

УДК 336 DOI: 10.14451/1.233.342

# Влияние мирового производства стали на выбросы парниковых газов: анализ и перспективы

© 2024 Савенков Леонид Дмитриевич

Кандидат экономических наук, доцент. Тольяттинский государственный университет, Институт финансов, экономики и управления, Россия, Тольятти.

E-mail: leonidsavenkov89@yandex.ru

**Ключевые слова:** мировое производство стали, выбросы парниковых газов, углекислый газ, метан, оксид азота, изменение климата, коэффициент корреляции, устойчивое развитие.

В данной работе исследуется взаимосвязь между мировым производством стали и выбросами различных парниковых газов (углекислого газа, метана и оксида азота) за период с 2000 по 2020 годы. Используя коэффициенты корреляции, оценивается степень взаимосвязи между этими переменными. Результаты показывают высокую положительную корреляцию между мировым производством стали и выбросами углекислого газа (коэффициент 0,98), метана (коэффициент 0,99), а также оксида азота (коэффициент 0,99).

Уравнения регрессии демонстрируют, что увеличение производства стали сопровождается увеличением выбросов указанных парниковых газов. Обсуждаются экологические последствия такой зависимости, включая влияние на изменение климата и необходимость перехода к более чистым технологиям производства стали.

Исследование подчеркивает значимость углеводородных и азотистых выбросов, связанных с производством стали, в контексте изменения климата. Полученные данные могут иметь важные последствия для управления производством и разработки стратегий снижения выбросов парниковых газов в сталелитейной промышленности.

## Введение

Переход на более высокий уровень эволюции базируется на двух векторах, а именно: на экологической парадигме как векторе глубинного знания и на устойчивом материале как векторе, обеспечивающем устойчивость в областях конвергенции систем в сферах жизни и общественного сознания. Системами, оказывающими влияние на устойчивое развитие промышленно-

сти металлических материалов через взаимодействие между ними, являются технологическая система, социальная система и природно-экологическая система [15].

В настоящее время, когда Российская Федерация подвержена влиянию беспрецедентного количества санкций, со стороны недружественных государств, формирование механизма устойчи-

вого развития металлургических предприятий, имеет большое значение. Кроме того, необходимо отметить, что металлургическая промышленность России столкнулась с вызовами задолго до пандемии и введения санкций, прежде всего, данные вызовы связаны с тем, что Китай стал ведущим производителем стали в мире, с которым стало практически невозможно вести конкурентную борьбу [4].

Сталелитейная промышленность обеспечила экономическое и социальное развитие, но в то же время привела к значительному потреблению ресурсов и загрязнению окружающей среды [8].

Промышленная политика металлургических предприятий основывается на принципах устойчивого развития и становится наиболее эффективной при инновационном подходе [1].

Савостьянов считает, что для эффективной деятельности предприятий данной отрасли требуется инновационный подход в части модернизации производственного процесса, обеспечивающий устойчивость развития. Также стоит отметить то, что рост благосостояния населения страны напрямую зависит от развития металлургической промышленности. В последнее время отмечается высокое влияние внешних и внутренних факторов на сферу металлургии, которые снижают рост производств и негативно влияют на экологию [6].

Говорухин и Кучина подчеркивают необходимость использования ESG-концепции в целях эффективного функционирования предприятий в долгосрочной перспективе, которая возрастает в связи с неопределенностью внешней среды. Новые подходы к ведению бизнеса, соответствие компаний ESG-принципам позволяют реализовать не только экономические и социальные цели, но и привлечь дополнительные инвестиции, укрепить деловую репутацию, улучшить имидж [2].

Ряд авторов отстаивают позицию, что необходимо включение принципов устойчивого развития в каждый производственный и бизнес-

процесс [3; 7; 12].

Kislitsyn и Gorodnichev предлагают использовать имитационное моделирование для прогнозирования сценариев устойчивого развития отдельных отраслей промышленности, в частности металлургии, добычи металлических руд и производства готовых металлических изделий [13].

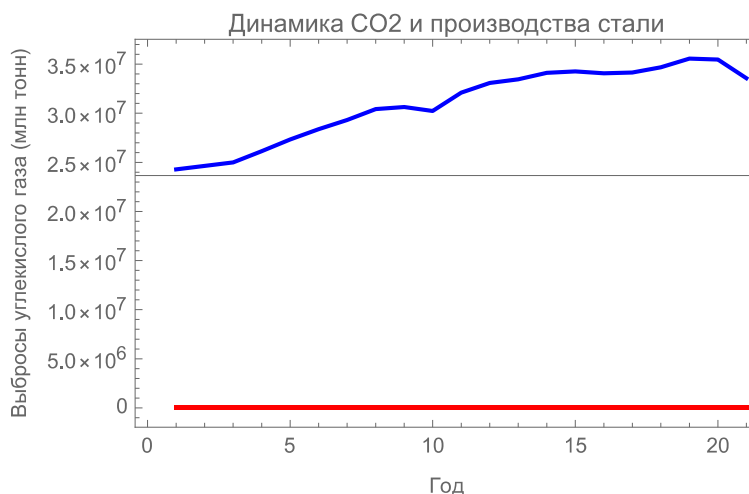
Металлургическая промышленность – это отрасль, которая генерировала и продолжает генерировать большое количество отходов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека [14].

Сталелитейная промышленность Европейского союза (ЕС), имеющая большое значение для экономики в целом, сталкивается с различными проблемами. Это, например, нестабильные цены на соответствующие факторы производства, неопределенность в отношении регулирования выбросов CO<sub>2</sub> и рыночные потрясения, вызванные недавно введенными дополнительными импортными пошлинами в США, которые являются важным рынком сбыта [10].

Использование побочных продуктов сталелитейного производства может сыграть важную роль в достижении устойчивого развития [17].

Сегодня черная металлургия сталкивается с серьезными проблемами как в развитых странах, так и в новых индустриальных регионах мира в связи с ростом цен на энергоносители, истощением природных ресурсов и повсеместной деградацией окружающей среды. В сложившейся ситуации сталелитейной промышленности как высоко материало- и энергоемкому технологическому сектору необходимо не только решать очевидные вопросы рентабельности, инноваций и адаптации к новым технологиям, но и переключить внимание на свою общую ответственность перед обществом в плане экологических показателей [9].

Показатели устойчивости сталелитейной промышленности, разработанные компанией World Steel, измеряют эффективность устойчивого развития в социальной, экономической и экологической сферах. Они обеспечивают широкую



**Рис. 1.** Визуализация выбросов углекислого газа и мировых объемов производства стали с 2000 по 2020 г.

перспективу влияния сталелитейных заводов. Деятельность по измерению и мониторингу показателей вносит значительный вклад в процесс внедрения и повышения устойчивости в сталелитейном секторе [11].

Сталелитейная промышленность обладает значительным потенциалом для развития, и систематическая оценка потенциала ее устойчивого развития служит важнейшей основой для улучшения инвестиционного климата в сталелитейной промышленности [16].

Построение системы управления с позиции стратегического менеджмента позволяет успешно решать стоящие перед предприятиями задачи по повышению эффективности деятельности и обеспечению конкурентных преимуществ в условиях нестабильности внешней среды.

Майорова Т. В. и ее соавторы считают, что концептуальной основой устойчивого развития является триединство долгосрочной стабильности природной среды, экономического роста и социальной справедливости, конечной целью устойчивого развития является достижение баланса между экологической, экономической и социальной устойчивостью [5].

#### Методология

Для проведения исследования были собраны данные о мировом производстве стали и выбросах различных парниковых газов (углекислого газа, метана, оксида азота) за период с 2000

по 2020 год. Данные были получены из официальных источников, таких как база данных Всемирного банка и данные Всемирной ассоциации производителей стали (World Steel Association).

Для оценки взаимосвязи между производством стали и выбросами углекислого газа, метана и оксида азота был проведен анализ корреляции на основе вычисления коэффициентов корреляции Пирсона между соответствующими переменными за указанный временной период.

Для более детального изучения взаимосвязи были построены регрессионные модели. Каждая модель представляла собой уравнение регрессии, где объемы производства стали служили независимой переменной, а выбросы углекислого газа, метана или оксида азота – зависимой переменной. Были вычислены коэффициенты регрессии, позволяющие оценить влияние производства стали на выбросы парниковых газов.

После построения регрессионных моделей была проведена интерпретация результатов. Это включало анализ значимости коэффициентов регрессии и выводы о силе взаимосвязи между производством стали и выбросами парниковых газов.

#### Результаты

Производство стали может приводить к высоким выбросам углекислого газа, особенно если используется уголь как энергетическое топливо.

Полученный коэффициент корреляции между мировым производством стали за 20 лет с 2000 по 2020 год и теми же данными по выбросам углекислого газа выдали коэффициент корреляции равный 0,98. Взаимосвязь между исследуемыми показателями представлена на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, политика устойчивого развития, проводимая во всех странах мира, дает свои плоды, и можно наблюдать снижение объемов углекислого газа с 2018 года.

Проведенный регрессионный анализ позволил получить следующее уравнение регрессии:  $1,58519 \cdot 10^7 + 10807,7x$ , которое позволяет предсказывать значения выбросов углекислого газа на основе объема производства стали. Константа  $1,58519 \cdot 10^7$  представляет базовый уровень производства стали при отсутствии выбросов углекислого газа.

Коэффициент 10807,7 указывает на изменение предсказанного объема выбросов углекислого газа при увеличении производства стали на одну единицу.

Корреляция подчеркивает острую необходимость перехода к более устойчивым и чистым технологиям производства стали. Это может стимулировать инновации в области энергетики, эффективности производства и управления выбросами для достижения баланса между производством и охраной окружающей среды.

Далее проведем анализ второго показателя. Показатель Methane emissions (kt of CO<sub>2</sub> equivalent) представляет собой количество выбросов метана (CH<sub>4</sub>) в килотоннах, преобразованных в эквивалент углекислого газа (CO<sub>2</sub>) с целью сравнения и оценки их воздействия на изменение климата. Взаимосвязь динамики метана и производства стали с 2000 по 2020 год представлена на рисунке 2.

Коэффициент корреляции между данными показателями равен 0,99.

Проведенный регрессионный анализ позволил получить следующее уравнение регрессии:  $5,93336 \cdot 10^6 + 1337,63x$ .

Константа ( $5,93336 \cdot 10^6$ ) предсказывает базовый уровень выбросов метана (y) при отсутствии производства стали (x).

В данном случае каждое увеличение объема производства стали на одну единицу приведет к увеличению предсказанного объема выбросов метана на 1337,63 единиц.

Третий показатель Nitrous oxide emissions (thousand metric tons of CO<sub>2</sub> equivalent) представляет собой количество выбросов оксида азота (N<sub>2</sub>O) в тысячах метрических тонн, преобразованных в эквивалент углекислого газа (CO<sub>2</sub>) с целью сравнения и оценки их воздействия на изменение климата.

Взаимосвязь выбросов оксида азота и мировых объемов производства стали представлены на рисунке 3.

Полученный коэффициент корреляции между величиной выбросов оксида азота в 1000 метрических тонн преобразует в эквивалент углекислого газа и мировым объемам производства стали равен 0,99.

Полученное уравнение регрессии имеет вид  $1,96672 \cdot 10^6 + 551,165x$ .

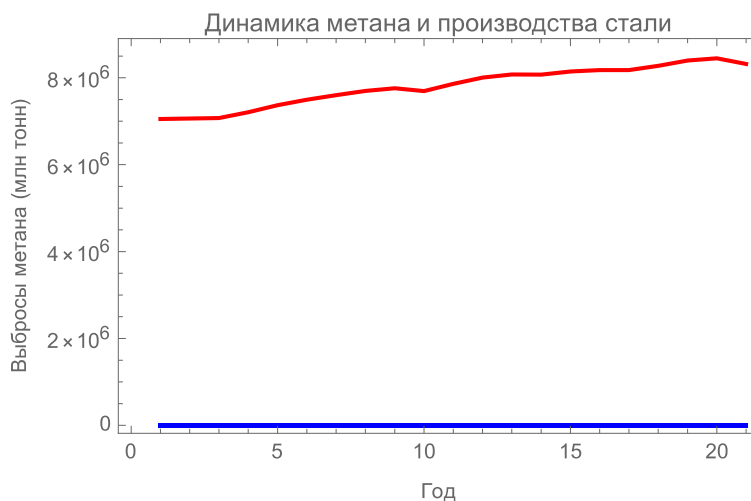
Константа ( $1,96672 \cdot 10^6$ ) предсказывает базовый уровень выбросов оксида азота (y) при отсутствии производства стали (x).

В данном случае каждое увеличение объема производства стали на одну единицу приведет к увеличению предсказанного выброса оксида азота на 551,165 единиц.

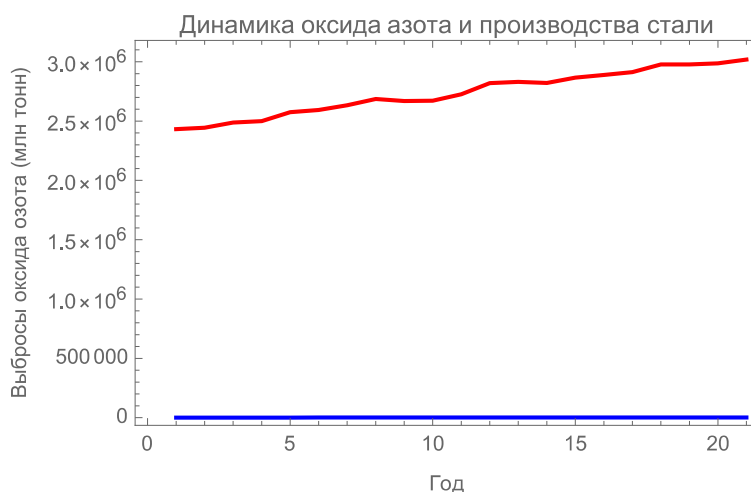
Таким образом, можно наблюдать существенное влияние объема производства стали на количество единиц выбросов, особенно это касается углекислого газа и метана.

### **Выводы**

Таким образом, коэффициенты корреляции, представленные для трех различных пар переменных (выбросы углекислого газа, выбросы метана, выбросы оксида азота), и мирового объема производства стали показывают сильную



**Рис. 2.** Визуализация взаимосвязи выбросов метана в килотоннах, преобразованных в эквивалент углекислого газа, и мировых объемов производства стали.



**Рис. 3.** Визуализация взаимосвязи выбросов оксида азота и мировых объемов производства стали.

положительную корреляцию между этими переменными.

Коэффициент корреляции 0,98 между мировым объемом производства стали и выбросами углекислого газа указывает на тесную связь между объемом производства стали и уровнем выбросов углекислого газа.

Коэффициент корреляции 0,99 между мировым объемом производства стали и выбросами метана в килотоннах, преобразованных в эквивалент углекислого газа, также показывает очень сильную связь между этими двумя переменными.

Коэффициент корреляции 0,99 между мировым объемом производства стали и выбросами ок-

сида азота в тоннах эквивалента углекислого газа подтверждает сильную связь между этими переменными.

### Дискуссия

Таким образом, проведенный корреляционный анализ подтвердил, что мировое производство стали сильно влияет на загрязнение окружающей среды и, в частности, на выбросы углекислого газа, метана и оксида азота.

Сильная корреляция между производством стали и выбросами говорит о потенциально негативных экологических последствиях этого процесса. Высокие уровни выбросов углекислого газа, метана и оксида азота могут стать препятствием для устойчивого экономического развития.

Необходимо подчеркнуть значимость и актуальность данной темы, связанной с воздействием производства стали на изменение климата, и возможности научного и практического вмешательства для решения проблемы.

Данная статья выделяет важность балансировки между производством стали и охраной окружающей среды, а также необходимость принятия комплексных мер для устойчивого развития промышленности с учетом экологических аспектов.

Эти выводы и дискуссии могут быть важным вкладом в разработку стратегий и политик для создания более устойчивых и эффективных производственных процессов в металлургической промышленности.

Дальнейшие исследования и меры должны быть направлены на снижение уровней выбросов при производстве стали для уменьшения их негативного воздействия на окружающую среду и климат.

### Библиографический список

1. Великая О. А. Инновационная политика металлургических предприятий и их устойчивое развитие в промышленном секторе // Естественно-Гуманитарные Исследования. – 2022. – 41(3). – С. 94–100.
2. Говорухин В. А., Кучина Е. В. Устойчивое развитие предприятий металлургической промышленности в контексте esg-трансформации // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2023. – 17(2). – С. 92–100. – DOI: [10.14529/em230207](https://doi.org/10.14529/em230207).
3. Дегтярев П. А. Тенденции устойчивого развития отечественных компаний металлургической отрасли // Вопросы регулирования экономики. – 2022. – 13(1). – С. 88–99. – DOI: [10.17835/2078-5429.2022.13.1.088-099](https://doi.org/10.17835/2078-5429.2022.13.1.088-099).
4. Карпов И. Д. Формирование механизма устойчивого развития металлургического предприятия // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2022. – 10–1(92). – С. 187–190.
5. Майорова Т. В., Пономарева О. С., Павлова И. Е. Устойчивое развитие предприятий металлургической отрасли: аспекты, критерии, индикаторы // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2022. – 20(2). – С. 140–147. – DOI: [10.18503/1995-2732-2022-20-2-140-147](https://doi.org/10.18503/1995-2732-2022-20-2-140-147).
6. Савостьянов Д. А. К актуальным вопросам совершенствования механизмов управления устойчивым развитием предприятий металлургии // Вестник Поволжского Государственного Университета Сервиса. – 2022. – 2(69). – С. 19–21.
7. Самарина В. П., Скуфьина Т. П., Савон Д. Ю. Комплексная оценка устойчивого развития горно-металлургических холдингов: проблемы и механизмы их разрешения // Уголь. – 2021. – № 7. – С. 20–24. – DOI: [10.18796/0041-5790-2021-7-20-24](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2021-7-20-24).
8. A review of methods for evaluating sustainable development of the steel industry based on ecological economics / F. Ma [et al.] // Procedia Computer Science. – 2022. – 214(C). – DOI: [10.1016/j.procs.2022.11.328](https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.11.328).
9. Ahmad S., Patel A. S. Environmental Life Cycle Assessment – A Successful Tool for Sustainable Development in Steel Industries // International Journal of Environment and Development. – 2012. – 9(2).
10. Challenges for the European steel industry: Analysis, possible consequences and impacts on sustainable development / S. Vögele [et al.] // Applied Energy. – 2020. – No. 264. – DOI: [10.1016/j.apenergy.2020.114633](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114633).
11. Fărcean I., Proștean G., Socalici A. Sustainable development indicators in the steel industry // Journal of Physics: Conference Series. – 2023. – 2540(1). – DOI: [10.1088/1742-6596/2540/1/012045](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2540/1/012045).
12. Filonenko O. Sustainable development of ukrainian iron and steel industry enterprises in regards to the bulk manufacturing waste recycling efficiency improvement // Mining of Mineral Deposits. – 2018. – 12(1). – DOI: [10.15407/mining12.01.115](https://doi.org/10.15407/mining12.01.115).
13. Kisilitsyn E., Gorodnichev V. Scenarios of sustainable development of metallurgical industry: Simulation modeling // E3S Web of Conferences. – 2020. – No. 208. – DOI: [10.1051/e3sconf/202020803012](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020803012).
14. Lis T., Nowacki K. Pro-ecological possibilities of using metallurgical waste in the production of aggregates // Production Engineering Archives. – 2022. – 28(3). – DOI: [10.30657/pea.2022.28.31](https://doi.org/10.30657/pea.2022.28.31).
15. Vectors of Sustainable Development and Global Knowledge in the Metallic Materials Industry in Romania / M. Nicolae [et al.] // Sustainability (Switzerland). – 2022. – 14(16). – DOI: [10.3390/su14169911](https://doi.org/10.3390/su14169911).
16. Xu J., Yu Q., Hou X. Sustainability Assessment of Steel Industry in the Belt and Road Area Based on DPSIR Model // Sustainability (Switzerland). – 2023. – 15(14). – DOI: [10.3390/su151411320](https://doi.org/10.3390/su151411320).
17. Yüksel İ. A review of steel slag usage in construction industry for sustainable development. Environment // Development and Sustainability. – 2017. – 19(2). – DOI: [10.1007/s10668-016-9759-x](https://doi.org/10.1007/s10668-016-9759-x).