

УДК 622.33

КОКСУЮЩИЕСЯ УГЛИ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИИ – ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ В ПЕРИОД ДО 2050 ГОДА

Л. С. ПЛАКИТКИНА, канд. техн. наук, член-корреспондент РАЕН, руководитель Центра исследования угольной промышленности мира и России, lpplak@rambler.ru; Ю. А. ПЛАКИТКИН, д-р экон. наук, академик РАЕН, академик АГН, профессор, руководитель Центра анализа и инноваций в энергетике, lpplak@mail.ru; К. И. ДЬЯЧЕНКО, канд. техн. наук, старший научный сотрудник Центра исследования угольной промышленности мира и России, eriras@mail.ru (Институт энергетических исследований РАН, Россия, г. Москва)

Аннотация. В 2022 г. в развитии мировой энергетики, включая рынок коксующихся углей, произошли значительные трансформации. Россия на этом рынке занимает всего лишь четвертое место, экспортируя чуть более 32,7 млн т коксующихся углей. В России огромные запасы коксующихся углей, многие их месторождения возможно разрабатывать, а на некоторых из них уже начато производство. В статье проанализирован рынок коксующихся углей: рассмотрены добыча, потребление, импорт и экспорт коксующихся углей в основных странах мира и России в период 2000–2022 гг. Кризисная ситуация, сложившаяся в 2022 г. в металлургии и потреблении коксующегося угля, вызвана не только санкционной политикой и снижением цен на коксующийся уголь, но также уже активно начавшейся декарбонизацией металлургической отрасли, которая в перспективе приведет к полному отказу от использования угля в металлургии. Разработаны прогнозы потребления коксующихся углей в основных странах мира и России на период до 2050 г. в зависимости от темпов декарбонизации мировой экономики и металлургической отрасли с учетом санкционных ограничений и эмбарго в отношении российского угля. Показано, что производители коксующегося угля в России, по всей видимости, столкнутся с падением спроса на внутреннем рынке, а перейти на внешний рынок вряд ли получится, так как спрос там тоже сократится. С целью предотвращения нестабильной социально-экономической ситуации в результате снижения объемов производства и, соответственно, доходов предприятий российским производителям коксующегося угля целесообразно приступить сначала к поиску потребителей коксующегося угля, а в дальнейшем — к диверсификации производства.

Ключевые слова: развитие коксохимической промышленности в мире и России, эмбарго на поставки российского угля, санкционные ограничения, потребление коксующегося угля в мире и России, бескоксая металлургия, «зеленая» сталь, мировой рынок угля, декарбонизация производства стали, прогнозы потребления коксующегося угля в период до 2050 г.

Ссылка для цитирования: Плаkitкина Л. С., Плаkitкин Ю. А., Дьяченко К. И. Коксующиеся угли для металлургии — тенденции и перспективы в период до 2050 года // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2023. Т. 79. № 7. С. 548-558.

DOI: 10.32339/0135-5910-2023-7-548-558

L. S. PLAKITKINA, PhD (Tech.), Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Head of the World and Russian Coal Industry Research Center, luplak@rambler.ru; YU. A. PLAKITKIN, HD (Econ.), Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Academician of the Academy of Sciences of the Russian Academy of Sciences, Professor, Head of the Center for Analysis and Innovation in the Energy Sector, uplak@mail.ru; K. I. D'YACHENKO, PhD (Tech.), Senior Researcher of the Center for Research of the Coal Industry of the World and Russia, eriras@mail.ru (Institute of Energy Research, Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow)

Absrtact. In 2022, the development of the global energy sector, including the coking coal market, has undergone significant transformations. Russia ranks only fourth in this market, exporting just over 32.7 million tons of coking coal. Russia has huge reserves of coking coals, many of their deposits can be developed and some of which have already started production. The article analyzes the coking coal market: production, consumption, import and export of coking coal in the main countries of the world and Russia in the period 2000–2022. The crisis situation in 2022 in metallurgy and coking coal consumption is mainly caused not only by the sanctions policy and the decline in coking coal prices, but also by the decarbonization of the metallurgical industry, which has already actively started, and which in the future will lead to a complete refusal to use coal in metallurgy. The forecasts of coking coal consumption in the main countries of the world and Russia in the period up to 2050 depending on the rates of decarbonization of the world economy and metallurgical industry, taking into account the sanctions restrictions and embargoes on Russian coal have been developed. It is shown that coking coal producers in Russia are likely to face a drop in demand in the domestic market, and it is unlikely that they will be able to switch to the external market, as the demand there will also decrease. In order to prevent an unstable socio-economic situation as a result of a decrease in production volumes and, consequently, the income of enterprises, it is advisable for Russian coking coal producers to begin first about finding coking coal consumers, and in the future – about diversification of production.

Keywords: development of the coke chemical industry in the world and Russia, embargo on Russian coal supplies, sanctions restrictions, coking coal consumption in the world and Russia, coke-free metallurgy, “green” steel, global coal market, decarbonization of steel production, forecasts of coking coal consumption in the period up to 2050.

For citation: Plakitkina L. S., Plakitkin Yu. A., D'yachenko K. I. Coking coals for metallurgy – trends and prospects up to 2050. *Chernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoi i ekonomicheskoi informatsii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2023, vol. 79, no. 7, pp. 548-558. (In Russ.).

DOI: 10.32339/0135-5910-2023-7-548-558

В 2022 г. сталелитейная промышленность мира столкнулась с кризисом, вызванным не только геополитической ситуацией в мире, но и ускоряющейся инфляцией, и ростом ставок. Снижение объемов выплавки стали составило около 4,2 %. Для российских производителей стали кризис усугубился нестабильным курсом рубля и санкционной политикой, в результате которой 15 марта 2022 г. странами ЕС был ограничен импорт некоторых видов металлургической продукции из России. Однако затем за счет роста объемов производства в строительстве и автомобилестроении ситуация стала улучшаться, и в целом за 2022 г. падение производства составило около 7,2 %.

Снижение объемов выпуска сталелитейной продукции, в свою очередь, вызвало падение спроса на коксующийся уголь. В 2022 г. внутренний спрос на коксующийся уголь упал почти на 11 %. Тем не менее ожидается, что в 2023 г. объемы потребления коксующегося угля в России вернутся к показателям 2021 г.

Благоприятным прошедший год стал для российских экспортеров коксующегося угля — объемы экспорта увеличились на 44,6 %. Однако анализ развития добычи, потребления и экспорта коксующихся углей во многих странах мира показал, что начиная с 2019 г. наметился «понижательный» тренд благодаря начавшейся декарбонизации металлургической отрасли. Многие крупнейшие мировые производители стали планировали и начали переход к бескоксовой металлургии, основанной на использовании водорода. Компании, которые продолжают выбрасывать большие объемы CO₂ при производстве металла, вынуждены будут платить углеродный налог, который значительно снизит их прибыль.

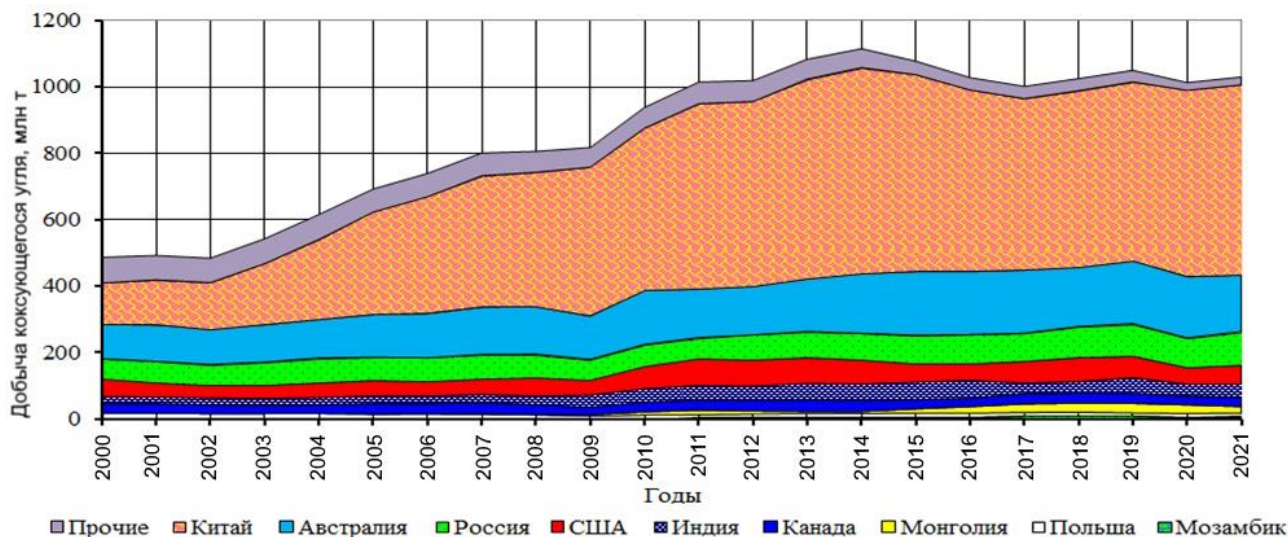
В результате сложившейся ситуации российские металлурги могут столкнуться со снижением рентабельности производства, а производители коксующегося угля — с падением как внутреннего, так и внешнего спроса на уголь.

Для оценки возникающих рисков необходим детальный анализ спроса и потребления коксующихся углей основными странами мира.

Мировой рынок коксующегося угля

Добыча коксующегося угля в мире с 2000 по 2021 г. выросла в 2 раза и в 2021 г. составила

1010,1 млн т (на 2,3 % выше уровня предыдущего года) [1]. Однако за последние 10 лет производство коксующегося угля в мире относительно стабильно и держится на уровне около 1 млрд т/год. Исключением стал 2014 г., когда был достигнут «пик» добычи коксующегося угля за 20-летний период — 1108,7 млн т (рис. 1).



Источник: IEA, ИНЭИ РАН.

Source: IEA, INEI RAS.

Рис 1. Добыча коксующегося угля в мире в период 2000–2021 гг.

Fig. 1. Coking coal production in the world in the period 2000–2021

Лидером по добыче коксующегося угля в мире является Китай. Его доля в мировой добыче коксующегося угля на протяжении последних 15 лет составляет более 50 %, в 2021 г. она достигла 55,6 %, что в объемном выражении составляло 572,1 млн т. Следует отметить, что в последние 10 лет уровень добычи угля в Китае находится в пределах 500–620 млн т. Весь добываемый коксующийся уголь Китай потребляет внутри страны, однако собственного угля стране не хватает, поэтому недостающие объемы восполняются за счет импорта.

Второе место по производству коксующегося угля занимает Австралия, которая в 2021 г. добыла 170,6 млн т, и он весь был направлен на экспорт. За последние 10 лет добыча коксующегося угля в Австралии находится в пределах 150–190 млн т.

Россия в 2021 г. вышла на третье место в мире по производству коксующегося угля, обогнав США. В 2021 г. в России добыто 101,8 млн т коксующегося угля, а в 2022 г. — 115,1 млн т (рост на 13 % к предыдущему году) [2]. Рост добычи коксующегося угля в России за последние 10 лет — около 60 %. Доля коксующихся углей в общем объеме

добываемого угля в России в 2022 г. составила около 26 %. В настоящее время разрабатываются следующие бассейны коксующихся углей: Кузнецкий (в 2022 г. добыто 67,2 млн т), Южно-Якутский (33,5 млн т) и Печорский (9,7 млн т). Высокие темпы роста добычи позволили нарастить экспорт коксующегося угля, который с 2010 по 2022 г. вырос в 2,8 раза — с 11,7 до 32,7 млн т/год. Для поддержки экспорта угля правительство России в 2023 г. приняло решение не вводить экспортные пошлины на уголь, хотя ранее обсуждалось их введение с 1 января 2023 г. (при цене отсечения на уровне 150 долл/т) [3].

США же, напротив, снижают объемы добычи коксующегося угля, за последние 10 лет они упали на 30 %, до 56,4 млн т в 2021 г.

Среди пяти стран-лидеров по добыче коксующегося угля — Индия, где за прошедшее десятилетие производилось 40–50 млн т/год, в 2021 г. — 40,7 млн т.

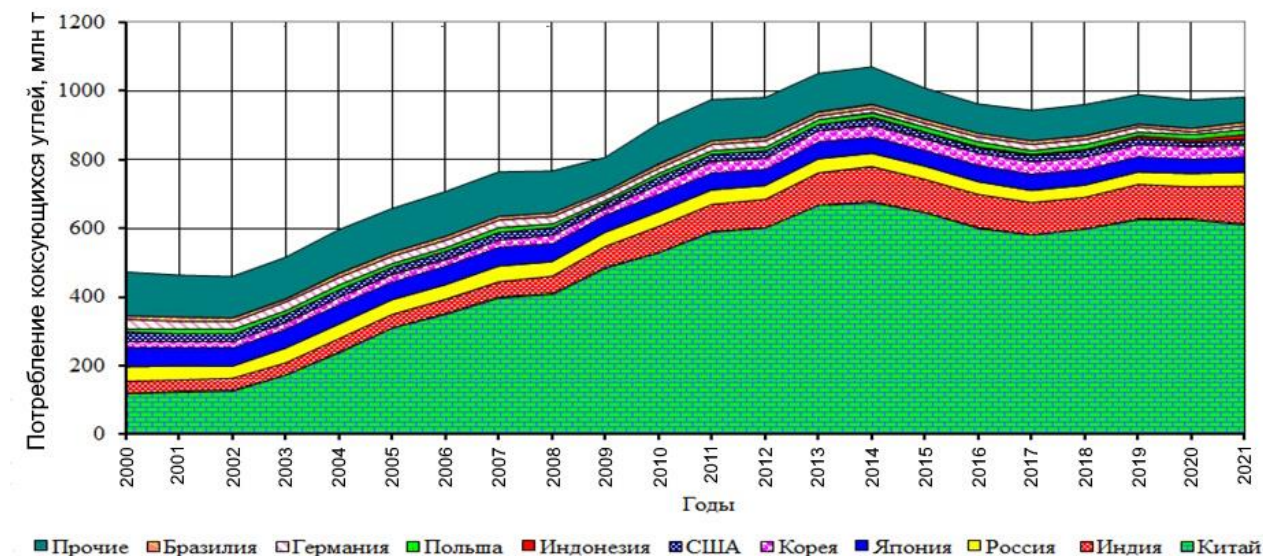
Коксующиеся угли в основном используются для производства чугуна, а из него — стали. Для выплавки 1 т чугуна необходимо около 0,4 т

кокса с учетом использования экономных и альтернативных технологий (вдувание пылеугольного топлива), заменяющих кокс.

В 2021 г. мировой объем производства стали в 64 странах мира, по данным World Steel Association, составил 1,96 млрд т [4]. В 2022 г. производство стали незначительно снизилось —

на 4,2%, а в январе–феврале 2023 г. — еще на 0,8 % к аналогичному периоду 2022 г. Это вызвано замедлением экономик ведущих стран под влиянием ускоряющейся инфляции и роста ставок.

Потребление коксующихся углей в мире в 2021 г. составило около 1 млрд т (рис. 2).



Источник: IEA, ИНЭИ РАН.

Source: IEA, INEI RAS.

Рис. 2. Потребление коксующихся углей в мире в период 2000–2021 гг.

Fig. 2. Consumption of coking coal in the world in the period 2000–2021

По производству стали и, соответственно, потреблению коксующегося угля с 1996 г. лидером является Китай. В 2021 г. в Китае было выплавлено 1,03 млрд т стали, при этом потребление коксующегося угля составило 0,6 млрд т, что больше, чем добывается внутри страны. Поэтому недостающий объем коксующегося угля Китай импортирует из Австралии, России, Монголии, США, Канады и других стран, занимая второе место в мире по его импорту. Многие годы Австралия являлась крупнейшим поставщиком угля в Китай, однако в 2020 г. Китай ввел неофициальный запрет на импорт угля из Австралии после того, как австралийские власти заявили о возможной причастности Китая к происхождению коронавируса, ставшего причиной пандемии COVID-19.

После запрета на ввоз австралийского угля Китай переориентировался на уголь из России, но мощностей Восточного полигона стало не хватать, и в январе 2023 г. китайские власти вновь решили покупать уголь у Австралии, которая теперь может частично вытеснить российский уголь на китайском рынке [5].

При этом для обеспечения энергетической безопасности на фоне роста мировых цен и опасений относительно перебоев со снабжением с 1 мая 2022 г. по 31 марта 2023 г. были отменены пошлины на все виды импортируемого угля в Китай. Однако с 1 апреля 2023 г. ставка импортной пошлины на коксующийся уголь должна была составить 3 %, на энергетический — 6 %. В то же время в течение всего 2023 г. Китай решил сохранить «нулевую» импортную пошлину для кокса. Вследствие этого, его импорт в Китай уже в 2024 г. может увеличиться, поскольку ожидается рост его производства в Индонезии и других странах Юго-Восточной Азии [6].

Второе место по производству стали занимает Индия, где в 2021 г. для производства стали было использовано 111,3 млн т коксующегося угля, что позволило выплавить 118,1 млн т металла. Индия в 2021 г. стала лидером по импорту угля, закупив 61,3 млн т коксующегося угля, из них российского — только 1,3 млн т.

Россия, скорее всего, не сможет существенно увеличить объемы экспорта коксующегося угля в

Индию из-за длительности его транспортирования, снижения спроса на сталь, наличия долгосрочных контрактов страны с австралийскими поставщиками и опасения санкций со стороны западных стран. При этом Индия остается перспективным рынком металлургического сырья: к 2030 г. страна намерена удвоить производственные мощности по производству стали, что приведет к увеличению потребности в коксующемся угле. Заинтересованность Индии в поставках российского коксующегося угля обоснована рядом факторов, среди которых дисконтирование цены и заключение меморандума о росте импорта угля из России с 8 до 40 млн т. Индийская сталелитейная компания JSW Steel использует российский коксующийся уголь в процессе Corex, заменяя австралийский энергетический уголь с высокой теплотворной способностью, который в последние месяцы 2022 г. продавали по цене на уровне 400 долл/т.

Используя полностью импортный коксующийся уголь, Япония заняла третье место в мире как по производству стали, так и по импорту и потреблению коксующегося угля. В 2021 г. для выплавки 96,3 млн т стали Япония импортировала 43,8 млн т коксующегося угля.

Россия в последние годы занимала второе место по поставкам коксующегося угля в Японию. Однако в 2022 г. Япония решила отказаться от импорта российского угля вследствие изменения внешнеполитической обстановки в мире. При этом компания Nippon Steel, которая импортировала часть коксующегося угля из России, заявила, что в краткосрочной перспективе смена поставок не повлияет на производство стали благодаря имеющимся запасам угля. Тем не менее компания намерена заменить российский коксующийся уголь альтернативными поставками, если спецоперация на Украине затянется. Японская компания JFE Steel, которая еще в 2020 финансовом году импортировала из России около 18 % всего объема закупаемого коксующегося угля, уже перешла на альтернативные поставки из Австралии и прочих стран [7].

Рост цен на энергетические угли привел к тому, что коммунальные предприятия Японии стали «страдать» от роста затрат на закупку топлива. Чтобы компенсировать в какой-то мере высокие затраты компания Kyushu Electric Power Co Inc. планирует использовать коксующийся уголь на своих угольных электростанциях в ка-

честве альтернативы энергетическому углю. Таким способом энергетики рассчитывают сэкономить, воспользовавшись более низкими ценами на коксующийся уголь. После ввода эмбарго на поставки российского угля в августе 2022 г. коксующийся уголь продавался с очень большой скидкой по сравнению с энергетическим углем, который используется в основном для выработки электроэнергии и пользуется в настоящее время большим спросом из-за перебоев с поставками энергоресурсов из России [8].

Следует отметить, что в России в 2021 г. на нужды коксования и металлургии было поставлено 40,9 млн т углей (в 2022 г. — 36,5 млн т), при этом было выплавлено 76 млн т стали (в 2022 г., по данным Росстата — 71,2 млн т, по данным WSA — 71,5 млн т).

Пятое место по объему потребления коксующихся углей занимает Южная Корея (35,7 млн т). В 2021 г. объем выплавки стали в Южной Корее составил 70,6 млн т, было импортировано 35,9 млн т коксующегося угля (четвертое место в мире), из них 0,5 млн т — из России (рис. 3).

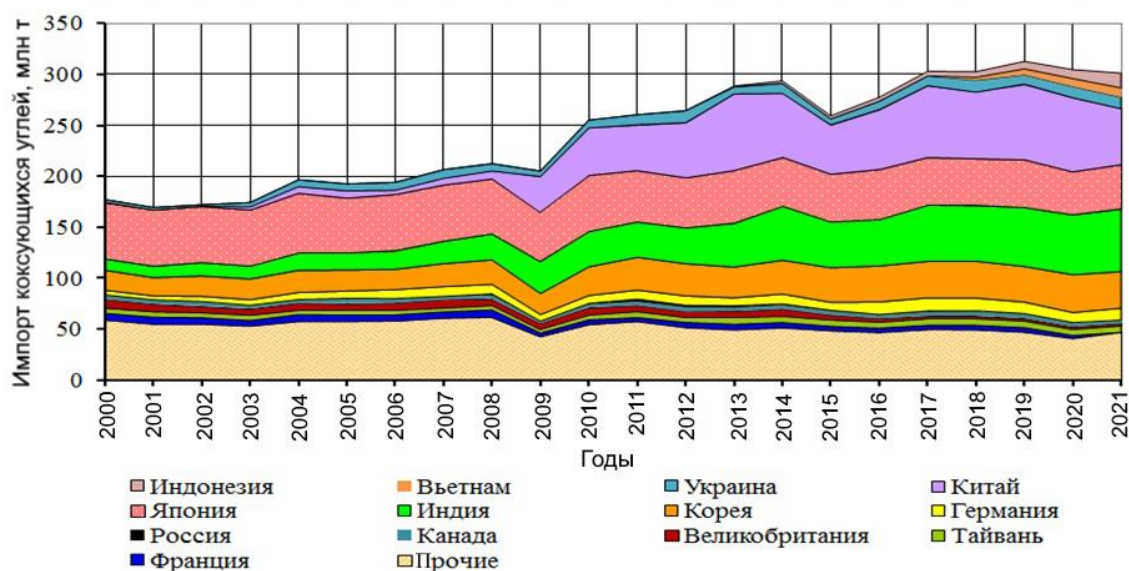
В 2022 г., несмотря на отказ Южной Кореи от российского угля и включение Россией ее в список недружественных стран, Россия тем не менее нарастила поставки коксующегося угля в Южную Корею благодаря большому дисконту [9].

Доля остальных стран в общем потреблении коксующегося угля в мире незначительна: США — 1,3 %, Польша — 1,1 %, Германия — 1,0 %, Бразилия — 0,95 %, Индонезия — 0,9 % и остальные страны в сумме — 8,5 %.

Среди стран-импортеров коксующегося угля следует также отметить Индонезию (пятое место), которая в 2020–2021 гг. увеличила закупку коксующегося угля в 2 раза, и Германию (шестое место), которая, несмотря на утвержденную «Национальную водородную стратегию ФРГ» и активное развитие водородной энергетики [8], пока не спешит снижать объемы импорта коксующегося угля.

Доля коксующихся углей на мировом экспортном рынке достигает более 33 % объема их добычи, тогда как для энергетических углей этот показатель составляет около 20 %. В абсолютном выражении объемы торговли коксующимся углем почти в 3,2 раза ниже, чем энергетическим.

В последние годы экспорт коксующихся углей в мире снижается, в 2021 г. он составил 289,2 млн т (на 10 % меньше, чем в 2017 г.) (рис. 4).

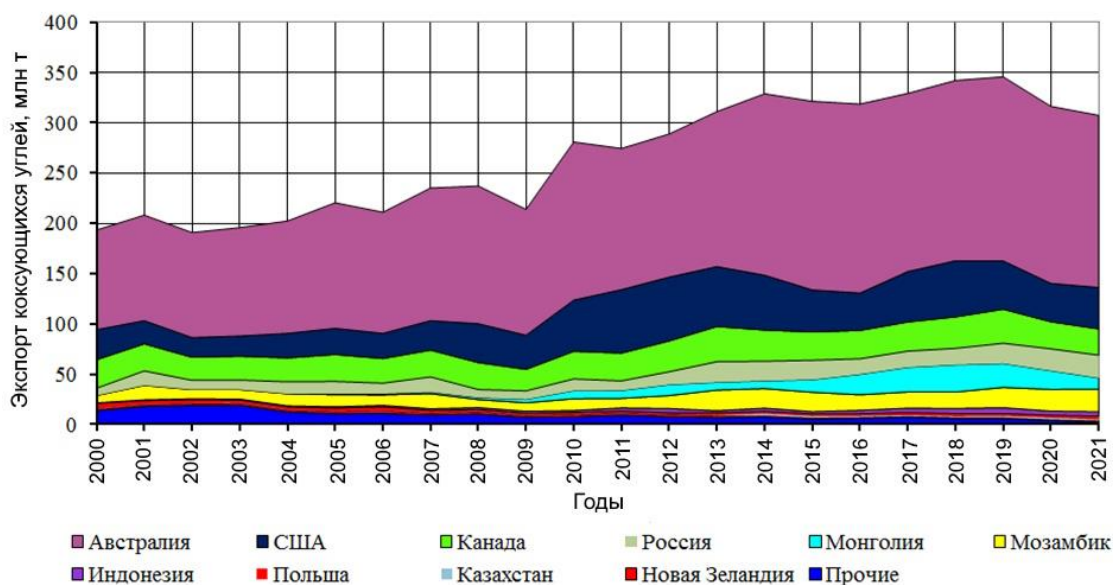


Источник: IEA, ИНЭИ РАН.

Source: IEA, INEI RAS.

Рис. 3. Импорт коксующихся углей в мире в период 2000–2021 гг.

Fig. 3. Import of coking coal in the world in the period 2000–2021



Источник: IEA, ИНЭИ РАН.

Source: IEA, INEI RAS.

Рис. 4. Экспорт коксующихся углей в мире в период 2000–2021 гг.

Fig. 4. Export of coking coal in the world in the period 2000–2021

Крупнейшим экспортером коксующегося угля в мире является Австралия, поставки из которой в 2021 г. составили 171,3 млн т. Второе и третье места по экспорту угля занимают страны Северной Америки — США и Канада (соответственно, 14,2 и 9,1 % от общемировых значений).

Объем экспорта коксующегося угля из России в 2021 г. достиг 22,6 млн т/год, что позволило ей занять четвертое место. Отметим, что в первых трех странах (Австралии, США и Канаде) суммарный рост экспорта коксующихся

углей с 2000 по 2021 г. увеличился не более чем в 2 раза, а в России он вырос в 3 раза и в 2022 г. составил 32,7 млн т.

Крупным экспортером коксующегося угля в последние годы стала Монголия, но в 2020–2021 гг. она снизила его поставки на мировой рынок в 2 раза. Такое падение экспорта угля, в основном в Китай, привело к нестабильной политической ситуации в стране [10].

Планы по декарбонизации сталелитейной промышленности и «зеленому» производству стали

Как было отмечено ранее, основное применение добываемого коксующегося угля — доменное получение чугуна и выплавка стали из него. При их производстве происходят выбросы парниковых газов: метана и диоксида углерода. Причем, если первый из них выделяется в процессе добычи угля для металлургических предприятий, то диоксид углерода образуется на каждом этапе производства.

Выделение парниковых газов приводит к так называемому «углеродному следу», который состоит из суммарных выбросов CO₂, возникающих во всех процессах технологической цепи металлургического производства. Чтобы нейтрализовать выбросы парниковых газов, во многих странах мира вводят углеродные налоги, а также отказываются от коксующихся углей при производстве чугуна и стали, переходя на декарбонизацию в производстве стали. Строятся заводы по производству железа прямого восстановления, которые могут работать на водороде. Таким образом, происходит замещение коксующихся углей «зеленым» водородом, при использовании которого выбросы парниковых газов нулевые.

Согласно планам ЕС по декарбонизации сталелитейной промышленности, в 2023 г. планируется опробовать в пилотном режиме так называемый углеродный тариф — европейский пограничный углеродный налог (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM). Это означает, что, если при выплавке чугуна и стали в доменно-конвертерном процессе на 1 т стали образуется в среднем 1,85 т углекислого газа, то за них придется заплатить (по нынешним ценам) около 94–96 евро, а в последующие годы эта сумма может существенно возрасти.

Для стран ЕС собственная металлургическая промышленность является стратегической, поэтому расходы по трансграничному углеродному регулированию будут компенсированы правительствами этих стран. Например, в 2022–2024 гг. правительство Германии предоставит металлургам 5 млрд евро для финансирования сокращения выбросов углекислого газа.

Чтобы сохранить возможность поставок стальной продукции на экспорт и уменьшить углеродный след в металлургии, российским металлургам, по всей видимости, придется провести модернизацию производства, а именно:

- совершенствовать традиционные технологии, например, за счет использования более качественного сырья и повышения энергоэффективности, а также замены доменных печей электропечами;

- внедрять новые безуглеродные технологии, например, заменить кокс водородом;

- использовать электроэнергию, вырабатываемую возобновляемыми источниками энергии;

- использовать технологию end-of-pipe, которая позволяет хранить и использовать углерод [11–13].

Поэтому, несмотря на весьма оптимистичные прогнозы производства стали, российская металлургическая промышленность, являющаяся основным потребителем коксующихся углей, в ближайшее время может столкнуться с ограничением поставок стальной продукции не только в Европу, но и в Азию, если подобный углеродный налог будет введен и в азиатских странах.

С целью снижения затрат по платежам углеродного налога крупные металлургические компании переходят на «зеленое» производство стали — использование водорода и системы прямого восстановления железа. Помимо решения экологических проблем, такой переход позволяет получать более высококачественные марки сплавов. Старые мартеновские печи уже полностью вытеснены более прогрессивными технологиями, такими как кислородно-конвертерный процесс, когда сталь получают путем продувания кислорода через расплавленный чугун, и электродуговые печи, где идет переплавка стального лома с необходимыми добавками. В настоящее время, по данным World Steel Association, около 70 % мирового объема стали производится с использованием доменных печей и кислородных конвертеров, а 30 % — электроплавильным способом.

Новым в металлургии является метод прямого восстановления железа (DRI). Принципиальное отличие метода прямого восстановления от классической технологии производства стали из первородного сырья состоит в том, что вместо кокса в нем используются продукты конверсии природного газа в водород и монооксид углерода. Уже в 2019 г. объем выпуска такой «зеленой» стали в мире составил около 108 млн т/год, т. е. около 6 %.

В России эта доля еще ниже, так как производство стали по такой технологии в настоящее время внедрено только на одном из предприятий холдинга «Металлоинвест».

Более высокие темпы по декарбонизации производства стали наблюдаются в Европе, где лидером является Германия. В феврале 2023 г. немецкий производитель стали — компания ThyssenKrupp Steel подписала контракт (1,8 млрд евро) с компанией SMS group на строительство завода по производству железа прямого восстановления (DRI), который может работать на водороде по технологии MIDREX. Это позволит двум плавильным печам, расположенным непосредственно рядом с установкой прямого восстановления, немедленно превращать получаемое там твердое исходное сырье в расплавленный чугун, что делает весь процесс особенно эффективным. Проектная мощность завода составляет 2,5 млн т/год DRI, ввод в эксплуатацию планируется на конец 2026 г. [14].

Реализация данного проекта с использованием водорода является началом одного из крупнейших в мире проектов промышленной декарбонизации, с помощью которого, по оценке компании ThyssenKrupp Steel, можно будет снизить выбросы углекислого газа на 3,5 млн т/год. Это соответствует примерно 20 % выбросов данной компании. Доля этой компании в общем объеме выбросов углекислого газа в Германии составляет около 2,5 %. Согласно планам компании, переход на климатически нейтральное производство будет осуществлен не позднее 2045 г., что позволит уже к 2030 г. сократить выбросы углекислого газа в среднем на 6 млн т.

Немецкая компания Salzgitter планирует перейти на технологии с низким уровнем выбросов к середине 2030-х годов, сократив выбросы углекислого газа при производстве стали на 95 %.

Внедрение перспективных технологий, позволяющих сократить выбросы углекислого газа, осуществляется и в странах Азии. Группа Jindal Shadeed Group, ведущий производитель стали в ближневосточном регионе, уже в 2023 г. намерена инвестировать более 3 млрд долл. в разработку мегапроекта по производству «зеленой» стали в Омане (объем 5 млн т/год).

В технологическом плане в этих проектах отмечается четкая тенденция перехода к процессам прямого восстановления. Большая часть проектов предполагает использование водорода вместо кокса, а некоторые — применение технологии улавливания и хранения углерода CCS (carbon capture and storage), а также водорода при работе доменных печей. В отдельных проектах внедряется прямой электролиз, биоэнергетика.

Наличие «зеленого» водорода по конкурентоспособным ценам (около 2 долл/кг) в больших масштабах — обязательное условие для достижения целей декарбонизации. При этом «зеленые» технологии производства стали, по мнению компаний ThyssenKrupp и ArcelorMittal, на 20–30 % дороже традиционных и нуждаются в субсидиях как альтернативная энергетика. Поэтому водородная металлургия, скорее всего, из-за роста убытков от компенсаций за выбросы парниковых газов станет экономически выгодной производителям не ранее 2030 г. В любом случае производителям придется платить за «озеленение» отрасли около 100 долл/т стали, что соответствует примерно 15–20 % нынешней себестоимости. По оценке Wood Mackenzie, эти дополнительные затраты могут быть компенсированы за счет «зеленых» надбавок к ценам на декарбонизированную сталь.

По прогнозам компании Wood Mackenzie, полная декарбонизация мировой сталелитейной промышленности к 2050 г. потребует 550–600 ГВт мощностей электролизеров [15]. Чтобы углеродоемкий сектор достиг «нулевого» баланса выбросов, необходимо 52 млн т «зеленого» водорода — около 75 % всего водорода, производимого в мире в настоящее время. Для этого мощности возобновляемой энергетики должны составить 1100–1800 ГВт.

Коммерциализация новых технологий, таких как производство DRI, которое основано на использовании водорода и электролиза расплавов оксидов, работающих на возобновляемых источниках энергии, может сократить выбросы до нуля.

Создание водородной экосистемы для производства «зеленой» стали, по прогнозам Wood Mackenzie, потребует около 176 млрд долл., а это лишь небольшая часть требуемых инвестиций. В целом для «озеленения» существующей сталелитейной инфраструктуры потребуется около 800–900 млрд долл., включая установку новых печей прямого восстановления и электродуговых печей, а также развитие упомянутой водородной экосистемы. Еще порядка 200–250 млрд долл. необходимо для реализации мероприятий по компенсации или улавливанию выбросов углерода, таких как CCUS. Производителям также придется вкладывать деньги в разведку и разработку месторождений высококачественного железа.

Переход на «зеленое» производство стали в перспективе вызовет снижение использования коксующихся углей в черной металлургии, что, соответственно, приведет к «сжатию» экспортного рынка, а также к уменьшению добычи и потребления коксующихся углей.

Прогнозы потребления коксующегося угля в основных странах мира

Учитывая представленные выше тенденции по переходу к «зеленой» металлургии и использованию водорода вместо кокса, а также применение санкционной политики по отношению к России, в Институте энергетических исследований РАН разработаны прогнозы потребления коксующегося угля по трем вариантам.

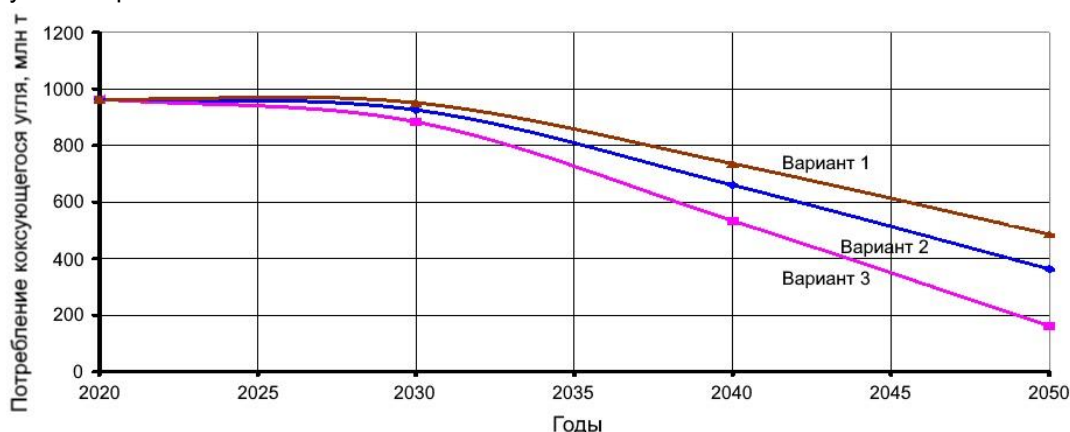
Вариант 1 предусматривает низкие темпы декарбонизации мировой экономики, предполагающие окончание декарбонизации в период до 70-х годов XXI века и отмену эмбарго на поставку угля в страны ЕС.

В варианте 2 предусматриваются умеренные темпы декарбонизации мировой экономики, предполагающие окончание декарбонизации в период до 60-х годов XXI века и частичную отмену эмбарго на поставку угля в страны ЕС.

Вариант 3 предусматривает высокие темпы декарбонизации мировой экономики, предполагающие окончание декарбонизации в период до 50-х годов XXI века и полное эмбарго на поставку угля в страны ЕС.

Внедрение перспективных технологий по переходу к «зеленой» металлургии и использованию водорода вместо кокса будет способствовать снижению спроса со стороны основных стран-импортеров и, соответственно, падению объемов добычи, экспорта и потребления коксующихся углей.

Прогнозная динамика потребления коксующегося угля в мире, а также в Китае, Индии и России в период до 2050 г. показана на рис. 5–8.

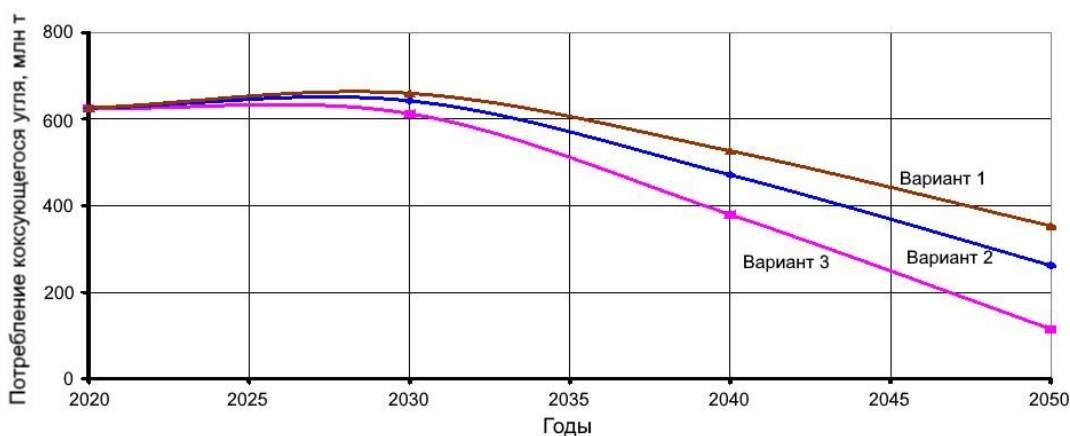


Источник: ИНЭИ РАН.

Source: INEI RAS.

Рис. 5. Прогнозная динамика потребления коксующегося угля в мире в период до 2050 г.

Fig. 5. Forecast dynamics of coking coal consumption in the world in the period up to 2050

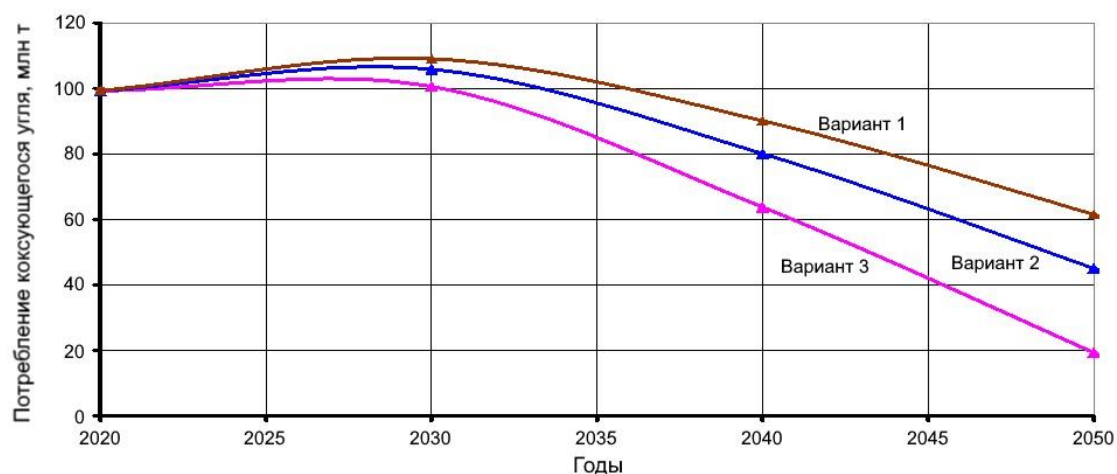


Источник: ИНЭИ РАН.

Source: INEI RAS.

Рис. 6. Прогнозная динамика потребления коксующегося угля в Китае в период до 2050 г.

Fig. 6. Forecast dynamics of coking coal consumption in China until 2050

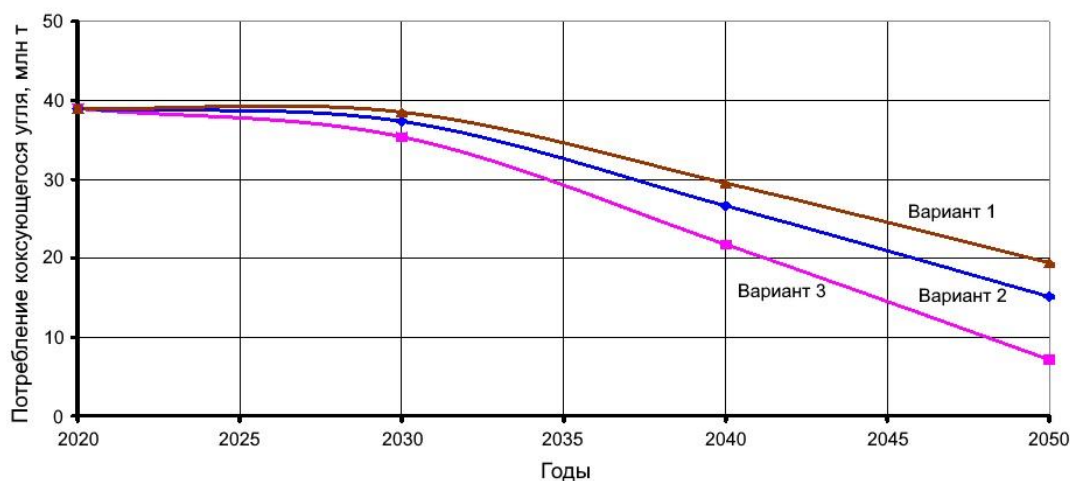


Источник: ИНЭИ РАН.

Source: INEI RAS.

Рис. 7. Прогнозная динамика потребления коксующегося угля в Индии до 2025 г.

Fig. 7. Forecast dynamics of coking coal consumption in India until 2050



Источник: ИНЭИ РАН.

Source: INEI RAS.

Рис. 8. Прогнозная динамика мирового потребления коксующегося угля в России в период до 2050 г.

Fig. 8. Forecast dynamics of coking coal consumption in Russia until 2050

Следует отметить, что Китай и Индия — наиболее перспективные страны по потреблению угля, но и в них после 2030 г. объемы потребляемого угля будут падать и ускорится переход на альтернативные виды энергоресурсов (см. рис. 6 и 7).

Заключение

Кризисная ситуация, сложившаяся в 2022 г. в металлургии и потреблении коксующегося угля, вызвана не только санкционной политикой и снижением цен на коксующийся уголь, но также уже активно начавшейся декарбонизацией металлургической отрасли, которая в перспективе приведет к полному отказу от использования угля в металлургии.

Согласно проведенным расчетам, выявлены тенденции сокращения потребления коксующегося угля в мире: при низкой декарбонизации потребление в мире снизится почти в 2 раза, а в

«ускоренном» варианте развития декарбонизации — почти в 5 раз. В России, как и во многих странах мира, как показали проведенные расчеты, в период после 2030 г. не произойдет существенного наращивания потребления угля, а, наоборот, будет его снижение.

Таким образом, производители коксующегося угля в России, по всей видимости, столкнутся с падением спроса на внутреннем рынке, а перейти на внешний рынок вряд ли получится, так как спрос там тоже сократится.

С целью предотвращения нестабильной социально-экономической ситуации в результате снижения объемов производства и, соответственно, доходов предприятий российским производителям коксующегося угля целесообразно приступить сначала к поиску потребителей коксующегося угля, а в дальнейшем — к диверсификации производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Coal Information 2021 Overview // International Energy Agency Statistics, OECD/IEA, 2022. — 28 p.
2. Статистические и аналитические информационные материалы по основным показателям производственной деятельности организаций угольной отрасли России, данные угледобывающих компаний с 2000 по 2022 г.
3. Правительство России не будет вводить экспортные пошлины на уголь с 2023 года // Комсомольская правда. 15 ноября 2022 г.
4. World Steel Association (дата обращения 10 мая 2023 г.).
5. Австралийский уголь покидает Китай из-за неопределенности таможенной политики // Neftegaz.ru. 16 февраля 2023 г.
6. Китай пересмотрел импортную пошлину на коксующийся уголь // GMK Center. 30 декабря 2022 г.
7. Япония озабочена поиском альтернативы российскому углю // ИА Красная Весна. 10 апреля 2022 г.
8. Japan's Kyushu Elec looks to use cheaper coking coal at power plants // Thomson Reuters Products. 20 января 2023 г.
9. Поставки российского угля в Южную Корею выросли на 24 % в 2022 году // Комсомольская правда. 31 января 2023 г.
10. Правительственный кризис в Монголии и протесты из-за кражи угля // РБК. 6 декабря 2022 г.
11. Плаkitкина Л. С., Плаkitкин Ю. А., Дьяченко К. И. Декарбонизация экономики как фактор воздействия на развитие угольной промышленности мира и России // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2021. Т. 77. № 8. С. 902–912. DOI: 10.32339/0135-5910-2021-8-902-912.
12. Плаkitкина Л. С., Плаkitкин Ю. А., Дьяченко К. И. Водород против угля: как повлияет развитие водородной энергетики на угольную промышленность // Горный журнал. 2021. № 7. С. 14–21.
13. Плаkitкина Л. С., Плаkitкин Ю. А., Дьяченко К. И. Угольная промышленность России в условиях низкоуглеродной энергетики и санкционных ограничений // Индустрия Евразии. 2022. № 1–2 (2). С. 56–62.
14. MEPS о новых стальных мощностях в сентябре 2022 года // Металлургический бюллетень. 4 октября 2022 г.
15. Декарбонизация сталелитейной промышленности потребует до 600 ГВт электролизеров // In-Power. 26 сентября 2022 г.

Поступила 16 мая 2023 г.

REFERENCES

1. Coal Information 2021 Overview. *International Energy Agency Statistics, OECD/IEA*, 2022, 28 p.
2. Statistical and analytical information materials on the main indicators of production activity of organizations of the Russian coal industry, data of coal mining companies from 2000 to 2022. (In Russ.).
3. The Russian Government will not introduce export duties on coal from 2023. *Komsomol'skaya pravda*, November 15, 2022. (In Russ.).
4. World Steel Association (accessed 10.05.2023).
5. Australian coal leaves China due to uncertainty of customs policy. *Neftegaz.ru*, February 16, 2023. (In Russ.).
6. China revises import duty on coking coal. *GMK Center*, December 30, 2022. (In Russ.).
7. Japan is concerned about finding an alternative to Russian coal. *IA Krasnaya Vesna*, April 10, 2022. (In Russ.).
8. Japan's Kyushu Elec looks to use cheaper coking coal at power plants. *Thomson Reuters Products*, January 20, 2023.
9. Russian coal supplies to South Korea up 24% in 2022. *Komsomol'skaya pravda*, January 31, 2023. (In Russ.).
10. Government crisis in Mongolia and protests over coal theft. *RBK*, December 6, 2022. (In Russ.).
11. Plakitkina L. S., Plakitkin Yu. A., D'yachenko K. I. Decarbonization of economy as a factor of influence on the development of coal industry of the world and Russia // *Chernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoi i ekonomicheskoi informatsii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2021, vol. 77, no. 8, pp. 902–912. (In Russ.). DOI: 10.32339/0135-5910-2021-8-902-912.
12. Plakitkina L. S., Plakitkin Yu. A., D'yachenko K. I. Hydrogen versus coal: Implications of the hydrogen energy engineering advance for the coal industry. *Gornyi zhurnal*, 2021, no. 7, pp. 14–21. (In Russ.).
13. Plakitkina L. S., Plakitkin Yu. A., D'yachenko K. I. Coal industry of Russia in the conditions of low-carbon energy and sanctions restrictions. *Industriya Evrazii*, 2022, no. 1–2 (2). P. 56–62. (In Russ.).
14. MEPS on new steel capacity in September 2022. *Metallurgicheskii byulleten'*, October 4, 2022. (In Russ.).
15. Decarbonization of the steel industry will require up to 600 GW of electrolyzers. *In-Power*, September 26, 2022. (In Russ.).

Received May 16, 2023