

Исследование свойств отходов потребления и обогащения угля Кузбасса для использования в качестве сырья для изготовления строительных материалов*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-10-89-95>

Приведены результаты исследований проб золошлаков из хранилищ ТЭЦ и ЦОФ Кузбасса. Выполнен рентгенофазовый анализ отходов углепереработки и флотации Кемеровской ГРЭС, Новокемеровской ТЭЦ, Кузнецкой ТЭЦ, Кемеровской ТЭЦ, ЦОФ «Березовская» и ЮжноКузбасской ТЭЦ. Представлены результаты определения гранулометрического (зернового) состава золошлаковых отходов (ЗШО) по результатам отбора проб на теплоэнергетических и обогатительных предприятиях Кемеровской области. Сделана оценка возможности применения данных отходов с учетом установленных свойств в качестве сырья для производства строительных материалов. Сформулированы рекомендации по практическому использованию данных промышленных отходов. В частности, перспективно использование мелких фракций золошлаков в качестве твердого заполнителя при приготовлении строительных смесей, однако при этом следует обязательно учитывать динамику пространственно-временных вариаций гранулометрического состава данного вида сырья на конкретных золоотвалах.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, гранулометрический состав, рентгенофазовый анализ, отбор проб, сырье, строительные смеси.

Для цитирования: Исследование свойств отходов потребления и обогащения угля Кузбасса для использования в качестве сырья для изготовления строительных материалов / Т.Г. Черкасова, Е.А. Шабанов, А.А. Бушуев и др. // Уголь. 2023. № 10. С. 89-95. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-10-89-95>.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Кузбасс является лидером среди регионов России по добыче и переработке угля [1]. Все электростанции региона являются предприятиями по сжиганию углей. В результате работы ТЭЦ образуются золошлаковые отходы. Золошлаковые отходы в Кемеровской области перемещаются на отвалы гидроудалением, занимают большие площади, ежегодно пополняются и наносят экологический ущерб окружающей среде. В некоторых отвалах отходы хранятся длительное время, до 30 лет и более.

Выделяют следующие виды отходов добычи, обогащения и сжигания каменного угля (в скобках приведены нормативы их образования):

– вскрышные породы, образующиеся при открытых способах добычи (36-40 тыс. куб. м/т угля);

ЧЕРКАСОВА Т.Г.

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

ШАБАНОВ Е.А.

Канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой СПиЭН
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный
технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: shabanovea@kuzstu.ru

БУШУЕВ А.А.

Младший научный сотрудник
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный
технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: lilbawwik@gmail.com

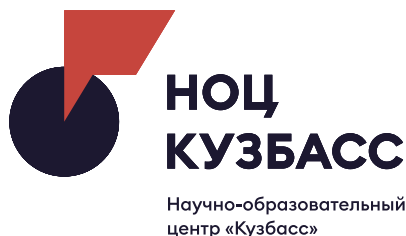
ТИХОМИРОВА А.В.

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

* Исследование проведено в рамках гранта Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2022-1194) на тему «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс».

БАРАНЦЕВ Д.А.

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



- вмещающие породы, образующиеся при шахтной добыче (110-150 куб. м/т угля);
- отходы углеобогажительных фабрик (100-120 куб. м/т угля);
- золошлаковые отходы ТЭЦ (50-100 куб. м/т угля).

Эти отходы представляют собой в основном горючий материал, например угольную крошку, пыль, водоугольную взвесь. Кроме этого, в процессе добычи и обогащения угля образуются природный камень, гравий, песок, глинистые породы, в том числе горелые глинистые породы.

Среди направлений возможного использования отходов добычи и обогащения каменного угля можно выделить черную и цветную металлургию, строительную промышленность и строительство, а также химическую промышленность (в качестве компонента при получении сернистых соединений) [2, 3, 4, 5]. В газовой и нефтедобывающей промышленности хвосты обогащения могут быть использованы для приготовления тампонажных растворов, а в сельском хозяйстве – в качестве удобрений и добавок к ним.

Золошлаковые материалы могут быть использованы в строительстве, в частности в качестве замены песка [6, 7]. Для успешного применения необходимы данные об их гранулометрическом составе и характере изменения с течением времени.

Практический интерес представляет извлечение редких и редкоземельных элементов из золошлаковых материалов [8], поскольку в них концентрация ценных компонентов намного больше, чем в отходах угледобычи и углеобогащения, хотя последние также могут содержать редкие и редкоземельные элементы. Это может быть связано с наличием геохимических аномалий в составе пустой породы угольных месторождений. Однако их переработка в большей степени затруднена в связи с тем, что необходимы предварительные операции по их сушке и дроблению [9, 10].

На основе литературного обзора можно сделать вывод, что использование отходов в качестве сырья для производства строительных материалов, а также извлечение ценных компонентов из золошлаковых материалов являются актуальной задачей [11, 12], решение которой уже нашло отражение в имеющихся результатах исследований, однако фактическое использование и практическое применение этих исследований в России остаются на низком уровне.

Целью данной работы является оценка перспективы практического использования золошлаковых смесей (ЗШС) как основной формы отходов потребления и обогащения угля Кузбасса.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Методика исследований состояла в следующем:

1. Отбор проб производился в соответствии с планом зооотвала и информацией о сроках хранения ЗШС. Были отобраны пробы ЗШС с возрастом хранения от 0,5 до 30 лет. Всего было задействовано 11 точек отбора проб.

Таблица 1

Расшифровка маркировки проб отвалов и углепереработки Кемеровской области

Interpretation of labeling of samples from waste and coal processing dumps in the Kemerovo Region

Новокемеровская ТЭЦ	ЮжноКузбасская ТЭЦ	ЦОФ «Березовская»	Кузнецкая ТЭЦ	Кемеровская ТЭЦ	Беловская ГРЭС	Центральная ТЭЦ	Томусинская ГРЭС
г. Кемерово	г. Калтан	г. Березовский	г. Новокузнецк	г. Кемерово	г. Белово	г. Новокузнецк	г. Мыски
НК-1	Ю-1	БФ-1	К-1	С-1	Б-1	Ц-1	Т-1
НК-2	Ю-2	БФ-2	К-2	С-2	Б-2	Ц-2	Т-2
НК-3	Ю-3	БФ-3	К-3	С-3	Б-3	Ц-3	Т-3
НК-4	Ю-4	БФ-4	К-4	С-4	Б-4	Ц-4	Т-4
НК-5	Ю-5	БФ-5		С-5	Б-5	Ц-5	Т-5
НК-6	Ю-6			С-6	Б-6	Ц-6	Т-6
	Ю-7						Т-7
	Ю-8						Т-8

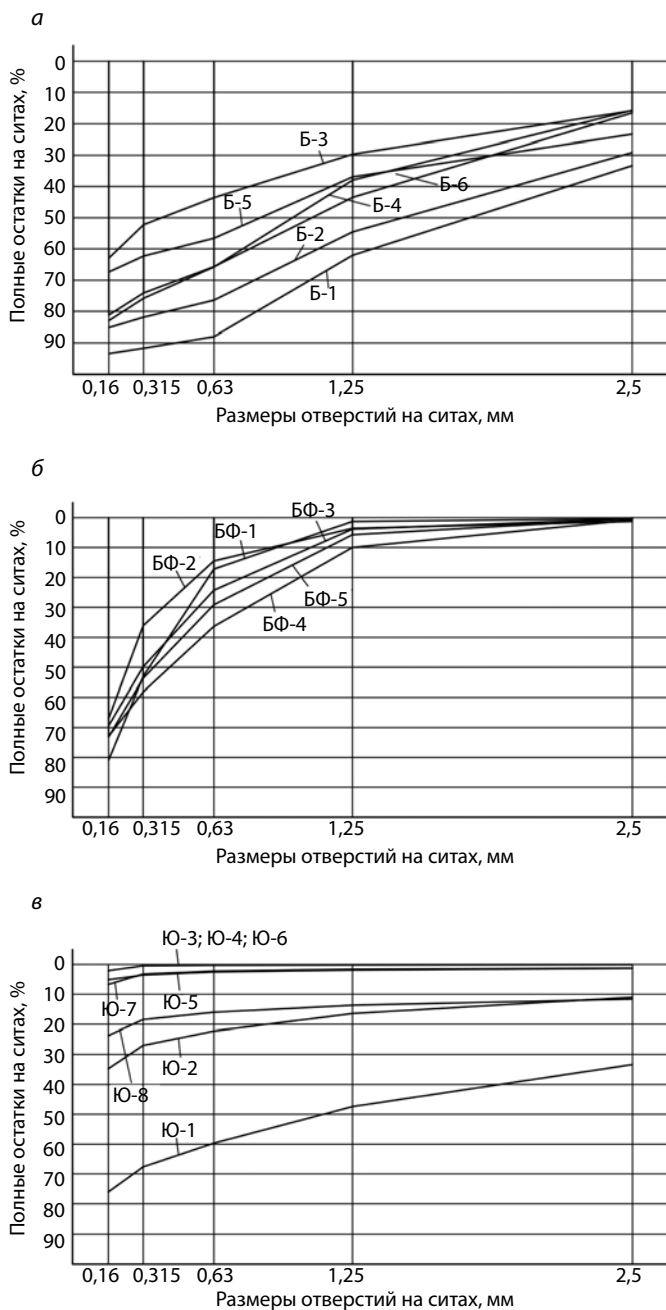


Рис. 1. Графики зернового состава проб: а – Южно-Кузбасской ТЭЦ, б – Беловской ГРЭС, в – ЦОФ «Березовская»

Fig. 1. Graphs of particle size distribution in samples from: а – Yuzhno-Kuzbasskaya Thermal Power Plant, б – Belovskaya Regional Power Station, с – Berezovskaya Central Processing Plant

Отбор проб производился по стандартным методиками с использованием метода квартования. Масса пробы составляла от одного до пяти килограммов.

Отобранные пробы упаковывались таким образом, чтобы масса и свойства материала не изменялись до проведения испытания. Свойства ЗШС оценивали отдельно для каждой части карты отвала по результатам испытания отобранной от нее пробы.

2. Гранулометрический состав проб определяли путем отсева ЗШС на стандартном наборе сит. В набор входили

сита с размером отверстий 10; 7,5; 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16; менее 0,16 мм.

Перед рассевом проба высушивалась до постоянной массы. Просеивание производили ручным способом. Продолжительность просеивания была такой, чтобы точность соответствовала требованиям нормативных документов. Окончание просеивания считали законченным, если при встряхивании над листом бумаги практически не наблюдалось падение зерен.

Взвешивание навесок производили на электронных весах (по ГОСТ 29329) с точностью до 0,01 г. Частные остатки на ситах использовали для анализа.

3. При рентгенофазовом анализе образцы ЗШС измельчали, а затем подвергали магнитной сепарации с определением фазового состава исходного золошлака, немагнитной и магнитной фракций.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Был исследован гранулометрический (зерновой) состав золошлаковых отходов (ЗШО) по результатам отбора 49 проб на восьми теплоэнергетических и обогатительных предприятиях Кемеровской области (табл. 1).

Характерные графики зернового состава проб представлены на рис. 1.

Установлено, что гранулометрический состав золошлаков существенно изменяется, причем значительное влияние на него оказывают не только марка сжигаемого (обогащаемого) угля, применяемая технология, но и расположение карты отбора пробы на золоотвале. На большинстве объектов присутствуют фракции в пробах во всем исследуемом диапазоне (от < 0,16 до > 2,5 мм), однако формы интегральных кривых диаграмм весьма разнообразны.

Характер изменения зернового состава золошлаковых отходов в зависимости от сроков их хранения прослеживается при анализе проб трех золоотвалов: Новокемеровской, Кемеровской и ЮжноКузбасской электростанций.

В ходе исследований анализировали содержание в пробах частиц крупностью более 5 мм. Срок хранения ЗШС прослеживался от одного месяца до 20 лет. Во всех исследуемых составах четко прослеживается уменьшение количества крупных частиц ЗШС с увеличением срока хранения (рисунок 2 а). Абсолютные значения количества крупных частиц зависят от технологических параметров и оборудования ТЭЦ.

Характерным признаком изменения гранулометрии ЗШС является увеличение тонкомолотых составляющих. Во всех изучаемых составах наблюдается увеличение с течением времени количества частиц размером 0,16 мм и менее (см. рис. 2, б).

В результате исследований установлено, что гранулометрический состав ЗШС в отвалах неоднороден. Он изменяется в зависимости от сроков и условия хранения. Этот факт необходимо учитывать при использовании золошлаковых смесей и способах их подготовки. Недочет характеристик техногенного сырья может привести к ухудшению качества продукции, нарушению режимов работы оборудования.

Расшифровка маркировки образцов отходов углепереработки и флотации

Interpretation of labeling of samples from coal processing and flotation wastes

Образец	Класс	Примечание
БФ-1	0-0,5	Отходы ФПО АО ЦОФ «Березовская», пгт. «Березовский»
БФ-2	0,5-13	Промпродукт АО ЦОФ «Березовская», пгт. «Березовский»
БФ-3	+13	Промпродукт АО ЦОФ «Березовская», пгт. «Березовский»
БФ-4	+13	Порода АО ЦОФ «Березовская», пгт. «Березовский»
БФ-5	0,5-13	Порода АО ЦОФ «Березовская», пгт. «Березовский»
К-КВ	-	Кузнецкая ТЭЦ, Золошламовый отстойник, г. Новокузнецк
С-КВ	-	Кемеровская ТЭЦ, Золошламовый отстойник, г. Кемерово
НК-КВ	-	Новокемеровская ТЭЦ, Золоотвал, г. Кемерово
Ю-1КВ	-	ЮжноКузбасская ТЭЦ, Золошламовый отстойник, г. Калтан
Ю-2КВ	-	ЮжноКузбасская ТЭЦ, Золоотвал, г. Калтан
БЦ-КВ	-	ЦОФ Березовская, Золоотвал, пгт. «Березовский»
КФ-1,2	-	Отходы ФПО 0-0,5 (БФ-1) после 1,2 флотации
КФ-3,4	-	Отходы ФПО 0-0,5 (БФ-1) после 3,4 флотации
КФ-5,6	-	Отходы ФПО 0-0,5 (БФ-1) после 5,6 флотации
ФХ	-	Флотационные хвосты отходов ФПО 0-0,5 (БФ-1)
ПФ-1	-	Промпродукт + 13 (БФ-3) после 1 флотации
ПФ-2	-	Промпродукт + 13 (БФ-3) после 2 флотации
ПФ-3	-	Промпродукт + 13 (БФ-3) после 3 флотации

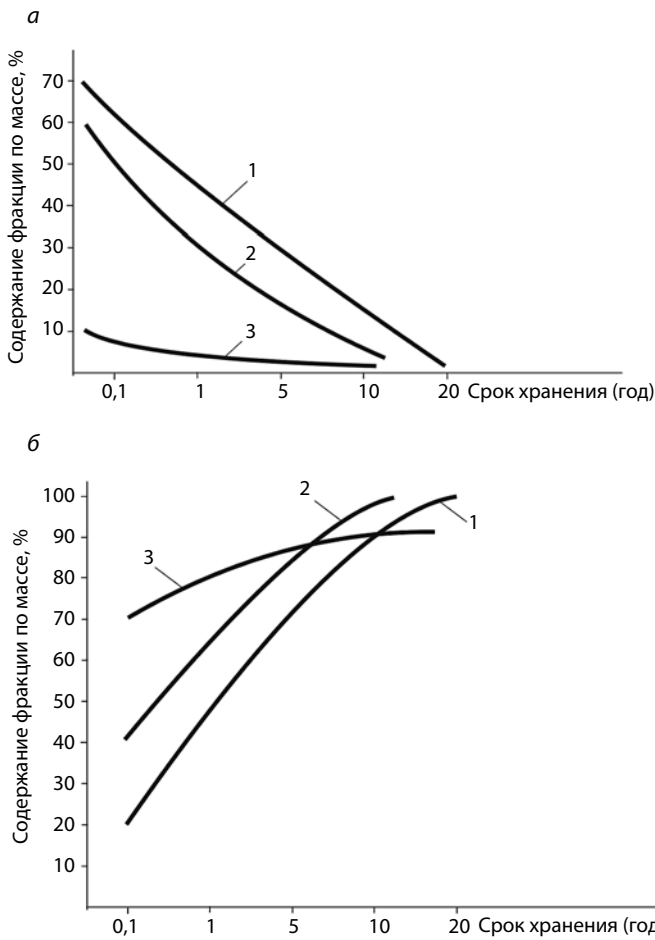


Рис. 2. Содержание фракций более 5 мм (а) и тонкомолотых (менее 0,16 мм) (б) составляющих в золошлаковой смеси: 1 – Новокемеровской ТЭЦ; 2 – ЮжноКузбасской ТЭЦ; 3 – Кемеровской ТЭЦ

Fig. 2. Content of fractions over 5 mm (a) and fine particles (less than 0,16 mm) (b) in the ash and slag mixture from: 1 – Novokemerovskaya Thermal Power Plant; 2 – YuzhnoKuzbasskaya Thermal Power Plant; 3 – Kemerovskaya Thermal Power Plant

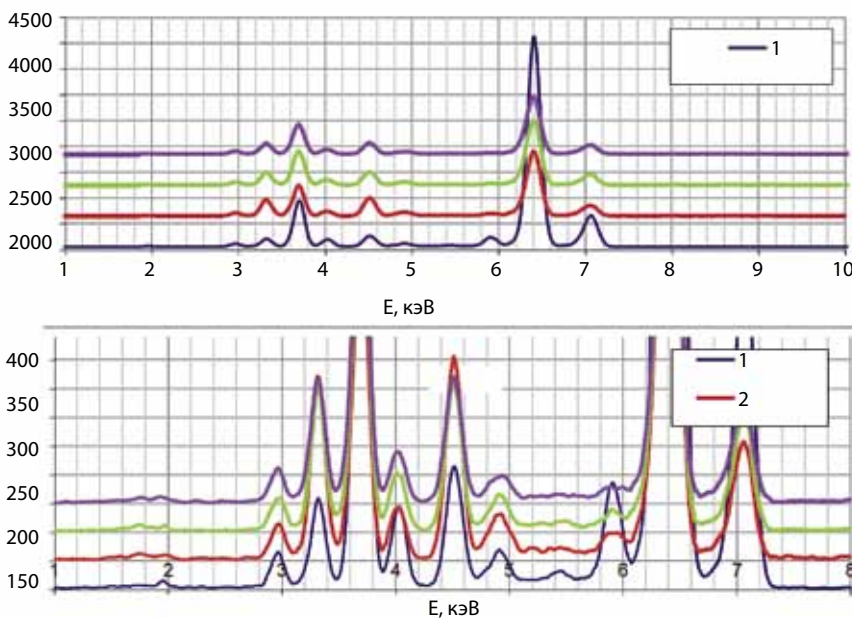


Рис. 3. Рентгенофазовые спектры зольных образцов 1, 2, 3 в двух масштабах

Fig. 3. X-ray phase spectra of the ash samples 1, 2, 3 in two scales

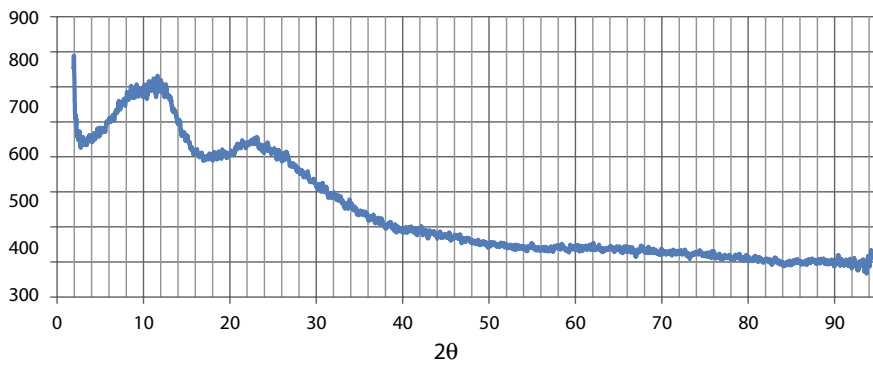


Рис. 4. Дифрактограмма немагнитного образца
Fig. 4. XRD pattern of a non-magnetic sample

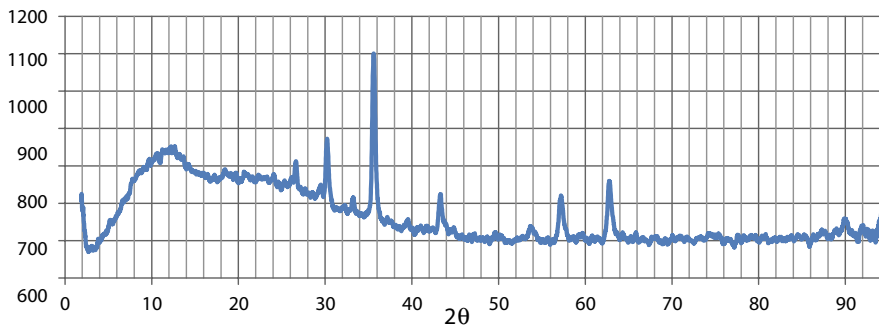


Рис. 5. Дифрактограмма магнитного образца 1
Fig. 5. XRD pattern of magnetic sample 1

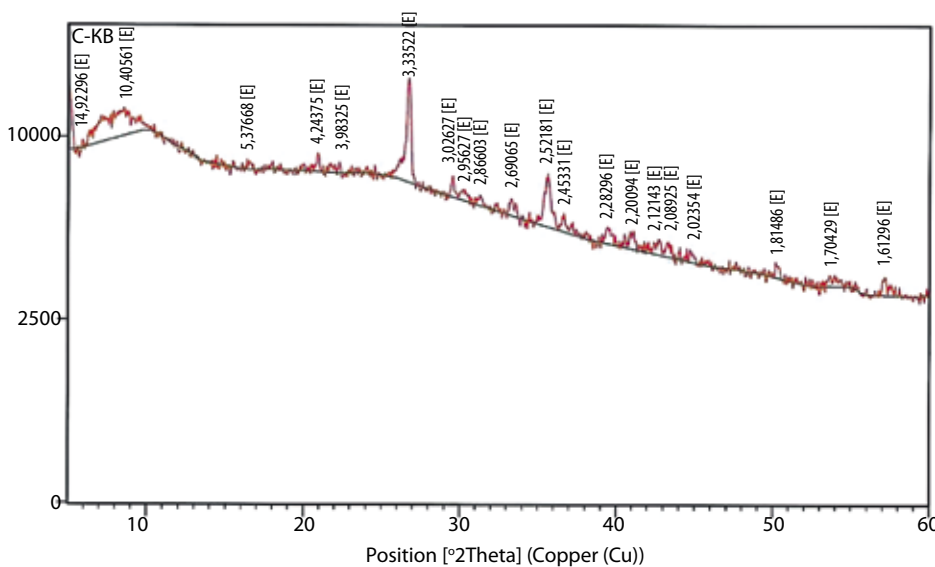


Рис. 6. Дифрактограмма валового состава образца Кемеровской ТЭЦ
Fig. 6. XRD pattern of the bulk composition of a sample from the Kemerovskaya Thermal Power Plant

Выполнен рентгенофазовый анализ отходов углепереработки и флотации Кемеровской ГРЭС, Новокемеровской ТЭЦ, Кузнецкой ТЭЦ, Кемеровской ТЭЦ, ЦОФ Березовская и ЮжноКузбасской ТЭЦ (табл. 2).

Характерные рентгенофазовые спектры зольных образцов представлены на рис. 3.

Линии железа (6.40 и 7.06 кэВ) в магнитном образце 1 в значительной степени представлены излучением железа, содержащегося в самом образце, в то время как в других образцах (2, 3) в основном это рассеянное образцом излучение трубки с железным анодом. Кроме того, магнитный образец 1 отличается от образцов 2 и 3 наличием марганца (5.90 и 6.49 кэВ) и совсем малых количеств хрома (5.41 и 5.93 кэВ).

Во всех образцах присутствует калий (3.31 и 3.59 кэВ), кальций (3.69 и 4.01 кэВ) и титан (4.51 и 4.93 кэВ), а также частый спутник кальция иттрий (1.92 и 2.00 кэВ). В немагнитных образцах 2 и 3 заметны линии кремния (1.74 и 1.83 кэВ), который вследствие малой энергии его излучения (большой длины волны) всегда проявляется очень слабо. Аргон (2.96 и 3.19 кэВ) – естественная составляющая воздуха.

На дифрактограммах всех образцов имеются две широкие линии рентгеноаморфного типа с положением максимумов в области около 12° и 23°. Более выраженными они являются в немагнитных образцах (рис. 4), в магнитном образце больше кристаллических фракций, поэтому интенсивность рентгеноаморфного рассеяния заметно меньше (рис. 5).

Минеральный состав ЗШО
Mineral composition of ash and slag waste

Номер образца	Содержание минералов, %						
	Кварц	Кальцит	Сумма глинистых минералов	Магнезиоферрит	Муллит	Железо	Гематит
БЦ-КВ	61	–	26	10	следы	следы	3
К-КВ	46	5	21	10	12	6	–
С-КВ	47	7	18	16	9	–	3
Ю-1КВ	33	–	24	15	17	11	–
НК-КВ	39	–	26	12	16	7	–
Ю-2КВ	42	–	28	10	9	4	7

На рис. 6 представлена характерная дифрактограмма валового состава ЗШС.

Во всех образцах присутствуют следы железа, которое имеет характерный пик с углом 45,7°, наибольшее его содержание 17% масс наблюдается в образце Ю-1КВ (золошлакового отстойника).

Установлено наличие значительных количеств кварца с характерными углами 20,8°, 26,7°, 36,8°, 50,2°. Так, для образца ЗШС, взятого с территории котельной ЦОФ «Березовская», содержание кварца составляет 61% масс. Углы 35,9°, 57,5° характерны для минерала кальцита, который присутствует в небольшом количестве в образцах К-КВ и С-КВ. Наличие на дифрактограммах образцов максимумов интенсивности пиков для углов 18,3°, 35,1° и 41,1° свидетельствует о наличии магнезиоферрита, максимальное содержание которого регистрируется в образце С-КВ – 16% масс. В образцах БЦКВ, С-КВ и Ю-2КВ обнаружены следы гематита с характерными пиками интенсивности при 24°, 33,5°, 35,5°, 49,5°, 54° и 57,5°. Содержание муллита в образцах находится в диапазоне 9-17% масс. с характерными интенсивностями при углах отражения 13°, 19,7° и 60°. Остальные характерные пики на дифрактограммах относятся к различным глинистым минералам.

Общие результаты количественного и качественного РФА приведены в табл. 3.

Выводы

Результаты проведенных исследований проб золошлаков из хранилищ ТЭЦ и ЦОФ Кузбасса позволяют сформулировать следующие рекомендации по практическому использованию этих промышленных отходов.

1. Весьма перспективно использование мелких фракций золошлаков в качестве твердого заполнителя при приготовлении строительных смесей. При этом следует обязательно учитывать динамику пространственно-временных вариаций гранулометрического состава данного вида сырья на конкретных золоотвалах.

2. Химическая переработка золошлаков целесообразна в направлениях извлечения кварце- и железосодержащих компонентов.

Список литературы

1. Крюков В.А., Фридман Ю.А. Назревшая перезагрузка // ЭКО. 2018. № 11. С. 4-7.
2. Assessment of electric arc furnace (EAF) steel slag waste's recycling options into value added green products: a review / P.T. Teo, S.K. Zakaria, S.Z. Salleh et al. // Metals. 2020. Vol. 10. No 10. P. 1-21.
3. Malitch K.N., Latypov R.M. CU-isotope systematics of magmatic NI-CU-PGE sulfide ores from the Talnakh and Kharaelakh intrusions, Noril'sk province (Russia) // Mineralogical Magazine. 2012. Vol. 76. No 6. P. 2061.
4. Introduction of rapid prototyping in solving applied problems in production / V.A. Brykin, A.P. Voroshilin, P.A. Uhov et al. // Periodico Tche Quimica. 2020. Vol. 17. No 35. P. 354-366.
5. Кенжалиев Б.К. Инновационные технологии, обеспечивающие повышение эффективности извлечения цветных, драгоценных, редких и редкоземельных металлов // Комплексное использование минерального сырья. 2019. № 3. С. 64-75.
6. Шишакина О.А., Паламарчук А.А. Обзор направлений утилизации техногенных отходов в производстве строительных материалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 4. С. 198-203.
7. Gilyazidinova N., Shabanov E., Liu X. Use of slag concrete in construction of underground structures and mines / E3S Web of Conferences. IVth International Innovative Mining Symposium. EDP Sciences, 2019. P. 01039.
8. Отходы углепотребления – перспективное сырье для комплексной переработки с извлечением ценных минеральных компонентов / Т.Г. Черкасова, С.П. Субботин, А.В. Тихомирова и др. // Кокс и химия. 2022. № 6. С. 26-30.
9. Recovery of metals and other beneficial products from coal fly ash: a sustainable approach for fly ash management / P.K. Sahoo, K. Kim, M.A. Powell et al. // International Journal of Coal Science and Technology. 2016. Vol. 3. No 3. P. 267-283.
10. Red mud and fly ash for remediation of mine sites contaminated with AS, CD, CU, PB and ZN / A.F. Bertocchi, M. Ghiani, R. Peretti et al. // Journal of Hazardous Materials. 2006. Vol. 134. No 1-3. P. 112-119.
11. Чулкова И.Л., Пастушенко И.В., Парфенов А.С. Строительные композиты на основе местного техногенного сырья // Технологии бетонов. 2014. № 3. С. 12-13.
12. Abramov R.A., Sokolov M.S., Derevianko S.V. Research of properties of modern construction materials based on industrial waste, waste wood and metallurgical industries // Key Engineering Materials. 2019. Vol. 802. P. 113-124.

Original Paper

UDC 622.665.4: 552.08 © T.G. Cherkasova, E.A. Shabanov, A.A. Bushuev, A.V. Tikhomirova, D.A. Barantsev, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 10, pp. 89-95
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-10-89-95>

Title**STUDYING PROPERTIES OF THE KUZBASS COAL CONSUMPTION AND PREPARATION WASTES TO BE USED AS FEEDSTOCK FOR CONSTRUCTION MATERIALS MANUFACTURING****Authors**

Cherkasova T.G., Shabanov E.A., Bushuev A.A., Tikhomirova A.V., Barantsev D.A.

¹ T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

Authors Information

Cherkasova T.G., Doctor of Chemistry Sciences, Professor, Director of Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

Shabanov E.A., PhD (Engineering), Head of Department of Construction Production and Real Estate Expertise, e-mail: shabanovea@kuzstu.ru

Bushuev A.A., Junior Researcher, e-mail: lilbawwik@gmail.com

Tikhomirova A.V., PhD (Chemistry), Associate Professor, Associate Professor of Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: tav.htnv@kuzstu.ru

Barantsev D.A., Assistant, of Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: kemche@yandex.ru

Abstract

The article presents the results of studying samples from the ash and slag storages of Thermal Power Plants and Central Processing Plants in Kuzbass. Coal processing and flotation wastes from the Kemerovskaya Regional Power Station, the Novokemerovskaya, Kuznetskaya, Kemerovskaya and Yuzhno-Kuzbasskaya Thermal Power Plant as well as the Berezhovskaya Central Processing Plants have been analyzed using the XRD technique. Results of particle size distribution tests of ash and slag wastes are presented based on the samples collected at thermal power and processing plants of the Kemerovo region. The possibility to use these waste materials as feedstock for production of construction materials is assessed with account of their identified properties. Recommendations are formulated for the practical application of these industrial wastes. In particular, using of small fractions of ashes and slags as solid aggregates in production of construction mixtures seems promising, however, the dynamics of spatial and temporal variations in particle size distribution of this type of raw materials at specific ash dumps needs to be taken into account.

Keywords

Ash and slag wastes, Particle size distribution, X-ray phase analysis, Sampling, Raw materials, Construction mixtures.

References

1. Kryukov V.A., Friedman Yu.A. Overdue restart // *Eko*, 2018, No. 11 (533), pp. 4-7. (In Russ.).
2. Teo P.T., Zakaria S.K., Salleh S.Z. et al. Assessment of electric arc furnace (EAF) steel slag waste's recycling options into value added green products: a review. *Metals*, 2020, Vol. 10, (10), pp. 1-21.
3. Malitch K.N. & Latypov R.M. CU-isotope systematics of magmatic NI-CU-PGE sulfide ores from the Talnakh and Kharaelakh intrusions, Noril'sk province (Russia). *Mineralogical Magazine*, 2012, Vol. 76, (6), pp. 2061.

4. Brykin V.A., Voroshilin A.P., Uhov P.A. et al. Introduction of rapid prototyping in solving applied problems in production. *Periodico Tche Quimica*, 2020, Vol. 17, (35), pp. 354-366.

5. Kenzhaliyev B.K. Innovative technologies providing enhancement of non-ferrous, precious, rare and rare earth metals extraction. *Kompleksnoe ispolzovanie mineralnogo syrya*, 2019, (3), pp. 64-75.

6. Shishakina O.A. & Palamarchuk A.A. Review of man-made waste utilization trends in production of construction materials. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovaniy*, 2019, (4), pp. 198-203. (In Russ.).

7. Gilyazidinova N., Shabanov E. & Liu X. Use of slag concrete in construction of underground structures and mines. E3S Web of Conferences. IVth International Innovative Mining Symposium. EDP Sciences, 2019, 01039.

8. Cherkasova T.G., Subbotin S.P., Tikhomirova A.V., Cherkasova E.V. & Shabanov E.A. Coal consumption wastes as promising feedstock for complex processing with extraction of valuable mineral components. *Koks i himiya*, 2022, (6), pp. 26-30. (In Russ.).

9. Sahoo P.K., Kim K., Powell M.A. et al. Recovery of metals and other beneficial products from coal fly ash: a sustainable approach for fly ash management. *International Journal of Coal Science and Technology*, 2016, Vol. 3, (3), pp. 267-283.

10. Bertocchi A.F., Ghiani M., Peretti R. et al. Red mud and fly ash for remediation of mine sites contaminated with AS, CD, CU, PB and ZN. *Journal of Hazardous Materials*, 2006, Vol. 134, (1-3), pp. 112-119.

11. Chulkova I.L., Pastushenko I.V. & Parfyonov A.S. Composite building materials based on local man-made feedstock. *Tehnologii betonov*, 2014, (3), pp. 12-13. (In Russ.).

12. Abramov R.A., Sokolov M.S. & Derevianko S.V. Research of properties of modern construction materials based on industrial waste, waste wood and metallurgical industries. *Key Engineering Materials*, 2019, (802), pp. 113-124.

Acknowledgements

The study was carried out as part of a grant from the Russian Ministry of Education and Science (Agreement No. 075-15-2022-1194) under the topic of 'Clean Coal – Green Kuzbass'.

For citation

Cherkasova T.G., Shabanov E.A., Bushuev A.A., Tikhomirova A.V. & Barantsev D.A. Studying properties of the Kuzbass coal consumption and preparation wastes to be used as feedstock for construction materials manufacturing. *Ugol'*, 2023, (10), pp. 89-95. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2023-10-89-95](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-10-89-95).

Paper info

Received August 9, 2023

Reviewed September 14, 2023

Accepted September 26, 2023