Оригинальная статья

Original Paper

УДК 338.242.4:622.331(985) © Т.А. Панфилова✉[1,2], Н.А. Ашуров[3], М.М. Платошина[4], Ф.Х. Мукумова[5], С.В. Пчелинцева[6], Л.Н. Корпачева[1], 2025

[1] ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», 660041, г. Красноярск, Россия
[2] ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», 105005, г. Москва, Россия
[3] Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», 100000, г. Ташкент, Узбекистан
[4] Ташкентский международный университет Кимё, 100121, г. Ташкент, Узбекистан
[5] Термезский государственный университет, 190100, г. Термез, Узбекистан
[6] ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», 127550, г. Москва, Россия
✉ e-mail: t_ pan80@mail.ru

UDC 338.242.4:622.331(985) © T.A. Panfilova✉[1,2], N.A. Ashurov[3], M.M. Platoshina[4], F.Kh. Mukumova[5], S.V. Pchelintseva[6], L.N. Korpacheva[1], 2025

[1] Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation
[2] Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation
[3] "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, Tashkent, 100000, Uzbekistan
[4] Kimyo International University in Tashkent, Tashkent, 100121, Uzbekistan
[5] Termez state university, Termez, 190100, Uzbekistan
[6] Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, 127550, Russian Federation
✉ e-mail: t_ pan80@mail.ru

Уголь и устойчивое развитие арктических территорий России в условиях энергетического перехода

Coal and sustainable development of the Arctic territories of Russia in the conditions of energy transition

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-6-43-47

В статье рассматривается роль угольной промышленности в пространственном развитии арктических территорий России в условиях глобального энергетического перехода. Целью работы является обоснование мер по устойчивому использованию угля и угольной генерации энергии в Арктике с учетом задач развития прибрежных территорий и Северного морского пути. Методология исследования включает анализ существующих данных и нормативно-правовой базы, касающейся угольной промышленности, энергетической политики и климатических изменений. Результаты анализа показывают значимость угля как важного элемента энергетической безопасности и социально-экономического развития Арктики, а также необходимость минимизации негативного воздействия угольной промышленности на окружающую среду. Особое внимание уделяется перспективам внедрения чистых угольных технологий, таких как улавливание и захоронение углекислого газа, и развитию проектов по поглощению CO_2 на карбоновых полигонах. Подчеркивается связь развития угольной промышленности с развитием транспортной инфраструктуры Северного морского пути.

Ключевые слова: *уголь, Арктика, устойчивое развитие, энергетическая безопасность, чистые угольные технологии, выбросы парниковых газов, Северный морской путь, карбоновые полигоны.*

ПАНФИЛОВА Т.А.
Канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», 660041, г. Красноярск, Россия, ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», 105005, г. Москва, Россия, e-mail: t_ pan80@mail.ru

АШУРОВ Н.А.
PhD, старший преподаватель, Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», 100000, г. Ташкент, Узбекистан, e-mail: nuraliashurov@mail.ru

ПЛАТОШИНА М.М.
Старший преподаватель, Ташкентский международный университет Кимё, 100121, г. Ташкент, Узбекистан, e-mail: malika.malich.dzhalilova@gmail.com

МУКУМОВА Ф.Х.
Канд. пед. наук. доцент, Термезский государственный университет, 190100, г. Термез, Узбекистан, e-mail: mukumovafo91@gmail.com

ПЧЕЛИНЦЕВА С.В.
Канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», 127550, г. Москва, Россия e-mail: pchelintseva@inbox.ru

КОРПАЧЕВА Л.Н.
Канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», 660041, г. Красноярск, Россия, e-mail: LKorpacheva@sfu-kras.ru

Для цитирования: Уголь и устойчивое развитие арктических территорий России в условиях энергетического перехода / Т.А. Панфилова, Н.А. Ашуров, М.М. Платошина и др. // Уголь. 2025;(6):43-47. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-6-43-47.

Abstract
The article considers the role of the coal industry in the spatial development of the Arctic territories of Russia under the conditions of the global energy transition. The aim of the work is to substantiate measures for the sustainable use of coal and coal-fired power generation in the Arctic, taking into account the objectives of the development of coastal territories and the Northern Sea Route. The research methodology includes analyses of existing data and regulatory frameworks related to the coal industry, energy policy and climate change. The results of the analysis show the significance of coal as an important element of energy security and socio-economic development of the Arctic, as well as the need to minimise the negative environmental impact of the coal industry. Special attention is paid to the prospects for the introduction of clean coal technologies, such as carbon dioxide capture and disposal, and the development of CO_2 sequestration projects at carbon landfills. The link between the development of the coal industry and the development of the Northern Sea Route transport infrastructure is emphasised.

Keywords: *Coal, Arctic, sustainable development, energy security, clean coal technologies, greenhouse gas emissions, Northern Sea Route, carbon dioxide landfills.*

For citation
Panfilova T.A., Ashurov N.A., Platoshina M.M., Mukumova F. Kh., Pchelintseva S.V., Korpacheva L.N. Coal and sustainable development of the Arctic territories of Russia in the conditions of energy transition. *Ugol'*. 2025;(6): 43-47. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-6-43-47.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях глобального энергетического перехода и стремления к низкоуглеродной экономике проблема сокращения воздействия угольной промышленности на окружающую среду приобретает все большее значение. Энергетический кризис 2021 г. в Европе стал ярким напоминанием о тесной взаимосвязи между возобновляемыми источниками энергии и погодными условиями, подчеркнув необходимость диверсификации энергетических ресурсов и сохранения традиционных видов топлива, включая уголь в качестве важного элемента энергобаланса [1, 2]. В то время как многие страны, особенно в Европейском Союзе, активно продвигают политику декарбонизации, направленную на сокращение добычи и использования угля, заявления о полном закрытии угольных электростанций в пользу возобновляемых источников часто не подкрепляются реальным анализом структуры энергопотребления. Это приводит к росту цен на энергоносители и создает риски для энергетической безопасности [3, 4, 5, 6].

Альтернативным подходом является развитие чистых угольных технологий, направленных на снижение выбросов парниковых газов при сжигании угля. К таким технологиям относятся газификация угля, которая позволяет производить синтез-газ для дальнейшего использования в производстве электроэнергии и химической продукции, а также технологии улавливания и захоронения углекислого газа (CCS), позволяющие снизить выбросы CO_2 в атмосферу [7, 8, 9, 10].

По данным Международного энергетического агентства (IEA), технологии CCS могут сократить выбросы CO_2 от угольных электростанций на 80-90%, однако их широкое внедрение сдерживается высокой стоимостью и необходимостью строительства специализированной инфраструк-

туры для транспортировки и хранения углекислого газа. Например, в Китае, являющемся крупнейшим потребителем угля, активно развиваются чистые угольные технологии, и в некоторых регионах страны установлены более жесткие стандарты по выбросам CO_2 и других продуктов угольной энергетики и угледобычи, при этом страна добывает около 90% потребляемого угля [11, 12, 13].

Актуальность и важность направления решения проблемы, представленного в рассматриваемой статье, обусловлены особым значением угольной промышленности для развития арктических регионов России [14, 15, 16]. В этих регионах добыча и использование угля являются важным фактором устойчивого развития. В Российской Федерации в 2019 г. было добыто 11,3 млн т угля, что составляет 7,5% от общего объема добычи в стране. Доля угля в структуре энергопотребления в арктических районах страны составляет около 46%. В Якутии для объектов жилищно-коммунального хозяйства в арктических районах потребляется 45,8 тыс. т угля, а для ТЭЦ в поселке Депутатский завозится 37 тыс. т угля из Кузбасса. Однако добыча и использование угля в Арктике сопряжены с высокими экологическими рисками, связанными с выбросами парниковых газов и уязвимостью арктической экосистемы к изменениям климата [17].

Целью данной работы является обоснование мер по устойчивому использованию угля и угольной генерации энергии в Российской Арктике с учетом задач пространственного развития прибрежных территорий и развития Северного морского пути.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

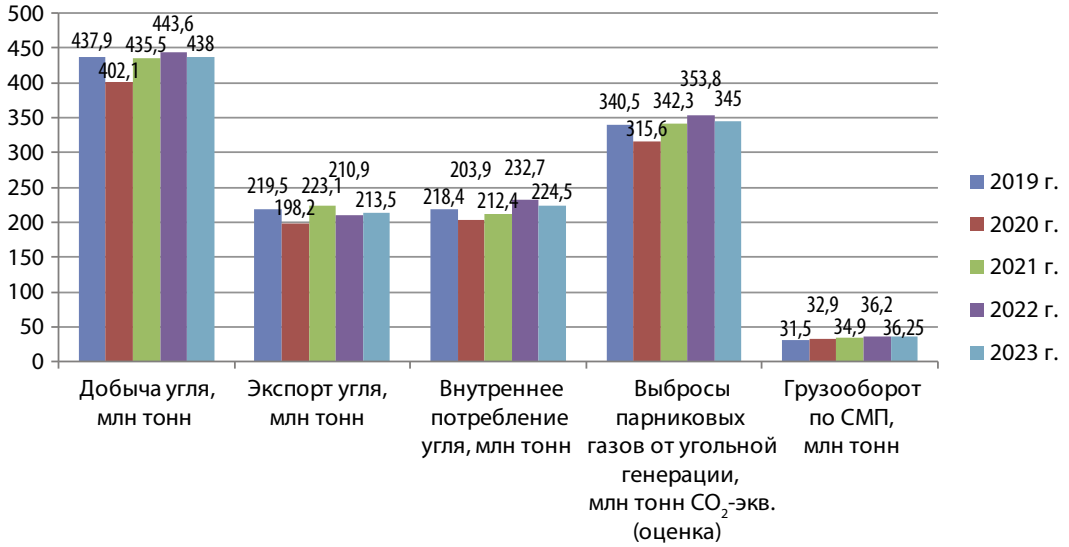
Представленная работа носит аналитический характер. Основным методом исследования является анализ существующих данных и нормативно-правовой базы, касающейся угольной промышленности, энергетической политики, пространственного развития арктических территорий и климатических изменений. В рамках исследования были проанализированы данные Росстата, Минэнерго России, Роснедр, а также материалы Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» за 2019 г. Эти данные позволили оценить динамику запасов и добычи угля в России в период с 2010 по 2024 г., а также определить долю угольной промышленности в энергобалансе арктических регионов страны. На основе этих данных были сделаны выводы о роли угля в обеспечении энергетической безопасности и социально-экономическом развитии арктических территорий. Кроме того, в работе был проведен анализ нормативно-правовых актов, регулирующих деятельность угольной промышленности и энергетическую политику, в том числе «Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.» (2021 г.).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенный комплексный анализ роли угольной промышленности в пространственном развитии арктических территорий Российской Федерации выявил ряд ключевых тенденций, закономерностей и проблем, требующих внимания при формировании энергетической и экологической политики страны. Полученные результаты демонстрируют, с одной стороны, значимость угля как важного элемента энергетической безопасности и социально-экономического развития Арктики, а с другой – необходимость минимизации негативного воздействия угольной промышленности на окружающую среду и климат. Россия обладает значительными запасами угля, позволяющими поддерживать добычу и экспорт на высоком уровне. Согласно данным Федерального агентства по недропользованию, общие запасы угля в России на начало 2024 г. оцениваются в 423 млрд т, что делает страну одним из мировых лидеров по этому показателю. При этом добыча угля в России в период с 2019 по 2023 г. колебалась в пределах 430-440 млн т в год (*см. рисунок*). Так, в 2022 г. было добыто 443,6 млн т угля, что является максимальным показателем за последние десятилетия. Однако, уже в 2023 г. объем добычи снизился до 438 млн т в связи с изменением конъюнктуры мирового рынка и переориентацией экспортных поставок.

Тем не менее анализ энергопотребления в Арктике показывает, что уголь продолжает играть ключевую роль в обеспечении теплом и электроэнергией удаленных населенных пунктов и промышленных предприятий. По результатам выполненного анализа, доля угля в энергетическом балансе арктических регионов составляет около 40%, при этом в некоторых районах, например в Республике Саха (Якутия), этот показатель достигает 60-70%. Это объясняется отсутствием альтернативных источников энергии, доступных по цене и надежности. Завоз дизельного топлива в отдаленные поселки обходится в несколько раз дороже, чем использование угля. В то же время исследование подтвердило, что угольная промышленность является значительным источником парниковых газов. По данным Росгидромета, в 2022 г. общие выбросы парниковых газов в России составили 2,14 млрд т CO_2-эквивалента, из которых около 16% приходится на угольную генерацию. При этом следует учитывать, что выбросы парниковых газов от угольной промышленности не ограничиваются только сжиганием угля на электростанциях. Значительный вклад вносят выбросы метана при добыче угля, особенно на шахтах. Эти выбросы могут составлять до 10-15% от общих выбросов парниковых газов от угольной промышленности. Одним из перспективных направлений снижения углеродного следа угольной промышленности является внедрение технологий улавливания и захоронения углекислого газа (CCS). Однако, несмотря на потенциальные преимущества этих технологий, их широкое распространение сдерживается высокой стоимостью. По данным Международного энергетического агентства, стоимость улавливания CO_2 на угольной электростанции может достигать 60-80 дол. США за 1 т. Затраты на транспортировку и захоронение CO_2, дополнительно увеличивают общую стоимость проектов CCS.

Вместе с тем исследование показало, что развитие угольной промышленности в Арктике тесно связано с развитием транспортной инфраструктуры, в частности



Динамика основных показателей угольной промышленности России (2019-2023 гг.)
Dynamics of key indicators of the Russian coal industry (2019-2023)

Северного морского пути (СМП). Увеличение объемов добычи угля на арктических месторождениях и расширение экспортных поставок в страны Азиатско-Тихоокеанского региона стимулируют развитие портовой инфраструктуры и ледокольного флота. По данным Администрации СМП, грузооборот по СМП в 2023 г. составил 36,25 млн т, что на 1,3% больше, чем в 2022 г. При этом, значительная доля грузопотока приходится на уголь, который поставляется в Китай и другие страны АТР.

Помимо внедрения CCS перспективным направлением снижения выбросов парниковых газов является развитие проектов по поглощению и ассимиляции CO_2 на карбоновых полигонах. В России реализуется ряд пилотных проектов по созданию карбоновых полигонов, где высаживаются леса и проводятся другие мероприятия, направленные на увеличение поглощения CO_2 из атмосферы. Так, в 2023 г. в России было создано 17 карбоновых полигонов общей площадью более 1 млн гектаров. По оценкам Минприроды России, эти полигоны смогут поглощать до нескольких миллионов тонн CO_2 в год. Важным шагом является создание системы финансовой поддержки и стимулирования предприятий, готовых внедрять технологии улавливания и захоронения CO_2, а также поддерживать проекты по поглощению и ассимиляции парниковых газов. Такой подход позволит обеспечить устойчивое развитие арктических территорий и минимизировать негативное воздействие угольной промышленности на окружающую среду и климат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ роли угольной промышленности в пространственном развитии арктических территорий Российской Федерации позволил выявить ключевые аспекты, определяющие будущее угольной отрасли в регионе. Обобщая результаты исследования, можно констатировать, что уголь продолжает играть важную роль в обеспечении энергетической безопасности и социально-экономического развития Арктики, особенно в условиях ограниченной доступности альтернативных источников энергии и сурового климата. В то же время нельзя игнорировать необходимость снижения негативного воздействия угольной промышленности на окружающую среду и климат, что требует внедрения современных технологий и пересмотра подходов к управлению отраслью.

Результаты этого анализа подтверждают значительные запасы угля в России, позволяющие поддерживать добычу и экспорт на высоком уровне, а также выявляют высокую долю угля в энергетическом балансе арктических регионов, которая достигает в некоторых районах 60-70%. При этом исследование подтвердило, что угольная промышленность является значительным источником выбросов парниковых газов, включая выбросы метана при добыче угля, что требует принятия мер по их сокращению. Анализ показал перспективность внедрения технологий улавливания и захоронения углекислого газа (CCS) и развития проектов по поглощению и ассимиляции CO_2 на карбоновых полигонах, но также выявил сдерживающие факторы, такие как высокая стоимость и необходимость создания соответствующей инфраструктуры.

Список литературы • References

1. Kolenchukov O.A., Mikhaulov A.Y., Bashmur K.A., Tynchenko V.S., Sergienko R.B., Kukartsev V.V., Tynchenko V.V. Forecasting the technical condition of thermochemical reactor systems. *SOCAR Proceedings*. 2023;2023(1):123-130. https://doi.org/10.5510/OGP20230100814.
2. Rikker Y.O., Kobylkin M.V., Batukhtin A.G. Improving the efficiency of flue gas desulphurization of TPS. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019;552(1):012024.

3. Kukartsev V.A., Trunova A.I., Kukartsev V.V., Tynchenko V.S., Kurashkin S.O., Tynchenko Ya.A., Vivián I.F., Bashmur K.A. Increasing the Efficiency of Synthetic Iron Production by the Use of New Kit Lining. *Metals.* 2023;13(7):1184. https://doi.org/10.3390/met13071184.
4. Tynchenko Ya.A., Kukartsev V.V., Gladkov A.A., Panfilova T.A. Assessment of technical water quality in mining based on machine learning methods. *Sustainable Development of Mountain Territories.* 2024;16(1):56-69. https://doi.org/10.21177/1998-4502-2024-16-1-56-69.
5. Pryalukhin A.F., Malozyomov B.V., Martyushev N.V., Daus Y.V., Konyukhov V.Yu., Oparina T.A., Dubrovin R.G. Simulation Modeling of Energy Efficiency of Electric Dump Truck Use Depending on the Operating Cycle. *World Electr. Veh. J.* 2025;(16):217. DOI: 10.3390/wevj16040217.
6. Kapanski A.A., Hruntovich N.V., Klyuev R.V., Boltrushevich A.E., Sorokova S.N., Efremenkov E.A., Demin A.Y., Martyushev N.V. Intelligent Methods of Operational Response to Accidents in Urban Water Supply Systems Based on LSTM Neural Network Models. *Smart Cities*. 2025;(8):59. DOI: 10.3390/smartcities8020059.
7. Chernykh N., Mikhalev A., Dmitriev V., Tynchenko V., Shutkina E. Comparative Analysis of Existing Measures to Reduce Road Accidents in Western Europe. 22nd International Symposium INFOTEH-JAHORINA, INFOTEH 2023, East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina. 2023:1-6. https://doi.org/10.1109/INFOTEH57020.2023.10094192.
8. Batukhtin A.G., Makhov E.A., Bass M.S., Batukhtin S.G. Enhancing aerodynamic efficiency in solid fuel plasma preparation for power plants. *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*. 2023;15(57):351-361.
9. Yelemessov K.K., Isametova M.E., Saidinbayeva N.D., Kukartsev V.V. Mathematical and computer modeling of gantry crane load-beam system oscillation. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2023;15(2):450-461. https://doi.org/10.21177/1998-4502-2023-15-2-450-461.
10. Kravtsov K., Tynchenko V., Semenova E., Shalaeva D., Pinchuk I. Workflow automation and performance improvement based on PostgreSQL. *E3S Web of Conferences*. 2023;(458):09022. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345809022.
11. Myrzakulov M.K., Dzhumankulova S.K., Yelemessov K.K., Barmenshinova M.B., Martyushev N.V., Skeeba V.Y., Kondratiev V.V., Karlina A.I. Analysis of the Effect of Fluxing Additives in the Production of Titanium Slags in Laboratory Conditions. *Metals.* 2024;(14):1320. DOI: 10.3390/met14121320.
12. Batukhtin A.G., Batukhtin S.G., Kobylkin M.V., Baranovskaya M.G. Application of Heat Pumps in a Centralized heat Supply as the Direction of the Development of District Heating Cogeneration Proceedings – 2018. International Ural Conference on Green Energy, UralCon 2018. 2018;(45-50):8544378.
13. Kukartsev V., Saidov N., Stupin A., Shagaeva O., Antamoshkina O., Korpacheva L. Prototype Technology Decision Support System for the EBW Process. *Lecture Notes in Networks and Systems.* 2023;(596 LNNS):456-466. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21435-6_39.
14. Nussipali R., Martyushev N.V., Malozyomov B.V., Konyukhov V.Yu., Oparina T.A., Romanova V.V., Kononenko R.V. Combined Power Generating Complex and Energy Storage System. *Electricity*. 2024;(5):931-946. DOI: 10.3390/electricity5040047.
15. Rogova D., Kurashkin S., Tynchenko V., Seregin Y., Privalov A., Kukartsev V. Comprehensive review of state-of-the-art intelligent methods for videosequences analysis. *AIP Conference Proceedings*. 2023;(2700):040046. https://doi.org/10.1063/5.0124865.
16. Suprun E., Tynchenko V., Khramkov V., Kovalev G., Soloveva T. The use of artificial intelligence to diagnose the disease. *BIO Web of Conferences*. 2024;(84):01008. https://doi.org/10.1051/bioconf/20248401008.
17. Batukhtin S., Batukhtin A., Baranovskaya M. Water-air regenerative heat exchanger with increased heat exchange efficiency. *E3S Web of Conferences*. 2021;(295):04005.

Authors Information

Panfilova T.A. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation, e-mail: t_pan80@mail.ru

Ashurov N.A. – PhD, Senior Lecturer, "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, Tashkent, 100000, Uzbekistan, e-mail: nuraliashurov@mail.ru

Platoshina M.M. – Senior Lecturer, Kimyo International University in Tashkent, Tashkent, 100121, Uzbekistan, e-mail: malika.malich.dzhalilova@gmail.com

Mukumova F.Kh. – PhD (Pedagogical), Associate Professor, Termez State University, Termez, 190100, Uzbekistan, e-mail: mukumova91@gmail.com

Pchelintseva S.V. – PhD (Engineering), Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, 127550, Russian Federation, e-mail: pchelintseva@inbox.ru

Korpacheva L.N. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation, e-mail: LKorpacheva@sfu-kras.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 15.04.2025
Поступила после рецензирования: 16.05.2025
Принята к публикации: 26.05.2025

Paper info

Received April 15, 2025
Reviewed May 16, 2025
Accepted May 26, 2025