

УДК 552.574 © Н.Ю. Турецкая^{1,2}, Е.С. Прокопьев^{1,2},
О.Л. Алексеева^{1,2}, 2024

UDC 552.574 © N.Yu. Turetskaya^{1,2}, E.S. Prokopiev^{1,2},
O.L. Alekseeva^{1,2}, 2024

¹ Институт земной коры СО РАН 664033, г. Иркутск, Россия

¹ Institute of the Earth Crust of the SB RAS, Irkutsk, 664033, Russian Federation

² ООО НПК «Спирит», 664033, г. Иркутск, Россия

² LLC SPC "Spirit", Irkutsk, 664033, Russian Federation

✉ e-mail: tny@spirit-irk.ru

✉ e-mail: tny@spirit-irk.ru

Сравнительный анализ обогатимости отходов угледобычи ОФ «Прокопьевскуголь» и ЦОФ «Кузбасская»*

Comparative analysis of the washability of the coal mining waste from the Prokopyevskugol Concentration Plant and the Kuzbasskaya Central Concentration Plant

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-6-45-49>

В статье приведены результаты обогатимости угольных шламов. В ходе работ было установлено, что испытываемое сырье имеет различный гранулометрический состав и показатели зольности сухого топлива в классах крупности. Авторам удалось подтвердить, что разработанная технология обогащения позволяет получить качественный продукт из обеих испытываемых проб, тем самым показывая ее унифицированность.

Ключевые слова: угольные шламы, обогащение, товарный продукт, винтовая сепарация, переработка угольных шламов, экологически чистая технология

Для цитирования: Турецкая Н.Ю., Прокопьев Е.С., Алексеева О.Л. Сравнительный анализ обогатимости отходов угледобычи ОФ «Прокопьевскуголь» и ЦОФ «Кузбасская» // Уголь. 2024;(6);45-49. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-6-45-49.

ТУРЕЦКАЯ Н.Ю.

Ведущий инженер отдела комплексного использования минерального сырья ФГБУН «Институт земной коры СО РАН», руководитель группы обогащения углей и золошлаковых отходов ООО НПК «Спирит», 664033, г. Иркутск, Россия, e-mail: tny@spirit-irk.ru

ПРОКОПЬЕВ Е.С.

Младший научный сотрудник отдела комплексного использования минерального сырья ФГБУН «Институт земной коры СО РАН», директор по технологиям и инновациям ООО НПК «Спирит», 664033, г. Иркутск, Россия, e-mail: pes@spirit-irk.ru

* Работы выполнены в рамках комплексного научно-технического проекта при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2022-1192 «Переработка хвостов угольных обогатительных фабрик с целью получения товарного угольного концентрата» при поддержке комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации № 1144-р от 11 мая 2022 г.



АЛЕКСЕЕВА О.Л.

Ведущий инженер отдела
 комплексного использования
 минерального сырья
 ФГБУН «Институт земной коры СО РАН»,
 Первый заместитель
 генерального директора
 ООО НПК «Спирит»,
 664033, г. Иркутск, Россия,
 e-mail: aol@spirit-irk.ru

Abstract

The article presents the results of the washability of coal sludge. During the work, it was found that the tested raw materials have different particle size distributions and ash content of dry fuel in size classes. The authors were able to confirm that the developed enrichment technology makes it possible to obtain a high-quality product from both tested samples, thereby demonstrating its unification.

Keywords

Coal sludge, enrichment, commercial product, spiral separation, coal sludge processing, environmentally friendly technology.

For citation

Turetskaya N.Yu., Prokopiev E.S., Alekseeva O.L. Comparative analysis of the washability of the coal mining waste from the Prokopyevskugol Concentration Plant and the Kuzbasskaya Central Concentration Plant. *Ugol*. 2024;(6):45-49. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-6-45-49.

Acknowledgements

The work was carried out within the framework of the complex scientific and technical project of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation № 075-15-2022-1192 “Processing of coal preparation plant tailings to produce commercial coal concentrate” with the support of the complex scientific and technical programme of full innovation cycle “Development and implementation of a set of technologies in the field of exploration and production of solid minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new products of deep processing of coal raw materials with consistent reduction of ecological load on the environment and risks for the life of the population”, approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 1144-r dated May 11, 2022.

ВВЕДЕНИЕ

Количество накопленных отходов обогащения угольного сырья в настоящее время сопоставимо с запасами разрабатываемых месторождений. Такие техногенные месторождения не уступают по своим качественным характеристикам добываемому твердому минеральному сырью, поскольку содержание угля в них может достигать 25% и более [1, 2]. Но из-за сложности своего вещественного состава, а именно: наличия большого количества тонкодисперсного шлама, высокого показателя зольности, окисленности, повышенной влажности, а также марки угля, составляющего его горючую массу, как следствие, такие отходы направляются в отвалы. Сформированные таким образом пожароопасные техногенные объекты, содержащие тонкодисперсные угольные частицы, являются источниками загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха, почв, поверхностных и подземных вод, а также причиной ухудшения здоровья населения [3, 4, 5, 6].

В связи с этим наблюдается повышенный интерес к переработке углесодержащих материалов техногенного происхождения [7, 8, 9, 13]. На сегодняшний день уже существуют технологии переработки угольных шламов, которые имеют положительные результаты [10, 11, 12, 15]. Однако при их разработке были упущены некоторые факты, а именно: различие в выходе классов крупности, показателе зольности и т.д., которые имеют значительные колебания не только на разных предприятиях, но и в рамках одного отвала. Поэтому перед учеными встает вопрос о внедрении такой технологии, которая являлась бы унифицированной, гибкой и применимой к любому сырью, независимо от его вещественного состава.

В рамках комплексного научно-технического проекта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации № 1144-р от 11 мая 2022 г. такая технология уже разработана [14, 16, 17]. Поэтому задача данного исследования заключалась в проведении сравнительного анализа обогатимости двух разных объектов, взяв за основу данную разработку.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследований стали технологические пробы, отобранные из лежалых хвостов ОФ «Прокопьевскуголь» и ЦОФ «Кузбасская». Определение зольности сухого топлива исходной пробы и продуктов обогащения выполнено методом ускоренного озоления (Лаборатория аналитического контроля ООО «Инженерный центр «Иркутскэнерго»).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Работа началась с изучения гранулометрического состава и определения показателя зольности сухого топлива в каждом классе крупности, в ходе которого было установлено (рис. 1), что выход материала менее 71 мкм в лежалых хвостах ОФ «Прокопьевскуголь» составляет 42,64 %. Из них на тонкодисперсный материал менее 20 мкм приходится 25,29% с зольностью сухого топлива (A^d), равного 55,6%. Выход материала в крупность от 20 до 40 мкм составляет 3,85% с показателем A^d , равным 35%. Выход материала более 1 мм составляет 4,05% с показателем A^d , равным 54%. В диапазон крупности от 0,04 до 1 мм распределяется материал с показателем A^d , варьирующем от 17,6 до 25%.

Лежалые хвосты ЦОФ «Кузбасская» (рис. 2) на 51,96% представлены крупностью менее 20 мкм с показателем A^d 25,4%. Выход материала более 2 мм составляет 10,01% с показателем A^d равным 35%. Показатель A^d в классе крупности от 20 до 40 мкм составляет 20,5% с выходом 9,13%. В классе крупности от 1 до 2 мм показатель A^d равен 22,3%. Показатель A^d в материале от 0,071 до 1 мм варьирует от 18,8 до 8%.

Из полученных данных следует, что присутствие такого большого количества тонкодисперсного шлама в обоих пробах, возможно, повлияет на вязкость пульпы и сегрегационные способности более крупных зерен, а также будет повышать зольность в конечном товарном продукте. Повышенный показатель зольности в материале более 1/2 мм свидетельствует о том, что в сырье присутствует негорящая фаза, представленная каким-либо неорганическим веществом. Практический интерес по всем своим показателям в лежалых хвостах ЦОФ «Кузбасская» представляет материал, находящийся в диапазоне крупности от 2 до 0,02 мм с показателем A^d , равным 15,07%. В ОФ «Прокопьевскуголь» – от 1 до 0,04 мм с показателем A^d , равным 15,07%.



Рис. 1. Гранулометрический анализ исходного сырья с показателями зольности сухого топлива в каждом классе крупности лежалых хвостов ОФ «Прокопьевскуголь»

Fig. 1. Granulometric analysis of feedstock with ash content of dry fuel in size classes of stale tailings of the Prokopyevskugol Processing Plant

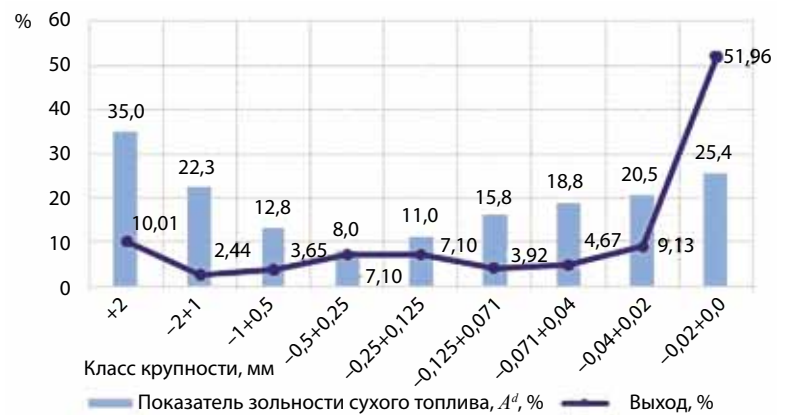


Рис. 2. Гранулометрический анализ исходного сырья с показателями зольности сухого топлива в каждом классе крупности лежалых хвостов ЦОФ «Кузбасская»

Fig. 2. Granulometric analysis of the feedstock with ash content of dry fuel in each class of size of stale tailings of the Kuzbasskaya Central Processing Plant

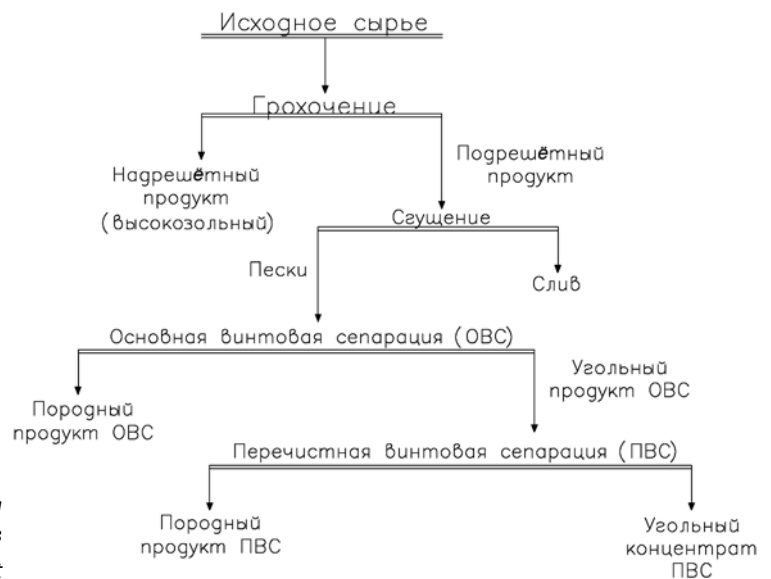


Рис.3 Технологическая схема обогащения угольных отходов

Fig.3 Technological diagram of coal waste enrichment

Гранулометрическая характеристика угольных концентратов

Granulometric characteristics of coal concentrates

Класс крупности, мм	Угольный концентрат с показателем A^d , равным 10,95%, полученный из лежалых хвостов ОФ «Прокопьевскуголь»	Угольный концентрат с показателем A^d , равным 10%, полученный из лежалых хвостов ЦОФ «Кузбасская»
	Выход, %	
-2+1	–	2,94
-1+0,5	4,96	13,39
-0,5+0,25	21,77	24,53
-0,25+0,125	37,72	23,94
-0,125+0,071	19,40	15,37
-0,71+0,04	14,22	10,74
-0,04+0,02	1,72	5,45
-0,02+0,0	0,22	3,64
Итого:	100,00	100,00

Полученные данные гранулометрического анализа были учтены при выборе основных положений технологии подготовки проб к обогащению. За основу была взята уже разработанная технологическая схема обогащения угольных шламов (рис. 3), которая основывается на применении винтовой сепарации [14, 16, 17].

Суть технологии заключается в том, что перед обогащательным процессом на исходном сырье выполняется операция грохочения с целью вывода из обогатительного процесса высокозольного материала необходимой крупности. Далее на подрешетном продукте грохота выполняется операция сгущения с применением гидроциклона. Дальнейшее обогащение сырья осуществляется при помощи двух стадий винтовой сепарации.

В результате работ из хвостов ОФ «Прокопьевскуголь» удалось получить угольный концентрат с показателем зольности сухого топлива 10,95%. Выход продукта составляет 41,15%. Результатом обогащения хвостов ЦОФ «Кузбасская» стал угольный концентрат с выходом 20,01% и зольностью сухого топлива 10%. Гранулометрическая характеристика полученных угольных концентратов представлена в таблице.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о том, что разработанная технологическая схема позволяет получить качественный продукт из отходов углеобогащения разного гранулометрического состава с различным показателем зольности сухого топлива, о чем свидетельствуют полученные результаты в ходе исследований. Учитывая, что в данную технологическую схему не было внесено каких-либо серьезных изменений, ее можно считать унифицированной и гибкой в своем использовании. Поскольку в основе разработки лежит гравитационный метод винтовой сепарации, данная разработка является экологически чистой, тем самым подтверждая перспективность реализации проекта по вовлечению во вторичную переработку отходов угледобычи.

Список литературы • References

1. Прокопьев Е.С., Алексеева О.Л. Оценка возможности вовлечения в переработку углесодержащих отходов шламохранилища

западносибирского металлургического комбината // Науки о Земле и недропользование. 2022. Т. 45. № 4. С. 446-457.

Prokopyev E.S., Alekseyeva O.L. Feasibility study of processing coal-bearing wastes of the sludge storage at the West Siberian Metallurgical Works. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie*. 2022;45(4):446-457. (In Russ.).

2. Новак В.И., Козлов В.А. Обзор современных способов обогащения угольных шламов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. Отдельный выпуск № 5. Угледобыча: технологии, безопасность, переработка и обогащение. Novak V.I., Kozlov V.A. An overview of modern methods of coal sludge preparation. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2012, Special Issue No.5, Coal mining: technology, safety, processing and preparation.

3. Экологические последствия закрытия угольных шахт Кузбасса по газодинамическому фактору и опасности эндогенных пожаров на отвалах / Н.М. Качурин, С.А. Воробьев, Я.В. Чистяков и др. // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19. № 4. С. 54-58. Kachurin N.M., Vorobyev S.A., Chistyakov Ya.V. et al. Environmental consequences of Kuzbass coal mines closure in terms of the gas-dynamic factor and spontaneous fire hazards at the dumps. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2015;19(4):54-58. (In Russ.).

4. Дамба А., Станис Е.В. Использование комплексной геоэкологической оценки в экологическом аудите при разработке угольных месторождений Монголии // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2015. № 2. С. 100-106. Damba A., Stanis E.V. Using integrated geo-environmental assessment in environmental auditing during development of Mongolian coal deposits. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2015;(2):100-106. (In Russ.).

5. Киреев С.А. Современное состояние и экологическая оценка влияния породных отвалов предприятий угольной промышленности // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2022. № 1. С. 62-71. Kireyev S.A. Current state and environmental assessment of the impact of rock dumps of coal industry operations. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2022;(1):62-71. (In Russ.).

6. Анализ экологических проблем в угледобывающих регионах / О.М. Зиновьева, Л.А. Колесникова, А.М. Меркулова и др. // Уголь. 2022. № 10. С. 62-67. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-10-62-67. Zinovieva O.M., Kolesnikova L.A., Merkulova A.M., Smirnova N.A. Environmental analysis in coal mining regions. *Ugol'*. 2022;(10): 62-67. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-10-62-67.
7. Behera B., Sahu H.B. Coal mine waste characterization and defluoridation property. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13244> / *Heliyon* 9. 2023.
8. Копобайева А.Н., Портнов С., Ким С.П. Тектонические факторы накопления примесей в залежах угля Шубаркольского месторождения (Казахстан). DOI: 10.33271/nvngu/2021-5/011 / January. 2020.
9. Thang N.C., Tuan N.V., Hiep D.N. The Potential Use of Waste Rock from Coal Mining for the Application as Recycled Aggregate in Concrete. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-60839-2-29> / October. 2020.
10. Ucara A., Sahbaza O., Ediza N. An investigation into the enrichment of coal wastes of Western Lignite Company (WLC) by physical and physico-chemical methods. *Madencilik – Mining*. 2023;62(1):7-15. <https://doi.org/10.30797/madencilik.1111260>.
11. Moszko J.C., Wierzchowski K., Klupa A. Evaluation of the Possibility of the hard coal sludge enrichment by flotation. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-127361/v1> December 17th. 2020.
12. Злобина Е.С. Угольные шламы как сырье для малоотходного производства / Экология и безопасность в техносфере: сб. трудов Всерос. Науч.-практич. Конф. Молодых уч. Юрга. 27-28 ноября. 2014. С. 64-66.
13. Обзор инновационных процессов и оборудования на предприятиях угледобычи и углепереработки / Е.С. Задавина, Ю.А. Рязанова, А.В. Папин и др. // Ползуновский вестник. 2018. № 2. С. 102-106. Zavadina E.S., Ryzanova Yu.A., Papin A.V. et al. Review of innovative processes and equipment in coal mining and coal processing operations. *Polzunovskij vestnik*. 2018;(2):102-106 (In Russ.).
14. Соловеев Н.П., Болотин Н.М. Применение технологии винтовой сепарации при переработке угольных шламов // Науки о Земле и недропользование. 2022. Т. 45. № 4. С. 469-480. Soloveyenko N.P., Bolotin N.M. Application of screw separation technology in coal sludge processing. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie*. 2022;45(4):469-480. (In Russ.).
15. Мандров Г.А., Счастливец Е.Л. Переработка угольных шламов в экологически безопасные топлива // Экология и промышленность России. 2007. № 9. С. 34-36. Mandrov G.A., Schastlivets E.L. Processing of coal sludge into environmentally safe fuels. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2007;(9):34-36. (In Russ.).
16. Турецкая Н.Ю., Чикишева Т.А. Обогащение шламов угольных гидроотвалов методом винтовой сепарации // Науки о Земле и недропользование. 2022. Т. 45. № 4. С. 436-445. Turetskaya N.Yu., Chikisheva T.A. Processing of sludge from coal sludge ponds using the screw separation technique. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie*. 2022;45(4):436-445. (In Russ.).
17. Болотин Н.М. Результаты работы экологической опытно-промышленной установки на гидроотвале отходов флотации ЦОФ «Кузбасская» // Уголь. 2023. № 512. С. 46-49. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-512-46-49. Bolotin N.M. Results of work of ecological experimental industrial installations at the flotation waste hydro disposal of the Kuzbass CEP. *Ugol'*. 2023;(512):46-49. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-512-46-49.

Authors Information

Turetskaya N.Yu. – Lead engineer of the Department for integrated use of mineral raw materials, Institute of the Earth Crust of the SB RAS, Irkutsk, 664033, Russian Federation, Head of coal and ash waste preparation group, LLC SPC "Spirit", Irkutsk, 664033, Russian Federation, e-mail: tny@spirit-irk.ru

Prokopiev E.S. – Junior researcher of the Department for integrated use of mineral raw materials, Institute of the Earth Crust of the SB RAS, Irkutsk, 664033, Russian Federation, Director for Technology and Innovation, LLC SPC "Spirit", Irkutsk, 664033, Russian Federation, e-mail: pes@spirit-irk.ru.

Alekseeva O.L. – Leading engineer of the Department for integrated use of mineral raw materials, First Deputy General Director, LLC SPC "Spirit", Irkutsk, 664033, Russian Federation, e-mail: aol@spirit-irk.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 3.05.2024

Поступила после рецензирования: 16.05.2024

Принята к публикации: 26.05.2024

Paper info

Received May 3, 2024

Reviewed May 16, 2024

Accepted May 26, 2024

РЕКЛАМА



НПП ЗАВОД МДУ

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

«ЗАВОД МОДУЛЬНЫХ
ДЕГАЗАЦИОННЫХ УСТАНОВОК»

ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ДЕГАЗАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ
МЕТАНА

МЕТАН ПОД КОНТРОЛЕМ!

РОССИЯ
Г. НОВОКУЗНЕЦК
ШОССЕ СЕВЕРНОЕ, 8

WWW.ZAVODMDU.RU
INFO@ZAVODMDU.RU
ТЕЛ.: +7 (3843) 991-991