

## МИРОВАЯ ЭКОНОМИКА

Научная статья  
УДК 338.001.36:669

### Оценка динамики производства стали странами мира на основе их группировки

**Леонид Дмитриевич Савенков**

Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия, leonidsavenkov89@yandex.ru

**Аннотация.** Производство стали играет важную роль в современной экономике. Сталь представляет собой ресурс, который имеет фундаментальное значение в функционировании любого государства. Поэтому важна оценка динамики развития сталелитейной промышленности в различных странах мира на основе группировки. Методология включает в себя анализ финансовых показателей, статистические методы (логарифмирование, стандартизация, кластерный анализ), а также использование метода Данна для выбора оптимального числа кластеров. Целью работы является проведение кластерного анализа стран – производителей стали и выявление тенденций производства стали в этих странах с 2019 по 2023 г. Результаты группировки стран – производителей стали за 2023 г., проведенной при помощи кластерного анализа, позволили получить 5 групп с различными признаками. На основе оценки динамического изменения положения стран – производителей стали в составе полученных в ходе кластерного анализа групп в исследовании сделан прогноз их дальнейшего перемещения из группы в группу.

**Ключевые слова:** металлургический комплекс, сталелитейная промышленность, мировое производство стали, группировка, кластерный анализ, метод k-средних

**Основные положения:**

- ◆ сталь играет важную роль в современной экономике и развитии современного общества;
- ◆ мировое производство стали постоянно растет, за период 1950–2022 гг. производство стали выросло в 9,97 раза;
- ◆ в процессе проведения кластерного анализа стран – производителей стали на основании данных за 2019 и 2023 гг. выделено 5 групп стран – производителей стали с соответствующими характеристиками;
- ◆ на основе проведенной оценки определена логистика перехода стран – производителей стали из одной группы в другую.

**Для цитирования:** Савенков Л.Д. Оценка динамики производства стали странами мира на основе их группировки // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2024. № 10 (240). С. 17–27.

Original article

## Assessment of the dynamics of steel production by countries of the world based on their grouping

Leonid D. Savenkov

Togliatty State University, Togliatty, Russia, leonidsavenkov89@yandex.ru

**Abstract.** Steel production has come to play a major role in the modern economy. Steel is a resource that is fundamental to the functioning of any nation. This is a basis of the dynamics of the development of the steel industry in various countries of the world on the basis of grouping. The methodology includes analysis of financial indicators, statistical methods (logarithm, standardization, cluster analysis), as well as the use of Dunn Index method to select the number of clusters. The purpose of the work is to conduct a cluster analysis of steel producing countries and identify steel production trends in these countries from 2016 to 2023. The results of groupings carried out using cluster analysis based on the results of producing countries starting in 2023 allow us to obtain five groups with different characteristics. Based on an assessment of the dynamic change in the position of steel-producing countries within the groups obtained during the cluster analysis, the study makes a forecast of their further movement from group to group.

**Keywords:** metallurgical complex, steel industry, world steel production, grouping, cluster analysis, k-means clustering method

### Highlights:

- ◆ steel plays an important role in the modern economy and the development of modern society;
- ◆ global steel production is constantly growing, over the period 1950-2022 steel production increased by 9.97 times;
- ◆ in the process of conducting a cluster analysis of steel-producing countries, based on data for 2019 and 2023, 5 groups of steel-producing countries with corresponding characteristics were identified;
- ◆ based on the assessment, the logistics of the transition of steel-producing countries from one group to another has been determined.

**For citation:** Savenkov L.D. Assessment of the dynamics of steel production by countries of the world based on their grouping // Vestnik of Samara State University of Economics. 2024. No. 10 (240). Pp. 17–27. (In Russ.).

### Введение

Сталь играет важную роль в современной экономике и развитии современного общества. Благодаря своим свойствам, в число которых входит прочность, способность к растяжению, пластичность, сталь является лидером по объемам использования в жизни и деятельности человечества. Современная металлургическая промышленность в настоящее время производит множество видов стали, таких как углеродистая сталь, легированные виды стали, в число которых входят нержавеющие виды сплавов, инструментальные и пр. Каждый вид стали находит свое применение в различных отраслях промышленности, и его

технология разрабатывается под конкретные задачи.

Важную роль сталь играет в строительстве, которое потребляет 50% производимой в мире стали. Основными видами продуктов из стали, которые находят свое использование в строительной промышленности, являются профильные трубы, арматура и другие виды проката. Машиностроение тоже является активным потребителем продукции сталелитейной промышленности, так как сталь используется в различных изделиях, начиная с прокатных станков и заканчивая продукцией станкостроения и автомобилями. Сталь также используется в судостроении, бытовой технике и оборудова-

нии. Значительную роль сталь играет и в оборонной промышленности, так как выступает компонентом в производстве большинства видов вооружений.

Важность сталелитейной промышленности, а также технологии производства стали рассматриваются в большом количестве исследований. Как показывают исследования, в современном производстве стали ключевым компонентом является стан горячей прокатки [1]. Следует отметить экологические аспекты сталелитейной промышленности: несмотря на то что сталелитейная промышленность приносит многим странам экономические выгоды, она также оказывает существенное негативное воздействие на окружающую среду [2]. Это значительно сдерживает темы развития сталелитейной промышленности. Например, огромное потребление энергии и высокий уровень выбросов загрязняющих веществ сдерживают устойчивое развитие черной металлургии Китая. Очень важно систематически исследовать те основные препятствия, которые мешают устойчивому развитию этой отрасли [3].

Металлургическая промышленность является ключевым элементом экономики различных стран благодаря ее значительному вкладу в ВВП. Например, для России вклад в ВВП составляет около 5%. Также продукция металлургической промышленности обладает значительным экспортным потенциалом. Экспорт продукции сталелитейной промышленности может стать важным источником дохода для государства. В то же время международная конкуренция на мировом рынке стали может привести к существенным негативным последствиям. Например, сталелитейная промышленность ЮАР пострадала в результате конкуренции на мировом рынке. Это делает актуальным формирование новых бизнес-моделей и парадигм для улучшения экономической деятельности металлургической отрасли, в том числе в области совершенствования стратегий управления цепочками поставок [4]. При этом в работах подчеркивается важность достижения эффективности, а также проблемы современного производства стали с позиций ресурсосбережения [5].

На сталелитейную промышленность оказывает существенное влияние экономическая

конъюнктура. Например, ряд авторов указывают, что мировой финансовый кризис оказал существенное влияние на реальный сектор экономики сталелитейной промышленности [6]. Беспрецедентный рост производства стали в мире в течение 2000-х гг. характеризовался ускоренной приватизацией, интернационализацией, финансовым оздоровлением и изменением территориальной структуры мировой черной металлургии. В условиях транснационального частного бизнеса максимизация прибыли, а не минимизация издержек, стала доминирующим принципом принятия решений о размещении новых предприятий, а уровень принятия решений сместился с локального на макрорегиональный и глобальный. Наиболее рентабельные производства стали расположены в настоящее время в Индии, Бразилии, России и на Ближнем Востоке, где сосредоточена большая часть современных проектов размещения новых предприятий черной металлургии [7].

Ряд авторов отмечают, что производство стали – это отрасль промышленности, которой сложно значительно снизить свое вредное влияние на окружающую среду и обеспечить снижение последствий, связанных с изменением климата. Сценарный анализ показывает, что рост мирового спроса может поставить под угрозу перспективы развития производства стали на пути снижения вредного влияния на окружающую среду, в том числе за счет уменьшения выбросов углекислого газа и прочих вредных веществ. Поэтому исследователи [8] предлагают для достижения целей по снижению влияния сталелитейной промышленности на климат обеспечить внедрение совместных мер по оптимизации спроса и предложения по всему миру с учетом региональных условий. Исследования показывают, что в долгосрочной перспективе на производство стали будут оказывать влияние темы реального экономического роста и производство автомобилей, даже в том случае если в краткосрочной перспективе взаимосвязь эта не является очевидной. Аналогичным образом качественные факторы влияют на сталелитейную промышленность в контексте действующих норм по сокращению выбросов углекислого газа и обеспечению устойчивого развития [9]. Следует отме-

титель, что сталелитейная промышленность уделяет большое внимание снижению воздействия на окружающую среду, что отражено в работе J. Suer [4]. Исследователи [10] отмечают, что производство стали вносит значительный вклад в потребление электроэнергии на мировом рынке. Перепроизводство стали, которое вызвало ее переизбыток на мировом рынке, привело к усилению конкуренции, что делает актуальным снижение затрат электроэнергии на производство в развивающихся странах по сравнению с развитыми. Причина в том, что на долю энергопотребления приходится от 20% до 40% затрат на производство стали, снижение энергопотребления приведет к снижению себестоимости и повышению конкурентоспособности. При этом затраты развивающихся стран на электроэнергию в целом выше, чем у развитых стран.

В настоящее время, в связи с использованием новых технологий производства стали на основе водорода, которые ожидается использовать в ближайшем будущем в Европе, существующие региональные промышленные кластеры теряют свои основные активы. Такая реструктуризация отраслей может привести к новому географическому распределению сталелитейной промышленности, а также к другому качеству вертикальной интеграции на предприятиях [11].

### Методы

Методология включает в себя анализ финансовых показателей, статистические методы (логарифмирование, стандартизация, кластерный анализ), а также использование метода Данна для выбора оптимального числа кластеров. Такой комплексный подход позволяет более глубоко исследовать деятельность компаний и выявлять их схожие и различные характеристики.

Целью работы является проведение кластерного анализа стран – производителей стали и выявление тенденций производства стали в этих странах с 2019 по 2023 г.

Показатели производства стали были взяты на сайте всемирной сталелитейной ассоциации WorldSteel.

Кластерный анализ по выбранным показателям был проведен на основании метода К-

средних (K-means). Метод кластерного анализа k-средних (k-means clustering) является одним из популярных методов в области машинного обучения и статистики, используемым для разделения набора данных на группы или кластеры.

Для выделения групп был использован метод Данна. Цель использования автором метода Данна – найти такое число кластеров, при котором внутрикластерное сходство максимально, а межкластерное различие минимально.

### Результаты

Мировое производство стали постоянно растет: в 1950 г. производство стали составляло 189 млн т, а в 2022 г. – 1,885 млн т, таким образом, за 72 года производство стали выросло в 9,97 раза. Такой значительный рост производства и потребления стали связан в первую очередь с ростом мирового населения, а также с возрастающей ролью стали в современной жизни общества. Китай является лидером по производству стали с объемом производства 1,018 млн т и долей в мировом производстве (54% от общего объема производства стали). Далее по объемам производства идут Индия, Япония, США и Россия. Производство стали в Китае превышает производство Индии в 8 раз, Японии – в 11 раз, США – в 12 раз и России – в 14 раз.

На рис. 1 представлена визуализация мировых данных производства стали. Как видно из рис. 1, наибольший пик достигается в 2021 г., затем происходит резкий спад показателей к 2022 г.

Крупнейший производитель стали – Китай, визуализация объемов производства которого показана на рис. 2.

Как видно из рис. 2, наибольший объем производства был в Китае в 2020 г., по сравнению с периодом 2019 г. После этого происходит снижение объемов производства стали, в 2022 и 2023 гг. производство стали стабилизируется на уровне 1 млн т стали в год.

Индия занимает второе место по производству стали в мире, при этом в отличие от других стран-лидеров производство стали в Индии растет, несмотря на незначительный спад производства до 100,3 млн т в 2021 г., объем

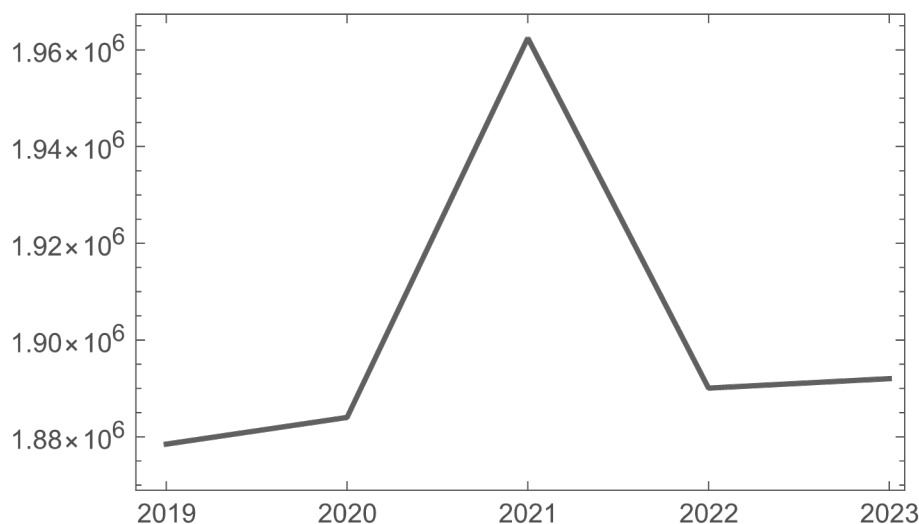


Рис. 1. Мировое производство стали за период 2019–2023 гг., млн т

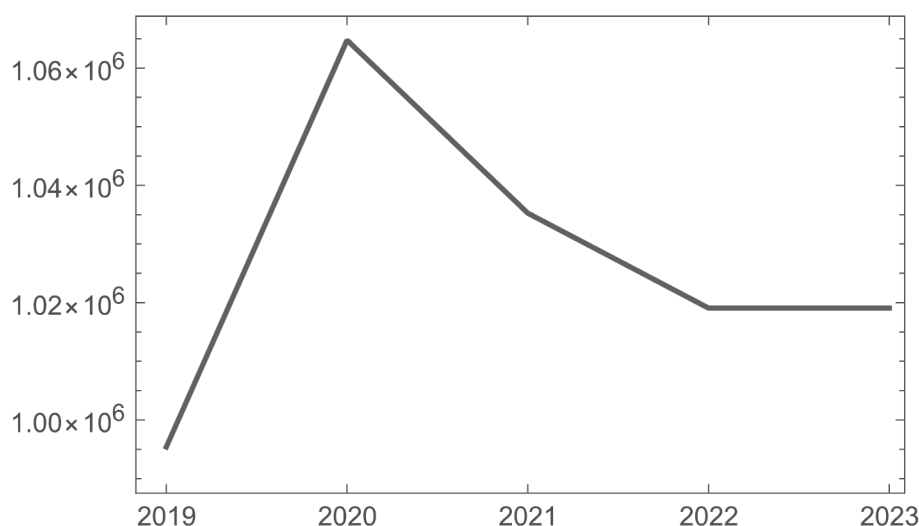


Рис. 2. Объем производства стали Китаем за период 2019–2023 гг., млн т

производства стали в 2023 г. достиг 140,7 млн т. Следует отметить амбициозную программу правительства Индии по наращиванию мощностей по производству стали. Ожидается, что уже к 2025/2026 г. Индия введет новые мощности по производству стали в объеме 40 млн т стали в год, а к 2030/2031 г. внутренние мощности по выплавки стали достигнут 255 млн т.

Япония занимает третье место по производству стали в мире. Объемы производства стали Японией стагнируют, в 2019 г. объем выплавки стали составлял 99,3 млн т, а в 2023 г. объем производства – 86,9 млн т. Причинами стагнации объемов производства стали

является конкуренция Японии на рынке производства стали с такими странами, как Китай и Индия, а также рост затрат на электрическую энергию в связи с отказом Японии от использования атомной энергетики. Следует отметить, что в 80-х гг. прошлого века Япония занимала второе место в мире по объемам производства стали после СССР, однако утратила лидерские позиции после выхода на мировой рынок стали таких стран, как Китай и Индия.

США занимают четвертое место по производству стали в мире. Объемы производства стали снижаются. В 2019 г. объем производства стали составлял 87,7 млн т, в 2023 г. –

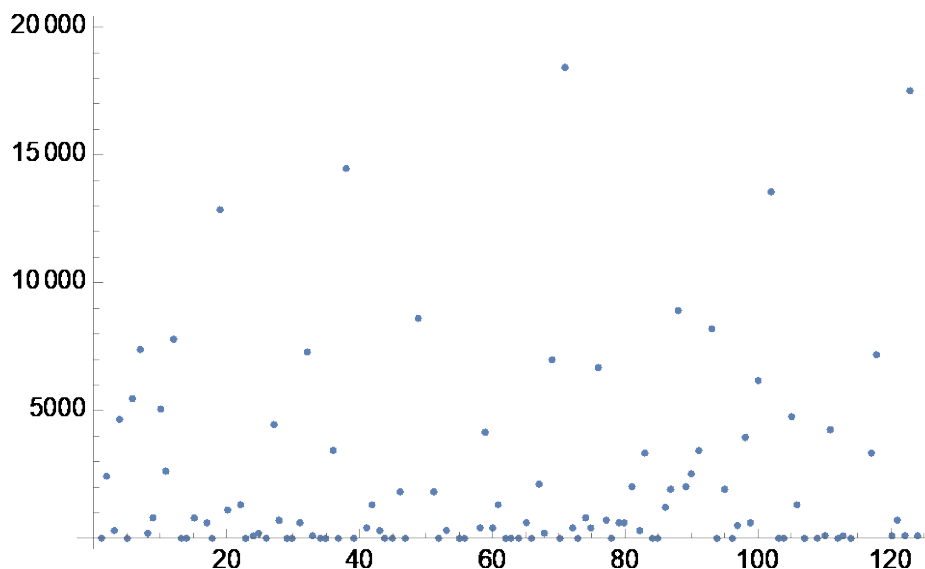


Рис. 3. Визуализация кластеров компаний металлургического комплекса в 2019 г.

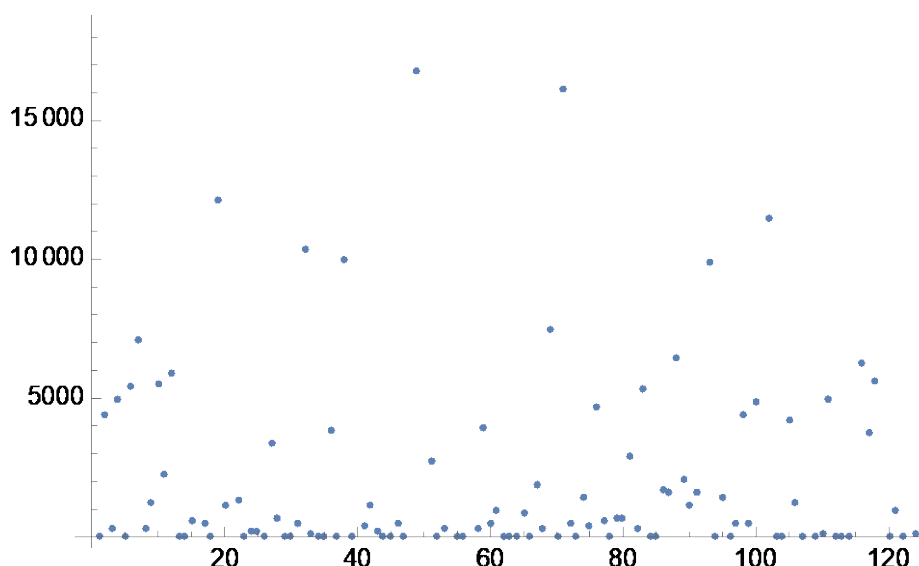


Рис. 4. Визуализация кластеров компаний металлургического комплекса в 2023 г.

81,3 млн т. США утратили свои позиции под влиянием конкуренции, в первую очередь, со стороны Китая, в котором в 90-х гг. прошлого века начался бум развития сталелитейной промышленности.

Оценивая динамику производства стали в России, можно увидеть значительный рост производства стали в 2021 г. до 77 млн т. Уже в 2022 г. рост объемов прекратился и показатель производства стали оказался на уровне 2020 г. – около 71 млн т. В 2023 г. наметился рост производства стали, который хотя и не достиг уровня 2021 г., но составил 76 млн т. По-

этому следует отметить, что производство стали в России стабилизируется.

Перейдем к процессу группировки стран – производителей стали. В целях проведения оценки путем группировки были выбраны данные по производству стали по 124 странам мира за 2019 и 2023 гг. Визуализация данных для получения кластеров на основе показателей производства стали 124 стран мира представлена на рис. 3.

С помощью метода Данна было рассчитано оптимальное число кластеров, равное 5. Среднее значение стран производства стали

для первого кластера составляет 3741,96, для второго – 995 418,9, для третьего – 111 350,7, для четвертого – 93 522,65 и для пятого – 71 570,52 т.

Для повышения объективности оценки группировки был проведен кластерный анализ в динамике периодов, в том числе за 2023 г. По итогам проведенного анализа было получено 5 кластеров. Визуализация кластеров компаний металлургического комплекса в 2023 г. показана на рис. 4.

В первый кластер, определенный на основе данных об объеме производства стали за 2019 г. (рис. 5, табл. 1), входят 118 стран, за исключением Китая, Индии, Японии, США, а также России и Южной Кореи. При этом Китай и Индия образуют два различных кластера 2 и 3, в силу значительного отличия от других стран производителей стали. Четвертый кластер составляют такие страны, как Япония и США, которые сравнимы между собой по объему выплавки стали, пятый кластер составляют Рос-

сия и Южная Корея, которые также сопоставимы между собой по производству стали.

Результаты группировки стран – производителей стали за 2023 г., проведенной при помощи кластерного анализа (рис. 6, табл. 2), позволили получить 5 групп, которые характеризуются следующими признаками.

В первый кластер входят 114 стран. Среднее значение производства стали для первого кластера составляет 2 535,85 тыс. т. В этот кластер вошли страны с незначительными объемами производства стали, такие как Ангола, Белоруссия, Болгария и т.д. Второй кластер составили страны со средними объемами производства в объеме 33 014,92 тыс. т стали: Бразилия, Германия, Иран, Турция. Следует отметить, что Бразилия помимо производства стали является крупным экспортером основного сырья для производства стали – железной руды. Третий кластер представляет одна страна – Китай, с объемом производства стали 1 019 080,0 тыс. т. Четвертый кластер также

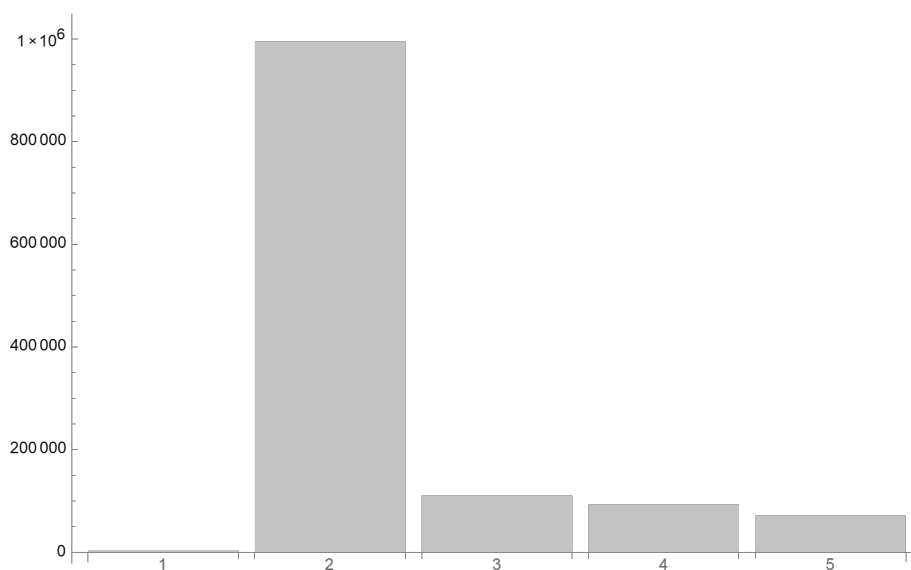


Рис. 5. Средний объем производства стали по кластерам, полученным по итогам 2019 г., млн т

Таблица 1

Данные о составе полученных групп стран – производителей стали, 2019 г.

Страны	Номер кластера
Китай	2
Индия	3
Япония	4
США	4
Россия, Южная Корея	5

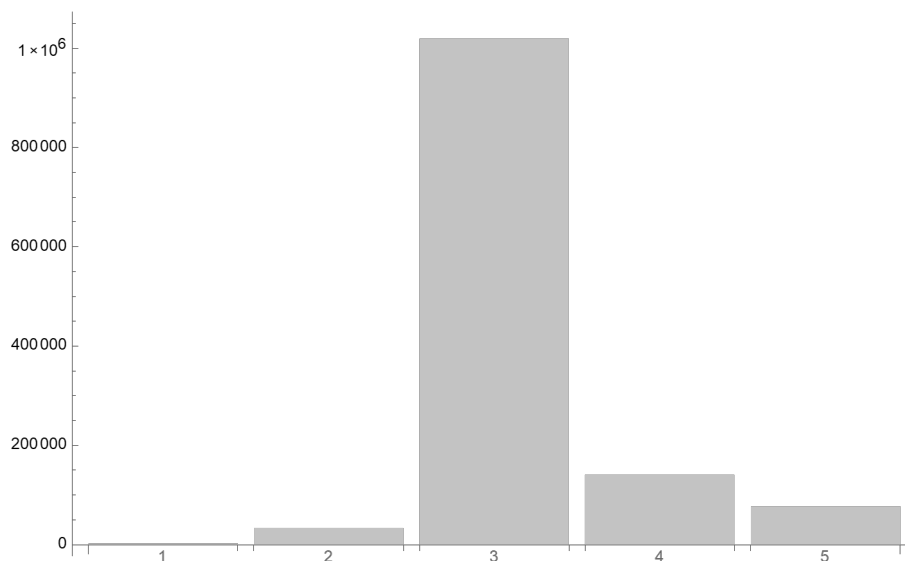


Рис. 6. Средний объем производства стали по кластерам, полученным по итогам 2023 г., млн т

Таблица 2

Данные о составе полученных групп стран – производителей стали, 2023 г.

Страны	Номер кластера
Ангола, Белоруссия, Болгария и др.	1
Бразилия, Германия, Иран, Турция	2
Китай	3
Индия	4
Япония, Россия, Южная Корея, США	5

составляет одна страна – Индия, которая произвела 140 706 тыс. т стали. Китай и Индия являются лидерами по производству стали во всем мире. Прогноз развития сталелитейной промышленности этих стран положительный, Индия по мере развития своей отрасли и роста объемов производства стали, возможно, окажется в одном кластере с Китаем. Пятый кластер представляют твердые «среднячки», такие как Япония, Россия, Южная Корея, США, со средними объемами производства 77 775,74 тыс. т. Эти страны имеют достаточно развитую и давно функционирующую сталелитейную промышленность, с меньшими, по сравнению с 3 и 4 кластерами, объемами производства стали.

### Обсуждение

На основе оценки динамического изменения положения стран – производителей стали в составе полученных в ходе кластерного анализа групп можно сделать прогноз их

дальнейшего перемещения из одной группы в другую.

С достаточной вероятностью можно предположить, что имеющая амбициозную программу развития сталелитейной промышленности Индия к 2031 г. может удвоить объемы производства стали и перейти в одну группу с Китаем, который в ходе конкуренции сохранит существующие объемы производства стали или сократит их в угоду программам по сохранению биосферы за счет использования более дорогих технологий выплавки стали.

Такие страны, как Бразилия, Германия, Иран и Турция, находящиеся сейчас во втором кластере, в случае реализации программ по развитию сталелитейной промышленности могут перейти в пятый кластер устойчивых «среднячков» или отойти в результате конкуренции и утраты позиций к первой группе, к которой относятся страны, не играющие значительную роль в мировой сталелитейной промышленности.



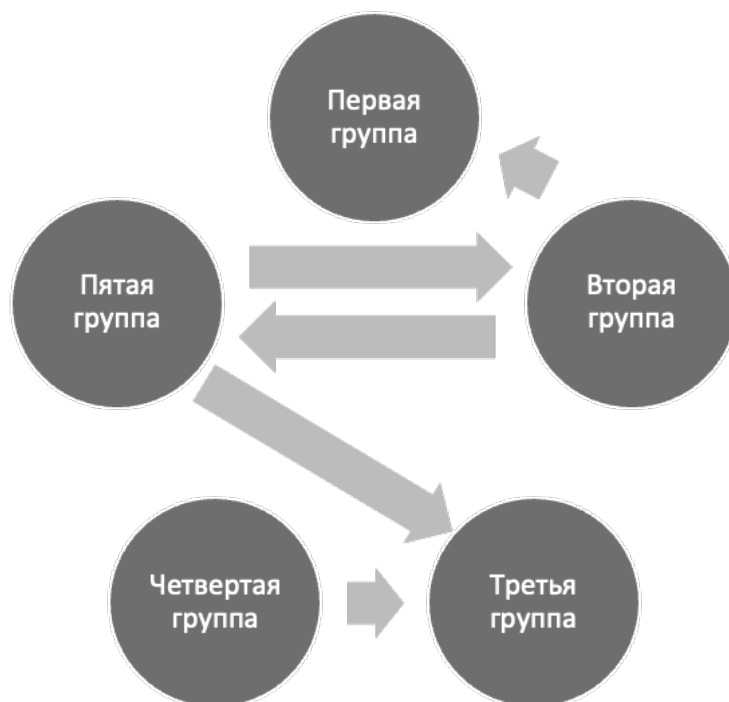


Рис. 7. Логистика перехода стран – производителей стали из одной группы в другую

Страны из группы уверенных «среднячков» в случае реализации программ развития сталелитейной отрасли могут претендовать на роль лидеров в области выплавки стали и перейти в группу лидеров. В первую очередь это относится к США и России, которые имеют запасы железной руды и исторически развитую сталелитейную промышленность. Также США имеют один из самых емких национальных потребительских рынков, где продукция сталелитейной промышленности могла бы быть реализована различным национальным отраслям промышленности и физическим лицам в составе потребительских продуктов. В случае стагнации объемов выпуска стали страны пятой группы могут перейти во вторую или первую группу. Возможная логистика перехода стран из группы в группу показана на рис. 7.

#### Заключение

Таким образом, результаты группировки стран – производителей стали за 2023 г., проведенной при помощи кластерного анализа, позволили получить 5 групп с различными признаками. На основе проведенной оценки автором определена логистика перехода стран – производителей стали из одной группы в другую.

Следует отметить также, что в развитии сталелитейной промышленности в настоящее время важную роль играют вопросы защиты окружающей среды, поэтому особо актуальным выступает применение новых технологий, способных снизить негативное влияние сталелитейной промышленности на окружающую среду и обеспечить уверенное, устойчивое развитие отрасли.

#### Список источников

1. Özgür A., Uygun Y., Hütt M.T. A review of planning and scheduling methods for hot rolling mills in steel production // Computers and Industrial Engineering. 2021. Vol. 151.
2. Environmental and economic-related impact assessment of iron and steel production. A call for shared responsibility in global trade / Y. Liu, H. Li, S. Huang, H. An, R. Santagata, S. Ulgiati // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 269.

3. Sustainability evaluation of a steel production system in China based on emergy / H. Pan, X. Zhang, J. Wu, Y. Zhang, L. Lin, G. Yang, S. Deng, L. Li, X. Yu, H. Qi, H. Peng // *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 112.
4. Suer J., Traverso M., Jäger N. Review of Life Cycle Assessments for Steel and Environmental Analysis of Future Steel Production Scenarios // *Sustainability*. 2022. Vol. 14 (21). doi:10.3390/su142114131.
5. Дорофеев Г.А., Паршин В.М. Новые концепции ресурсосбережения в производстве стали // *Известия ТулГУ*. 2017. № 1. С. 58–72.
6. Адоньев М.А. Мировое производство стали в условиях глобального финансового кризиса // *Российский внешнеэкономический вестник*. 2009. № 7. С. 51–56.
7. Мазейн Н.В. Пространственный анализ производства стали // *Вестник Московского университета*. 2009. № 4. С. 34–39.
8. Efficiency stagnation in global steel production urges joint supply- and demand-side mitigation efforts / P. Wang, M. Ryberg, Y. Yang, K. Feng, S. Kara, M. Hauschild, W.Q. Chen // *Nature Communications*. 2021. Vol. 12 (1). doi:10.1038/s41467-021-22245-6.
9. Economic and qualitative determinants of the world steel production / A. Bucur, G. Dobrotă, C. Oprean-Stan, C. Tănăsescu // *Metals*. 2017. Vol. 7 (5).
10. Development and Application of an Integrated Approach to Reduce Costs in Steel Production Planning / W.A. Pelser, J.H. Marais, J.H. van Laar, E.H. Mathews // *Process Integration and Optimization for Sustainability*. 2022. Vol. 6 (3).
11. Schneider C. Steel manufacturing clusters in a hydrogen economy – Simulation of changes in location and vertical integration of steel production in Northwestern Europe // *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 341.

#### References

1. Özgür A., Uygun Y., Hütt M.T. A review of planning and scheduling methods for hot rolling mills in steel production // *Computers and Industrial Engineering*. 2021. Vol. 151.
2. Environmental and economic-related impact assessment of iron and steel production. A call for shared responsibility in global trade / Y. Liu, H. Li, S. Huang, H. An, R. Santagata, S. Ulgiati // *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 269.
3. Sustainability evaluation of a steel production system in China based on emergy / H. Pan, X. Zhang, J. Wu, Y. Zhang, L. Lin, G. Yang, S. Deng, L. Li, X. Yu, H. Qi, H. Peng // *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 112.
4. Suer J., Traverso M., Jäger N. Review of Life Cycle Assessments for Steel and Environmental Analysis of Future Steel Production Scenarios // *Sustainability*. 2022. Vol. 14 (21). doi:10.3390/su142114131.
5. Dorofeev G.A., Parshin V.M. New concepts of resource saving in steel production // *Izvestiya TulSU*. 2017. No. 1. Pp. 58–72.
6. Adoniev M.A. World steel production in the context of the global financial crisis // *Russian Foreign Economic Bulletin*. 2009. No. 7. Pp. 51–56.
7. Mazein N.V. Spatial analysis of steel production // *Bulletin of the Moscow University*. 2009. No. 4. Pp. 34–39.
8. Efficiency stagnation in global steel production urges joint supply- and demand-side mitigation efforts / P. Wang, M. Ryberg, Y. Yang, K. Feng, S. Kara, M. Hauschild, W.Q. Chen // *Nature Communications*. 2021. Vol. 12 (1). doi:10.1038/s41467-021-22245-6.
9. Economic and qualitative determinants of the world steel production / A. Bucur, G. Dobrotă, C. Oprean-Stan, C. Tănăsescu // *Metals*. 2017. Vol. 7 (5).
10. Development and Application of an Integrated Approach to Reduce Costs in Steel Production Planning / W.A. Pelser, J.H. Marais, J.H. van Laar, E.H. Mathews // *Process Integration and Optimization for Sustainability*. 2022. Vol. 6 (3).
11. Schneider C. Steel manufacturing clusters in a hydrogen economy – Simulation of changes in location and vertical integration of steel production in Northwestern Europe // *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 341.

***Информация об авторе***

Л.Д. Савенков – кандидат экономических наук, доцент Института финансов, экономики и управления Тольяттинского государственного университета.

***Information about the author***

L.D. Savenkov – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Institute of Finance, Economics and Management of Togliatti State University.

Статья поступила в редакцию 29.05.2024; одобрена после рецензирования 24.06.2024; принята к публикации 28.06.2024.

The article was submitted 29.05.2024; approved after reviewing 24.06.2024; accepted for publication 28.06.2024.