

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ



DOI: 10.26794/2220-6469-2026-20-1-32-45
УДК 338.45(045)
JEL L11

Комплексный анализ цепочки создания стоимости черной металлургии России на основе межотраслевого баланса 2021 года

О.Е. Наварро^а, А.А. Быков^б,

^а ООО «ПК Стальпрокат», Москва, Российская Федерация;

^б Белорусский государственный экономический университет, Минск, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Предмет. В статье представлен всесторонний анализ цепочки создания стоимости в черной металлургии Российской Федерации с использованием методологии межотраслевого баланса и таблиц «затраты-выпуск». Авторы рассматривают экономическую роль отрасли, структуру ее производственных и потребительских связей, а также устойчивость в условиях внешних ограничений. Проведено сценарное моделирование для оценки последствий сокращения экспорта и возможностей компенсации за счет внутреннего спроса и импортозамещения. **Научная новизна** заключается в сочетании межотраслевого анализа с определением структурной адаптивности отрасли, а также в количественной оценке связей между секторами с расчетом коэффициентов полных затрат и мультипликаторов применительно к черной металлургии России по данным 2021 г. **Результаты** подчеркивают необходимость модернизации, глубокой переработки и развития внутренних отраслевых связей, поэтому в статье предложены меры по снижению сырьевой зависимости, повышению добавленной стоимости и устойчивому развитию металлургии в условиях глобальных трансформаций. **Ключевые слова:** металлургия; межотраслевой баланс; цепочка создания стоимости; экономика России; импортозамещение

Для цитирования: Наварро О.Е., Быков А.А. Комплексный анализ цепочки создания стоимости черной металлургии России на основе межотраслевого баланса 2021 года. *Мир новой экономики*. 2026;20(1):32-45. DOI: 10.26794/2220-6469-2026-20-1-32-45

ORIGINAL PAPER

Complex Analysis of the Value Chain of Russia's Ferrous Metallurgy Based on the 2021 Interindustry Balance

O.E. Navarro^а, A.A. Bykov^б

^а LLC "Stalprokat Production Company", Moscow, Russian Federation;

^б Belarusian State University of Economics, Minsk, Republic of Belarus

ABSTRACT

Objective. The article under consideration presents a comprehensive analysis of the value chain of the Russian ferrous metallurgy industry based on the methodology of the inter-industry balance and input-output tables. The study reveals the economic role of the industry, the structure of production and consumer links, as well as sustainability in view of external constraints. Scenario modeling is utilised to evaluate the consequences of declining exports and the possibilities of compensation through domestic demand and import substitution. **The scientific novelty** of the research lies in its integration of inter-industry analysis with an assessment of the structural adaptability of the industry. The study employs a quantitative assessment of the links between sectors including calculation of full cost coefficients and multipliers. It is specifically applied to the Russian ferrous metallurgy sector in reference to the data of 2021. **The findings** emphasise the necessity for modernisation, in-depth processing and the development of internal industry links. Therefore, the authors suggest measures to be implemented for reducing raw material dependence, increasing added value and ensuring the sustainable development of metallurgy in the context of global transformations.

Keywords: metallurgy; input-output balance; value chain; Russian economy; import substitution

For citation: Navarro O.E., Bykov A.A. Complex analysis of the value chain of Russia's ferrous metallurgy based on the 2021 interindustry balance. *The World of New Economy*. 2026;20(1):32-45. DOI: 10.26794/2220-6469-2026-20-1-32-45

© Наварро О.Е., Быков А.А., 2026

ВВЕДЕНИЕ

Черная металлургия — ключевой сектор российской экономики, обеспечивающий в 2021 г. около 4,4% валового выпуска и 0,9% ВВП по добавленной стоимости. В том же году объем экспорта стали из России составил 29,6 млн тонн, что обеспечило стране 5-е место на мировом рынке¹. Значительная зависимость от внешних рынков повышает уязвимость отрасли к санкционному давлению, колебаниям цен и глобальной декарбонизации, требующей «зеленых» технологий². Ограничения развития включают низкую добавленную стоимость экспорта и высокие экологические издержки³. Санкции после 2014 и 2022 гг. сократили доступ к западным рынкам, что привело к его переориентации на Азию и Ближний Восток⁴.

Задачами исследования являются:

- оценка экономической роли металлургической отрасли в структуре российской экономики: анализ ее вклада ВВП, экспорт и внутренний спрос;
- анализ межотраслевых связей металлургии с другими секторами экономики, в том числе определение ключевых поставщиков на основе коэффициентов полных затрат (КПЗ);
- изучение цепочки создания стоимости металлургической отрасли, включая долю отечественных и импортных ресурсов, а также валовую добавленную стоимость (ВДС);
- оценка устойчивости отрасли в условиях возможного снижения экспорта путем моделирования сценариев компенсации потерь с учетом роста внутреннего спроса или экспорта в смежных отраслях;
- разработка рекомендаций для обеспечения устойчивого развития металлургии, включая меры по диверсификации экономики и снижению зависимости от внешних рынков.

Металлургическое производство подразумевает следующие процессы:

- добыча железной руды;
- производство окатышей;
- добыча угля;
- производство кокса;
- производство чугуна;

- производство стали;
- производство сортового, рулонного и листового проката (рис. 1).

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА

В модели «затраты-выпуск», разработанной В. Леонтьевым в 1930-х гг., экономика представлена как система взаимосвязанных отраслей, каждая из которых одновременно производит продукцию и потребляет чужие ресурсы [1].

Данный подход, позволяющий исследовать сложные производственные связи и эффекты, сохраняет высокую актуальность для структурного анализа капиталоемких отраслей (таких как металлургия), характеризующихся развитыми межотраслевыми потоками и значительным влиянием на смежные сектора и окружающую среду.

Для определения ключевых показателей российской металлургической индустрии применена методика, разработанная белорусскими учеными и описанная в работе А.А. Быкова [2], основанная на подходе Trade in Value Added (TiVA)⁵ и использовании таблиц «затраты-выпуск». Она адаптирована с учетом особенностей металлургии как материалоёмкой и экспортоориентированной отрасли, зависящей от поставок сырья (руды, угля, энергии) и ориентированной на экспорт.

Методика предназначена для оценки вклада металлургии в формирование ВВП путем расчета создаваемой добавленной стоимости, а также для анализа ее роли для внутреннего спроса, например, в строительстве и машиностроении; в экспорте, обеспечивающем значительную долю валютных поступлений. Она позволяет изучить межотраслевые связи с помощью анализа затрат, а также *определить прямое и косвенное потребление металлов во всех элементах спроса.*

ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ

Анализ основан на таблицах «затраты-выпуск» (ТЗВ) за 2021 г., опубликованных Росстатом 7 февраля 2025 г., которые предоставляют полный набор данных о межотраслевых транзакциях в России⁶.

Эти таблицы формируют целостную картину экономических потоков. Разделение на отечест-

¹ URL: <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/World-Steel-in-Figures-2024.pdf>

² URL: <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/decarbonization-challenge-for-steel>

³ URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/12/circular-economy-policies-for-steel-decarbonisation_80056a49/4cfb485d-en.pdf; DOI: 10.1787/4cfb485d-en

⁴ URL: <https://gmk.center/en/posts/how-the-12th-package-of-eu-sanctions-will-affect-the-steel-market/>

⁵ Trade in Value Added (TiVA) — статистический метод, который отслеживает вклад каждой страны и отрасли в производство товаров и услуг для глобальной торговли.

⁶ URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts>

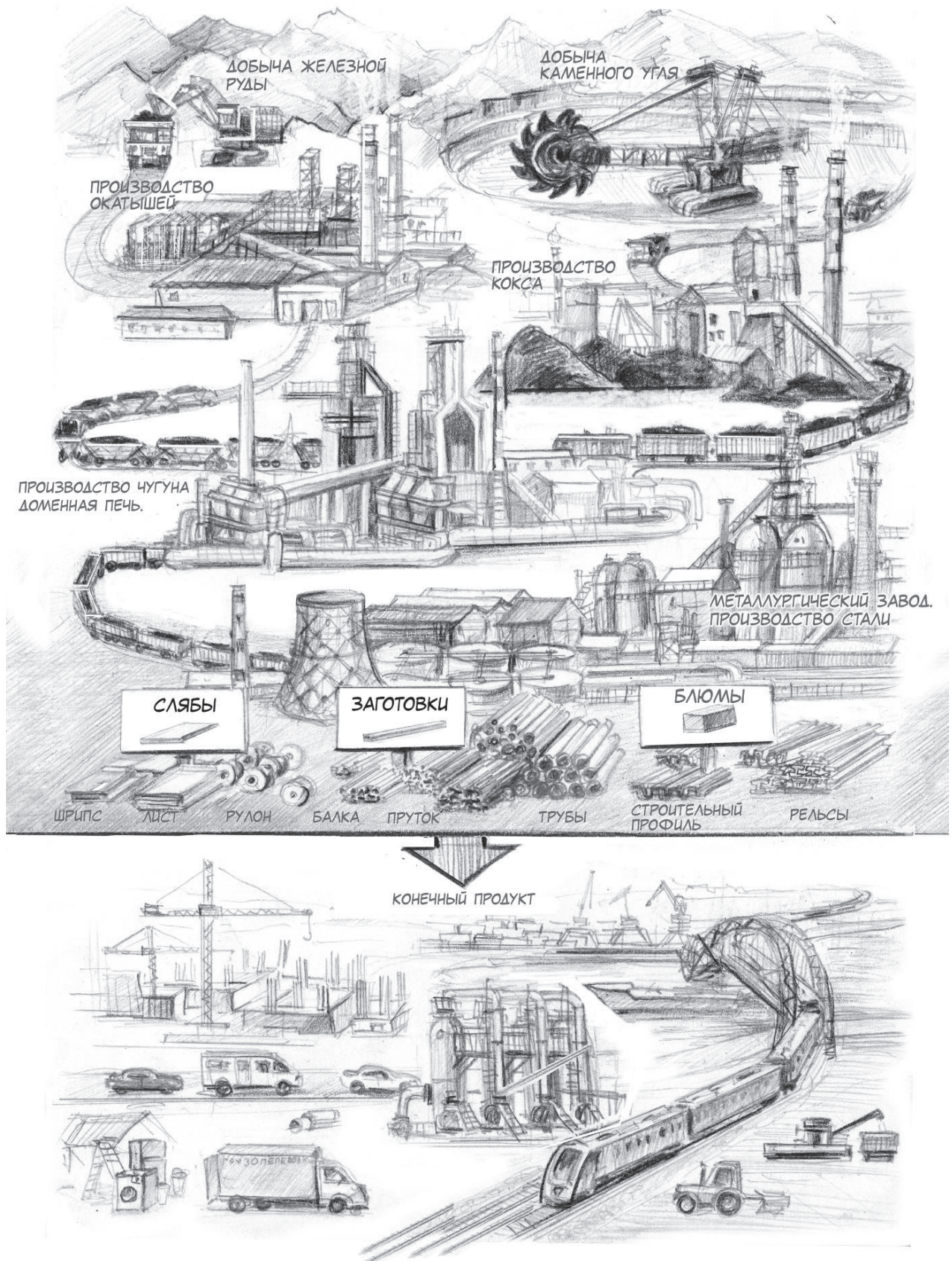


Рис. 1 / Fig. 1. Структура производства черной металлургии / Structure of Ferrous Metallurgy Production

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.



венные и импортные ресурсы позволяет выявить критичную степень зависимости от внешних поставок. Корректировка цен наценками обеспечивает сопоставимость данных в реальных условиях рынка, отражая затраты конечных потребителей⁷.

Математические основы модели «затраты-выпуск»

Модель «затраты-выпуск» является ключевым инструментом для анализа взаимосвязей между отраслями экономики. В ее основе лежит матрица межотраслевых потоков Z , где элемент z_{ij} отражает объем продукции, поставляемой отраслью i отрасли j [6, 8].

Общий выпуск отрасли x_i пределяется как сумма промежуточного потребления другими отраслями и конечного спроса:

$$x_i = \sum_j z_{ij} + y_i, \quad (1)$$

где y_i — конечный спрос на продукцию отрасли i включая внутреннее потребление, инвестиции, государственные расходы и экспорт.

Например, для черной металлургии (ОКВЭД 24.1–24.3):

Общий выпуск: $x_i = 5\,974\,117$ млн руб.

Промежуточное потребление продукции отрасли i другими отраслями: $\sum_j z_{ij} = 3\,619\,192$ млн руб.

Конечный спрос: $y_i = 2\,354\,925$ млн руб. (рассчитан как разница между выпуском и промежуточным потреблением).

Экономический смысл. Уравнение выпуска демонстрирует, что продукция отрасли распределяется между промежуточным использованием (например, поставки в машиностроение) и конечным спросом (включая экспорт и внутреннее потребление). Это позволяет оценить вклад отрасли в экономику и ее роль в цепочках создания стоимости.

Коэффициенты прямых затрат a_{ij} рассчитываются как:

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_i}. \quad (2)$$

где: z_{ij} — межотраслевой поток (промежуточные поставки): стоимость продукции отрасли i использованной отраслью j в качестве промежуточных затрат за период (в ТЗВ — элемент матрицы Z);

x_i — общий выпуск отрасли j за период (валовой выпуск в основных ценах), т.е. суммарная стои-

мость продукции отрасли j произведенной за период;

Например, для железных руд в черной металлургии (ОКВЭД 07.1):

$$a_{07.1,24.1-24.3} = \frac{777\,842}{5\,974\,117} \approx 0,130,$$

где: 777 842 млн руб. — поставки железных руд в черную металлургию;

5 974 117 млн руб. — выпуск черной металлургии.

Экономический смысл. Коэффициент a_{ij} отражает объем ресурсов отрасли i необходимый для производства единицы продукции в отрасли j . Значение 0,13 для руд означает, что на 1 рубль стоимости выпуска металлургии требуется 0,13 рубля стоимости выпуска железных руд, т.е. имеет место прямая технологическая зависимость. Эти коэффициенты формируют матрицу A , описывающую структуру затрат экономики.

Уравнение межотраслевого баланса

$$x = Ax + y, \quad (3)$$

где: x — вектор выпуска;

A — матрица прямых затрат;

y — вектор конечного спроса.

$$x = (I - A)^{-1} y, \quad (4)$$

где: I — единичная матрица;

$(I - A)^{-1} = B$ — матрица коэффициентов полных затрат (КПЗ).

Элемент b_{ij} матрицы B показывает суммарные (прямые и косвенные) затраты продукции отрасли i на единицу конечного спроса отрасли j .

Для черной металлургии коэффициент полных затрат: $b_{24.1-24.3} = 1,283$.

Экономический смысл. Матрица аккумулирует не только прямые затраты отрасли (руды, кокс, собственная электроэнергия), но и косвенные цепочки (руда → кокс → металлургия, многократное возвратное использование полуфабрикатов и т.д.). Коэффициент (1,283) представляет собой элемент матрицы полных затрат (коэффициент полных потребностей в валовом выпуске). Его экономическая интерпретация: для удовлетворения роста конечного спроса на продукцию черной металлургии в раз- мере 1 рубля (например, для отгрузки на экспорт или в непроизводственное потребление) объем валового выпуска самой металлургии должен увеличиться на 1,283 рубля. Тем самым коэффициент отражает мультипликативное самообеспечение черной металлургии.

⁷ Здесь и далее числовые данные извлечены из ТЗВ, если не указано иное; производные показатели рассчитаны авторами по приведенным формулам.

Разделение на отечественные и импортные потоки

Матрицы прямых затрат делятся на отечественные A_d (и импортные A_m) ([2]⁸:

$$A_d = Z_d \cdot \widehat{X}^{-1}, \quad A_m = Z_m \cdot \widehat{X}^{-1}, \quad (5)$$

где: Z_d и Z_m — матрицы отечественных и импортных потоков;

\widehat{X}^{-1} — диагональная матрица выпусков.

Полные затраты:

$$B_d = (I - A_d)^{-1}, \quad B_m = A_m \cdot B_d. \quad (6)$$

В металлургии: отечественные закупки — 4 290 116 млн руб. (90,7%), импортные — 449 872 млн руб. (9,5%).

Экономический смысл. Разделение потоков позволяет оценить зависимость отрасли от импорта. Низкая доля импорта (9,5%) указывает на высокую степень автономности металлургии, что повышает ее устойчивость к внешним шокам. Матрица B_m демонстрирует, как импортные ресурсы (например, оборудование) влияют на выпуск через косвенные эффекты.

Валовая добавленная стоимость

ВДС отрасли i рассчитывается как:

$$\text{ВДС}_i = x_i - \sum_j z_{ji}, \quad (7)$$

где: $\sum_j z_{ji}$ — суммарные промежуточные потребления отраслью i (стоимость продукции, закупленной отраслью i у всех других отраслей j для дальнейшего производственного использования).

Для черной металлургии: $\text{ВДС} = 5\,974\,117 - 4\,739\,988 = 1\,234\,129$ млн руб. (20,66% выпуска).

Экономический смысл. ВДС представляет собой чистый вклад отрасли в ВВП, включая зарплаты, прибыль и налоги, за вычетом промежуточных затрат. Невысокая доля ВДС свидетельствует о высокой ресурсоемкости металлургии, что ограничивает ее способность создавать добавленную стоимость.

Мультипликатор выпуска

Мультипликатор выпуска отрасли j

$$m_j = \sum_i b_{ji}, \quad (8)$$

где b_{ji} — элемент матрицы полных затрат (КПЗ), отражающий суммарные (прямые и косвенные) затраты продукции отрасли i на единицу конечного спроса отрасли j .

⁸ URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902113/KS-RA-07-013-EN.PDF>

Для черной металлургии (ОКВЭД 24.1–24.3) в основных ценах (без учета торговой и транспортной маржи и чистых налогов на продукты) мультипликатор равен: $m_{24.1-24.3} = 2,88$.

Экономический смысл. Показатель 2,88 означает, что рост конечного спроса на продукцию черной металлургии на 1 руб. вызывает увеличение совокупного выпуска примерно на 2,88 руб. Этот эффект включает рост производства не только в самой металлургии, но и у ее поставщиков: железорудной промышленности, коксохимии, электро- и теплоэнергетики, транспорта, торговли и пр., а также в звеньях цепочек поставок.

Численные методы

Для вычисления матрицы коэффициентов полных затрат $B = (I - A)^{-1}$ выполняется LU -факторизация матрицы $(I - A)$ (разложение матрицы на произведение нижней (L) и верхней (U) треугольных матриц для эффективного решения систем уравнений) [4]:

$$(I - A) = LU. \quad (9)$$

Матрица прямых затрат A (113×113), соответствующая 113 видам экономической деятельности в ТЗВ-2021, содержит около половины нулевых элементов, что позволяет использовать разреженный формат хранения (CSR — Compressed Sparse Row) и снижает объем вычислений.

Систему межотраслевого баланса $x = Ax + y$ у решаем итерационным методом Якоби:

$$x^{(k+1)} = D^{-1} \left(y - (A - D)x^{(k)} \right), \quad (10)$$

где: D — диагональная часть A ;

k — счетчик шагов (итераций);

$x^{(k)}$ — текущая версия решения на шаге k .

Чем больше итераций, тем ближе $x^{(k)}$ к истинному решению x .

Сходимость гарантирована, если спектральный радиус $\rho(A) < 1$. Критерий останова: относительное изменение решения меньше 10^{-6} ; на практике достаточно 150–300 итераций из лимита 1000.

Алгоритм расчета:

- Формирование матрицы A из данных ТЗВ.
- Проверка разреженности и выполнение LU -разложение.
- Итеративное решение методом Якоби с контролем сходимости.
- Валидация результатов через проверку баланса выпуска.

Анализ цепочки создания стоимости

Цепочка охватывает этапы от добычи сырья до утилизации [5]. Доли промежуточного потребления (ПП) рассчитываются как [3]:

$$\text{Доля ПП} = \frac{\text{ПП}_i}{x_i}, \quad \text{Доля ВДС} = \frac{\text{ВДС}_i}{x_i}, \quad (11)$$

где x_i — выпуск отрасли i в основных (базисных) ценах;

ПП_i — промежуточное потребление отрасли i ;

ВДС_i — валовая добавленная стоимость отрасли i .

Для черной металлургии (ОКВЭД 24.1–24.3) в базисных ценах выпуск составляет $x_i = 5974\,117$ млн руб., промежуточное потребление $\text{ПП}_i = 4\,739\,988$ млн руб., а валовая добавленная стоимость — $\text{ВДС}_i = 1\,234\,129$ млн руб.

Таким образом, доля ПП равна

$$\frac{4\,739\,988}{5\,974\,117} = 0,7934 \approx 79,34\%,$$

$$\text{а доля ВДС} = \frac{1\,234\,129}{5\,974\,117} = 0,2066 \approx 20,66\%.$$

Импортная составляющая в структуре промежуточного потребления равна 449 872 млн руб.,

$$\text{а ее доля в ПП составляет} \frac{449\,872}{4\,739\,988} = 0,0949 \approx 5\%.$$

Существенная доля ПП указывает на высокую ресурсоемкость отрасли, а сравнительно невысокая — у импорта — свидетельствует об относительной автономности цепочек поставок.

Алгоритм расчета:

- Идентификация этапов цепочки (добыча, переработка, производство, потребление, утилизация).
- Расчет выпуска и ВДС для каждого этапа на основе ТЗВ.
- Оценка долей отечественных и импортных ресурсов.

Допущения и ограничения

Межотраслевая модель предполагает фиксированные коэффициенты, что ограничивает учет динамических эффектов, таких как технологические изменения или волатильность цен.

В качестве базы расчетов использован ВВП России за 2021 г. в размере 134 727,5 млрд руб. (по данным Росстата) — он обеспечивает согласованность с национальными счетами.

Результаты анализа

Вклад черной металлургии в ВВП и структуру спроса: экспортная ориентация и внутреннее потребление

Черная металлургия (ОКВЭД 24.1–24.3) остается одной из системообразующих отраслей российской

экономики, внося значимый вклад в ВВП: в 2021 г. объем выпуска составил 5 974 117 млн руб. с распределением конечного спроса между экспортом (54,03%) и внутренним потреблением (45,97%), что отражает ее значимость и уязвимость.

Структура спроса и экспортная ориентация (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Вклад черной металлургии в структуру конечного спроса, 2021 г. / Contribution of Ferrous Metallurgy to the Structure of Final Demand, 2021

Показатель	Значение, млн руб.	Доля в конечном спросе, %
Экспорт:	3 227 815	54,03
Прямой	2 492 217	41,72
Косвенный	735 414	12,31
Металлоизделия	137 405	2,3
Машиностроение	186 392	3,12
Прочее	411 617	6,89
Внутренний спрос:	2 746 302	45,97
Прямой	529 307	8,86
Косвенный	2 216 995	37,11
Строительство	897 312	15,02
Машиностроение	476 735	7,98
Металлоизделия	160 704	2,69
Прочее	682 244	11,42
Общий спрос	5 974 117	100

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

В структуре спроса доминирует экспорт, составляя 54,03% (3 227 815 млн руб.), из которых 41,72% (2 492 217 млн руб.) приходится на прямой, а 12,31% (735 414 млн руб.) — на косвенный, связанный с поставками в производство металлоизделий (2,30%), машиностроение (3,12%) и другие отрасли (6,89%). Высокая доля прямого экспорта подчеркивает зависимость черной металлургии от мировых рынков, что усиливает риски, связанные с волатильностью цен и геополитическими ограничениями, включая санкции.

Внутренний спрос (45,97%, или 2 746 302 млн руб.) также подразделяется на прямой (8,86%, или

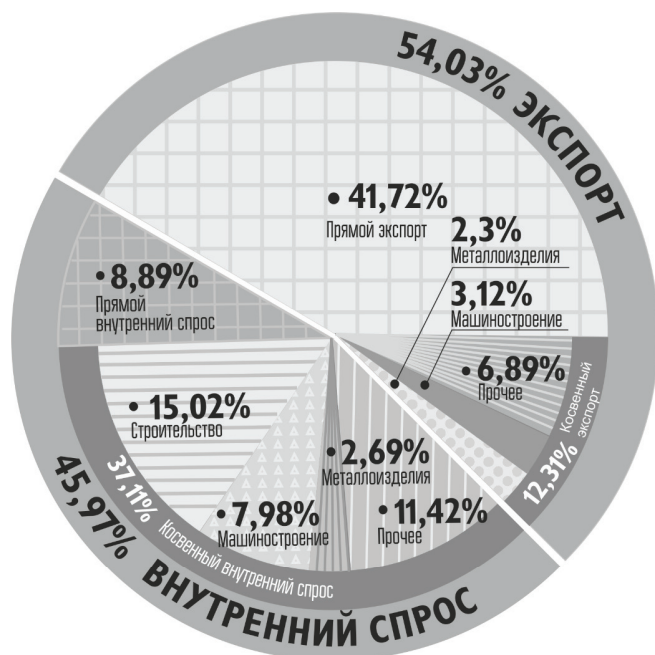


Рис. 2 / Fig. 2. Структура конечного спроса на продукцию черной металлургии, 2021 г. / Structure of Final Demand for Ferrous Metallurgy Products, 2021

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

529 307 млн руб.), включающий дальнейшую переработку металла в полуфабрикаты без конечного продукта (например, сервисные металлоцентры), и косвенный (37,11%, или 2 216 995 млн руб.), — в основном в строительстве (15,02%, или 897 312 млн руб.) и машиностроении (7,98%, или 476 735 млн руб.). Это свидетельствует о ключевой роли металлургии в инфраструктурных проектах и промышленной кооперации. Низкая доля высокотехнологичных сегментов, таких как металлоизделия (2,69%, или 160 704 млн руб.), говорит о необходимости углубления переработки и создания продукции с высокой добавленной стоимостью.

Рисунок 2 иллюстрирует распределение конечного спроса: 54,03% приходится на прямой и косвенный экспорт, связанный с поставками в машиностроение и производство металлоизделий. Внутренний спрос, составляющий 45,97%, сосредоточен в строительстве, машиностроении и сфере услуг. Такое распределение подчеркивает двойственную роль отрасли: с одной стороны, она обеспечивает значительные валютные поступления через экспорт, с другой — поддерживает внутренние отрасли, способствуя промышленной кооперации и инфраструктурному развитию.

Высокая экспортная ориентация создает риски, связанные с волатильностью мировых рынков и ге-

ополитическими факторами, включая санкции. Для их снижения необходима диверсификация рынков сбыта, развитие внутреннего спроса и углубление переработки. Низкая доля высокотехнологичных сегментов, таких как металлоизделия, указывает на необходимость инвестиций в инновационные технологии и модернизацию производства. Это позволит увеличить долю продукции с высокой добавленной стоимостью, укрепляя конкурентоспособность отрасли на внутреннем и внешнем рынках.

В то же время значительный вклад в строительство и машиностроение подчеркивает системную роль металлургии в поддержании экономической стабильности. Развитие инфраструктурных проектов и промышленной кооперации может стать драйвером роста внутреннего спроса, снижая зависимость от экспорта. Государственная поддержка, направленная на стимулирование высокотехнологичных сегментов и модернизацию производственных мощностей, способна усилить позиции отрасли в долгосрочной перспективе.

Межотраслевые связи и поставщики черной металлургии

Анализ межотраслевых связей выявляет ключевых поставщиков черной металлургии и их роль в интеграции отрасли в экономику. Эмпирической базой исследования послужила симметричная таблица «затраты-выпуск» России за 2021 г. На ее основе рассчитаны коэффициенты полных затрат на отечественную (КПЗО) и импортную (КПЗИ) продукцию. Примененный аналитический подход [6, 7] позволил определить основные зависимости, мультипликативные эффекты и возможности для оптимизации цепочек поставок. Промежуточное потребление составляет 4 739 988 млн руб., или 79,34% от общего выпуска отрасли (5 974 117 млн руб.), из которых на импорт приходится 449 872 млн руб. (9,5% ПП), что подчеркивает высокую локализацию поставок (табл. 2). Основные поставщики: сырьевые отрасли (железные руды, уголь, кокс), энергетика, услуги (транспорт, переработка металлолома) и машиностроение.

Высокая доля промежуточного потребления (79,24%) свидетельствует о глубокой интеграции черной металлургии в межотраслевые цепочки, где ключевая роль принадлежит добывающим отраслям и внутриотраслевым поставкам (это подчеркивает сырьевую ориентацию и сильную зависимость от них). Торговля и транспортные услуги обеспечивают эффективную логистику, что кри-

Таблица 2 / Table 2

Поставщики черной металлургии / Ferrous Metallurgy Suppliers

Продукция / Услуги	Код ОКВЭД 2	КПЗО	КПЗИ	Поток, млн руб.
Уголь	05	0,0291	–	173 805
Руды железные	07.1	0,1165	–	695 851
Продукция коксовых печей	19.1	0,0299	–	178 753
Нефтепродукты	19.2, 19.3	0,0061	–	36 240
Изделия огнеупорные	23.(2,3,4)	0,0061	–	36 651
Железо, чугун, сталь	24.(1,2,3)	0,2106	0,0283	1 426 986
Драгметаллы	24.4	0,0123	–	73 233
Машиностроение и металлообработка	25–33	0,0266	0,0096	215 933
Электроэнергия	35.1	0,0254	–	151 548
Удаление отходов (металлолом)	38	0,0480	–	286 825
Торговля	46	0,0846	–	505 392
Транспорт	49.(1,2,4,5)	0,0289	–	172 908
Складирование	52	0,0151	–	89 921
Услуги, налоги	Остальные	0,0779	0,0374	465 384
ИТОГО ПП		0,7170	0,0753	4 739 988
ВДС		0,2077	–	1 234 129
ВСЕГО		1,0000		5 974 117

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

тично для доставки тяжелого сырья и готовой продукции. Переработка металлолома вносит вклад в устойчивость и снижение затрат на первичное сырье, что особенно важно в условиях глобальных экологических требований [22]. Низкая доля импорта (8,71% ПП) говорит о высокой локализации, но зависимость от импортного оборудования (КПЗИ 0.0096 в машиностроении) и драгметаллов (КПЗИ 0.0024) указывает на возможности для импортозамещения. Энергоемкость отрасли требует инвестиций в энергоэффективные технологии. Оптимизация цепочек поставок возможна путем развития локального производства оборудования, усиления переработки вторичного сырья и повышения энергоэффективности.

Низкая доля импорта (8,71%) подтверждает высокую локализацию. Основной импорт приходится на машиностроение (КПЗИ 0.0096) и драгметаллы (КПЗИ 0.0024), что указывает на потенциал для импортозамещения в этих категориях, особенно в производстве высокотехнологичного оборудования.

Анализ цепочки создания стоимости в черной металлургии России за 2021 г.

Цепочка создания стоимости (ЦСС) черной металлургии России охватывает этапы от добычи сырья до производства конечной продукции и ее распределения. На основе таблиц «затраты-выпуск» за 2021 г., опубликованных Росстатом, выполнен анализ структуры промежуточного потребления (ПП) и валовой добавленной стоимости (ВДС) отрасли. Общий выпуск черной металлургии (ОКВЭД 24.1–24.3) составил 5 974 117 млн руб., из которых 79,2% приходится на промежуточное потребление (4 739 988 млн руб.), а 20,8% — на валовую добавленную стоимость (1 234 129 млн руб.). На рис. 3 представлена структура этапов ЦСС с учетом их долей в общем выпуске, основанная на данных межотраслевого баланса.

Рисунок 3 позволяет сделать следующие выводы:

- Высокая доля железных руд (11,7%) подчеркивает зависимость отрасли от стабильных поставок из добывающего сектора, что требует обеспечения качества сырья и устойчивости цепочек поставок.

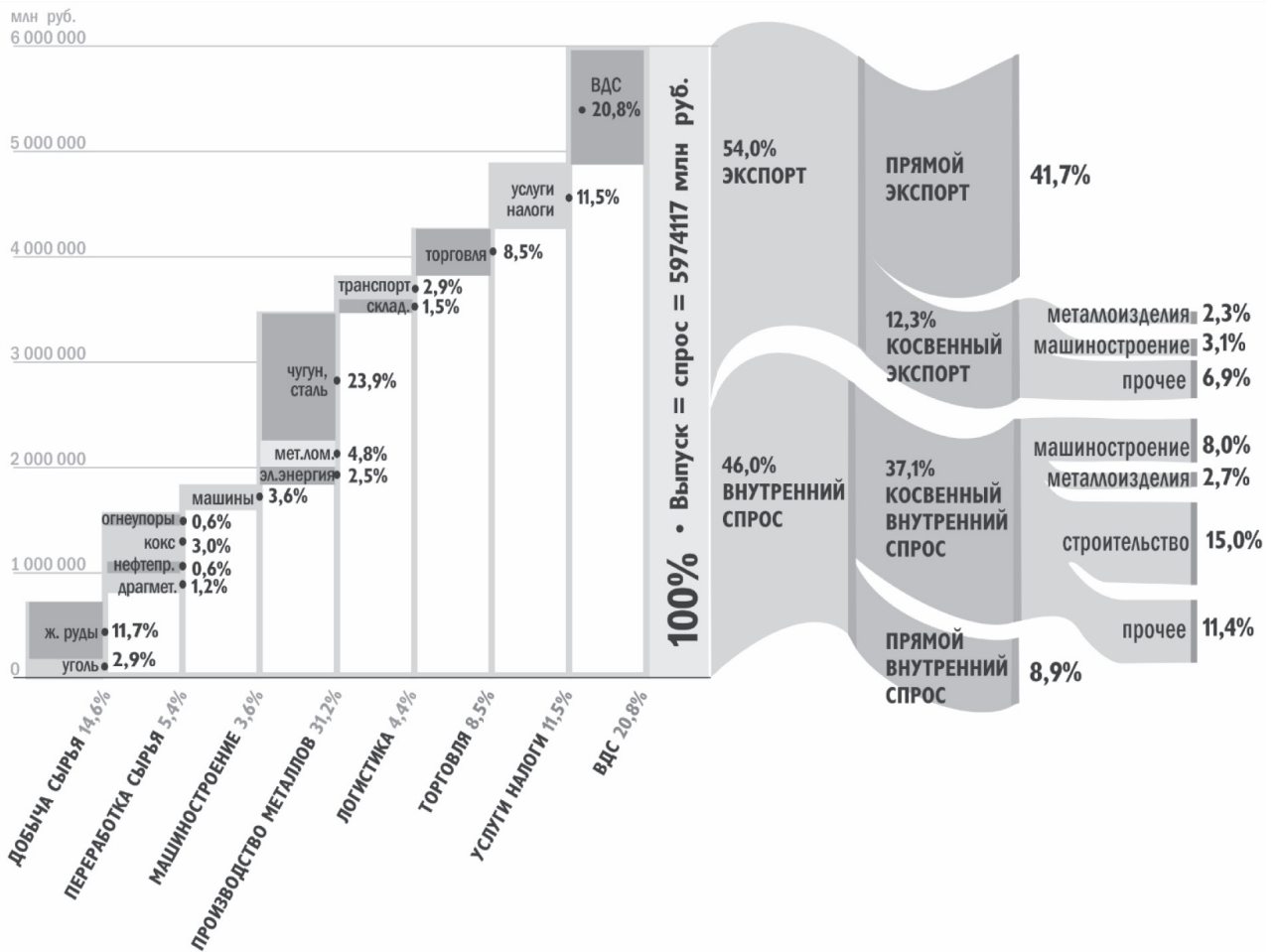


Рис. 3 / Fig. 3. Структура цепочки создания стоимости черной металлургии России, 2021 г. / Structure of the Value Chain of Ferrous Metallurgy in Russia, 2021

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

- Небольшая доля импорта драгметаллов (1,2%) указывает на потенциал для импортозамещения.
- Частичная зависимость от импорта (входит в 9,5% общего импорта ПП) свидетельствует о необходимости развития локального производства оборудования для повышения автономности.
- Высокая доля производства металлов (31,2%) отражает вертикальную интеграцию отрасли, где промежуточная продукция (заготовки, прокат) используется для дальнейшей переработки. Использование металлолома способствует экологической устойчивости.
- Показатель логистической отрасли (4,4%) подчеркивает ее значимость для снижения затрат и поддержания конкурентоспособности.
- Высокая доля торговых услуг (8,5%) говорит об их роли во взаимодействии производителей с рынками, особенно в условиях экспортной ориентации отрасли.

- Услуги и налоги (11,5%) составляют значительную часть ПП. Это подчеркивает необходимость оптимизации непроизводственных затрат.
 - Низкая доля ВДС (20,8%) (по сравнению со средней по экономике 40%) указывает на ограниченную способность отрасли генерировать добавленную стоимость, что требует углубления переработки и развития высокотехнологичных сегментов.
- Анализ этапов ЦСС подтверждает системообразующую роль черной металлургии в российской экономике, выявляя уязвимости, связанные с высокой ресурсоемкостью и экспортной ориентацией. Для устойчивого развития отрасли необходимы меры по модернизации, импортозамещению и развитию внутреннего спроса — это позволит снизить ее зависимость от внешних рынков и повысить экономическую эффективность.



Сценарный анализ черной металлургии в условиях снижения экспорта: обоснование структурной поддержки через развитие смежных отраслей

Экспортная доля черной металлургии (41,7% конечного спроса) формирует повышенную чувствительность отрасли к внешним ограничениям. Сценарное моделирование оценивает ее устойчивость к внешним шокам, связанным с 10%-ным снижением экспорта стали, и определяет стратегии компенсации потерь путем перераспределения спроса в смежные отрасли или на внутренний рынок⁹. Анализ основан на межотраслевом балансе 2021 г. (Росстат) с использованием модели «затраты-выпуск» и коэффициентов полных затрат (КПЗ)¹⁰.

Для сценарного моделирования выбраны три крупнейших отраслевых потребителя продукции черной металлургии: строительство (15,0%), внутреннее машиностроение (8,0%) и экспортное машиностроение (3,1%).

Параметры и ограничения

Критерии устойчивости:

- сохранение текущего уровня выпуска металлургической продукции (загрузка производственных мощностей остается неизменной);
- положительное сальдо торгового баланса ($\Delta TB \geq 0$).

Рассматриваются *три сценария* перераспределения высвободившегося объема металлопродукции на основе коэффициентов прямых затрат a_{ij} из матрицы межотраслевых потоков:

- S1: увеличение экспорта машиностроения (ОКВЭД 28–30).
- S2: импортозамещение машиностроительной продукции на внутреннем рынке.
- S3: расширение внутреннего спроса в строительстве (ОКВЭД 41–43).

Исходные данные (2021 год):

- экспорт металлургии $Export_{steel}$ (– 2 492 216,6 млн руб.;
- металлы в экспорте машиностроения (код 28–30) — 186 328,4 млн руб.;
- металлы в отечественном машиностроении (код 28–30) — 476 702,1 млн руб.;
- металлы в строительстве (код 41–43) — 897 316,0 млн руб.;

⁹ URL: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmgsites/xx/pdf/2024/09/mining-metals-outlook-2024.pdf>; <https://www.eurofer.eu/publications/steel-roadmap-for-a-low-carbon-europe-2050/>

¹⁰ URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts>

- коэффициент косвенных затрат в строительстве (металлоемкость строительства) — $m = 0,0816$ (8,16%).

Методика расчета

1. Потери металлургии

$$\Delta M = -0,10 \times Export_{steel}, \quad (12)$$

где коэффициент $-0,10$ () означает исходное условие моделирования при снижении экспорта на 10%, а знак «–» указывает на правильную направленность связи: снижение экспорта → потери металлургии.

2. Прирост металлопотребления отрасли k , компенсирующий $|\Delta M|$, должен равняться величине потерь:

$$\Delta Metal_k = |\Delta M|. \quad (13)$$

3. Относительный прирост металлопотребления g_k :

$$g_k = (\Delta Metal_k / Metal_k^{base}) \times 100\%. \quad (14)$$

4. Чувствительность «на –1% экспорта стали»:

$$g_k^{(1\%)} = g_k / 10. \quad (15)$$

5. Эквивалент прироста выпуска:

$$\Delta X_k = \Delta Metal_k / m_k, \quad (16)$$

где m_k полная металлоемкость отрасли (средневзвешенная: 0,1133 для экспортного машиностроения; 0,1067 — для внутреннего).

Результаты сценарного анализа

Результаты указаны в *табл. 3*.

Интерпретация

Сценарий S1 требует фактически удвоить экспорт высокотехнологичной машиностроительной продукции. Это стратегически обоснованная, но в краткосрочной перспективе малореализуемая задача, поскольку требует длительной диверсификации рынков сбыта (страны MENA, Латинская Америка, ЮВА) и развития сервисного сопровождения. Добавочный экспорт машиностроения приводит к почти пропорциональному росту импорта комплектующих и материалов.

Сценарий S2 обеспечивает сопоставимый прирост спроса на металлопродукцию при вдвое меньшем относительном приросте выпуска, радикально сокращает импорт компонентов и дает положительный вклад в торговое сальдо. Ограничение: необходимость локализовать критические компоненты (ЧПУ, гидравлика, подшипники) и расширить кооперацию с поставщиками материалов.

Сценарий S3 характеризуется наименьшей нагрузкой на отрасль с точки зрения относительно прироста, однако требует значительного фи-

Таблица 3 / Table 3

Сравнительный анализ сценариев развития черной металлургии при снижении экспорта на 10% / Comparative Analysis of Scenarios for the Development of Ferrous Metallurgy with A 10 Per Cent Reduction in Exports

Показатель	S1: Экспорт машиностроения	S2: Импортозамещение машиностроения	S3: Строительство
Потери металлургии, ΔМ, млн руб.	-249 221,65	-249 221,65	-249 221,65
Металлы в базовом спросе, млн руб.	186 328,37	476 702,09	897 316,03
Необходимый прирост металлопотребления, ΔMetal, млн руб.	+249 221,65	+249 221,65	+249 221,65
Относительный прирост, %	133,75	52,28	27,78
Чувствительность (-1% стали), п.п.	13,38	5,23	2,78
Эквивалент прироста выпуска, ΔX, млн руб.	2 199 662	2 335 723	3 054 187
Изменение ТБ, ΔТВ, млн руб.	≈ 0	+1 040 518	-249 222
Сокращение конечного импорта, млн руб.	0	-1 289 740	0

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

нансирования. Без параллельного роста экспорта стройматериалов торговый баланс уменьшается на величину выпавшей выручки от металлургической отрасли.

Комбинация S2 + S3 рассматривается как наиболее сбалансированное решение: импортозамещение в машиностроении обеспечивает структурный сдвиг в сторону продукции с высокой добавленной стоимостью, а инфраструктурные программы строительства создают устойчивый внутренний спрос на сталь, сохраняя загрузку мощностей черной металлургии.

Рекомендации по развитию отрасли черной металлургии России

Анализ ЦСС черной металлургии России за 2021 г., выполненный на основе таблиц «затраты-выпуск» Росстата, выявил высокую экспортную зависимость (54,03% конечного спроса), низкую долю валовой добавленной стоимости (ВДС, 20,8% от выпуска) и значительную ресурсоемкость (79,2% промежуточного потребления). Глобальные тренды декарбонизации, санкционные ограничения и волатильность мировых рынков усиливают необходимость структурной трансформации отрасли. На основе сценарного моделирования и анализа межотраслевых связей предлагаются меры для повышения устойчивости, конкурентоспособности и технологического уровня металлургического комплекса, соответствующие Стратегии

развития металлургии РФ до 2030 г.¹¹ и международным практикам.

Углубление переработки и рост добавленной стоимости

Низкая доля металлоизделий в конечном спросе (2,69%) и ВДС (20,8%) указывают на сырьевую ориентацию отрасли. Для перехода к производству высокомаржинальной продукции рекомендуется:

- создавать производственные кластеры в регионах с высокой концентрацией металлургических активов (Челябинская, Свердловская, Липецкая области) для выпуска трубной продукции, сборных конструкций и компонентов машиностроения, ориентированных на внутренний рынок и экспорт в страны ЕАЭС [8];
- развивать сеть сервисных металлоцентров для обработки проката (нарезка, гибка, нанесение покрытий), что сократит логистические издержки и повысит маржинальность на 10–15%;
- ввести инвестиционные налоговые вычеты (до 50% затрат) и субсидии на модернизацию перерабатывающих мощностей, включая оборудование для производства высокопрочных сталей и сплавов, таких как коррозионностойкие марки для нефтегазовой отрасли¹².

¹¹ URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405963845/>

¹² URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/b028b88a60e6ddf67e9fe9c07c4951f0/prognoz_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_rf_2025-2027.pdf



Эти рекомендации соответствуют международным стратегиям повышения добавленной стоимости, описанным в дорожной карте EUROFER¹³ и докладах OECD¹⁴.

Импортозамещение и кооперация с машиностроением

Сценарий S2 (импортозамещение в машиностроении) продемонстрировал возможность компенсации 10%-ного снижения экспорта стали (+52,3% прироста внутреннего спроса) и улучшения торгового баланса на 1,04 трлн руб. за счет сокращения импорта на 1,29 трлн руб.¹⁵

Для его реализации требуется:

- локализовать производство металлоемких компонентов (станины, валы, корпуса, подшипники) через кооперацию металлургических холдингов (НЛМК, ММК, Северсталь) с машиностроительными предприятиями (АвтоВАЗ, Уралмаш, ОМЗ, КАМАЗ и др.);
- поддерживать государственно-частные партнерства в станкостроении, энергетическом и транспортном машиностроении, предоставляя субсидии на НИОКР (до 30% затрат) и сертификацию продукции, включая стандарты ISO для экспорта;
- стимулировать экспорт машиностроительной продукции в страны ЕАЭС, Юго-Восточной Азии и Ближнего Востока путем льготного кредитования и логистической поддержки, ориентируясь на рост экспорта на 20% к 2030 г. [8].

Данные шаги согласуются с методологией TiVA и рекомендациями по интеграции отраслей в рамках ЕАЭС¹⁵.

Стимулирование внутреннего спроса

Строительство (15,02%) и машиностроение (7,98%) формируют 23% внутреннего спроса на металлопродукцию, что делает их ключевыми драйверами компенсации экспортных потерь (сценарий S3, прирост 27,8%)¹⁴.

Для реализации рекомендуется:

- расширить государственные инвестиции в инфраструктуру (дороги, мосты, порты, магистральные сети), где металлоконструкции обеспечивают мультипликативный эффект, увеличивая спрос на сталь на 10–15% к 2027 г.;

¹³ URL: <http://www.kremlin.ru/events/state-council/76685>

¹⁴ URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/12/circular-economy-policies-for-steel-decarbonisation_80056a49/4cfb485d-en.pdf; DOI: 10.1787/4cfb485d-en

¹⁵ URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902113/KS-RA-07-013-EN.PDF>

- упростить сертификацию и предоставить преференции производителям строительных металлоизделий (например, арматуры, балок) путем ускоренных процедур аккредитации и приоритетного доступа к госзаказам¹⁴;

- внедрить промышленный лизинг для закупки отечественной техники (например, строительных кранов, сельхозтехники) с содержанием российского металла не менее 70%, что поддержит спрос на прокат¹⁶.

Эти меры соответствуют стратегическим целям социально-экономического развития России до 2027 г.¹⁷

Модернизация и декарбонизация

Высокая энергоемкость (2,54% промежуточного потребления) и необходимость соответствия трансграничному углеродному регулированию (СВАМ) в ЕС требуют технологической трансформации¹⁸. Средний углеродный след российской металлургии (около 2,2 т CO₂ на тонну стали) превышает показатели ЕС (1,5 т CO₂)¹⁹.

Таким образом, рекомендуется:

- внедрять низкоуглеродные технологии: прямое восстановление руды (DRI), электропечное производство и водородную металлургию, ориентируясь на сокращение выбросов CO₂ на 30% к 2030 г.²⁰;
- использовать цифровые решения (цифровые двойники) для оптимизации доменных процессов, проводить мониторинг выбросов в реальном времени и прогнозировать энергопотребление с применением ИИ, что может снизить энергозатраты на 10–15% [1];

- национальную систему сертификации «зеленой стали», интегрированную с методологией оценки жизненного цикла (LCA), для соответствия требованиям СВАМ и сохранения доступа к рынкам ЕС27.

Подобные шаги соответствуют рекомендациям IEA и McKinsey по декарбонизации сталелитейной промышленности²¹.

¹⁶ URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405963845/>

¹⁷ URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/b028b88a60e6ddf67e9fe9c07c4951f0/prognoz_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_rf_2025-2027.pdf

¹⁸ URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/12/circular-economy-policies-for-steel-decarbonisation_80056a49/4cfb485d-en.pdf; DOI: 10.1787/4cfb485d-en

¹⁹ URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/eb0c8ec1-3665-4959-97d0-187ceca189a8/Iron_and_Steel_Technology_Roadmap.pdf

²⁰ URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/eb0c8ec1-3665-4959-97d0-187ceca189a8/Iron_and_Steel_Technology_Roadmap.pdf

²¹ URL: <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/decarbonization-challenge-for-steel>

Развитие вторичной переработки

Переработка металлолома (4,8% промежуточного потребления) снижает зависимость от первичного сырья и поддерживает экологическую устойчивость.

С этой целью предлагается:

- создать сеть региональных центров сбора и переработки лома вблизи металлургических комбинатов (например, в Магнитогорске, Липецке), интегрированных с транспортной инфраструктурой;
- установить квоты на использование вторичного металла (25–30%) в продукции для госконтрактов, что сократит потребность в железной руде на 10%;
- поддерживать инвестиции в современные технологии переработки лома, включая автоматизированные линии сортировки и электропечи с низким энергопотреблением²².

Такие меры согласуются с рекомендациями OECD по развитию циклической экономики в металлургии²³.

Кадровое обеспечение и технологическая трансформация

Внедрение технологий «Металлургия 4.0», цифровизации и ESG-стандартов требует наличия квалифицированных кадров.

Для этого рекомендуется:

- открыть магистратуры по направлениям «Цифровая металлургия», «Промышленная автоматизация» и «Управление выбросами» в технических вузах (например, МИСиС, УрФУ) с акцентом на ИИ и низкоуглеродные технологии;
- запустить федеральную программу подготовки инженеров совместно с Минобрнауки и крупными холдингами, охватывающую не менее 5 тыс. специалистов к 2030 г.;
- создавать центры компетенций на базе металлургических предприятий (например, НЛМК, ММК, Северсталь, ЕВРАЗ) для интеграции науки, образования и производства с привлечением молодых специалистов через стажировки и гранты;

²² URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405963845/>

²³ URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/12/circular-economy-policies-for-steel-decarbonisation_80056a49/4cfb485d-en.pdf; DOI: 10.1787/4cfb485d-en

- внедрить программы привлечения молодежи, включая стипендии и конкурсы инновационных проектов, для обеспечения притока кадров в отрасль.

Такой подход соответствует приоритетам Минобрнауки РФ и способствует технологической трансформации²⁴.

ВЫВОДЫ

Черная металлургия России обеспечивает 4,4% валового выпуска экономики, при этом ее вклад в ВВП составляет 0,9%, а в экспортные доходы страны — 2,38%. Экспортная ориентация отрасли высока: 54,03% продукции направляется на внешние рынки, преимущественно в виде полуфабрикатов (77,20%). Характерной особенностью является высокая локализация производства — импорт составляет лишь 9,67% промежуточного потребления. Анализ цепочки создания стоимости на основе таблиц «затраты-выпуск» Росстата выявил низкую зависимость от импорта и ключевых внутренних потребителей, включая строительство (15,02%) и машиностроение (7,98%). Однако ресурсоемкость отрасли ограничивает долю добавленной стоимости, что подчеркивает необходимость повышения эффективности производства.

Санкции и глобальные тренды декарбонизации создают вызовы для отрасли, усиливая ее уязвимость к внешним шокам. Сценарный анализ показал, что снижение экспорта может быть компенсировано развитием машиностроения посредством импортозамещения, что дает возможность сохранить объемы производства и улучшить торговый баланс. Для повышения устойчивости и конкурентоспособности рекомендуется стимулировать внутренний спрос, осуществляя инфраструктурные проекты, внедряя современные технологии для производства высококачественных сталей и глубокой переработки металлов. Реализация предложенных мер позволит снизить внешнюю уязвимость, увеличить объемы добавленной стоимости и обеспечить устойчивое развитие металлургического комплекса России в условиях современных экономических вызовов.

²⁴ URL: [https://m.minobrnauki.gov.ru/upload/2024/06/24.06_%D0%98%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%B8_v4%20\(3\).pdf](https://m.minobrnauki.gov.ru/upload/2024/06/24.06_%D0%98%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%B8_v4%20(3).pdf)

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Leontief W. Quantitative Input and Output Relations in the Economic System of the United States. *The Review of Economics and Statistics*. 1936.;18(3):105–125.



2. Быков А.А., Толкачев С.А., Пархименко В.А., Шаблинская Т.В. Экономический рост Китая в 2010–2017 годы: анализ с позиций методологии «затраты-выпуск» и современной денежной теории. *Финансы: теория и практика*. 2021;25(2):166–184. DOI: 10.26794/2587-5671-2021-25-2-166-184
Bykov A.A., Tolkachev S.A., Parkhimenko V.A., Shablinskaya T.V. China's economic growth in 2010–2017: analysis using input-output methodology and modern monetary theory. *Finance: Theory and Practice*. 2021;25(2):166–184. (In Russ.) DOI: 10.26794/2587-5671-2021-25-2-166-184
3. Miller R.E., Blair P.D. *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. — 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2009. 750 p. DOI: 10.1017/CBO9780511626982
4. Ten Raa T. *The Economics of Input-Output Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press; 2005. 212 с. DOI: 10.1017/CBO9780511610783
5. Gereffi G. *Global Value Chain Analysis: A Primer*. URL: <https://dukespace.lib.duke.edu/items/e8010f4b-90c9-4835-bc54-16422bb7efb6>
6. Knight D., Emelyanova O., Rostovtseva I. et al. Russian economic report 46 The World Bank. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099050011302118976/pdf/P17756206d40310aa0a5e109d6fa60bc55a.pdf>
7. Baldwin R., Lopez-Gonzalez J. Supply-Chain Trade: A Portrait of Global Patterns and Several Testable Hypotheses. *The World Economy*. 2015;38(11):1682–1721. DOI: 10.1111/twec.12189
8. Мядзель В.С. Проблемы и перспективы развития российской металлургии в рамках ЕАЭС. *Экономические отношения*. 2024;14(3):575–584. DOI: 10.18334/eo.14.3.121375
Myadzel V.S. Problems and prospects of development of the Russian metallurgy within the EAEU. *Economic Relations*. 2024;14(3):575–584. (In Russ.). DOI: 10.18334/eo.14.3.121375
9. Baldwin R. *The Great Convergence: Information Technology and the New Globalization*. Cambridge: Harvard University Press; 2016. 344 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS



Олег Евгеньевич Наварро — технический директор, ООО «ПК Стальпрокат», Москва, Российская Федерация

Oleg E. Navarro — Technical Director of LLC “PC Stalprokat”, Moscow, Russian Federation
<https://orcid.org/0009-0006-8145-1998>

Автор для корреспонденции / Corresponding author:
oleg_navarro@mail.ru



Алексей Александрович Быков — доктор экономических наук, профессор, проректор по научной работе, Белорусский государственный экономический университет, Минск, Республика Беларусь

Aliaksei A. Bykov — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Vice-Rector for Research, The Belarusian State University of Economics, Minsk, Republic of Belarus

<https://orcid.org/0000-0003-2005-9061>
bikov_a@bseu.by

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflicts of Interest Statement: The authors have no conflicts of interest to declare.

Статья поступила 26.07.2025; после рецензирования 22.08.2025; принята к публикации 10.12.2025.
Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.
The article was received on 26.07.2025; revised on 22.08.2025 and accepted for publication on 10.12.2025.
The authors read and approved the final version of the manuscript.