

Научная статья

УДК 504.75; DOI: 10.61260/1998-8990-2026-1-209-223

ДИНАМИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ВЛИЯНИЕ РОСТА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭФФЕКТ ОТ ЭКОЛОГИЗАЦИИ

Пигилова Роза Наилевна;

✉ **Гайнуллина Лейсан Раисовна.**

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

✉ gainullina7819@mail.ru

Аннотация. Актуальные проблемы экологической безопасности воздушного бассейна определили цель данной работы – исследование динамики загрязнения воздушного бассейна Российской Федерации и эффективности мер экологизации промышленных предприятий. Анализ статистических данных показал взаимосвязь роста промышленности по отраслям с выбросами загрязняющих веществ. Приведенная статистика по отраслям и регионам Российской Федерации позволила провести анализ эффективности внедряемых мероприятий по экологизации промышленности. Заметный скачок в применении цифровых инструментов для улучшения экологической обстановки зафиксирован в секторе утилизации отходов – с 12 % до 27 %, почти в полтора раза увеличился удельный вес предприятий, внедряющих технологии, направленные на оптимизацию энергопотребления. Также значительный рост популярности получили инновационные технологии, направленные на повышение эффективности водопользования и рациональное применение сырья. Эти мероприятия привели к достаточно высоким результатам по снижению выбросов парниковых газов в некоторых регионах, несмотря на рост промышленных предприятий.

Ключевые слова: экологическая безопасность, загрязняющие вещества, парниковые газы, промышленные предприятия, воздушный бассейн

Для цитирования: Пигилова Р.Н., Гайнуллина Л.Р. Динамика загрязнения воздушного бассейна в Российской Федерации: влияние роста промышленности и эффект от экологизации // Проблемы управления рисками в техносфере. 2026. № 1 (77). С. 209–223. DOI: 10.61260/1998-8990-2026-1-209-223

Scientific article

EMISSIONS DYNAMICS IN THE RUSSIAN FEDERATION: THE IMPACT OF INDUSTRIAL GROWTH AND THE EFFECT OF ECOLOGIZATION

Pigilova Roza N.;

✉ **Gainullina Leysan R.**

Kazan state power engineering university, Kazan, Russia

✉ gainullina7819@mail.ru

Abstract. Actual problems of environmental safety of the air basin determined the purpose of this work – the study of the dynamics of air pollution in the Russian Federation and the effectiveness of greening measures of industrial enterprises. The analysis of statistical data has shown the relationship between the growth of industry by sectors and pollutant emissions. The given statistics by branches and regions of the Russian Federation allowed to analyze the efficiency of implemented measures on greening of industry. A noticeable jump in the use of digital tools to improve the environmental situation was recorded in the waste management sector – from 12 % to 27 %, the share of companies implementing technologies aimed at optimizing energy consumption increased almost one and a half times. Innovative technologies aimed at improving the efficiency of water use and rational use

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2026

of raw materials have also gained significant popularity. These activities have led to quite high results in reducing greenhouse gas emissions in some regions, despite the growth of industrial enterprises.

Keywords: environmental safety, pollutants, greenhouse gases, industrial enterprises, air basin

For citation: Pigilova R.N., Gainullina L.R. Emissions dynamics in the Russian Federation: the impact of industrial growth and the effect of ecologization // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2026. № 1 (77). P. 209–223. DOI: 10.61260/1998-8990-2026-1-209-223

Введение

В настоящее время охрана окружающей среды является международной целью, что связано с весьма актуальной проблемой ежегодного ухудшения экологической ситуации в мире. По данным Росстата, только за первое полугодие 2024 г. промышленное производство в России выросло на 4,4 %¹. Непрерывная позитивная динамика с марта 2023 г., в свою очередь, повышает экологическую нагрузку.

По данным интернет-платформы Гриниум², в 2024 г. в России было зафиксировано 205 случаев загрязнений воздуха, что на 16 % больше, чем в 2023 г. Московские метеорологические станции фиксировали превышение по диоксиду азота, формальдегиду и взвешенным веществам.

Учитывая рост числа зафиксированных случаев загрязнения воздуха и превышение концентраций вредных веществ, становится особенно актуальным изучение тенденций в этой сфере и оценка предпринимаемых экологических мер.

Целью данной работы является исследование динамики загрязнения воздушного бассейна Российской Федерации и эффективности мер экологизации промышленных предприятий.

Аналитическая часть

В течение 2019–2023 гг. уровень выбросов загрязняющих веществ от предприятий в Российской Федерации менялся незначительно (табл. 1, рис. 1). В год пандемии COVID-19 выбросы парниковых газов уменьшились на 2 %³. Этот же уровень был достигнут в 2023 г. В 2024 г. по данным Росприроднадзора этот показатель достиг 17 076 тыс. т [1].

Таблица 1

Выбросы парниковых газов от энергетического сектора¹

Отрасль	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Сжигание топлива	1 471	1 450	1 376	1 448	1 406
Потери и технологические выбросы топливных продуктов	196	210	197	2 011	207
Всего	1 686	1 679	1 591	1 676	1 632

¹ Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников // Росстат. М., 2004–2024. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11186> (дата обращения: 15.03.2025)

² Гриниум. URL: greenium.ru/13863/ (дата обращения: 15.03.2025)

³ Информация об охране атмосферного воздуха. Росприроднадзор. URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/air-protect/> (дата обращения: 20.03.2025)

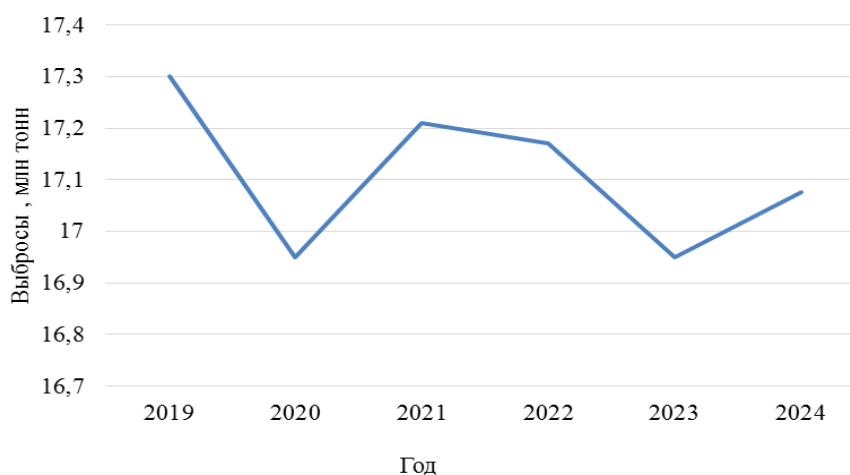


Рис. 1. Выбросы вредных веществ в атмосферу от предприятий⁴

Традиционно наибольшее негативное воздействие на воздушную среду оказывает энергетический сектор.

Статистика выбросов по годам свидетельствует о незначительных их колебаниях без особой положительной динамики в стороны снижения углеродного следа энергетического сектора.

Основная экологическая проблема – это выброс в атмосферу загрязняющих веществ, вредных для здоровья человека. К таким веществам относятся сажа, диоксид серы, угарный газ, оксиды азота, тяжёлые металлы и канцерогенные соединения, такие как бензапирен ($C_{20}H_{12}$). Состав вредных выбросов зависит от типа и характеристик топлива и котельного оборудования. Кроме того, вблизи работающих теплоэлектрических станций наблюдается снижение уровня кислорода в воздухе. Такие станции производят около 46 % всех выбросов сернистого ангидрида и около 25 % угольной пыли от общего объёма промышленных выбросов в атмосферу [2].

Любая сфера человеческой деятельности зависит от использования электроэнергии. Современная энергетика, являясь фундаментом технического прогресса во всех сферах народного хозяйства, к сожалению, наносит наибольший вред окружающей среде по сравнению с другими отраслями (табл. 2). Это выражается как в масштабном воздействии на биосферу, так и в интенсивном использовании ресурсов – как возобновляемых (воды, воздуха), так и невозобновляемых (ископаемого топлива). Значительное экологическое воздействие оказывает и процесс передачи электроэнергии, особенно по линиям сверхвысокого напряжения [3].

Таблица 2

Влияние объектов топливно-энергетического комплекса на окружающую среду [4–7]

Объект/процесс	Влияние
Добыча угля и торфа открытым способом	Изменение ландшафта, разрушение естественных условий обитания растений и животных
Разливы нефти при её добыче или транспортировке	Гибель растительного и животного мира на суше и в морской среде
Строительство плотин гидроэлектростанций	Затопление обширных участков плодородных земель и лесных массивов, перекрытие нерестовых путей, сокращение численности рыб
Электроустановки и линии электропередачи	Короткие замыкания могут становиться причиной пожаров, уничтожающих леса и их обитателей

⁴ Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников // Росстат. М., 2004–2024. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11186> (дата обращения: 15.03.2025)

Объект/процесс	Влияние
Тепловые электростанции (ТЭС)	При сжигании угля, нефти и газа на ТЭС в атмосферу выбрасываются значительные объёмы оксида серы, окислов азота и золы, содержащей токсичные вещества, такие как мышьяк, ртуть, свинец и кадмий. Кроме того, оксид углерода, попадающий в воздух, способствует повышению средней температуры на планете, что несёт угрозу глобального потепления [8]
Атомные электростанции (АЭС)	Накопление радиоактивных отходов, сохраняющих токсичность на протяжении сотен лет. На сегодняшний день не существует надёжного инженерного решения для их безопасной переработки. В случае аварии на АЭС радиоактивное заражение атмосферы представляет собой серьёзную опасность для жизни людей. Даже при нормальной работе станции в воздух выбрасываются вредные изотопы, такие как углерод-14, криптон-85, стронций-90 и др. [9, 10]

Использование солнечной, ветровой и геотермальной энергии считается менее разрушительным для природы, однако и эти источники оказывают определённое негативное воздействие на окружающую среду.

Второе место по загрязнению воздушного бассейна занимает нефтегазодобыча (2,6 млн т или 15,1 %), третье место – добыча металлических руд (2,1 млн т или 12,4 %). Около 9 % выбросов производится угольной промышленностью, 8,7 % – транспортом и трубопроводным транспортом [1, 11].

Около трети всех промышленных выбросов в атмосферу (31 % или 5,3 млн т) составляет угарный газ (оксид углерода) – чрезвычайно токсичное вещество без цвета и запаха, образующееся в процессе сгорания топлива. Выбросы углеводородов и метана также существенны и составляют 21 % и 19 % соответственно. 11 % по объёму занимает диоксид азота, 8 % – летучие органические соединения.

Твёрдые вещества составляют 9 % (1,57 млн т) от общего объёма выбросов. В эту категорию входят оксиды железа, хрома, никеля, марганца, мазутная зола, соединения свинца, а также пыль (около 35 % всей массы твёрдых веществ) и сажа (порядка 20 %).

Прочие газообразные и жидкие загрязняющие вещества составляют около 1 % или 0,16 млн т от общего объёма вредных выбросов. Эти данные представлены на рис. 2.

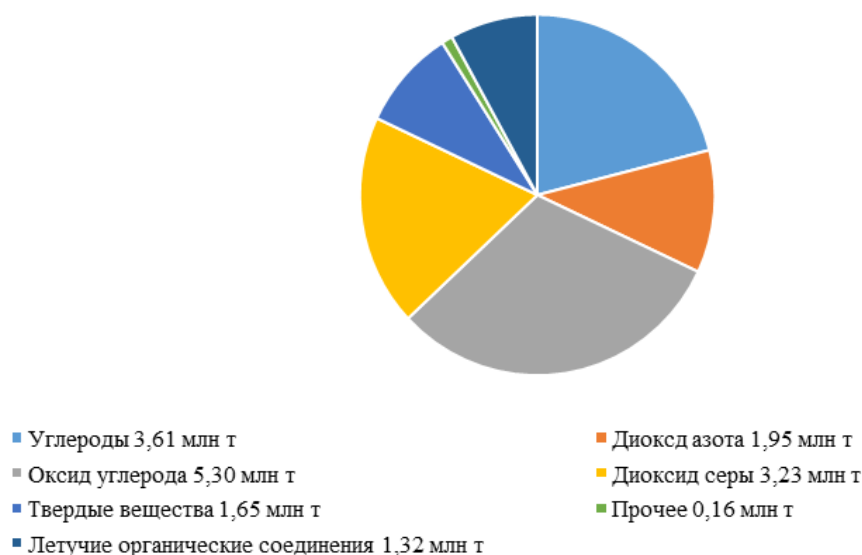


Рис. 2. Промышленные выбросы за 2021 г.⁵

⁵ Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников // Росстат. М., 2004–2024. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11186> (дата обращения: 15.03.2025)

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников по видам экономической деятельности приведены на рис. 3.



Рис. 3. Выбросы от стационарных источников по видам деятельности, 2023 г.⁶ [12, 13]:
1 – добыча полезных ископаемых; 2 – обрабатывающие производства; 3 – энергообеспечение и кондиционирование воздуха; 4 – водоснабжение; водоотведение, сбор и утилизация отходов

Наиболее существенные выбросы от стационарных источников по Республике Татарстан указаны в табл. 3.

Таблица 3

Распространенные выбросы за 11 лет⁷ [12]

Год	Всего	Выбросы, тыс. т							
		Твердые вещества	Газообразные и жидкие вещества	из них					летучие органические соединения
				диоксид серы	оксиды азота	оксид углерода	углеводороды (без летучих органических соединений)		
2014	17451,9	1922,2	15529,7	4036,3	1805,5	4938,4	3251,0	1340,0	
2015	17295,7	1820,4	15475,3	4099,4	1787,4	4799,6	3323,0	1294,5	
2016	17349,3	1723,9	15625,4	4011,4	1830,1	4907,1	3406,1	1304,6	
2017	17477,5	1728,9	5748,5	3700,5	1879,4	4950,3	3783,1	1254,5	
2018	17068,1	1509,0	15559,1	3617,0	1770,7	4868,4	3805,3	1335,7	
2019	17295,1	1611,3	15683,7	3676,7	1799,0	4834,6	3953,3	1271,5	
2020	16951,5	1566,8	15384,7	3594,4	1822,1	4816,9	3718,9	1261,0	
2021	17207,7	1650,5	15557,2	3225,6	1949,7	5296,5	3610,3	1315,3	
2022	17173,9	1668,2	15505,8	3428,8	1972,8	5169,4	3399,6	1363,6	
2023	16952,2	1705,1	15247,1	3266,4	1936,9	5060,1	3424,4	1377,9	
2024	17092,2	1716,0	15376,2	2891,8	2009,0	5284,4	3605,5	1437,2	

⁶ Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников // Росстат. М., 2004–2024. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11186> (дата обращения: 15.03.2025)

⁷ Там же

Все представленные в табл. 3 вещества характеризуются различным уровнем опасности – от умеренно опасных до высокоопасных. Так, метан и оксид углерода классифицируются как вещества IV класса опасности (малоопасные), тогда как диоксид серы и диоксид азота относятся к III классу опасности, что свидетельствует о более выраженном токсикологическом воздействии. Причем многие выбрасываемые в атмосферу соединения включают элементы различной степени опасности [14].

Несмотря на незначительные колебания совокупных выбросов за 11 лет, в разрезе групп веществ и отдельных составляющих динамика заметно различается. Так, выбросы диоксида серы уменьшились на 28,4 %, при этом содержание в выбросах оксида углерода, напротив, увеличилось на 7 %. Объёмы выбросов углеводородов, основную долю которых составляет метан, увеличились на 11 %, тогда как выбросы диоксида азота (также относящегося к парниковым газам, как и метан) возросли на 11,3 %.

Выбросы диоксида серы снизились благодаря ряду факторов, среди которых:

– реализация федерального проекта «Чистый воздух» из нацпроекта «Экология», в котором для каждого города разработан и действует свой комплексный план по снижению выбросов за счёт модернизации производств, перевода частного сектора на центральное и газовое отопление, замены общественного транспорта на более экологичный [15, 16];

– «Серная программа» «Норникеля», в рамках которой планируется сократить выброс диоксида серы путём преобразования его в серную кислоту для производства синтетического гипса. По состоянию на начало сентября 2024 г. эффективность утилизации диоксида серы на первой технологической линии «Серной программы» на Надеждинском металлургическом заводе (НМЗ) превышает 99 % [17];

– закрытие устаревших производственных мощностей. Например, в 2016 г. был закрыт старый никелевый завод в г. Норильске, что позволило на 30 % снизить объёмы загрязнения от плавки сульфидных руд [18];

– корректировка производственных планов. Например, из-за аварии пришлось временно приостановить работу Норильской обогатительной фабрики, а из-за подтопления грунтовыми водами – добычу на рудниках «Октябрьский» и «Таймырский» [18].

К повышению выбросов диоксида азота приводит деятельность предприятий по производству азотных удобрений, нитратов, вискозного волокна и взрывчатых веществ, введение в эксплуатацию нового технологического оборудования предприятий нефтехимического комплекса, а также появление новых источников загрязнения в результате промышленного роста [19, 20].

Среди составляющих наибольшую экологическую угрозу представляющих специфических веществ, подлежащих обязательной отчётности со стороны предприятий, отмечен рост выбросов по ряду компонентов. В частности, значительное увеличение зафиксировано по золе угольных ТЭС (II класс опасности; +61 %), этилацетату (III класс; +24 %), саже (III класс; +16 %), формальдегиду (II класс; +7 %), бензолу (II класс; +6 %), оксиду кадмия (I класс; +5 %), свинцу (I класс; +4 %), метилбензолу (III класс; +4 %), метанолу (III класс; +4 %) и хрому (в пересчёте на оксид хрома; II класс; +4 %).

В это же время было подмечено сокращение в составе выбросов таких опасных веществ как мышьяк (первый класс опасности; -35 %), серная кислота (второй класс опасности; -33 %), бензпирен (первый класс опасности; -25 %), сероводород (второй класс опасности; -18 %), ртуть (первый класс опасности; -13 %), хлор (второй класс опасности; -5 %), фенол (второй класс опасности; -3 %) и др. [1, 20].

Согласно данным аналитической службы аудиторско-консалтинговой сети FinExpertiza, в 2021 г. российские предприятия выбросили в атмосферу 17,2 млн т загрязняющих веществ – это на 256,2 тыс. т (или 1,5 %) больше, чем в предыдущем году (рис. 4). За два года пандемии число зарегистрированных загрязнителей выросло почти на 40 %, однако столь заметное увеличение в основном связано не с ростом производства, а с легализацией ранее неучтённых источников загрязнения⁸.

⁸ Информация об охране атмосферного воздуха. Росприроднадзор. URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/air-protect/> (дата обращения: 20.03.2025)

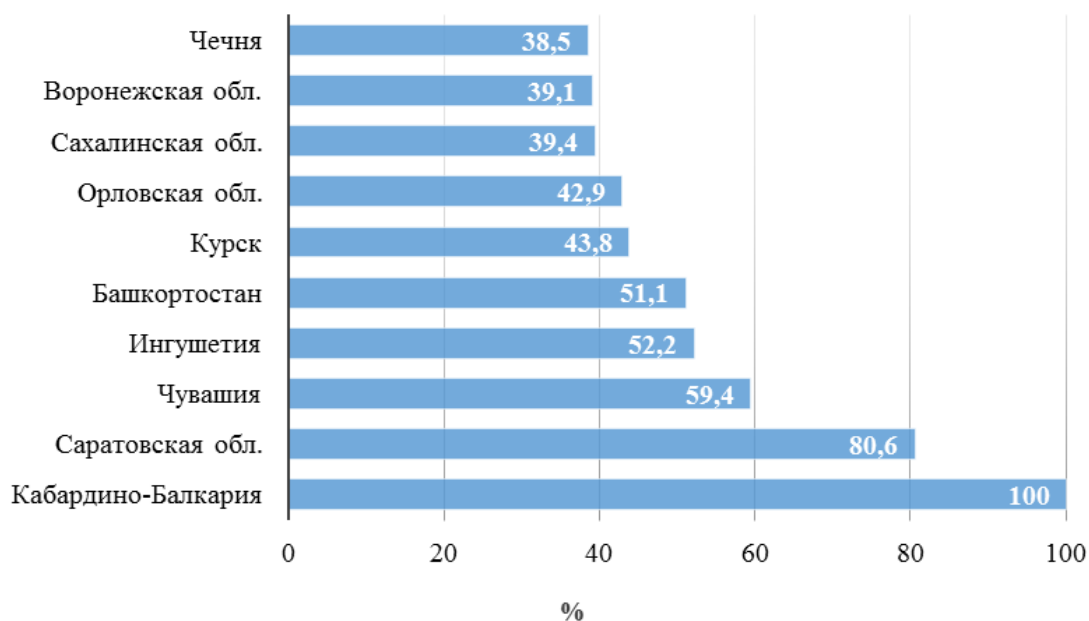


Рис. 4. Динамика роста предприятий-загрязнителей в 2021 г.⁹

Наибольший темп прироста числа промышленных объектов, являющихся источниками загрязнения атмосферного воздуха, в 2021 г. отмечен на территории Кабардино-Балкарской Республики, где их количество увеличилось вдвое по сравнению с 2020 г. Также существенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха зафиксирован в Саратовской обл. (+80,6 %), Чувашской Республике (+59,4 %), Республике Ингушетия (+52,2 %), Республике Башкортостан (+51,1 %) ¹⁰.

Несмотря на незначительный общий прирост объёмов промышленных выбросов в стране за прошедший год, в ряде субъектов Российской Федерации зафиксировано существенное увеличение антропогенной нагрузки на атмосферный воздух. Наиболее неблагоприятная динамика наблюдается в Республике Калмыкия, где объёмы выбросов превысили 75 %. Увеличились на 45 % выбросы в Кабардино-Балкарии, на 36 % – в Республике Саха (Якутия) и Республике Тыва.

В 2023 г. в России зафиксировано снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на 1 %, или на 229,2 тыс. т, по сравнению с 2022 г., составив 22 млн т. Это стало минимальным значением за последние пять лет. Снижение эмиссии затронуло как промышленные предприятия, так и транспорт. Промышленные предприятия сократили выбросы на 1,3 % до 16,95 млн т с 17,17 млн т в 2022 г. Выбросы от автомобильного транспорта практически не изменились, снизившись на 0,2 % до 4,88 млн т. Железнодорожный транспорт, напротив, увеличил выбросы на 1,2 %, с 146 тыс. т в 2022 г. до 147,8 тыс. т в 2023 г. [21]. Общий объём выбросов от стационарных и передвижных источников снизился на 1 % – с 22,2 млн т до 21,98 млн т, что является рекордно низким показателем за последние 5 лет (рис. 5).

⁹ Информация об охране атмосферного воздуха. Росприроднадзор. URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/air-protect/> (дата обращения: 20.03.2025)

¹⁰ Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников // Росстат. М., 2004–2024. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11186> (дата обращения: 15.03.2025)

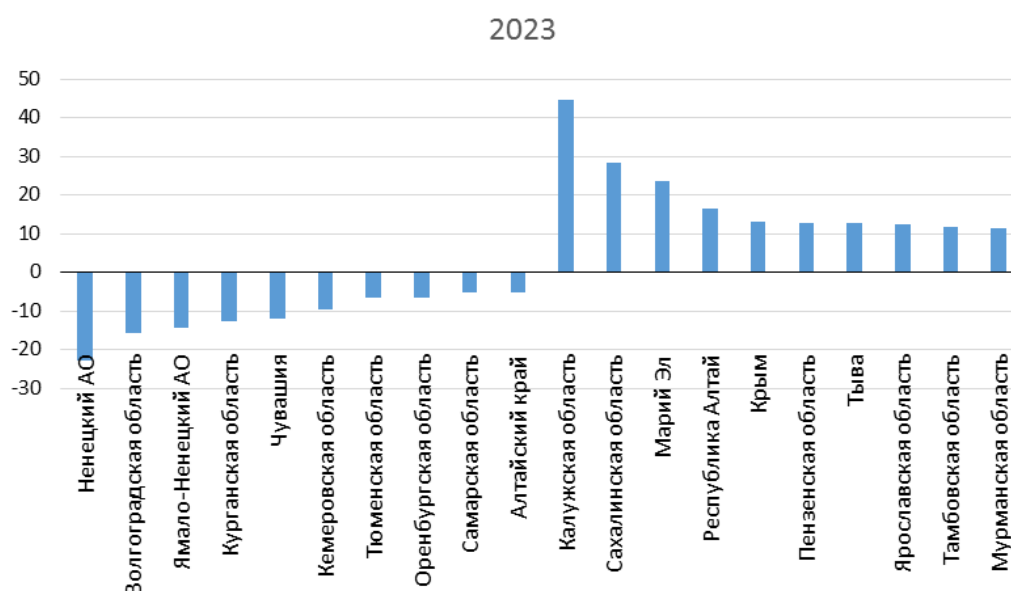


Рис. 5. Снижение/повышение выбросов загрязняющих веществ регионами России по сравнению с 2022 г.^{11, 12}

В 2024 г. по выбросам стационарных источников отмечается рост на 0,8 % – с 16,95 до 17,09 млн т. Лидеры по объёмам выбросов: – Красноярский край – 2,2 млн т – Кемеровская обл. – 1,6 млн т. Минимальное количество выбросов зафиксировано в Ингушетии (2,4 тыс. т) и Калмыкии (4,1 тыс. т). Существенное сокращение выбросов вредных веществ показала Калужская обл. (почти -50 %), Республика Алтай (-35,7 %), Республика Дагестан (-23,5 %). В Кировской обл. выбросы увеличились почти на 34 %, в Чувашской Республике – на 29,8 %, а в Оренбургской обл. – на 20 %. Несмотря на снижение выбросов более чем на 20 %, г. Норильск остается самым загрязненным городом.

Причиной высокого уровня загрязнённости воздуха в Красноярском крае является деятельность промышленных предприятий, в частности цветной металлургии и теплоэнергетики, а также автомобильного транспорта, где основными загрязняющими веществами стали бенз(а)пирен, формальдегид, оксид углерода и азота [22].

В Кемеровской обл. предельно допустимые концентрации (ПДК) превышаются регулярно из-за высокой концентрации промышленных предприятий [23].

Отличные результаты Калужской обл. связаны с нацеленностью на устойчивое развитие. Так, шинный завод Gislaved в г. Калуге, входящий в холдинг «Кордиант», с 2021 по 2024 г. в результате экологической стратегии сократил выбросы углекислого газа на 12,6 тыс. т. Сокращение выбросов CO₂ достигнуто за счет оптимизации потребления электроэнергии (4,57 тыс. т) и тепловой энергии (8,03 тыс. т). Расход воды на тонну продукции снижен на 34 % благодаря внедрению систем замкнутого цикла, что позволило повторно использовать 1 386 кубических метров воды¹³. Потребление электроэнергии уменьшено на 23 %, а тепловой энергии – на 31 % в расчете на тонну готовой продукции. На переработку или обезвреживание направляется 90 % производственных отходов. Внедрена система раздельного сбора пластика, стекла, бумаги и опасных материалов. Для минимизации

¹¹ Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников // Росстат. М., 2004–2024. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11186> (дата обращения: 15.03.2025)

¹² Информация об охране атмосферного воздуха. Росприроднадзор. URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/air-protect/> (дата обращения: 20.03.2025)

¹³ Калужский завод Gislaved сократил выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Холдинг «Кордиант». 2025. URL: <https://cordiant-tyre.ru/news/kaluzhskiy-zavod-gislaved-sokratil-vybrosy-zagryaznyayushchikh-veshchestv-v-atmosferu/> (дата обращения: 10.04.2025)

выбросов в атмосферу используются четыре пылегазоочистные установки с эффективностью до 99 %. В 2024 г. сотрудники предприятия приняли участие в посадке 2 тыс. деревьев в национальном парке «Угра».

Учитывая, что в Алтайском крае 2 721 объект, имеющие выбросы загрязняющих веществ, показатель снижения выбросов в 2024 г. – 35,7 % является одним из лучших показателей по России¹⁴. Также в Республике Алтай запущены две солнечные станции в с. Кош-Агач мощностью по 5 МВт каждая (рис. 6).



Рис. 6. Одна из двух солнечных электростанций в Кош-Агачском районе Республики Алтай¹⁵

С одной стороны, растущие темпы производства увеличивают экологическую нагрузку в некоторых регионах. С другой стороны, цели в области устойчивого развития, в соответствии с которыми разрабатываются и внедряются такие проекты, как национальный проект «Экология», модель циркулярной экономики или экономики замкнутого цикла. В нацпроекте «Экология» стоит следующая задача в отношении чистоты воздушного бассейна: «К 2030 году уровень выбросов опасных загрязняющих веществ будет снижен в два раза. Достичь результатов планируется за счет модернизации промышленных предприятий, экологизации коммунальной и транспортной инфраструктуры».

В 2023 г. инвестиционная активность в промышленность, направленная на внедрение экологически чистых технологий, существенно возросла. Ранее инициированные проекты демонстрируют заметную положительную динамику. Эта тенденция оказала значительное влияние практически на все изученные промышленные отрасли. Более 40 % предприятий показали индекс экологических инвестиций (ИЭИ) выше 50 баллов, что свидетельствует о расширении масштаба внедрения экологической повестки в различных секторах¹⁶ [24].

Особенно заметные изменения наблюдались в обрабатывающей промышленности. Наиболее значительные инвестиции в «зеленые» технологии осуществляются в отрасли,

¹⁴ О развитии возобновляемой энергетики в Республике Алтай: Пресс-релиз Минэнерго России // Министерство энергетики Российской Федерации. М., 2024. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/> (дата обращения: 11.11.2024)

¹⁵ Информация об охране атмосферного воздуха. Росприроднадзор. URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/air-protect/> (дата обращения: 20.03.2025)

¹⁶ Калужский завод Gislaved сократил выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Холдинг «Кордиант». 2025. URL: <https://cordiant-tyre.ru/news/kaluzhskiy-zavod-gislaved-sokratil-vybrosy-zagryaznyayushchikh-veshchestv-v-atmosferu/> (дата обращения: 10.04.2025)

связанные с производством автомобилей и оборудования, компьютерной техники, электронных и оптических приборов, а также кокса и нефтепродуктов¹⁷. Кроме того, существенные инвестиции направляются в металлургию, производство резиновых и пластмассовых изделий, готовых металлических конструкций, продуктов питания и напитков, лекарственных средств и материалов, химических веществ и продукции. ИЭИ в этих отраслях находился в интервале от 50 до 70 баллов:

- кожевенная промышленность – 9 баллов;
- добыча полезных ископаемых – 58 баллов;
- добыча сырой нефти и природного газа – 30 баллов;
- добыча угля – 25 баллов;
- добыча металлической руды – 10 баллов.

В секторе электроэнергетики, газо- и парогенерации, а также кондиционирования воздуха ИЭИ составил 36 баллов, что является средним показателем по сравнению с другими рассмотренными отраслями.

В целях достижения экологической устойчивости предприятий с помощью цифровых технологий промышленность ставит перед собой следующие приоритеты:

- управление отходами: внедрение цифровых решений для оптимизации процессов переработки и утилизации отходов;
- эффективное потребление ресурсов: использование цифровых инструментов для минимизации расхода воды и сырья в производственных процессах;
- повышение энергоэффективности: применение цифровых технологий для оптимизации потребления энергии на предприятиях и снижения выбросов парниковых газов.

В частности, наиболее значительный прогресс в использовании цифровых технологий для экологизации был отмечен в сфере переработки отходов: доля предприятий, внедряющих соответствующие решения, в 2024 г. увеличилась более чем в два раза по сравнению с 2019 г. (с 12 % до 27 %). Параллельно наблюдался рост числа производств, активно внедряющих технологии для повышения энергоэффективности: с 2019 по 2024 г. их доля возросла почти в полтора раза (с 17 % до 24 %).

Использование технологических решений для повышения эффективности водопользования и рационального использования сырья стало третьим по популярности направлением: за указанный период времени рост доли производств составил 5 процентных пунктов (с 13 % до 18 %).

В анализируемый период темпы развития иных направлений оказались менее динамичными. Единственной областью, в которой в 2023 и 2024 гг. по сравнению с 2019 г. была зафиксирована отрицательная динамика, стало создание экологически чистой и безопасной энергии.

Заключение

Необходимость уменьшения негативного влияния на среду обитания энергетики как никогда остро ставит вопрос экономии энергии. В первую очередь за счет уменьшения энергоемкости всех производственных процессов. Для этого нужны современные разработки, которые примут во внимание следующие моменты: экономию энергии в быту; приближение объектов выработки энергии к потребителю, что сокращает затраты за счет повышения коэффициента полезного действия используемого топлива, одновременно снижая риск от тепловых загрязнений; совершенствование физических и химических методов подготовки топлива для доведения его до безопасного и энергетически выгодного горючего;

¹⁷ Инвестиции промышленности в «зеленые» технологии: тренды GreenTech-направлений в 2023–2024 годах. М.: НИУ ВШЭ, 2024. 20 с.

модернизацию режимов горения; совершенствование и разработку высокоэффективных очистных сооружений; следовать принципам постоянного улучшения и предотвращения загрязнения окружающей среды за счет снижения на единицу продукции удельного потребления природных ресурсов, удельного сброса загрязняющих веществ, утилизации ранее накопленных и новых образующихся отходов, внедрения новых материалов (менее токсичных), наилучших доступных технологий и процессов, позволяющих ослабить воздействие вредных веществ на окружающую среду; регулярно проводить измерения, контроль и оценку воздействия выбросов на окружающую среду, стремясь к непрерывному повышению ее экологической эффективности.

Список источников

1. Техногенные отходы I-II классов опасности – ресурс для получения вторичных продуктов / А.Г. Мажуга [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 61–67. EDN QXMDTY. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-4-061-067
2. Сапрыкина Л.С., Осечкина А.А., Зуйков А.В. Оптимизация процесса горения в трубчатых печах с целью стабилизации режима работы // Нефтегазохимия. 2021. № 1-2. С. 64–67. EDN YHZEEK. DOI: 10.24412/2310-8266-2021-1-2-64-67
3. Тепина М.С., Мурзин М.А., Дроздова И.В. Снижение влияния металлургического производства на состояние окружающей среды Иркутской области путем рециклинга пылевых отходов // Металлург. 2025. № 6. С. 108–111. EDN AUTEYI. DOI: 10.52351/00260827_2025_6_108
4. Формирование консолидированного слоя системы углеродный сорбент-нефть при сборе нефти с места аварийного разлива / Н.А. Самойлов [и др.] // Журнал прикладной химии. 2004. Т. 77. № 2. С. 328–334. EDN OZEAYH.
5. Русинова Н.Г. Особенности проектирования и строительства Чебоксарской гидроэлектростанции // Вестник Марийского государственного университета. Сер.: Исторические науки. Юридические науки. 2021. Т. 7. № 4 (28). С. 359–363. EDN BNEZNX. DOI: 10.30914/2411-3522-2021-7-4-359-363
6. Ниязов А.Р., Осипов Д.С., Шепелев А.О. Анализ воздействия электромагнитных полей на безопасность персонала и надежность полетов беспилотных летательных аппаратов при мониторинге линий электропередачи 110 кВ // Вестник Югорского государственного университета. 2024. Т. 20. № 1. С. 111–117. EDN BJNDHR. DOI: 10.18822/byusu202401111-118
7. Минаев О.П. Полный комплекс для уплотнения и контроля качества возведения высотных плотин ГЭС // Гидротехническое строительство. 2024. № 4. С. 32–43. EDN QVFGY. DOI: 10.34831/EP.2024.50.95.004
8. Берген Д.Н. Актуальные направления повышения энергетической безопасности теплоснабжения в РФ // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27. № 9. С. 99–106. EDN PYMMUL. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-9-99-106
9. Сравнительный 4E-анализ характеристик системы KCS11 с использованием и без использования солнечной энергии для утилизации тепла дымовых газов на пылеугольной ТЭС / G. Khankari [et al.] // Теплоэнергетика. 2025. № 3. С. 67–79. EDN ZHPSCW. DOI: 10.56304/S0040363624700759
10. О возможности крупномасштабного производства ^{238}Pu для радиоизотопных термоэлектрических генераторов в легководном реакторе со сверхкритическими параметрами теплоносителя / А.Н. Шмелев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2024. № 3. С. 153–165. DOI: 10.26583/npe.2024.3.12 EDN MKHABK. Jeswani H., Khelurkar N. A review of radioactive waste management. 2015. DOI: 10.1109/ICTSD.2015.7095849

11. Modernizing crushing and screening units: reducing environmental impact, improving microclimate and visibility / A.S. Tkachenko [et al.] // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2025. № 2. P. 97–104. EDN EIVGVJ. DOI: 10.21440/0536-1028-2025-2-97-104
12. Parmuzin P.N., Andreev A.F. Features of determining the cost of production of coal methane as an independent mineral // Известия Уральского государственного горного университета. 2022. № 3 (67). P. 125–132. EDN FFNYPB. DOI: 10.21440/2307-2091-2022-3-125-132
13. Бартов О.Б., Третьякова Е.А. Выбор направления развития и цифровизации региона на основании типологизации видов экономической деятельности в рамках системной парадигмы // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер.: Экономика и менеджмент. 2021. Т. 15. № 1. С. 15–23. EDN XQZPZX. DOI: 10.14529/em210102
14. Мешалкин В.П., Бабаков Е.А., Тихомиров С.Г. Инжиниринг усовершенствованной модели хемосорбционно-адсорбционной химико-технологической системы рекуперации летучих органических соединений из газовой нефтетанкерной смеси // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2024. Т. 86. № 4 (102). С. 215–221. EDN KPXFLH. DOI: 10.20914/2310-1202-2024-4-215-221
15. Достижения Норильска в снижении хронического загрязнения воздуха беспрецедентны. URL: <https://news.sgnorilsk.ru/2024/07/23/dostizheniya-norilsk-a-v-snizhenii-hronicheskogo-zagryazneniya-vozdusha-besprecedentny/> (дата обращения: 23.03.2025).
16. Статистический анализ аварийности на производстве в результате некорректного функционирования системы энергообеспечения предприятия / Р.Н. Пигилова [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2023. Т. 25. № 2 (112). С. 27–33. EDN DADYKI. DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-2-27-33
17. Халтурина О.А. Финансовое и нормативное обеспечение реализации федерального проекта «чистый воздух» // Индустриальная экономика. 2022. № 2-2. С. 155–160. EDN WLMRGQ. DOI: 10.47576/2712-7559_2022_2_2_155
18. Агвердиев Д.М. К вопросу о трудовой занятости в моногородах России: управленческий аспект // Социально-гуманитарные знания. 2024. № 3. С. 202–205. EDN FZRDNW.
19. Исследование влияния CO₂ разбавителя на горение топлива в метан-кислородных камерах сгорания / И.И. Комаров [и др.] // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2021. № 2. С. 14–22. EDN CPOUIU. DOI: 10.17588/2072-2672.2021.2.014-022
20. Химический фактор в условиях нефтехимических производств и меры по его минимизации / Л.К. Каримова [и др.] // Медицина труда и экология человека. 2021. № 1 (25). С. 35–48. EDN UJIQRX. DOI: 10.24412/2411-3794-2021-10103
21. Битюкова В.Р., Колдобская Н.А., Прусихин О.Е. Современные тенденции и факторы динамики эмиссии загрязняющих веществ от автотранспорта в Москве // Вестник Московского университета. Сер. 5: География. 2025. Т. 80. № 2. С. 19–33. EDN JZFQCV. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.80.2.2
22. Васимов Д.В. Техничко-экономическое обоснование газификации тепловых электрических станций для г. Красноярск // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сб. материалов X Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию академика М.Ф. Решетнева и Дню космонавтики: в 3-х т. Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева, 2024. С. 290–292. EDN CZWSXF.
23. Захарина К.Э., Арустамов Э.А. О показателях оценки загрязнения окружающей природной и жилой среды Кемеровской области // Отходы и ресурсы. 2017. № 4. URL: <https://resources.today/PDF/08RRO417> (дата обращения: 10.04.2025).

24. Цыдыпова Ю.Н. Экономико-статистический анализ валового регионального продукта Чукотского автономного округа // Экономика строительства. 2025. № 5. С. 286–288. EDN IWIKCF.

Referenses

1. Tekhnogennyye otdoly I-II klassov opasnosti – resurs dlya polucheniya vtorichnykh produktov / A.G. Mazhuga [i dr.] // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2020. № 4. S. 61–67. EDN QXMDTY. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-4-061-067
2. Saprykina L.S., Osechkina A.A., Zujkov A.V. Optimizatsiya processa goreniya v trubchatykh pechah s cel'yu stabilizatsii rezhima raboty // Neftegazohimiya. 2021. № 1-2. S. 64–67. EDN YHZEEK. DOI: 10.24412/2310-8266-2021-1-2-64-67
3. Tepina M.S., Murzin M.A., Drozdova I.V. Snizhenie vliyaniya metallurgicheskogo proizvodstva na sostoyanie okruzhayushchej sredy Irkutskoj oblasti putem reciklinga pylevykh otdodov // Metallurg. 2025. № 6. S. 108–111. EDN AUTEYI. DOI: 10.52351/00260827_2025_6_108
4. Formirovanie konsolidirovannogo sloya sistemy uglerodnyj sorbent-neft' pri sbore nefi s mesta avariynogo razliva / N.A. Samojlov [i dr.] // Zhurnal prikladnoj himii. 2004. T. 77. № 2. S. 328–334. EDN OZEAYH.
5. Rusinova N.G. Osobennosti proektirovaniya i stroitel'stva Cheboksarskoj gidroelektrostantsii // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Istoricheskie nauki. Yuridicheskie nauki. 2021. T. 7. № 4 (28). S. 359–363. EDN BNEZNX. DOI: 10.30914/2411-3522-2021-7-4-359-363
6. Niyazov A.R., Osipov D.S., Shepelev A.O. Analiz vozdejstviya elektromagnitnykh polej na bezopasnost' personala i nadezhnost' poletov bespilotnykh letatel'nykh apparatov pri monitoringe linij elektroperedachi 110 kV // Vestnik Yugorskogo gosudarstvennogo universiteta. 2024. T. 20. № 1. S. 111–117. EDN BJNDHR. DOI: 10.18822/byusu202401111-118
7. Minaev O.P. Polnyj kompleks dlya uplotneniya i kontrolya kachestva vozvedeniya vysotnykh plotin GES // Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo. 2024. № 4. S. 32–43. EDN QVFGY. DOI: 10.34831/EP.2024.50.95.004
8. Bergen D.N. Aktual'nye napravleniya povysheniya energeticheskoy bezopasnosti teplosnabzheniya v RF // Vestnik Zabajkalskogo gosudarstvennogo universiteta. 2021. T. 27. № 9. S. 99–106. EDN PYMMUL. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-9-99-106
9. Sravnitel'nyj 4E-analiz harakteristik sistemy KCS11 s ispol'zovaniem i bez ispol'zovaniya solnechnoj energii dlya utilizatsii tepla dymovykh gazov na pyleugol'noj TES / G. Khankari [et al.] // Teploenergetika. 2025. № 3. S. 67–79. EDN ZHPSCW. DOI: 10.56304/S0040363624700759
10. O vozmozhnosti krupnomasshtabnogo proizvodstva ²³⁸Pu dlya radioizotopnykh termoelektricheskikh generatorov v legkovodnom reaktore so sverhkriticheskimi parametrami teplonositelya / A.N. Shmelev [i dr.] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Yadernaya energetika. 2024. № 3. S. 153–165. EDN MKHABK. DOI: 10.26583/npe.2024.3.12 Jeswani H., Khelurkar N. A review of radioactive waste management. 2015. DOI: 10.1109/ICTSD.2015.7095849
11. Modernizing crushing and screening units: reducing environmental impact, improving microclimate and visibility / A.S. Tkachenko [et al.] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Gornyj zhurnal. 2025. № 2. P. 97–104. EDN EIVGVJ. DOI: 10.21440/0536-1028-2025-2-97-104
12. Parmuzin P.N., Andreev A.F. Features of determining the cost of production of coal methane as an independent mineral // Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta. 2022. № 3 (67). P. 125–132. EDN FFNYPB. DOI: 10.21440/2307-2091-2022-3-125-132
13. Bartov O.B., Tret'yakova E.A. Vybor napravleniya razvitiya i cifrovizatsii regiona na osnovanii tipologizatsii vidov ekonomicheskoy deyatel'nosti v ramkah sistemnoj paradigmy // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Ekonomika i menedzhment. 2021. T. 15. № 1. S. 15–23. EDN XQZPZX. DOI: 10.14529/em210102

14. Meshalkin V.P., Babakov E.A., Tihomirov S.G. Inzhiniring usovershenstvovannoj modeli hemosorbcionno-adsorbcionnoj himiko-tehnologicheskoy sistemy rekuperacii letuchih organicheskikh soedinenij iz gazovoj neftetankernoj smesi // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij. 2024. T. 86. № 4 (102). S. 215–221. EDN KPXFLH. DOI: 10.20914/2310-1202-2024-4-215-221
15. Dostizheniya Noril'ska v snizhenii hronicheskogo zagryazneniya vozduha besprecedentny. URL: <https://news.sgnorilsk.ru/2024/07/23/dostizheniya-noril'ska-v-snizhenii-hronicheskogo-zagryazneniya-vozduha-besprecedentny/> (data obrashcheniya: 23.03.2025).
16. Statisticheskij analiz avarijnosti na proizvodstve v rezul'tate nekorrektnogo funkcionirovaniya sistemy energoobespecheniya predpriyatiya / R.N. Pigilova [i dr.] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2023. T. 25. № 2 (112). S. 27–33. EDN DADYKI. DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-2-27-33
17. Halturina O.A. Finansovoe i normativnoe obespechenie realizacii federal'nogo proekta «chistyy vozduh» // Industrial'naya ekonomika. 2022. № 2-2. S. 155–160. EDN WLMRGQ. DOI: 10.47576/2712-7559_2022_2_2_155
18. Agverdiev D.M. K voprosu o trudovoj zanyatosti v monogorodah Rossii: upravlencheskij aspekt // Social'no-gumanitarnye znaniya. 2024. № 3. S. 202–205. EDN FZRDNW.
19. Issledovanie vliyaniya SO₂ razbavitelya na gorenje topliva v metan-kislorodnyh kamerah sgoraniya / I.I. Komarov [i dr.] // Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta. 2021. № 2. S. 14–22. EDN CPOUIU. DOI: 10.17588/2072-2672.2021.2.014-022
20. Himicheskij faktor v usloviyah neftekhimicheskikh proizvodstv i mery po ego minimizacii / L.K. Karimova [i dr.] // Medicina truda i ekologiya cheloveka. 2021. № 1 (25). S. 35–48. EDN UJIQRX. DOI: 10.24412/2411-3794-2021-10103
21. Bityukova V.R., Koldobskaya N.A., Prusihin O.E. Sovremennye tendencii i faktory dinamiki emissii zagryaznyayushchih veshchestv ot avtotransporta v Moskve // Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 5: Geografiya. 2025. T. 80. № 2. S. 19–33. EDN JZFCQV. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.80.2.2
22. Vasimov D.V. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie gazifikacii teplovyh elektricheskikh stancij dlya G. Krasnoyarska // Aktual'nye problemy aviacii i kosmonavtiki: sb. materialov X Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 100-letiyu akademika M.F. Reshetneva i Dnyu kosmonavtiki: v 3-h t. Krasnoyarsk: Sibirskij gosudarstvennyj universitet nauki i tekhnologij im. akad. M.F. Reshetneva, 2024. S. 290–292. EDN CZWSXF.
23. Zaharina K.E., Arustamov E.A. O pokazatelyah ocenki zagryazneniya okruzhayushchej prirodnoj i zhiloy sredy Kemerovskoj oblasti // Othody i resursy. 2017. № 4. URL: <https://resources.today/PDF/08RRO417> (data obrashcheniya: 10.04.2025).
25. Cydypova Yu.N. Ekonomiko-statisticheskij analiz valovogo regional'nogo produkta Chukotskogo avtonomnogo okruga // Ekonomika stroitel'stva. 2025. № 5. S. 286–288. EDN IWIKCF.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 16.05.2025; одобрена после рецензирования: 20.11.2025;
принята к публикации: 23.01.2026

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 16.05.2025; approved after review: 20.11.2025;
accepted for publication: 23.01.2026

Информация об авторах:

Пигилова Роза Наилевна, старший преподаватель Казанского государственного энергетического университета (420066, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51), e-mail: rozapigilova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2516-1113>, SPIN-код: 1029-9246

Гайнуллина Лейсан Раисовна, доцент Казанского государственного энергетического университета (420066, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51), кандидат технических наук, e-mail: gainullina7819@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5414-7647>, SPIN-код: 6979-5129

Information about the authors:

Pigilova Roza N., senior lecturer of Kazan state power engineering university (420066, Kazan, Krasnoselskaya st., 51), e-mail: rozapigilova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2516-1113>, SPIN: 1029-9246

Gainullina Leysan R., associate professor of Kazan state power engineering university (420066, Kazan, Krasnoselskaya st., 51), candidate of technical sciences, e-mail: gainullina7819@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5414-7647>, SPIN: 6979-5129