая стратегические инструменты с подходом к устойчивой энергетике, авторы анализируют изменения в развитии угольной промышленности Китая в пост-эпидемическую эпоху и предлагают устойчивое направление для будущего развития угольной промышленности Китая. Ограничения исследования связаны с тем, что авторы сосредоточились на исследовании угольной промышленности в энергетическом секторе Китая как странового примера и не распространяют его на другие страны для перекрестного сравнения. Другие виды генерации в энергетике рассмотрены очень кратко. Проблемы “зеленой” энергетики исследовались на примере угольной промышленности, без детального изучения других отраслей, осуществляющих производство возобновляемой энергии (ветрогенерация, солнечная генерация). Во-вторых, анализ в данной работе сфокусирован на развитии и управлении угольной промышленностью до и после эпидемии, при этом не слишком расширены стандарты и инструменты оценки эффективности экологического управления, например, индекс экологической эффективности (EPI) в угольной промышленности, который авторы будут исследовать в качестве нового направления в своих последующих исследованиях систем экологической оценки в угольной промышленности. Кроме того, применение интеллектуальных технологий в угольной промышленности в эпоху больших данных также станет предметом последующих исследований авторов.

5. Выводы

1. Анализ показал, что производство и потребление угля в Китае неуклонно растет, в том числе и в период 2018-2021 годов. Также увеличилось общее потребление в четырех основных углепотребляющих отраслях, включая электроэнергетику, металлургию, химическую промышленность и производство строительных материалов.

2. Импорт угля в Китай имеет тенденцию к увеличению, а экспорт – к значительному снижению. Структура импорта в 2022 году изменилась. Значительно увеличился объем поставок из России, Индонезии и Монголии, в то же время значительно снизился объем поставок из Канады, США и Австралии.

3. В Китае существуют два основных механизма ценообразования на уголь: цена, определяемая рыночным спросом и предложением, и цена, формируемая государственным вмешательством. В 2022 году цены имели тенденцию к росту, при этом общий уровень цен был ниже, чем в пандемическом 2021 году.

4. Детальный PESTEL-анализ угольной промышленности Китая показал, что угольные предприятия находятся в государственной собственности. Правительство разрабатывает масштабные программы декарбонизации, устойчивого развития угольной промышленности, программы

 Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

смягчения последствий COVID-19 по энергетике и экономике и другие. Темпы роста китайской экономики постепенно замедляются. Спрос на энергетический уголь в Китае во многом зависит от макроэкономических условий и развития смежных отраслей и, как правило, является рынком, ориентированным на спрос. Большое внимание уделяется переходу от сырьевого, низкотехнологичного производства к высокотехнологичному с более высокой добавленной стоимостью и др. Китай активно разрабатывает новые технологии добычи угля, закрывает неэкологичные шахты, не финансирует зарубежные угольные проекты, разрабатывает инновационные технологии экологически чистого потребления угля. К 2060 году Китай планирует стать углеродно-нейтральным. На сегодняшний день экологические показатели Китая находятся на недостаточном уровне, что требует интенсивной работы над ними. Поэтому современное энергетическое планирование Китая направлено на обеспечение энергетической устойчивости при соблюдении экологических ограничений.

5. SWOT-анализ угольной промышленности Китая показал, что сильными сторонами являются инновационные технологии разработки мощных угольных пластов, а слабыми – растущие цены на импортный уголь, объем потребления которого составляет 8 %. Возможности предоставляют расширение импорта угля из России и развитие инфраструктуры, а угрозу – потенциальная вспышка новой коронавирусной инфекции, которая в настоящее время считается преодолимой.

6. Основными рисками для развития угольной промышленности Китая и факторами вызова являются высокое энергопотребление и энергоемкость ВВП Китая; необходимость огромной добычи угля, а также его импорта; сложность решения проблемы возобновляемых источников энергии при необходимых объемах использования угля; необходимость снижения нагрузки на окружающую среду и перехода к 2060 году к углеродной нейтральности; необходимость интенсивной разработки и внедрения чистых угольных технологий.

7. В рамках достижения цели «двойного углерода» при реструктуризации энергетики Китая необходимо учитывать взаимосвязь между краткосрочной и долгосрочной перспективой. В условиях тяжелой ситуации новой эпидемии, возросших рисков и неопределенности ископаемые источники энергии будут играть важную роль в поддержании устойчивого прогресса китайской экономики. Углубляя энергетическую революцию, необходимо соблюдать основные национальные условия структуры угольной энергетики. В условиях внезапно возникающих угроз общественной безопасности правительству необходимо разработать эффективную политику по предотвращению эпидемий и борьбе с ними. Компаниям необходимо совершенствовать системы планирования на случай чрезвычайных ситуаций и соответствующим образом дополнять резервы на случай чрезвычайных ситуаций, создавать аварийные запасы в соответствии с оценкой риска мобилизационных угроз.

8. Повышение надежности хранения энергии в Китае может стать механизмом сокращения и высвобождения мощностей по добыче угля. Когда гидроэнергетика, ветроэнергетика, солнечная энергетика и другие источники энергии находятся на стадии нормальной выработки электроэнергии, угольные шахты будут снижать мощности и контролировать выработку; когда нормальная выработка электроэнергии невозможна или мощности недостаточны, уголь будет играть роль гаранта результата.

9. Усилить развитие экологически чистого, эффективного и низкоуглеродного использования угля, а также научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, включить в число ключевых энергетических инноваций такие технологические проекты, как улавливание, хранение и переработка углерода. Сосредоточить внимание на регионах, потребляющих большое количество угля, и усилить поддержку промышленной и финансовой политики. Затем активно содействовать высококачественному развитию современной угольной промышленности, продвигать газификацию угля, сжижение угля, конверсию угля в природный газ и угля в олефины, расширять цепочку углехимической промышленности и продвигать технологические достижения в области новых материалов на основе угля.

10. Содействовать устойчивому развитию и трансформации отрасли, развивать экономику замкнутого цикла. Усилить стратегические исследования в области международного сотрудничества в угольной отрасли, наладить экономическое и торговое сотрудничество, промышленные инвестиции, финансовое сотрудничество и т.д. со странами, расположенными вдоль «Пояса и пути»; развивать зарубежные горнодобывающие базы и создавать индустриальные парки, где координируются капитальные, горные, инженерные, эксплуатационные и внешнеторговые операции; открыть зоны

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

поставок ресурсов для стран, расположенных вдоль «Пояса и пути», снижая транспортные риски и совместно создавая высококачественные угольные разработки.

***Вклад авторов**: Л.З. и Т.П. совместно определили тему обзора и выбрали подход к классификации; Т.П. спланировал методологию и руководил работой; Л.З. собрал и проанализировал данные; Л.З. и Т.П. совместно написали статью. Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.*

***Финансирование:** Данное исследование не получало внешнего финансирования.*

***Заявление Совета по институциональному надзору**: Не применимо.*

***Положение об информированном согласии**: Не применимо.*

***Заявление о доступности данных**: Не применимо.*

***Благодарности**: Мы благодарны четырем анонимным рецензентам за конструктивные и полезные замечания.*

***Конфликты интересов**: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

ЛИТЕРАТУРА

1. De La Peña, L.; Guo, R.; Cao, X.; Ni, X.; Zhang, W. Accelerating the energy transition to achieve carbon neutrality. *Resour. Conserv. Recycl*. 2022, 177, 105957. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105957
2. Siksnelyte-Butkiene, I. Impact of the COVID-19 Pandemic to the Sustainability of the Energy Sector. *Sustainability* 2021, 13, 12973. https://doi.org/10.3390/su132312973
3. Pata, U.K.; Kumar, A. The influence of hydropower and coal consumption on greenhouse gas emissions: A comparison between China and India. *Water* 2021, 13, 1387. https://doi.org/10.3390/w13101387
4. Ukaogo, P.O.; Ewuzie, U.; Onwuka, C.V. Environmental pollution: Causes, effects, and the remedies. In Microorganisms for sustainable environment and health. *Microorg. Sustain. Environ. Health* 2020, 419–429. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819001-2.00021-8
5. Zhang, F.; Deng, X.; Phillips, F.; Fang, C.; Wang, C. Impacts of industrial structure and technical progress on carbon emission intensity: Evidence from 281 cities in China. *Technol. Forecast. Soc*. 2020, 154, 119949. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119949
6. Li, L.; Lei, Y.;Wu, S.; He, C.; Chen, J.; Yan, D. Impacts of city size change and industrial structure change on CO_2 emissions in Chinese cities. *J. Clean. Prod*. 2018, 195, 831–838. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.208
7. Wang, Z.; Li, C.; Liu, Q.; Niu, B.; Peng, S.; Deng, L.; Kang, P.; Zhang, X. Pollution haven hypothesis of domestic trade in China: A perspective of SO_2 emissions. *Sci. Total Environ*. 2019, 663, 198–205. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.287
8. Xu, G.; Schwarz, P.; Yang, H. Adjusting energy consumption structure to achieve China's CO_2 emissions peak. *Renew. Sustain. Energy Rev*. 2020, 122, 109737. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109737
9. Tian, X.; Bai, F.; Jia, J.; Liu, Y.; Shi, F. Realizing low-carbon development in a developing and industrializing region: Impacts of industrial structure change on CO_2 emissions in southwest China. *J. Environ. Manag*. 2019, 233, 728–738. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.078
10. Zheng, H.; Zhang, Z.; Wei, W.; Song, M.; Dietzenbacher, E.; Wang, X.; Meng, J.; Shan, Y.; Ou, J.; Guan, D. Regional determinants of China's consumption-based emissions in the economic transition. *Environ. Res. Lett*. 2020, 15, 074001. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab794f
11. Leach, F.; Kalghatgi, G.; Stone, R.; Miles, P. The scope for improving the efficiency and environmental impact of internal combustion engines. *Transp. Eng*. 2020, 1, 100005. https://doi.org/10.1016/j.treng.2020.100005
12. Liu, Z.; Deng, Z.; Davis, S.J.; Giron, C.; Ciais, P. Monitoring global carbon emissions in 2021. *Nat. Rev. Earth Environ*. 2022, 3, 217–219. https://doi.org/10.1038/s43017-022-00285-w https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/35340723
13. BP Statistical Review of World Energy 2022. Available online: https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf (accessed on 3 March 2023).
14. Yurak, V.V.; Dushin, A.V.; Mochalova, L.A. Vs sustainable development: Scenarios for the future. *J. Min. Inst*. 2020, 242, 242–247. https://doi.org/10.31897/pmi.2020.2.242
15. Gyamfi, B.A.; Adedoyin, F.F.; Bein, M.A.; Bekun, F.V.; Agozie, D.Q. The anthropogenic consequences of energy consumption in E7 economies: Juxtaposing roles of renewable, coal, nuclear, oil and gas energy: Evidence from panel quantile method. *J. Clean. Prod*. 2021, 295, 126373. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126373
16. China Mineral Resources. 2022. Available online: http://ccera.com.cn/upload/coal/file/20220921/1663743339124064.pdf (accessed on 3 September 2022).
17. Li, S.; Zhao, Y.; Xiao, W.; Yue, W.; Wu, T. Optimizing ecological security pattern in the coal resource-based city: A case study in Shuozhou City, China. *Ecol. Indic*. 2021, 130, 108026. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108026
18. Qi, H. Structural Analysis of China's Coal Supply and Demand and Research on Energy Conservation Issues. *China Collect. Econ*. 2022, 13, 138–140.
19. Wang, S.; Li, C.; Zhou, H. Impact of China's economic growth and energy consumption structure on atmospheric pollutants: Based on a panel threshold model. *J. Clean. Prod*. 2019, 236, 117694. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117694
20. Liu, X.; Guo, P.; Nie, L. Applying emergy and decoupling analysis to assess the sustainability of China's coal mining area. *J. Clean. Prod*. 2020, 243, 118577. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118577
21. Wu, P.; Zhao, G.; Li, Y. Green Mining Strategy Selection via an Integrated SWOT-PEST Analysis and Fuzzy AHP-MARCOS Approach. *Sustainability* 2022, 14, 7577. https://doi.org/10.3390/su14137577
22. Metzler, B. Leveling up your research and research operations: Strategies for scale. *Ethnogr. Prax. Ind. Conf. Proc*. 2020, 2020, 203–217. https://doi.org/10.1111/epic.12029

 Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

23. Samusenko, A.S.; Plaskova, N.S.; Prodanova, N.A. The analysis of the external environment to determine the practical focus of applied research and development in the framework of innovation. *Complex Syst. Innov. Sustain. Digit. Age* 2020, 1, 245–255. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44703-8_27

24. Azimi, R.; Yazdani-Chamzini, A.; Fouladgar, M.M.; Zavadskas, E.K.; Basiri, M.H. Ranking the strategies of mining sector through ANP and TOPSIS in a SWOT framework. *J. Bus. Econ. Manag.* 2011, 12, 670–689. https://doi.org/10.3846/16111699.2011.626552

25. Ghicajanu, M.I.H.A.E.L.A. Application of SWOT technique in business management. *Ann. Univ. Petroşani Econ*. 2021, 21, 161–168.

26. Omer, S.K. SWOT analysis implementation's significance on strategy planning. *J. Process Manag. New Technol*. 2019, 7, 56–62. https://doi.org/10.5937/joupроman7-20167

27. Piercy, N.; Giles, W. Making SWOT analysis work. *Mark. Intell. Plan.* 1989, 7, 5–7. https://doi.org/10.1108/EUM0000000001042

28. China Energy Media Research Institute. 2022. Available online: https://news.bjx.com.cn/html/20220719/1242318.shtml (accessed on 19 July 2022).

29. China Energy Media Research Institute. 2021. Available online: https://coal.in-en.com/html/coal-2595995.shtml (accessed on 16 June 2021).

30. China New Energy Network. Available online: http://www.china-nengyuan.com/baike/5869.html (accessed on 19 March 2020).

31. Ma, J.; Zhang, R.; Li, L.; Liu, Z.; Sun, J.; Kong, L.; Liu, X. Analysis of the Dust-Concentration Distribution Law in an Open-Pit Mine and Its Influencing Factors. *ACS Omega* 2022, 7, 43609–43620. https://doi.org/10.1021/acsomega.2c04439 https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36506143

32. Meng, F.; Zhang, T. Analysis of the impact of the "Belt and Road" initiative on China's coal import and export. *Sino-Foreign Energy* 2022, 27, 8–14.

33. National Bureau of Statistics of China. Available online: http://www.stats.gov.cn/ (accessed on 6 December 2022).

34. Interim Measures for Commercial Coal Quality Management. Available online: http://www.customs.gov.cn/urumqi_customs/jyjy123/1713512/2100898/index.html (accessed on 18 November 2018).

35. Feng, Y.; Feng, H. The development history and prospect of China's coal price index. *China Coal* 2019, 45, 10–14. https://doi.org/10.19880/j.cnki.ccm.2019.05.002

36. Wang, X.; Liu, C.; Chen, S.; Chen, L.; Li, K.; Liu, N. Impact of coal sector's de-capacity policy on coal price. *Appl. Energy* 2020, 265, 114802. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114802

37. China Thermal Coal (5500Kcal/kg) Price. Available online: https://yte1.com/datas/donglimei-pri?end=2022 (accessed on 3 December 2022).

38. Ofori, P.; Hodgkinson, J.; Khanal, M.; Hapugoda, P.; Yin, J. Potential resources from coal mining and combustion waste: Australian perspective. *Environ. Dev. Sustain*. 2022, 1–18. https://doi.org/10.1007/s10668-022-02492-3

39. General Administration of Customs of China. Available online: http://www.zhijinsteel.com/tongji/jktj/index.html (accessed on 12 December 2022).

40. Bowen, A.; Kuralbayeva, K.; Tipoe, E.L. Characterising green employment: The impacts of 'greening' on workforce composition. *Energy Econ*. 2018, 72, 263–275. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.03.015

41. Du, J.; Dabuo, F.T.; Madzikanda, B.; Boamah, K.B.; Coulibaly, P.T.; Anfom, K. Influence of environmental regulation and resource utilization on research and development towards sustainability: A perspective of China's coal mining industry. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Green Energy, Environment and Sustainable Development (GEESD2021b)*; IOS Press: Amsterdam, The Netherlands, 2021. https://doi.org/10.3233/ATDE210258

42. Wang, Q.; Yang, X.; Li, R. The impact of the COVID-19 pandemic on the energy market – A comparative relationship between oil and coal. *Energy Strategy Rev*. 2022, 39, 100761. https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100761

43. Qian, X.; Wang, D.; Wang, J.; Chen, S. Resource curse, environmental regulation and transformation of coal-mining cities in China. *Resour. Policy* 2021, 74, 101447. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101447

44. Hwang, J.; Song, M.; Cho, S. Institutional Arrangement and Policy Context Underlying Sustainability Actions in the US: Lessons for Asian Regions. *J. Contemp. East. Asia* 2020, 19, 59–83. https://doi.org/10.17477/jcea.2020.19.1.059

45. Hanna, R.; Xu, Y.; Victor, D.G. After COVID-19, green investment must deliver jobs to get political traction. *Nature* 2020, 582, 178–180. https://doi.org/10.1038/d41586-020-01682-1

46. Wang, G.; Liao, Q.; Li, Z.; Zhang, H.; Liang, Y.;Wei, X. How does soaring natural gas prices impact renewable energy: A case study in China. *Energy* 2022, 252, 123940. https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123940

47. Natural Gas Price Trends. Available online: https://tradingeconomics.com/commodity/natural-gas (accessed on 5 December 2022).

48. Liu, Y.; Zhou, Y. Territory spatial planning and national governance system in China. *Land Use Policy* 2021, 102, 105288. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105288

49. Zhu, B.; Zhang, T. The impact of cross-region industrial structure optimization on economy, carbon emissions and energy consumption: A case of the Yangtze River Delta. *Sci. Total Environ*. 2021, 778, 146089. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146089

50. Jia, Z.; Lin, B. How to achieve the first step of the carbon-neutrality 2060 target in China: The coal substitution perspective. *Energy* 2021, 233, 121179. https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121179

51. Clean Coal Technologies in Japan. Available online: https://www.jcoal.or.jp/eng/cctinjapan/ (accessed on 17 December 2022).

52. Szima, S.; del Pozo, C.A.; Cloete, S.; Fogarasi, S.; Álvaro, J.; Cormos, A.-M.; Cormos, C.-C.; Amini, S. Techno-economic assessment of IGCC power plants using gas switching technology to minimize the energy penalty of CO_2 capture. *Clean Technol*. 2021, 3, 594–617. https://doi.org/10.3390/cleantechnol3030036

53. Tang, J.; Chu, M.S.; Li, F.; Feng, C.; Liu, Z.G.; Zhou, Y.S. Development and progress on hydrogen metallurgy. *Int. J. Miner. Metall. Mater*. 2020, 27, 713–723. https://doi.org/10.1007/s12613-020-2021-4

54. Classification of National Economic Industries in 2017 (GB/T 4754-2017). Available online: http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjbz/hyflbz/201710/t20171012_1541679.html (accessed on 29 September 2017).

55. Regulations on the Division of Three Industries. Available online: http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjbz/201301/t20130114_8675.html (accessed on 18 November 2022).

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

56. Change Trend of China's Gross National Product from 2018 to 2022. Available online: http://www.gov.cn/shuju/hgjjyxqk/detail.html?q=0 (accessed on 12 December 2022).
57. Huo, C.; Chen, L. The Impact of the Income Gap on Carbon Emissions: Evidence from China. *Energies* 2022, 15, 3771. https://doi.org/10.3390/en15103771
58. Income and Consumption Expenditure of Chinese Residents. Available online: http://www.gov.cn/index.htm (accessed on 12 December 2022).
59. Yang, S.; Jiang, Q.; Sánchez-Barricarte, J.J. China's fertility change: An analysis with multiple measures. *Popul. Health Metr*. 2022, 20, 1–14. https://doi.org/10.1186/s12963-022-00290-7
60. Guo, J. Review and Prospect of Underground Coal Mining Technology and Equipment in China. *China Coal* 2021, 47, 24–30. https://doi.org/10.19880/j.cnki.ccm.2021.02.003
61. Wang, G. Technical innovation and development of complete equipment for high-efficiency mining face in coal mines. *Coal Sci. Technol*. 2010, 38, 63–68+106. https://doi.org/10.13199/j.cst.2010.01.68.wanggf.008
62. Hu, B.; Zhang, P.; Zhang, F. Safe and efficient production practice and development countermeasures of coal mines in China. *Coal Econ. Res*. 2019, 39, 4–9. https://doi.org/10.13202/j.cnki.cer.2019.04.019
63. Guo, J.; Tan, J. Meticulous design and continuous innovation to build a world-class modern mine. *Well Constr. Technol*. 2020, 41, 20–23. https://doi.org/10.19458/j.cnki.cn11-2456/td.2020.05.004
64. Liu, R.; Xiao, P.; Zhong, L.; Jiang, J.; Xu, Z. Research status of 700 _C ultra-supercritical coal-fired power generation technology. *Therm. Power Gener*. 2017, 46, 1–7+23.
65. Wang, G.; Li, S.; Zhang, J.; Pang, Y.; Chen, P.; Chen, G.; Du, Y. Consolidating the safety of the coal industry and laying the cornerstone of energy security. *China Coal* 2022, 48, 1–9. https://doi.org/10.19880/j.cnki.ccm.2022.07.001
66. Guo, H.; Lyu, X.; Meng, E.; Xu, Y.; Zhang, M.; Fu, H.; Zhang, Y.; Song, K. CCUS in China: Challenges and Opportunities. In Proceedings of the SPE Improved Oil Recovery Conference, Virtual, 25–29 April 2022. https://doi.org/10.2118/209468-MS
67. China: Decoupling GDP Growth from Rising Emissions. Available online: https://energypost.eu/china-decoupling-gdp-growthfrom-rising-emissions/ (accessed on 12 April 2021).
68. Sun, W.; Ren, S.; Liu, K.; Zan, C. Decoupling China's mining carbon emissions from economic development: Analysis of influencing factors. *Front. Environ. Sci*. 2022, 10, 944708. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.944708
69. Wu, Z.; Huang, X.; Chen, R.; Mao, X.; Qi, X. The United States and China on the paths and policies to carbon neutrality. *J. Environ. Manag*. 2022, 320, 115785. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115785
70. Ministry of Ecology and Environment: "Thirteenth Five-Year Plan" China'sWork on Climate Change Has Achieved Remarkable Results. Available online: http://news.cctv.com/2020/10/21/ARTIDkN02hTRiTyzLm8E65nE201021.shtml (accessed on 21 October 2020).
71. 2021 Bulletin on the State of China's Ecological Environment. Available online: http://www.gov.cn/xinwen/2022-05/28/5692799/files/349e930e68794f3287888d8dbe9b3ced.pdf (accessed on 26 May 2022).
72. Regional Ecological Quality Evaluation Measures. Available online: https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk03/202111/W020211124377111066485.pdf (accessed on 17 October 2021).
73. Regional Distribution of Coal in China. Available online: https://www.osgeo.cn/map/m01c8 (accessed on 17 February 2020).
74. Wolf, M.J.; Emerson, J.W.; Esty, D.C.; de Sherbinin, A.;Wendling, Z.A. *Environmental Performance Index*; Yale Center for Environmental Law & Policy: New Haven, CT, USA, 2022.
75. 2022 EPI Report. Available online: https://epi.yale.edu/downloads/epi2022report06062022.pdf (accessed on 6 June 2022).
76. Wendling, Z.A.; Jacob, M.; Esty, D.C.; Emerson, J.W. Explaining environmental performance: Insights for progress on sustainability. *Environ. Dev*. 2022, 44, 100741. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2022.100741
77. Zhuang, G. China is Capable of Leading Global Climate Governance. In *Beautiful China: 70 Years Since 1949 and 70 People's Views on Eco-Civilization Construction*; Springer: Singapore, 2021; pp. 717–725. https://doi.org/10.1007/978-981-33-6742-5_71
78. Shi, T. The Spatiotemporal Evolutionary Trend and Driving Factors of the Coupling Coordinated Development between Regional Green Finance and Ecological Environment. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 6211. https://doi.org/10.3390/ijerph19106211 https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/35627747
79. China Government Network. Available online: https://www.gov.cn/ (accessed on 3 December 2022).
80. Zhang, B.; Wang, S.; Wang, D.; Wang, Q.; Yang, X.; Tong, R. Air quality changes in China 2013–2020: Effectiveness of clean coal technology policies. *J. Clean. Prod*. 2022, 366, 132961. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132961
81. Qi, R.; Liu, T.; Jia, Q.; Sun, L.; Liu, J. Simulating the sustainable effect of green mining construction policies on coal mining industry of China. *J. Clean. Prod*. 2019, 226, 392–406. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.028
82. Import and Export Tariff of the People's Republic of China. 2021. Available online: http://jsz.mof.gov.cn/zhengcefagui/202111/t20211125_3768943.htm (accessed on 25 November 2021).
83. Wang, G.; Xu, Y.; Ren, H. Intelligent and ecological coal mining as well as clean utilization technology in China: Review and prospects. *Int. J. Min. Sci. Technol*. 2019, 29, 161–169. https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2018.06.005
84. Wang, J.; Pan, W.; Zhang, G.; Yang, S.; Yang, K.; Li, L. Principle and application of image recognition intelligent coal discharge technology. *J. Coal Sci*. 2022, 47, 87–101. https://doi.org/10.13225/j.cnki.jccs.yg21.1530
85. Eguchi, S.; Takayabu, H.; Lin, C. Sources of inefficient power generation by coal-fired thermal power plants in China: A metafrontier DEA decomposition approach. *Renew. Sustain. Energy Rev*. 2021, 138, 110562. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110562
86. Shi, D. Steady Industrial Growth: International Experience, Practical Challenges and Policy Orientation. *China Ind. Econ*. 2022, 2, 5–26. https://doi.org/10.19581/j.cnki.ciejournal.2022.02.012
87. Sino-Russian Energy Cooperation Projects. Available online: https://baijiahao.baidu.com/s?id=1717964072618761322&wfr=spider&for=pc (accessed on 2 December 2021).
88. Zakeri, B.; Paulavets, K.; Barreto-Gomez, L.; Echeverri, L.G.; Pachauri, S.; Boza-Kiss, B.; Zimm, C.; Rogelj, J.; Creutzig, F.; Ürge-Vorsatz, D.; et al. Pandemic, War, and Global Energy Transitions. *Energies* 2022, 15, 6114. https://doi.org/10.3390/en15176114
89. Chu, W.; Vicidomini, M.; Calise, F.; Duić, N.; Østergaard, P.A.; Wang, Q.; da Graça Carvalho, M. Recent Advances in Low-Carbon and Sustainable, Efficient Technology: Strategies and Applications. *Energies* 2022, 15, 2954. https://doi.org/10.3390/en15082954

 Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

90. Mohammad, N.; Mohamad Ishak, W.W.; Mustapa, S.I.; Ayodele, B.V. Natural gas as a key alternative energy source in sustainable renewable energy transition: A mini review. *Front. Energy Res*. 2021, 9, 625023. https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.625023

91. Yang, F.; Xu, H. Analysis of the development path of ecological environmental protection and comprehensive utilization of resources in the coal industry in the 14th Five-Year Plan. *China Coal* 2021, 47, 73–82. https://doi.org/10.19880/j.cnki.ccm.2021.05.012

92. Wang, Y.; Fu, G.; Lyu, Q.; Wu, Y.; Jia, Q.; Yang, X.; Li, X. Reform and development of coal mine safety in China: An analysis from government supervision, technical equipment, and miner education. *Resour. Policy* 2022, 77, 102777. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102777

93. Romasheva, N.; Dmitrieva, D. Energy resources exploitation in the Russian arctic: Challenges and prospects for the sustainable development of the ecosystem. *Energies* 2021, 14, 8300. https://doi.org/10.3390/en14248300

94. "14th Five-Year Plan" Modern Energy System Planning. Available online: https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202203/P020220322582066837126.pdf (accessed on 22 March 2022).

95. Proposing good strategies for promoting coal and seeking development plans – The representatives and members of the coal industry in the two sessions actively offer advice and suggestions to seek common industry reform and development. *China Coal Ind*. 2022, 4, 8–14.

96. Huang, L.; Zhao, W. The impact of green trade and green growth on natural resources. *Resour. Policy* 2022, 77, 102749. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102749

97. Ilinova, A.A.; Romasheva, N.V.; Stroykov, G.A. Prospects and social effects of carbon dioxide sequestration and utilization projects. *J. Min. Inst.* 2020, 244, 493–502. https://doi.org/10.31897/pmi.2020.4.12

98. Cherepovitsyn, A.; Rutenko, E.; Solovyova, V. Sustainable development of oil and gas resources: A system of environmental, socio-economic, and innovation indicators. *J. Mar. Sci. Eng*. 2021, 9, 1307. https://doi.org/10.3390/jmse9111307

99. Qiushu, W.; Song, C.; Li, W.; Han, J. Analysis on the development process and current situation of China's mining international cooperation. *Geol. Explor*. 2022, 58, 229–238.

100. Bertram, C.; Luderer, G.; Creutzig, F.; Bauer, N.; Ueckerdt, F.; Malik, A.; Edenhofer, O. COVID-19-induced low power demand and market forces starkly reduce CO_2 emissions. *Nat. Clim. Chang*. 2021, 11, 193–196. https://doi.org/10.1038/s41558-021-00987-x

101. Santiago, I.; Moreno-Munoz, A.; Quintero-Jiménez, P.; Garcia-Torres, F.; Gonzalez-Redondo, M.J. Electricity demand during pandemic times: The case of the COVID-19 in Spain. *Energy Policy* 2021, 148, 111964. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111964 https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33071429

102. Abbasi, K.R.; Shahbaz, M.; Zhang, J.; Irfan, M.; Alvarado, R. Analyze the environmental sustainability factors of China: The role of fossil fuel energy and renewable energy. *Renew. Energy* 2022, 187, 390–402. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.01.066

103. Mastoi, M.S.; Munir, H.M.; Zhuang, S.; Hassan, M.; Usman, M.; Alahmadi, A.; Alamri, B. A comprehensive analysis of the power demand–supply situation, electricity usage patterns, and the recent development of renewable energy in China. *Sustainability* 2022, 14, 3391. https://doi.org/10.3390/su14063391

104. Kumar, A.; Yang, T.; Sharma, M.P. Greenhouse gas measurement from Chinese freshwater bodies: A review. *J. Clean. Prod*. 2019, 233, 368–378. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.052

105. China National Energy Administration. Available online: http://www.nea.gov.cn/2022-01/28/c_1310445390.htm (accessed on 28 January 2022).

106. Sun, L.; Niu, D.; Wang, K.; Xu, X. Sustainable development pathways of hydropower in China: Interdisciplinary qualitative analysis and scenario-based system dynamics quantitative modeling. *J. Clean. Prod*. 2021, 287, 125528. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125528

107. Development of China Renewable Energy in 2022. Available online: https://www.ndrc.gov.cn/fggz/hjyzy/jnhnx/202302/t20230215_1348799_ext.html (accessed on 15 February 2023).

108. "Fourteen Five -Year Plan" Modern Energy System Plan. Available online: http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/23/content_5680759.htm (accessed on 29 January 2022).

109. Best, R.; Burke, P.J. Energy mix persistence and the effect of carbon pricing. *Aust. J. Agric. Resour. Econ*. 2020, 64, 555–574. https://doi.org/10.1111/1467-8489.12370

110. Zhdaneev, O.V. Technological sovereignty of the Russian Federation fuel and energy complex. *J. Min. Inst.* 2022, 258, 1049–1066. https://doi.org/10.31897/PMI.2022.107

111. Kretschmann, J.; Plien, M.; Nguyen, T.H.N.; Rudakov, M. Effective capacity building by empowerment teaching in the field of occupational safety and health management in mining. *J. Min. Inst.* 2020, 242, 248–256. https://doi.org/10.31897/pmi.2020.2.248

112. Ilyinova, A.A.; Solovieva, V.M. Strategic planning and forecasting: Changing the essence and role in the conditions of instability of the energy sector. *N. Mark. Form. Econ. Order* 2021, 2, 56–68. https://doi.org/10.37614/2220-802X.2.2021.72.005

113. Zhang, L.; Ponomarenko, T.V.; Xu, H. Transformation of Chinese coal companies in accordance with the concept of ESG-requirements for sustainable development. *Econ. Cent. Asia* 2022, 6, 243–254. https://doi.org/10.18334/asia.6.3.115128

114. Marinina, O.; Kirsanova, N.; Nevskaya, M. Circular Economy Models in Industry: Developing a Conceptual Framework. *Energies* 2022, 15, 9376. https://doi.org/10.3390/en15249376

115. Marinina, O.; Tsvetkova, A.; Vasilev, Y.; Komendantova, N.; Parfenova, A. Evaluating the Downstream Development Strategy of Oil Companies: The Case of Rosneft. *Resources* 2022, 11, 4. https://doi.org/10.3390/resources11010004

116. Cherepovitsyn, A.; Rutenko, E. Strategic Planning of Oil and Gas Companies: The Decarbonization Transition. *Energies* 2022, 15, 6163. https://doi.org/10.3390/en15176163

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0