

Л. К. Казанцева^{1✉}, А. И. Савина¹, Т. О. Тагаева¹

Направления использования отходов теплоэнергетики

¹Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: klidia0101@mail.ru

Аннотация. В современных условиях необходимости обеспечения экологической безопасности решение проблемы накопления отходов становится одной из приоритетных задач государства. Переработка отходов является одним из основных направлений повышения ресурсной эффективности промышленности и становления циркулярной экономики. Особую значимость имеет переработка отходов горнодобывающей промышленности и энергетики. В статье рассматривается проблема накопления золошлаковых отходов энергетической промышленности. На основе анализа зарубежного опыта предлагаются перспективные направления их утилизации и дальнейшего использования в качестве вторичных ресурсов в промышленной индустрии. Объектом исследования является крупнейший производитель тепло-электроэнергии в Новосибирской области – АО «СГК-Новосибирск», перед которым поставлена задача утилизировать к 2035 году 100% образованных золошлаковых отходов. Авторами рассчитан экономический эффект, который будет получен в результате решения этой задачи.

Ключевые слова: промышленные отходы, золошлаковые отходы, теплоэнергетика, вторичные ресурсы

L. K. Kazantseva^{1✉}, A. I. Savina¹, T. O. Tagaeva¹

Directions of waste use of thermal power engineering

¹Institute of Economics and Industrial Engineering, SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: klidia0101@mail.ru

Abstract. In modern conditions of the need to ensure environmental safety, solving the problem of waste accumulation is becoming one of the priorities of the state. Waste recycling is one of the main ways to improve the resource efficiency of industry and promote a circular economy. The areas of waste processing in the mining industry and energy are of particular importance. The article examines the problem of accumulation of ash and slag waste from the energy industry. With using the foreign experience the authors suggest promising areas for their disposal and further use as secondary resources in the industrial industry. The object of the study is the largest producer of heat and electricity in the Novosibirsk region, JSC «SGC-Novosibirsk», which has been tasked with recycling 100% of its ash and slag waste by 2035. The authors have calculated the economic benefits that will result from solving this problem.

Keywords: industrial waste, ash and slag waste, thermal power engineering, secondary resources

Введение

По оценкам специалистов, на территории РФ скопилось около 80 млрд. тонн отходов [1]. Помимо их складирования на огромных территориях (в этих целях занято свыше 500 тыс. гектаров земель, в том числе сельскохозяйственных),

нарушения естественных биогеохимических процессов, загрязнения вредными и токсичными веществами окружающей среды, отмечается еще одно немаловажное негативное последствие рассматриваемой проблемы: отходы – это не извлеченные полезные компоненты, которые могут быть использованы в качестве вторичного сырья, что способствовало бы решению задачи повышения ресурсной эффективности экономики. По данным Росстата, в 2024 г. в РФ было переработано всего 36% образованных отходов, в развитых странах этот показатель достигает 80–87%). В статье рассматриваются направления переработки отходов энергетической промышленности.

Согласно утвержденной Правительством РФ Энергетической стратегии (далее – Стратегии) Российской Федерации на период до 2050 года [2], предусмотрены пять сценариев развития энергетической промышленности: стресс-сценарий, инерционный, целевой, сценарий технического потенциала и сценарий ускоренного энергетического перехода. Только в сценарии ускоренного энергетического перехода планируется снижение потребления угля в производстве тепло-электроэнергии на 26,2% к 2050 году от уровня 2023 года. В остальных сценариях запланирован рост потребления угля: в стресс-сценарии – на 2,5%, в сценарии технологического потенциала – на 20,5%, в инерционном сценарии – на 25,9%, в целевом сценарии – на 28,1%. При этом в мировом энергетическом балансе, согласно Стратегии, предусматривается снижение доли использования угля с 30% в 2023 году до 22,8% в 2050 году. Таким образом, можно сделать вывод, что Российская Федерация не предусматривает активные действия по снижению потребления угля в теплоэнергетике (а тем более по отказу от использования угля) в долгосрочной перспективе. В европейской части России теплоэлектростанции работают, в основном, на природном газе. Однако в азиатской части страны, в частности в Новосибирской области, для производства теплоэнергии в качестве основного топлива используются, в основном, различные марки угля, что приводит к накоплению в карьерах золошлаковых отходов от его сжигания. Также в Стратегии запланировано увеличение доли утилизированных золошлаков с 27% в 2023 году до 90% в 2050 году. Около 90% тепло-электроэнергии в Новосибирской области производится пятью теплоэлектростанциями, принадлежащими АО «СГК-Новосибирск». В статье проанализирован зарубежный опыт использования золошлаковых отходов и разработаны рекомендации по направлениям использования золошлаковых отходов для АО «СГК-Новосибирск».

Методы и материалы

В статье использованы данные об образовании золошлаковых отходов на каждой из пяти теплоэлектростанций АО «СГК-Новосибирск» за 2023 год [3]: Новосибирская ТЭЦ-2 – 136 тыс. тонн, Новосибирская ТЭЦ-3 – 91 тыс. тонн, Новосибирская ТЭЦ-4 – 117 тыс. тонн, Новосибирская ТЭЦ-5 – 165 тыс. тонн, Барабинская ТЭЦ – 34 тыс. тонн.

В ходе исследования применялись такие общенаучные методы, как системный подход в качестве общеметодологического принципа исследования, логический

анализ, методы систематизации, сравнительный анализ. Основным методом исследования является институциональный анализ, заключающийся в сборе и обработке опубликованных данных об объекте и предмете исследования.

Объектом исследования являются теплоэнергетические предприятия Новосибирской области. Предметом исследования – процессы утилизации золошлаковых отходов энергетической промышленности.

Анализ зарубежного опыта

Несмотря на активную позицию Китая по достижению углеродной нейтральности и снижению объемов использования угля на электростанциях, Китай находится на первом месте по объему образуемых и утилизируемых золошлаковых отходов [4, 5]. На втором месте находится Индия, на третьем – США (хотя объемы использования угля в энергетическом балансе этой страны уменьшаются), на четвертом месте – Европейский Союз, который планирует вообще отказаться от угольной генерации. Китай утилизирует около 90% образуемых золошлаковых отходов при производстве материалов для строительной отрасли [6, 7]: цемента, бетона и т.д. Программа утилизации золошлаковых отходов была начата в Китае с 1950-х годов и была обусловлена экономическими выгодами в связи со снижением энергопотребления при производстве строительных материалов.

В Австралии активно развивается строительство возобновляемых источников энергии и, согласно принятой климатической политике страны, объемы используемого угля должны неукоснительно снижаться. В связи с закрытием шахт, около 60% утилизированных золошлаковых отходов используется на их засыпку, около 32% отходов приходится на производство цемента и бетона [8].

Несмотря на изменчивость в климатической политике, США для производства энергии использует уголь, который составляет около 1/3 в энергетическом балансе страны. По оценкам Американской ассоциации дорожно-транспортных строителей [9], использование крупнофракционной золы вместо гравия и песка в дорожном строительстве позволяет уменьшить дорожностроительные расходы на 5,2 млрд USD. Стоит отметить, что основным направлением использования золошлаковых отходов в США, так же как и в Австралии, является обратная засыпка закрытых шахт. В США разрешено использование синтетического гипса, который формально не является золой, но создается с ее применением, для производства гипсокартонных стен и покрытий. Более 50% гипсокартонных плит производится с использованием синтетического гипса [10]. Также синтетический гипс можно применять как удобрение в сельском хозяйстве. Индия, как и Китай, более половины всех образуемых золошлаковых отходов использует при производстве кирпича, цемента и других материалов в строительной отрасли [11]. Почвенный состав Индии отличается большой засоленностью, и использование золы-уносы, которая имеет сильные сорбирующие свойства, позволяет рекультивировать эти почвы.

Япония с 1980-х годов активно развивает программу утилизации золошлаковых отходов и использует их при производстве цемента. Благодаря такой активной позиции, Япония утилизирует 100% образуемых золошлаковых отходов,

а именно около 12,3 млн тонн в год [12], и большая часть этого объема (около 85%) используется в строительной отрасли. Особенностью расположения угольных теплоэлектростанций в Японии является их нахождение в прибрежных районах (около 80%), что позволяет использовать морской транспорт для перевозки золошлаковых отходов и соответственно снижать расходы на транспортировку [13]. До 2019 года 1,28 млн тонн золошлаковых отходов Япония экспортировала в Южную Корею, но в 2019 году в золошлаковых отходах были обнаружены радионуклиды и тяжелые металлы, и поставки прекратились.

В Европейском союзе Ассоциация продуктов сжигания угля (ЕСОВА) формирует подробную статистику использования золошлаковых отходов в 15 странах. Согласно данным ЕСОВА, в 28 странах Евросоюза ежегодно образуется более 105 млн т золошлаковых отходов [14]. В настоящее время в строительную отрасль стран ЕС вовлекается 43% образуемой сухой золы-уноса. В большинстве случаев золошлаковые отходы используются в качестве замены природных ресурсов. При этом применение золошлаков в производстве строительной продукции жестко регламентируется национальными и европейскими стандартами. В Германии золошлаковые отходы вовлекаются в хозяйственный оборот уже более 50 лет, а первые экспериментальные разработки были проведены в 1930-х годах. В 1996 году был введен стандарт EN 450 для использования золы-уноса в производстве бетона [15].

К 2025 году Великобритания планирует полностью отказаться от угольной генерации [16]. Вопрос вовлечения золошлаковых отходов в хозяйственный оборот Великобритании остаётся нерешенным, хотя потенциальный объем накопленной золы-уноса, который, возможно, будет утилизирован путём вовлечения в хозяйственный оборот, оценивался еще в 2018 году в 50 млн т. Многие страны ЕС также публично заявили о намерении отказаться от угольной генерации в ближайшем будущем. Всего до 2030 года в странах ЕС будет выведено из эксплуатации 72,8 ГВт установленной мощности угольных электростанций, что составляет примерно 40% от совокупной установленной мощности угольной генерации Европы [17].

Анализ опыта ведущих стран в утилизации золошлаковых отходов позволил выделить три ее основных направления: производство материалов в строительной отрасли (Китай и страны Европейского Союза); в сельском хозяйстве как мелиорант (Индия) или при производстве почвенных удобрений на цеолитной основе (Япония); в горнодобывающей отрасли в качестве засыпки отработанных месторождений (США, Австралия). Также золошлаковые отходы могут использоваться как изолирующий слой при пересыпке твердых коммунальных отходов на полигонах, которую необходимо осуществлять около 8 раз в год с толщиной слоя пересыпки – 0,2 м [18].

Результаты

Золошлаковые отходы относятся к 5 классу опасности, и согласно Распоряжению Правительства РФ от 01.09.2025 № 2409-Р «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду в 2026-2030 годах» [19] ставка в 2026

году составляет 65,8 руб. за тонну для перерабатывающей промышленности. В планах АО «СГК-Новосибирск» стоит задача утилизировать к 2035 году 100% образованных золошлаковых отходов. Таким образом, АО «СГК-Новосибирск» получит положительный экономический эффект в размере 35,7 млн. рублей даже без учета стоимости реализации золошлаковых отходов. Если принять стоимость реализации 1 тонны золошлаковых отходов, равную 1 тыс. рублей, то реализация 100% ежегодно образуемых отходов принесет дополнительную выручку в размере 543 млн. рублей. Степень заполненности золоотвалов в Новосибирской области по данным 2019 года варьируется от 64,5% (на Новосибирской ТЭЦ-4), до 86,6% (на Новосибирской ТЭЦ-2). Экономический эффект, связанный с отсутствием строительства дополнительных объектов размещения золошлаковых отходов, оценивается от 4 млрд. рублей.

В российских научных публикациях в качестве основного направления реализации золошлаковых отходов предлагается их использование в качестве строительных материалов [20, 21, 22]. Используя мировой опыт, может быть предложен более широкий ряд способов вторичное использования отходов теплоэнергетики (золошлаковых отходов), ежегодно образуемых в НСО: в производстве строительных материалов (цемента, бетона и др.), в сельском хозяйстве для снижения кислотности почв, вместо минеральных удобрений для повышения урожайности, при рекультивации нарушенных земель, исправлении неудобий (засыпка оврагов, карьеров и болот), в вертикальной планировке участков, в дорожном строительстве в качестве грунта для сооружения земляного полотна автомобильных дорог, в качестве техногенного грунта при техническом этапе рекультивации (в том числе сельскохозяйственных земель), при пересыпке твердых коммунальных отходов на объектах размещения отходов производства и потребления.

Заключение

В статье оценены экономические эффекты от утилизации 100% золошлаковых отходов крупнейшего производителя тепло-электроэнергии в Новосибирской области – АО «СГК-Новосибирск», а также предложены направления их использования на основе мирового опыта. В дальнейших исследованиях планируется оценить экономические эффекты каждого предложенного направления использования золошлаковых отходов АО «СГК-Новосибирск».

Благодарности

Исследование выполнено по плану НИР ИЭОПП СО РАН по проекту № 126020516495-3 «Методология и методика разработки и обоснования приоритетов инвестиционной, кредитно-денежной и фискальной политики структурной трансформации российской экономики в новых геополитических условиях».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Наренчик П. П. Современные пути решения проблемы обращения с отходами производства и потребления // Региональная и отраслевая экономика. – 2021. – № 3. – С. 76-80.

2. Распоряжение Правительства РФ № 908-р от 12 апреля 2025 г. «Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 года». URL: <https://minenergo.gov.ru/ministry/energy-strategy> (дата обращения: 03.04.2026).
3. Постановление Правительства Новосибирской области от 26.03.2025 № 124-п «Об утверждении Региональной программы Новосибирской области «Повышение объемов утилизации золошлаковых отходов V класса опасности». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/5400202503260010> (дата обращения: 03.04.2026).
4. Heidrich C., Feuerborn H. J., Weir A. Coal combustion products: a global perspective // World of coal ash conference. – 2013. – P. 22-25.
5. Global aspects on Coal Combustion Products // Coaltrans Conferences URL: <https://www.coaltrans.com/insights/article/global-aspects-on-coal-combustion-products> (дата обращения: 18.04.2026).
6. Shu-Hua Ma et al. Challenges and Developments in the Utilization of Fly Ash in China // International Journal of Environmental Science and Development – 2017 – Т. 8. – №. 11. – P. 781-785.
7. Annual Report // Chinese Resource Comprehensive Utilization Situation issued by China National Development and Reform Commission URL: https://en.ndrc.gov.cn/newsrelease_8232/index.html (дата обращения: 18.04.2026).
8. Annual Production and Utilisation Survey Report// Ash Development Association of Australia (ADAA) URL: <https://www.adaa.asn.au/files/download/37ae3c2f1f1fdbf> (дата обращения: 16.04.2025).
9. American Road & Transportation Builders Association (ARTBA). URL: <https://www.artba.org/> (дата обращения: 14.04.2026).
10. Beneficial use of coal combustion products // American Coal Ash Association (ACAA) URL: <https://www.acaa-usa.org/Portals/9/Files/PDFs/ACAA-Brochure-Web.pdf> (дата обращения: 14.04.2026).
11. Venktesh Sharma et al. Trends in Utilization of Coal Fly Ash in India: A Review // Journal of Engineering Design & Analysis. – 2019. – Т. 2. – №. 12–16. – P. 13-16.
12. IEA Sankey Diagram (balance) // International Energy Agency (IEA). URL: <https://www.iea.org/sankey/#?c=Japan&s=Balance> (дата обращения: 24.04.2020).
13. Kenichi S. et al. Effective use of coal ash as ground materials in Japan // International Workshop on Geotechnics for Resilient Infrastructure. The Second Japan-India Workshop in Geotechnical Engineering. – 2017. – P. 65-70. URL: <https://cir.nii.ac.jp/crid/1390282680740660096> (дата обращения: 18.04.2026).
14. Production // European Coal Combustion Products Association (ECOBA). URL: <http://www.ecoba.com/ecobaccpprod.html> (дата обращения: 18.04.2026).
15. Weins U. et al. Environmental testing of fly ash for concrete in Germany – a really new approach? // VGB PowerTech. – 2017. – Т. 6. – P. 42-45.
16. Bruce Sifton. et al. 2020 to 2070 and Beyond: Transitioning from Production to Post-Production Coal Ash Use // Ash at Work. – 2019. – № 1. – P. 38-40.
17. Cooke, Nigel, Dr. Utilizing the UK's Vast Landfilled Fly Ash Deposits // Ash at Work. – 2018. – Т. 8. – № 1. – P. 38-40.
18. Свод правил СП 320.1325800.2017 «Полигоны для твердых коммунальных отходов. Проектирование, эксплуатация и рекультивация». URL: <https://docs.cntd.ru/document/556610331> (дата обращения: 20.04.2024).
19. Распоряжение Правительства РФ от 01.09.2025 № 2409-Р "О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду в 2026-2030 годах и внесении изменений в Распоряжение Правительства РФ от 10.07.2025 № 1852-р. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=504285> (дата обращения: 18.04.2026).
20. Немущенко Д. А., Ларичкин В. В. Исследование зол уноса угольных электростанций как потенциального сырья для строительной индустрии // Эксперт: теория и практика. – 2023. – № 2 (21). – С. 60-67.

21. Худякова Л. И., Залуцкий А. В., Палеев П. Л. Использование золошлаковых отходов тепловых электростанций // XXI век. Техносферная безопасность. – 2019. – Т. 4, № 3 (15). – С. 375-391.

22. Костин В. В. Применение зол и шлаков ТЭС в производстве бетонов. – Новосибирск: Изд-во НГАСУ. – 2021. – 176 с.

© Л. К. Казанцева, А. И. Савина, Т. О. Тагаева, 2026