

Оригинальная статья

УДК 338.45

DOI: 10.57070/2304-4497-2026-1(55)-114-121

ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОКОМАРЖИНАЛЬНОЙ УГЛЕХИМИЧЕСКОЙ ПОВЕСТКИ КУЗБАССА: УСЛОВИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

© 2026 г. О. С. Самохвалова, О. П. Черникова, Т. А. Финская, Ж. М. Титова

Сибирский государственный индустриальный университет (Россия, 654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Рассмотрена возможность перехода угольной отрасли Сибири, прежде всего Кузбасса, от традиционной топливной функции к формированию нового промышленного направления, ориентированного на производство углеродных наноматериалов с высокой добавленной стоимостью. Такое смещение акцентов рассматривается как ответ на глобальные изменения в структуре спроса, рост значимости экологических стандартов и стремительное развитие технологий переработки углеродсодержащего сырья. Обоснованы технологические маршруты получения графена, углеродных нанотрубок, фуллеренов и перспективных сорбентов из каменных углей и антрацитов, с последующим сопоставлением этих решений с мировыми тенденциями устойчивого развития и декарбонизации промышленности. Нарастающее снижение экспортной маржи и изменение структуры внешнего спроса усиливают значение международного научно-технологического сотрудничества, прежде всего с Китаем, который остается мировым лидером в области углехимии. Установленные в ходе двусторонних контактов связи с исследовательскими центрами и промышленными предприятиями Китая демонстрируют практическую применимость передовых методов переработки углеродного сырья в условиях Сибири и формируют основу для совместных инженерных решений. Взаимный интерес к технологиям глубокой переработки, а также соглашения о научном взаимодействии создают предпосылки для ускорения развития региональной углехимии и снижения зависимости кузбасской промышленности от нестабильности сырьевых экспортных рынков. Полученные результаты подтверждают возможность создания пилотных производств на базе действующих предприятий Кузбасса при условии активного участия научно-исследовательских и опытно-конструкторских организаций. Отмечается, что интеграция таких технологий в региональную промышленную инфраструктуру способна обеспечить формирование нового сегмента рынка и повысить устойчивость отрасли в условиях глобального энергоперехода. Модель «уголь как углеродное сырье» обладает значительным потенциалом для диверсификации экономики, расширения портфеля продукции и снижения углеродной интенсивности промышленного производства, что делает ее перспективным направлением долгосрочного развития.

Ключевые слова: Кузбасс, маржинальность продукции, устойчивое развитие, антрацит, графен, углеродные нанотрубки, фуллерены, активированный уголь

Для цитирования: Самохвалова О.С., Черникова О.П., Финская Т.А., Титова Ж.М. Формирование высокомаржинальной углехимической повестки Кузбасса: условия и перспективы. *Вестник Сибирского государственного индустриального университета*. 2026;1(55):114–121. [http://doi.org/10.57070/2304-4497-2026-1\(55\)-114-121](http://doi.org/10.57070/2304-4497-2026-1(55)-114-121)

Original article

**FORMATION OF A HIGH-MARGIN COAL CHEMICAL AGENDA IN KUZBASS:
CONDITIONS AND PROSPECTS**

©2026 O. S. Samokhvalova, O. P. Chernikova, T. A. Finskaya, Z. M. Titova

Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass, 654007, Russian Federation)

Abstract. The possibility of the transition of the Siberian coal industry, primarily Kuzbass, from the traditional fuel function to the formation of a new industrial direction focused on the production of carbon nanomaterials with high added value is considered. Such a shift in emphasis is seen as a response to global changes in the structure of demand, the growing importance of environmental standards and the rapid development of technologies for processing carbon-containing raw materials. Technological routes for the production of graphene, carbon nanotubes, fullerenes and promising sorbents from coal and anthracite are substantiated, with subsequent comparison of these solutions with global trends in sustainable development and decarbonization of industry. The increasing decline in export margins and the changing structure of external demand reinforce the importance of international scientific and technological cooperation, primarily with China, which remains the world leader in the field of carbon chemistry. The links established during the bilateral contacts with research centers and industrial enterprises in China demonstrate the practical applicability of advanced methods of processing carbon raw materials in Siberia and form the basis for joint engineering solutions. Mutual interest in deep processing technologies, as well as agreements on scientific cooperation, create prerequisites for accelerating the development of regional coal chemistry and reducing the dependence of the Kuzbass industry on the instability of commodity export markets. The results obtained confirm the possibility of creating pilot production facilities on the basis of existing enterprises in Kuzbass, subject to the active participation of research and development organizations. It is noted that the integration of such technologies into the regional industrial infrastructure can ensure the formation of a new market segment and increase the sustainability of the industry in the context of the global energy transition. The "coal as a carbon raw material" model has significant potential for economic diversification, expanding the product portfolio and reducing the carbon intensity of industrial production, which makes it a promising direction for long-term development.

Keywords: Kuzbass, product margin, sustainable development, anthracite, graphene, carbon nanotubes, fullerenes, activated carbon

For citation: Samokhvalova O.S., Chernikova O.P., Finskaya T.A., Titova Z.M. Formation of a high-margin coal chemical agenda in Kuzbass: conditions and prospects. *Bulletin of the Siberian State Industrial University*. 2026;1(55):114–121. (In Russ.). [http://doi.org/10.57070/2304-4497-2026-1\(55\)-114-121](http://doi.org/10.57070/2304-4497-2026-1(55)-114-121)

Введение

В условиях снижения мирового спроса на уголь за 2022 – 2024 гг. ценовые индикаторы на энергетические и коксующиеся марки демонстрировали постепенное снижение: средняя экспортная цена российских поставок на азиатском направлении опустилась ниже 120 – 130 долл. за т, тогда как в пиковые периоды (2021 – 2022 гг.) она превышала 200 долл. На фоне удорожания тарифов на восточную логистику, которые за три года приросли более чем на 25 – 30 %, рентабельность экспортных партий заметно снизилась. Для Кузбасса, где доля перевозок в себестоимости отдельных угольных марок достигает 45 – 50 %, подобная динамика приводит к сокращению инвестиционных возможностей и ограничивает ввод новых мощностей, особенно в чрезмерно зависимых от экспорта районах юга и центра региона.

Статистика показывает, что даже при сохранении объемов добычи на уровне свыше 200 млн т ежегодно фактическая доходность отрасли перестала соответствовать уровню капитальных вложений, зафиксированных в докризисные годы [1; 2].

Дополнительное давление создает изменение структуры мирового импорта. Если в 2021 – 2022 гг. быстрый рост азиатского спроса компенсировал закрытие европейского направления, то в 2023 – 2024 гг. ключевые импортеры перешли к политике ценовой оптимизации. Китай и Индия начали активнее использовать собственные низкотарифные запасы полезных ископаемых, а маржинальная прибыль в цене к российскому углю сократилась до величин, которые едва покрывают логистику. По сравнительным оценкам дисконт к индонезийскому и австралийскому сы-

рью местами достигал 20 – 30 долл. за т, а маржинальность продукции российских экспортеров на отдельных маршрутах опускалась до нуля. В таких условиях традиционная модель роста за счет наращивания добычи перестала быть устойчивой. Для регионов с высокой концентрацией угольного сектора, включая Кузбасс, экономическая мотивация смещается в сторону переработки и выпуска углеродных материалов с высокой добавленной стоимостью, по которым даже небольшие объемы способны генерировать сопоставимую или более высокую выручку по сравнению с экспортом сырья.

Изучение вопроса

Российская угольная отрасль, и в особенности Кузбасс, входит в фазу структурных ограничений: ухудшение ценовой конъюнктуры, санкционные барьеры, удорожание восточной логистики и сужение европейских рынков подталкивают к переосмыслению роли угля в региональной экономике. По данным отраслевой статистики в 2023 г. в Кемеровской обл. добыто 214,2 млн т угля, что на 9,4 млн т меньше уровня 2022 г; в абсолютном выражении Кузбасс остается ядром российской добычи, но вектор спроса и география поставок меняются [1 – 3]. В 2022 г. объем добычи угля в регионе составлял более половины общероссийского, обеспечивая 58 % производства коксующихся марок, однако дальнейшее расширение поставок в Азию упирается в восточные транспортные «узкие места» и дисконт к индикативным ценам [4]. На внешних рынках одновременно фиксируется волатильность импорта: в 2024 г. Китай сократил закупки российского угля, а в 2025 г. тренд укрепился на фоне замещения внутренней добычей и тарифных факторов, что усиливает мотивацию к глубокой переработке внутри страны [5 – 7].

Международные исследования показывают, что страны – крупные производители и потребители угля (Китай, США, Австралия) уже фокусируются на углеродных материалах как на самостоятельном рынке. Для России ограничения носят преимущественно логистический и санкционный характер. В 2024 – 2025 гг. китайский импорт из России снижался на фоне переориентации Китая на внутреннюю добычу и коррекции цен, что сокращает маржу экспортеров и делает внутреннюю переработку в продукцию с высокой добавленной стоимостью более рациональной с точки зрения регионального мультипликатора занятости и налоговой базы [8]. Для Кузбасса это означает, что диверсификация в направлении производства материалов способна сгладить цикличность цен на энергетический уголь и использовать сильные стороны региона (коксохимию, кадровую базу, доступ к электроэнергии)

при уменьшении логистической зависимости от дальневосточных коридоров [9 – 11].

С учетом сырьевой специфики Сибири целесообразно рассматривать комбинированную модель. Антрациты и малозольные каменные угли целесообразно направлять в FJH-модули для выпуска турбостатического графена и флэш-агрегатов, а отходы обогащения, шламы и низкосортные фракции – в линии приготовления активированных углей и углерод-минеральных сорбентов. Небольшие дуговые реакторы, питаемые углеграфитовыми электродами, могут служить для малотоннажных партий фуллеренов и нанотрубок для электронной пасты, сенсоров и медицинских наноконпозиций. Экономика пилотных проектов опирается на близость к сырью, имеющиеся электрические мощности и наличие потребителей (металлургия, машиностроение, строительство) композитов на территории региона, что уменьшает плечо доставки.

Количественные ориентиры и сопоставления представлены в таблице, которая иллюстрирует масштаб базы и технологические параметры, релевантные для проектирования пилотных мощностей и оценки эффекта импортозамещения.

С инженерной точки зрения узким местом FJH-линий остается непрерывность подачи и обработка летучих, однако недавние разработки в сторону континуального режима и связки с цементными и полимерными линиями указывают на практическую преодолимость ограничений. Поэтапная реализация может стартовать с размещения пилотных модулей мощностью 5 – 50 кг/сут. при интеграции с существующими линиями дробления/сушки, сбытом в локальные композитные кластеры и проектами водоочистки, а также кооперации с университетами для метрологии и контроля качества. Для выхода на рынки стран с жесткими требованиями к сертификации материалов в Кузбассе планируется создать региональный центр компетенций по углеродным материалам. Его работа будет основана на кооперации местных предприятий с научными группами – экспертами в области графена и углеродных наноструктур.

Сопоставление угольных ориентиров с другими странами подтверждает, что окно возможностей не ограничено внутренним спросом. В Китае и Северной Америке уже формируются цепочки углеродные отходы/низкосортный уголь → графен/углеродные наполнители → строительные смеси/полимеры, где основным конкурентным преимуществом является близость к дешевому углеродному сырью и электроэнергии, а также способность быстро масштабировать модульные реакторы. Для Кузбасса

Ориентиры для разворота уголь → углеродные материалы на базе Кузбасса [1 – 8; 10]

Landmarks for the «coal → carbon materials» turn based on Kuzbass [1 – 8; 10]

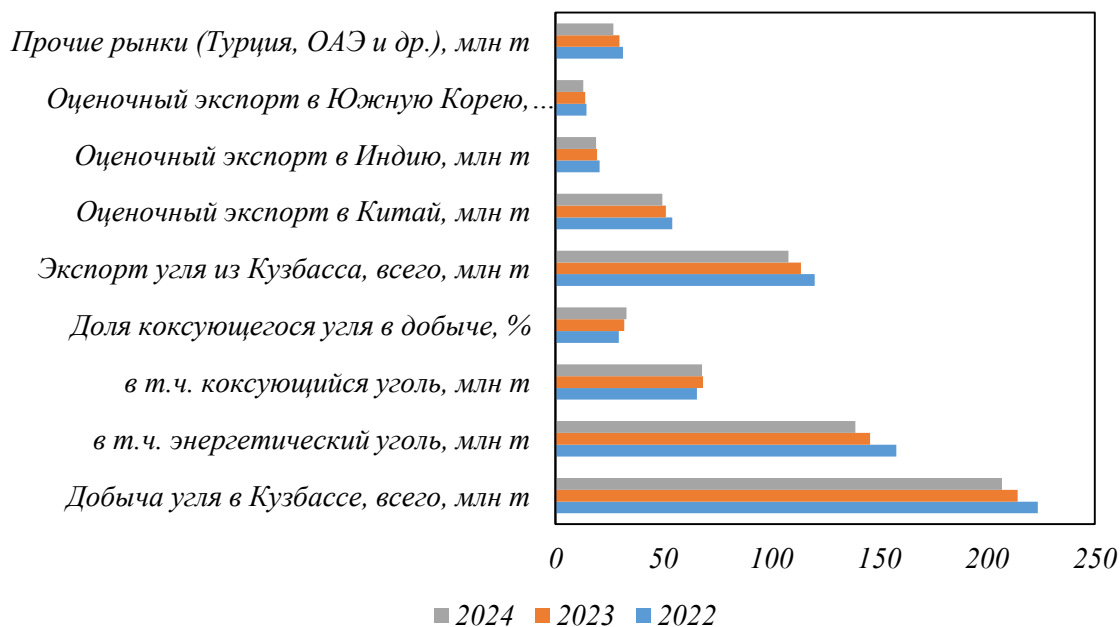
Показатель	Значение показателя по годам			Ориентиры для разворота уголь → углеродные материалы
	2022	2023	2024	
Добыча угля в Кузбассе (всего), млн т	223,6	214,2	207,0	Снижение добычи продолжается: за 3 года примерно 17 млн т; давление на отрасль усиливает необходимость перехода к глубокой переработке
Энергетический уголь, млн т	158,0	145,9	139,0	Падение ускоряется из-за снижения спроса ТЭС и переориентации рынков; сегмент – первый кандидат на перевод к углеродным материалам
Коксующийся уголь, млн т	65,6	68,3	68,0	Стабильность добычи коксующихся марок формирует основу для углеродных материалов: кокса, волокон, углеродных композиционных полуфабрикатов
Доля коксующегося угля в добыче, %	29,3	31,9	32,9	Доля растет, что усиливает стратегическую привлекательность перехода к «тонким» углеродным переделам
Экспорт угля из Кузбасса (всего), млн т	120,2	113,8	108,0	Продолжающееся сокращение экспорта: за 2022 – 2024 гг. –12,2 млн т; растет потребность в переориентации угля на внутреннюю переработку
Оценочный экспорт в Китай, млн т	54,1	51,2	49,5	Китай сохраняет значимый спрос, но повышает требования к качеству; возможен переход к поставкам полуфабрикатов углеродной индустрии
Оценочный экспорт в Индию, млн т	20,4	19,3	18,8	Индия остается перспективным потребителем металлургической продукции; поставки углеродных материалов могут иметь большую маржу
Оценочный экспорт в Южную Корею, млн т	14,4	13,7	12,9	Падение импорта угля продолжается, но рынок технологичных углеродных продуктов остается устойчивым
Прочие рынки (Турция, ОАЭ и др.), млн т	31,3	29,6	26,8	Наиболее сокращающееся направление; логично замещать сырьевой экспорт продукцией с высокой добавленной стоимостью

похожая логика означает снижение экспортного плеча и транспортного риска за счет переработки на месте и последующего вывоза легкого высокоценного наполнителя вместо массивного топлива (см. рисунок).

В контексте формирования новой углехимической повестки особое значение приобретают результаты рабочей поездки кузбасской делегации в Китай, в которой участвовали ведущие ученые университетов, представители регионального бизнеса во главе с губернатором Кузбасса Ильей Середюком. В ходе визита были установлены прямые контакты с профильными научными организациями и промышленными предприятиями, что позволило оценить уровень развития китайской углехимии и подтвердить практическую применимость аналогичных решений в Сибири. Стороны обсудили возможности использования разработок в области переработки углеродного сырья, включая создание новых материалов и энергоносителей, а также перспективы адаптации китайских инженерных подходов к условиям Кузбасса. Особый интерес к Китаю прежде всего вызван тем, что в настоящее время он является мировым лидером в области углехимии, перерабатывая в ценные продукты

380 млн т угля в год. Поэтому подписанное соглашение с Шаньсийским энергетическим институтом усиливает научно-технологическую базу сотрудничества и дает направления совместным исследованиям, ориентированных на повышение эффективности углехимических процессов.

Дополнительным результатом поездки стало углубление взаимодействия с промышленными корпорациями, включенными в строительство и модернизацию предприятий коксохимии, метанолевого производства и водородной энергетики. Посещение научных лабораторий и заводов позволило участникам оценить масштабы переработки угля в Китае, где ежегодно преобразуется более 380 млн т сырья в продукты с высокой добавленной стоимостью [12 – 14]. Полученные данные подтверждают, что модели, используемые в китайской промышленности, могут быть адаптированы к кузбасским условиям и служить основой для развития регионального Центра инженерных разработок по углехимии. Для научного сообщества Кузбасса это означает расширение методологической и технической базы, а для промышленности – доступ к проверенным технологическим решениям, способным ускорить переход угольной отрасли к производству конкурентоспособных углеродных материалов.



Динамика показателей разворота уголь → углеродные материалы на базе Кузбасса
Dynamics of the coal → carbon materials reversal indicators based on Kuzbass

В Кемеровской обл. будет создан первый в России Центр инженерных разработок по углехимии на базе ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет», на его финансирование регион получит от Министерства промышленности и торговли Российской Федерации 400 млн руб., что будет способствовать развитию и диверсификации экономики угледобывающих регионов, снижению зависимости от импорта и созданию новых высокотехнологичных производств. В состав консорциума вошли следующие организации: ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ); Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН; НОЦ «Кузбасс – Донбасс»; ФГБОУ ВО «Донбасский государственный технический университет» [15 – 19]. В Центре инновационных угольных технологий СибГИУ уже разработаны технология и экспериментальные образцы оборудования для получения полукокса и генераторного газа, в том числе синтез-газа, методом слоевой газификации кускового угля.

В Кузбассе формируется группа компаний, которые уже располагают технологической базой для перехода от простой добычи к производству углеродных материалов, среди них предприятия коксохимического цикла (ПАО «Кокс»; АО «ЕВРАЗ ЗСМК»; ООО «Сибуглемет»), а также угольные холдинги с собственными научно-техническими подразделениями (АО «СУЭК-Кузбасс» и АО «УК «Кузбассразрезуголь»). Эти компании обладают оборудованием для глубокой переработки и могут расширить линейку продукции за счет получения активированных

углей, углеродных адсорбентов, микрогранулированного кокса, углеродных композитов и других материалов. Потенциальными покупателями выступают металлургические комбинаты, предприятия химической промышленности, водочистные системы, производители аккумуляторов и катализаторов, где устойчивое импортозамещение делает углеродные материалы особенно востребованными. Региональные меры поддержки (налоговые льготы для переработчиков, субсидии на модернизацию, спецрежимы в ТОСЭР и технопарках) делают переход к таким направлениям экономически оправданным, способствуя снижению отраслевых рисков [20].

В Китае из угля давно производят углеродные волокна, адсорбенты, технический графит и материалы для литий-ионных батарей. В Южной Корее и Японии развиваются технологии получения углеродных композитов и графенсодержащих структур из углеродистого сырья. Эти страны демонстрируют, что специализированные продукты имеют устойчивый спрос даже при сокращении роли традиционного угля. Для Кузбасса подобная стратегия открывает возможность не только компенсировать снижение экспортных поставок энергетического угля, но и занять нишу в сегментах с высокой добавленной стоимостью, где требуется качественное сырье и надежные долгосрочные поставки [1; 9; 21; 22].

Анализ подтверждает экономическую целесообразность постепенного перераспределения части кузбасского угля из энергетического сегмента в сферу производства углеродных материалов. Снижение внешнего спроса на энергетические марки и сокращение экспортной маржи

усиливают давление на сырьевую модель и делают поиск альтернативных направлений использования угля экономически оправданными. Углеродные материалы, получаемые из антрацитов и коксующихся фракций, позволяют формировать продукцию с более высокой стоимостью, меньшей зависимостью от конъюнктуры топливных рынков и более устойчивым спросом в промышленности, машиностроении, электронике и экологических технологиях.

Выводы

Процессы глубокой переработки, основанные на современных методах получения графеновых структур, сорбентов и других форм углеродной продукции, создают возможности для выпуска товаров с существенно большей добавленной стоимостью, чем традиционный экспорт угля. Это повышает потенциал налоговых поступлений, развивает перерабатывающую промышленность и способствует созданию высококвалифицированных рабочих мест. В условиях логистических ограничений и изменения мировых энергетических приоритетов переход к производству материалов способен снизить зависимость Кузбасса от колебаний сырьевых рынков и укрепить устойчивость региональной экономики.

Экономический эффект может проявиться не сразу и потребует инвестиций в пилотные производства, развитие исследовательских компетенций и обновление промышленной инфраструктуры. Тем не менее формируемая база знаний, опыт реализации отдельных технологий и растущий мировой спрос на углеродные материалы создают реальные предпосылки для перехода от сырьевого экспорта к более сложной и прибыльной модели хозяйственного развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аналитический центр ТЭК РФ. Состояние и перспективы рынка угольной продукции в России. 2024. – URL: <https://ac.gov.ru/uploads/coal-market-review-2024.pdf> (дата обращения: 05.11.2025).
2. В Кузбассе в 2023 году добыча угля снизилась почти на 5%. *ТАСС*. 17.01.2024. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/19749807> (дата обращения: 05.11.2025).
3. Кочетков А.В., Сидоров П.В. Перспективы применения Flash Joule Heating для переработки антрацитов. *Горный журнал*. 2024;8:75–83.
4. Кузбассразрезуголь представил программу развития углехимии до 2035 года. *Интерфакс*. 12.03.2024. – URL: <https://www.interfax-russia.ru/siberia/news/kuzbassrazrezugol-predstavil-programmu-uglehahimii> (дата обращения: 05.11.2025).
5. Лапшин Н.Ю., Куликов С.Н. Новые методы активации углей для получения сорбентов. *Сорбционные процессы*. 2023;4:44–52.
6. Лисиенко В.Г., Мухин В.М., Клячко Л.В. и др. Перспективы получения углеродных материалов из каменных углей Сибири. *Химия твердого топлива*. 2023;5:3–15.
7. Министерство промышленности Кузбасса. Развитие центра инженерных разработок по углехимии. 2024. – URL: <https://ako.ru/minprom/news/uglekhimia-2024> (дата обращения: 05.11.2025).
8. Минэнерго РФ. Энергетический обзор России 2023. *Министерство энергетики РФ*. 2023. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/32025> (дата обращения: 05.11.2025).
9. Мухин В.М., Учанов П.В. Получение активного угля на основе антрацита: исследование его пористости и адсорбционных свойств. *Успехи в химии и химической технологии*. 2013;27(9(149)):35–40.
10. Сибирский федеральный университет. Переработка углей в графеновые структуры: результаты 2023 года. *Новости СФУ*. 2023. – URL: <https://news.sfu-kras.ru/node/31644> (дата обращения: 05.11.2025).
11. ФИЦ УУХ СО РАН. Научные разработки в области углеродных наноматериалов. 2024. – URL: <https://www.icct.ru/research/carbon> (дата обращения: 05.11.2025).
12. Cheng Z., Huang X., Mo D. Production of fullerenes from carbon-rich coals under plasma conditions. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*. 2024;44:851–866.
13. China's coal imports from Russia drop amid shift to domestic coal. *Reuters*. 20.05.2025. – URL: <https://www.reuters.com/world/asia-pacific/chinas-coal-imports-russia-drop-amid-shift-domestic-coal-2025-05-20/> (дата обращения: 05.11.2025).
14. Gonzalez A., Park J. Utilization of low-grade coal for carbon nanotube synthesis via catalytic CVD. *Fuel*. 2023;350:128938.
15. Hyun-Suk Lee. Automated tariff design for energy supply–demand matching based on Bayesian optimization: Technical framework and policy implications. *Energy Policy*. 2024;188:114102.
16. Liu X., Wang W., Chen Y., et al. Preparation of Coal-Based Graphene by Flash Joule Heating. *ACS Omega*. 2024;9(45):42268–42276.
17. Luong D.X., Bets K.V., Algozeeb W.A., et al. Gram-scale bottom-up flash graphene synthesis. *Nature*. 2020;577(7792):647–651.

18. Mironova I. Russia's Coal Sector: Focus on Kuzbass. Report. Moscow: Center for Strategic Research (CSR). 2024:28.
19. Qiu J., Zhang Q., Ruan M., et al. Production of carbon nanotubes from coal. *Carbon*. 2004;42(9):1851–1855
20. Qiu J.S., Li H.D., Zhu Y.Q., et al. Preparation of fullerenes using carbon rods manufactured from coal. *Fuel*. 2000;79(12):1467–1471.
21. Smith R., Zhao P. Advances in Flash Joule Heating for carbon nanomaterial synthesis. *Carbon*. 2024;218:118345.
22. Tao L., Li X., Cheng H. Coal-derived carbon materials for advanced energy applications. *Carbon Trends*. 2023;12:100212.

REFERENCES

1. Analytical Center of the Russian Fuel and Energy Complex. The State and Prospects of the Coal Products Market in Russia. 2024. – URL: <https://ac.gov.ru/uploads/coal-market-review-2024.pdf> (date of access: 05.11.2025). (In Russ.).
2. In Kuzbass, coal production fell by almost 5% in 2023. *TASS*. 17.01.2024. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/19749807> (date of access: 05.11.2025). (In Russ.).
3. Kochetkov A.V., Sidorov P.V. Flash Joule Heating Applications for Anthracite Processing. *Gornyi zhurnal*. 2024;8:75–83.
4. Kuzbassrazrezugol presented a program for the development of coal chemistry until 2035. *Interfaks*. 12.03.2024. – URL: <https://www.interfax-russia.ru/siberia/news/kuzbassrazrezugol-predstavil-programmu-uglehahimii> (date of access: 05.11.2025). (In Russ.).
5. Lapshin N.YU., Kulikov S.N. New methods of carbon activation for obtaining sorbents. *Sorbtsionnye protsessy*. 2023;4:44–52. (In Russ.).
6. Lisienko V.G., Mukhin V.M., Klyachko L.V. and others. Prospects for obtaining carbon materials from Siberian coals. *Khimiya tverdogo topliva*. 2023;5:3–15. (In Russ.).
7. Kuzbass Ministry of Industry. Development of a coal chemistry engineering development center. 2024. – URL: <https://ako.ru/minprom/news/uglekhimia-2024> (date of access: 05.11.2025). (In Russ.).
8. Ministry of Energy of the Russian Federation. Energy Review of Russia 2023. *Ministerstvo ehnergetiki RF*. 2023. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/32025> (date of access: 05.11.2025). (In Russ.).
9. Mukhin V.M., Uchanov P.V. Production of activated carbon based on anthracite: study of its porosity and adsorption properties. *Uspekhi v khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2013;27(9(149)):35–40.
10. Siberian Federal University. Processing Coal into Graphene Structures: 2023 Results. *Novosti CФУ*. 2023. – URL: <https://news.sfu-kras.ru/node/31644> (date of access: 05.11.2025). (In Russ.).
11. FRC UUKh SB RAS. Research in the field of carbon nanomaterials. 2024. – URL: <https://www.icct.ru/research/carbon> (date of access обращения: 05.11.2025). (In Russ.).
12. Cheng Z., Huang X., Mo D. Production of fullerenes from carbon-rich coals under plasma conditions. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*. 2024;44:851–866.
13. China's coal imports from Russia drop amid shift to domestic coal. *Reuters*. 20.05.2025. – URL: <https://www.reuters.com/world/asia-pacific/chinas-coal-imports-russia-drop-amid-shift-domestic-coal-2025-05-20/> (дата обращения: 05.11.2025).
14. Gonzalez A., Park J. Utilization of low-grade coal for carbon nanotube synthesis via catalytic CVD. *Fuel*. 2023;350:128938.
15. Hyun-Suk Lee. Automated tariff design for energy supply–demand matching based on Bayesian optimization: Technical framework and policy implications. *Energy Policy*. 2024;188:114102.
16. Liu X., Wang W., Chen Y., et al. Preparation of Coal-Based Graphene by Flash Joule Heating. *ACS Omega*. 2024;9(45):42268–42276.
17. Luong D.X., Bets K.V., Algozeeb W.A., et al. Gram-scale bottom-up flash graphene synthesis. *Nature*. 2020;577(7792):647–651.
18. Mironova I. Russia's Coal Sector: Focus on Kuzbass. Report. Moscow: Center for Strategic Research (CSR). 2024:28.
19. Qiu J., Zhang Q., Ruan M., et al. Production of carbon nanotubes from coal. *Carbon*. 2004;42(9):1851–1855
20. Qiu J.S., Li H.D., Zhu Y.Q., et al. Preparation of fullerenes using carbon rods manufactured from coal. *Fuel*. 2000;79(12):1467–1471.
21. Smith R., Zhao P. Advances in Flash Joule Heating for carbon nanomaterial synthesis. *Carbon*. 2024;218:118345.
22. Tao L., Li X., Cheng H. Coal-derived carbon materials for advanced energy applications. *Carbon Trends*. 2023;12:100212.

Сведения об авторах:

Ольга Сергеевна Самохвалова, преподаватель кафедры экономики и устойчивого развития бизнеса, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: samohvalova_os@sibsiu.ru
ORCID: 0009-0006-4199-9852

SPIN-код: 3339-9370

Оксана Петровна Черникова, к.э.н., доцент, заведующий кафедрой экономики и устойчивого развития бизнеса, Сибирский государственный индустриальный университет

E-mail: chernikovaop@sibsiu.ru

ORCID: 0000-0002-5410-6623

SPIN-код: 6496-5060

Таисия Андреевна Финская, студент кафедры экономики и устойчивого развития бизнеса Института технологий устойчивого развития, Сибирский государственный индустриальный университет

Жанна Максимовна Финская, студент кафедры экономики и устойчивого развития бизнеса Института технологий устойчивого развития, Сибирский государственный индустриальный университет

Information about the authors:

Ol'ga S. Samokhvalova, Lecturer at the Department of Economics and Sustainable Business Development at the Institute of Sustainable Development Technologies, Siberian State Industrial University

E-mail: samokhvalova_os@sibsiu.ru

ORCID: 0009-0006-4199-9852

SPIN-код: 3339-9370

Oksana P. Chernikova, Candidate of Economic Sciences Associate Professor, Head of the Department of Economics and Sustainable Business Development at the Institute of Sustainable Development Technologies, Siberian State Industrial University

E-mail: chernikovaop@sibsiu.ru

ORCID: 0000-0002-5410-6623

SPIN-код: 6496-5060

Taisiya A. Finskaya, student of the Department of Economics and Sustainable Business Development at the Institute of Sustainable Development Technologies, Siberian State Industrial University

Zhanna M. Finskaya, student of the Department of Economics and Sustainable Business Development at the Institute of Sustainable Development Technologies, Siberian State Industrial University

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Поступила в редакцию 14.01.2026

После доработки 17.02.2026

Принята к публикации 10.03.2026

Received 14.01.2026

Revised 17.02.2026

Accepted 10.03.2026