

УДК 62-665.4:621.928.89 © Т.Г. Черкасова✉, М.О. Пилин, А.В. Тихомирова, Р.А. Белов, 2024

UDC 62-665.4:621.928.89 © T.G. Cherkasova✉, M.O. Pilin, A.V. Tikhomirova, R.A. Belov, 2024

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия  
✉ e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation  
✉ e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

# Влияние гранулометрического состава на магнитные свойства отходов углеобогащения АО ЦОФ «Березовская»\*

## Effects of particle size distribution on the magnetic properties of coal preparation wastes of Berezovskaya Central Processing Plant

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-7-38-41>

### ЧЕРКАСОВА Т.Г.

Доктор химических наук, профессор,  
научный руководитель  
Института химических  
и нефтегазовых технологий  
ФГБОУ ВО «Кузбасский  
государственный технический  
университет им. Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

### ПИЛИН М.О.

Старший преподаватель  
Института химических  
и нефтегазовых технологий  
ФГБОУ ВО «Кузбасский  
государственный технический  
университет имени Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: pilinmo@kuzstu.ru

Одним из самых распространенных способов обогащения железосодержащих минералов является метод магнитной сепарации. В данной работе осуществлялась сухая сепарация с применением магнитного сепаратора для слабомагнитных руд. Исследовался образец смеси отхода углеобогащения АО ЦОФ «Березовская» БФ-4, БФ-5 (порода АО ЦОФ «Березовская», пгт. Березовский, Кузбасс). Испытания проводились при различной силе тока: 5 А, 10 А, 15 А. По итогам проведенных исследований сделан вывод о том, что рекомендуемым режимом, согласно результатам рентгенофлуоресцентного анализа, является измельчение отходов углеобогащения до размера 0,032 мм с последующей магнитной сепарацией при силе тока 5 А, дальнейшее повышение силы тока нецелесообразно, так как повлечет за собой извлечение сопутствующих нежелательных примесей пустой породы.

**Ключевые слова:** угольные отходы, магнитная сепарация, углеобогащение, отходы.

**Для цитирования:** Влияние гранулометрического состава на магнитные свойства отходов углеобогащения АО ЦОФ «Березовская» / Т.Г. Черкасова, М.О. Пилин, А.В. Тихомирова и др. // Уголь. 2024;(7):38-41. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-7-38-41.

### Abstract

One of the most common methods for enriching iron-containing minerals is the magnetic separation method. In this work, dry separation was carried out using a magnetic separator for weakly magnetic ores. A sample of a mixture of coal preparation waste from JSC Central Processing Plant "Berezovskaya" BF-4, BF-5 (rock from JSC Central Processing Plant "Berezovskaya", urban-type settlement Berezovsky, Kuzbass) was studied. Tests were carried out at different current strengths: 5 A, 10 A,

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2022-1194).



15 A. Based on the results of the studies, it was concluded that the recommended mode, according to the results of X-ray fluorescence analysis, is the grinding of coal enrichment waste to a size of 0,032 mm, followed by magnetic separation at a current strength of 5A; further increasing the current strength is impractical, since it will entail the extraction of associated unwanted gangue impurities.

#### Keywords

Coal waste, magnetic separation, coal preparation, waste.

#### For citation

Cherkasova T.G., Pilin M.O., Tikhomirova A.V., Belov R.A. Effects of particle size distribution on the magnetic properties of coal preparation wastes of Berezovskaya Central Processing Plant. *Ugol'*. 2024;(7):38-41. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-7-38-41.

#### Acknowledgements

The research was financially supported by a grant from the Russian Ministry of Education and Science (Agreement No. 075-15-2022-1194).

#### ТИХОМИРОВА А.В.

Канд. хим. наук, доцент,  
доцент Института химических  
и нефтегазовых технологий  
ФГБОУ ВО «Кузбасский  
государственный технический  
университет имени Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: tav.htnv@kuzstu.ru

#### БЕЛОВ Р.А.

Студент Института  
химических и нефтегазовых  
технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский  
государственный  
технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева»  
650000, г. Кемерово, Россия

## ВВЕДЕНИЕ

В большинстве своем техногенные отходы горнодобывающей промышленности – комплексные, содержат полезные и попутные компоненты, которые могут извлекаться в товарную продукцию. Запасы хвостов могут пополняться, если источником их является действующее предприятие (горно-обогатительный комбинат (ГОК), металлургический завод, ТЭС). Кроме того, требования охраны окружающей среды стимулируют необходимость освоения и утилизации техногенных образований.

В угледобывающих странах выход твердых отходов при открытой добыче составляет 3-5 т, при шахтной – 0,2-0,3 т на 1 т добываемого угля или сланца. При обогащении углей выход хвостов составляет 0,15-0,35 т/т угля [1, 2, 3, 4]. По ориентировочным расчетам только с отходами обогащения в России ежегодно теряется до 4 млн т угля. Для обогащения углей применяют гравитационные и флотационные методы, причем в первом случае используют более крупный материал, что предопределяет значительное различие в гранулометрическом составе отходов этих обогатительных процессов.

Содержание углерода в отходах обогащения ( $\omega$ ) составляет примерно от 3 до 25–26% (по другим источникам – 5-20%). Зольная часть состоит преимущественно из оксидов  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (> 90%), и только отдельные месторождения углей и сланцев содержат повышенное количество оксида кальция.

Зольность отходов обогатительных фабрик находится примерно в пределах от 70 до 88%, сернистость – от 1 до 4,5%. Сложность использования отходов обогащения не только в том, что они отличаются друг от друга по физико-химическим свойствам, но и тем, что они собираются в больших количествах в отвалах и трудно оттуда извлекаются. Породы вскрыши, отличающиеся высоким содержанием минеральных веществ, могут быть использованы для энергетических целей после предварительного обогащения с получением кондиционного по зольности продукта. Есть возможность их применения в небольших количествах в смеси с малозольными углями для получения водно-угольных суспензий или для сжигания в специальных топочных устройствах (топки с кипящим слоем) [5]. Также они могут применяться как закладочный материал и для рекультивации земель, а шахтные – для закладки шахтного пространства.

Так, вскрышные породы некоторых карьеров (Канско-Ачинского, Минусинского и др.) [4] могут применяться без селективной отработки слагающих литологических разностей как сырье для производства пористых заполнителей для легких бетонов, керамических стеновых материалов, при строительстве дамб и других инженерных сооружений.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Комплексная переработка отходов углеобогащения подразумевает полное их использование, при этом отходы стоит рассматривать как бедные руды в связи с низким содержанием ценных компонентов. Это требует в свою оче-

**Результаты определения элементного состава магнитной фракции отходов**

Results of defining the element composition in the magnetic fraction of wastes

Элемент, %	M 0,2-5A	M 0,2-10A	M 0,2-15A	M 0,14-5A	M 0,14-10A	M 0,14-15A	M 0,032-5A	M 0,032-10A	M 0,032-15A
Mg	1,4639	1,4801	1,7739	0,9328	1,7222	1,7678	1,5649	1,7260	1,6539
Al	3,7230	4,3757	5,2561	4,3958	5,6369	6,5768	2,6919	3,3693	4,9310
Si	8,9388	10,4519	12,1619	9,5791	13,1525	15,3271	6,5739	7,9394	11,7577
S	0,0425	0,0410	0,0607	0,0444	0,0474	0,0523	0,0340	0,0426	0,0506
K	0,5919	0,7451	0,8912	0,6513	0,9017	1,0581	0,3715	0,4997	0,7194
Ca	2,9031	3,1923	3,3380	2,3951	4,1733	4,2564	3,0648	3,4275	3,3846
Ti	0,1670	0,2138	0,2527	0,2158	0,2821	0,3218	0,0921	0,1351	0,2184
V	0,0102	0,0110	0,0115	0,0106	0,0118	0,0119	0,0092	0,0095	0,0114
Cr	-	0,0031	-	0,0041	0,0034	0,0025	0,0049	0,0042	-0,0025
Mn	0,4752	0,4016	0,3686	0,3424	0,3321	0,2521	0,6944	0,5373	0,3804
Fe	24,7479	21,1639	19,0743	19,3951	17,6301	14,2943	35,8234	28,3921	21,5772
Ni	0,0022	0,0026	0,0034	0,0047	0,0047	0,0032	0,0041	0,0024	0,0022
Pb	0,0398	0,0297	0,0178	0,0414	0,0414	0,0268	0,1550	0,0912	0,0247

редь одновременно перерабатывать большие объемы отходов. Одним из способов выделения железосодержащих компонентов из минеральной части являются методы магнитной сепарации.

Магнитные методы обогащения применяют при переработке различных металлических и неметаллических полезных ископаемых и других видов сырья. При этом, если в руде содержатся минералы, имеющие магнитные свойства, то на стадии разработки схемы обогащения обязательно рассматривает возможность применения магнитного метода [6].

Магнитное обогащение основано на комбинированном действии сил – магнитных, тяжести и трения. На качество и эффективность магнитного обогащения влияют такие факторы, как размеры частиц магнитного материала, скорость подачи, толщина потока на магните, свойства балластных материалов в потоке, объем отсепарированной магнитной фракции, напряженность магнитного поля и другие [7]. Магнитная сепарация не требует затрат реагентов, но для ее проведения необходимы измельчение исходного материала до оптимального гранулометрического состава и его рассев. [8, 9].

**СУХАЯ МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ**

В данной работе применялась методика сухой магнитной сепарации. Исследовался образец смеси отхода углеобогащения АО ЦОФ «Березовская» БФ-4, БФ-5 (порода АО ЦОФ «Березовская», пгт. Березовский, Кузбасс).

Цель исследования – проведение определения магнитных свойств отходов углеобогащения АО ЦОФ «Березовская»

Аппаратура: весы HR-250 AZG; сепаратор электромагнитный валовой ЭВС-15/5.

Указанные приборы должны отвечать требованиям соответствующих технических условий.

**ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ**

Для исследования проводился отбор пробы разной по гранулометрическому составу фракции. Методом квартования отбиралось 100 г. исследуемого образца. Далее проводилось магнитное сепарирование при разной силе тока: 5 А, 10 А, 15 А, подаваемого на электромагнит.

Определение элементного состава магнитной фракции отходов проведено на вакуумном волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-GVM» (производство ООО НПО «СПЕКТРОН» г. Санкт-Петербург) с напряжением на аноде рентгеновской трубки 40 кВт и мощностью рентгеновской трубки 160 Вт, предназначенном для определения содержаний химических элементов от Na до U в различных веществах. Результаты представлены в *таблице*.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Как следует из *таблицы*, наибольшее извлечение железа наблюдается во фракции 0,032 мм при силе тока 5 А. Данные результаты также согласуются с данными по еще одному ферромагнетику – никелю. По фракциям другого размера (0,2 мм, 0,14 мм) лучшие результаты также получаются при минимальной силе тока. Содержание кремния и алюминия (алюмосиликатов) в магнитной фракции обусловлено либо тем, что, очевидно, образуются сростки минералов (для частиц размера 0,14-0,2 мм), либо тем, что с увеличением силы тока происходит их электростатическая активация («налипание»). Таким образом, рекомендуемым режимом, согласно результатам рентгенофлуоресцентного анализа, является измельчение отходов углеобогащения до размера 0,032 мм с последующей магнитной сепарацией при силе тока 5 А, дальнейшее повышение силы тока нецелесообразно, так как повлечет за собой извлечение сопутствующих нежелательных примесей пустой породы.

**Список литературы • References**

1. О кондиционировании угольной шихты для коксования / В.Н. Егоров, А.В. Анисимов, Н.А. Тарасов и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 2. С. 18-24.  
Egorov V.N., Anisimov A.V., Tarasov N.A. et al. On coal charge conditioning for coking. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta im. G.I. Nosova*. 2007;(2):18-24. (In Russ.).
2. Исследование флотуруемости углей с различной минерализацией при использовании нового реагента-собиравателя / В.Н. Петухов, А.В. Саблин, А.А. Лавриненко и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. №2. С.31-34.

- Petukhov V.N., Sablin A.V., Lavrinenko A.A., Yunash A.A. Studies into flotation ability of coals with different mineralisation using a new collecting agent. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*. 2008;(2):31-34. (In Russ.).
3. Свечникова Н.Ю., Юдина С.В., Мамедалина Н.И. Анализ отходов флотационного обогащения угля // Теория и технология металлургического производства. 2015. №1. С.19-22.  
Svechnikova N.Yu., Yudina S.V., Mamedalina N.I. Analysis of flotation waste coal. *Teoriya i tekhnologiya metallurgicheskogo proizvodstva*. 2015;(1):19-22. (In Russ.).
  4. Кизильштейн Л.Я., Дубов Н.В., Шпицглюз А.Л. Компоненты зол и шлаков ТЭС. М.: Энергоатомиздат, 1995. 176 с.
  5. Панишев Н.В., Бигеев В.А., Галиулина Е.С. Перспективы утилизации хвостов углеобогащения и твердых отходов тепловых электростанций // Ресурсо-и энергосберегающие технологии в черной металлургии. 2015. № 2. С.69-77.  
Panishev N.V., Bigeev V.A., Galiulina E.S. Perspectives of utilization of coal enrichment as well as thermoelectric plants wastes. *Resurso-i energosberegaiushchie tekhnologii v chernoï metallurgii*. 2015;(2):69-77. (In Russ.).
  6. Пелевин А.Е. Магнитные и электрические методы обогащения. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. 296 с.
  7. Кармазин В.В., Кармазин В.И. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых. Т. 1. М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2005. 669 с.
  8. Портной К.И., Тимофеева Н.И. Кислородные соединения РЗМ. Справочник. М: Металлургия, 1986. 480 с.
  9. Еремин Н.И. Неметаллические полезные ископаемые. М.: Изд-во МГУ; ИКЦ «Академкнига», 2007. 459 с.

**Authors Information**

**Cherkasova T.G.** – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Science director of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies of the T.F. Gorbachev State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

**Pilin M.O.** – Senior lecturer of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies of the T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: pilinmo@kuzstu.ru

**Tikhomirova A.V.** – PhD (Chemistry), Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies of the T.F. Gorbachev State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: tav.htnv@kuzstu.ru

**Belov R.A.** – Student of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies of the T.F. Gorbachev State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: inside\_r04@mail.ru

**Информация о статье**

Поступила в редакцию: 6.06.2024

Поступила после рецензирования: 16.06.2024

Принята к публикации: 25.06.2024

**Paper info**

Received June 6, 2024

Reviewed June 16, 2024

Accepted June 25, 2024

## Более 830 детей работников Новой Горной УК отдохнут в загородных лагерях летом 2024 года

Продолжается летняя оздоровительная кампания для детей работников Новой Горной Управляющей Компании.

Направления детского отдыха разные по тематике. Оздоровительные лагеря находятся в Кузбассе и Республике Алтай. В их числе и детский оздоровительный лагерь «Светлячок» в районе Междуреченска, который входит в комплекс «Фантазия» АО «Междуречье» Новой Горной УК.

В этом году в корпусах «Светлячка» провели косметический ремонт комнат, коридоров и столовой, капитальный ремонт санузлов, обновили мебель. В 2023 г. большое внимание было уделено территории лагеря. Там установили две современные детские площадки и большую сцену, разместили новые уличные тренажеры, оборудовали безопасным резиновым покрытием баскетбольную площадку. В шатре для мероприятий установили окна и заменили покрытие пола. Построили модульное здание для педагогических планерок и работы с документами.



90% стоимости путевки сотрудникам оплачивают предприятия. С июня по август в обновленном детском оздоровительном лагере «Светлячок» пройдут 5 летних смен.

Пресс-служба Новой Горной УК