

Определение состава отходов углеперерабатывающего предприятия ПАО ЦОФ «Березовская»*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-90-95>

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

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

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

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

В данной работе рассматриваются отходы углеобогащения предприятия ПАО ЦОФ «Березовская». Определен элементный состав отходов методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Исследования показали наличие в составе отходов углеобогащения редких и редкоземельных элементов, что свидетельствует о возможности и перспективности комплексной переработки отходов с последовательным извлечением данных компонентов.

Ключевые слова: уголь, золошлаки, угольные шламы, элементный анализ, редкие и редкоземельные элементы.

Для цитирования: Определение состава отходов углеперерабатывающего предприятия ПАО ЦОФ «Березовская»/ Т.Г. Черкасова, М.О. Пилин, А.В. Тихомирова и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 90-95. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-90-95.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших проблем человеческого общества является проблема рационального освоения минеральных ресурсов, в том числе и металлических полезных ископаемых, особенно ценных редких и цветных металлов, с учетом роста потребностей металлургии, машиностроительного комплекса и связанных с ними областей науки и техники. Металлургическая промышленность, несмотря на все большее применение в мире различных искусственных материалов, продолжает активно развиваться и в XXI в. В связи с развитием авиационной и космической техники, электроники и т.д. повышен спрос на многие цветные и редкие металлы, а также востребованы сплавы этих металлов с черными металлами. Поэтому так актуален прирост минерально-сырьевой базы (МСБ) металлических полезных ископаемых.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Значительный рост объемов обогащения угля сопровождается образованием большого количества отходов – около 10 млн т в год. Отходы углеобогащения (ОУО) и угледобычи – это шахтные породы, «хвосты» обогатительных фабрик. Они, как правило, содержат некоторое количество угля и глинистого компонента [1, 2, 3].



Научно-образовательный
центр «Кузбасс»

* Исследование выполнено за счет гранта Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2022-1194).

При этом в настоящее время и в мире, и в Российской Федерации наблюдается истощение основных запасов месторождений многих цветных и редких металлов (свинец, цинк, титан, цирконий, скандий и др.). В связи с этим ощущается дефицит минерального сырья для цветной металлургии и для ряда других отраслей промышленности (атомная, электронная, авиационная, космическая и т.д.). Многие известные месторождения в большинстве своем уже выработаны. Кроме того, снижается качество добываемых руд, ухудшаются горно-геологические и экономико-географические условия эксплуатации месторождений [4].

Проблема обеспечения промышленности цветными и редкими металлами в РФ усугубляется из-за сложной социально-экономической ситуации. По потреблению металлов, особенно редких, Россия значительно отстает от развитых стран. При этом по мере стабилизации и роста экономики страны ожидается, что рост потребности металлургических предприятий России в сырье будет обусловлен прежде всего увеличением спроса на металлопродукцию на внутреннем рынке (вследствие ожидаемого оживления производства в отраслях-металлопотребителях) при сравнительно стабильных объемах экспорта.

Отечественные горные предприятия ежегодно складывают на поверхности около 5 млрд т вскрышных и отвальных пород, и примерно 700 млн т поставляют в отвалы обогатительные фабрики. В настоящее время в Российской Федерации накоплено около 80 млрд т отходов, в том числе более 2 млрд т золы ТЭС, ТЭЦ, ГРЭС, шлаков черной и цветной металлургии. Эти объекты являются уникальным источником многих ценных редких металлов. Основной источник получения германия – зола ТЭЦ. Кроме того, из техногенных месторождений получают (методом выщелачивания) цветные металлы. Например, из отвалов извлекается до 30% меди. Таким образом, эксплуатация техногенных месторождений позволяет поддерживать требуемый уровень производства металлов даже при значительном снижении объемов добычи металлических руд.

В состав отходов углеобогащения входят небольшие количества редких и редкоземельных элементов (РиРЗЭ), для извлечения которых необходимы высокоселективные технологии, причем при извлечении комплекса РЗЭ, редких и благородных металлов повышается рентабельность отходов углепереработки. На данный момент монополистом на рынке РиРЗЭ является Китай. В России извлека-

ют только 2% этих ценнейших компонентов. Увеличение темпов роста производства в РФ существенно отстают от предложения.

Редкие, редкоземельные и рассеянные элементы в промышленно значимых концентрациях имеются во всех угледобывающих районах Кузбасса. Так, например, в среднем в кузнецких углях присутствуют: редкоземельные элементы, ниобий, иттрий, цирконий, серебро, золото, стронций, ванадий и др. Извлечением полезных компонентов с высокой добавленной стоимостью, с учетом извлечения РиРЗЭ, в совокупности из техногенного сырья можно перерабатывать до 1/3 от общей массы отходов.

Для выявления того, какие именно отходы пригодны к переработке и выделению редких и редкоземельных элементов, необходимо проводить исследование содержания в них этих элементов. Не каждая концентрация пригодна для выделения без дополнительного концентрирования. Минимальные содержания малых элементов определяют возможную их промышленную значимость как источников рудного сырья [5, 6, 7]. В работе в качестве метода определения элементного состава отходов углеобогащения применялся «метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой»

ОПИСАНИЕ МЕТОДА

Метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) в последние годы занял главенствующее положение среди инструментальных методов многоэлементного анализа геологических образцов благодаря экспрессности, высокой инструментальной чувствительности и широкому развитию инструментальной базы [8].

Количественное определение элементов в составе образцов отходов осуществлялось на квадрупольном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Agilent 7500cx (Agilent Technologies, USA) с октопольной реакционно/столкновительной ячейкой (ORS). Мощность генератора плазмы – 1400 Вт. Введение проб выполнялось через двухканальную распылительную камеру при температуре 2,0°C. Диаметр инжекторной трубки плазменной горелки масс-спектрометра составлял 2,5 мм. Скорость подачи образца в распылительную камеру составляла 0,4 мл/мин. Для горения плазмы использовался жидкий аргон высокой чистоты – 99,998% (ТУ-2114-005-00204760-99) со скоростью подачи до 20 л/мин [9].

Таблица 1

Образцы отходов углепереработки

Samples of coal processing waste

| Образец | Размерность | 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 |
| БФЗ-1 | – | Отходы ФПО АО ЦОФ «Березовская» пгт. Березовский (после сжигания) |
| БФЗ-2 | – | Промпродукт АО ЦОФ «Березовская» пгт. Березовский (после сжигания) |
| БФЗ-3 | – | Промпродукт АО ЦОФ «Березовская» пгт. Березовский (после сжигания) |
| БФЗ-4 | – | Порода АО ЦОФ «Березовская» пгт. Березовский (после сжигания) |
| БФЗ-5 | – | Порода АО ЦОФ «Березовская» пгт. Березовский (после сжигания) |

Элементный состав отходов углеобогащения ПАО ЦОФ «Березовская»
 Element composition of coal processing wastes of the Berезovskaya Central Concentrating Mill

| Элемент | БФ-1 | БФ-2 | БФ-3 | БФ-4 | БФ-5 |
|----------------|-------|-------|--------|-------|--------|
| | X | X | X | X | X |
| Литий (Li) | 54 | 35 | 23 | 19 | 19 |
| Бериллий (Be) | 2,3 | 2,1 | 1,06 | 1,9 | 2,4 |
| Скандий (Sc) | 10,8 | 11,9 | 6,7 | 10,4 | 12,3 |
| Титан (Ti) | 3065 | 2864 | 255 | 3893 | 3847 |
| Ванадий (V) | 60 | 64 | 38 | 62 | 72 |
| Хром (Cr) | 34 | 36 | 17,7 | 43 | 50 |
| Марганец (Mn) | 347 | 483 | 294 | 1049 | 666 |
| Кобальт (Co) | 8,6 | 9,4 | 6,7 | 7,7 | 11,4 |
| Никель (Ni) | 14,3 | 17,2 | 6,3 | 17,3 | 21 |
| Медь (Cu) | 19 | 34 | 10,7 | 23 | 28 |
| Цинк (Zn) | 22 | 45 | 11,4 | 9,1 | 13,6 |
| Галлий (Ga) | 11,8 | 8,7 | 5,1 | 8,3 | 10,6 |
| Рубидий (Rb) | 79 | 72 | 46 | 76 | 97 |
| Стронций (Sr) | 455 | 269 | 127 | 251 | 329 |
| Иттрий (Y) | 25 | 27 | 11,6 | 22 | 22 |
| Цирконий (Zr) | 162 | 176 | 89 | 166 | 169 |
| Ниобий (Nb) | 9,2 | 9,5 | 4,0 | 12,2 | 10,1 |
| Молибден (Mo) | 1,8 | 2,3 | 1,7 | 1,3 | 2,1 |
| Цезий (Cs) | 5,4 | 4,7 | 3,5 | 4,9 | 6,3 |
| Барий (Ba) | 875 | 614 | 113 | 523 | 700 |
| Лантан(La) | 33 | 30 | 14,9 | 33 | 35 |
| Церий (Ce) | 60 | 55 | 26 | 60 | 63 |
| Празеодим (Pr) | 7,1 | 6,6 | 3,4 | 7,1 | 7,4 |
| Неодим (Nd) | 30 | 29 | 13,2 | 30 | 32 |
| Самарий (Sm) | 5,7 | 5,5 | 2,3 | 5,4 | 5,7 |
| Европий (Eu) | 1,16 | 1,05 | 0,49 | 1,02 | 1,16 |
| Гадолиний (Gd) | 4,6 | 4,4 | 1,9 | 4,3 | 4,5 |
| Тербий (Tb) | 0,76 | 0,77 | 0,37 | 0,67 | 0,69 |
| Диспрозий(Dy) | 3,9 | 4,1 | 1,7 | 3,4 | 3,5 |
| Гольмий (Ho) | 0,88 | 0,93 | 0,39 | 0,77 | 0,77 |
| Эрбий (Er) | 2,5 | 2,6 | 1,12 | 2,2 | 2,2 |
| Тулий (Tm) | 0,38 | 0,42 | 0,18 | 0,35 | 0,35 |
| Иттербий (Yb) | 2,9 | 3,1 | 1,4 | 2,7 | 2,7 |
| Лютеций (Lu) | 0,37 | 0,41 | 0,17 | 0,34 | 0,35 |
| Гафний (Hf) | 3,7 | 4,0 | 2,1 | 4,0 | 3,9 |
| Тантал (Ta) | 0,75 | 0,77 | <0,001 | 1,00 | 0,80 |
| Таллий (Tl) | 0,54 | 0,47 | 0,0045 | 0,43 | 0,52 |
| Свинец (Pb) | 18,2 | 20 | 10,0 | 18,6 | 18,7 |
| Торий(Th) | 10,3 | 9,8 | 5,1 | 10,0 | 9,8 |
| Уран (U) | 3,0 | 3,0 | 1,8 | 3,2 | 3,2 |
| Германий (Ge) | 0,46 | 0,43 | 0,0015 | 0,60 | 0,68 |
| Селен (Se) | 2,1 | 2,3 | 0,86 | 2,0 | 2,1 |
| Рутений (Ru) | 0,041 | 0,015 | 0,013 | 0,036 | 0,0029 |
| Палладий (Pd) | 0,62 | 0,39 | 0,61 | 0,39 | 0,48 |
| Серебро (Ag) | 0,09 | 0,071 | 0,034 | 0,074 | 0,072 |
| Кадмий (Cd) | 0,11 | 0,13 | 0,008 | 3,2 | 5,4 |
| Олово(Sn) | 1,8 | 1,7 | 0,65 | 79 | 137 |
| Сурьма (Sb) | 0,90 | 0,73 | 0,48 | 3,0 | 4,0 |
| Теллур (Te) | 0,033 | 0,043 | 0,020 | 0,032 | 0,060 |
| Вольфрам (W) | 1,04 | 0,99 | 0,67 | 1,3 | 1,02 |
| Платина (Pt) | 0,068 | 0,068 | 0,0073 | 0,068 | 0,075 |
| Золото (Au) | 0,074 | 0,060 | 0,0053 | 0,10 | 0,078 |
| Висмут (Bi) | 0,042 | 0,017 | 0,0026 | 0,40 | 0,15 |

X — массовая доля, млн⁻¹

Элементный состав отходов углеобогащения ПАО ЦОФ «Березовская» после сжигания

Element composition of coal processing wastes of the Berезovskaya Central Concentrating Mill upon incineration

| Элемент | БФЗ-1 | БФЗ-2 | БФЗ-3 | БФЗ-4 | БФЗ-5 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | X | X | X | X | X |
| Литий (Li) | 74 | 42 | 60 | 23 | 25 |
| Бериллий (Be) | 3,4 | 3,5 | 2,5 | 2,3 | 3,0 |
| Скандий (Sc) | 15,6 | 18,9 | 15,9 | 12,5 | 15,9 |
| Титан (Ti) | 4472 | 4581 | 2967 | 4818 | 4991 |
| Ванадий (V) | 88 | 109 | 91 | 74 | 93 |
| Хром (Cr) | 80 | 82 | 54 | 53 | 71 |
| Марганец (Mn) | 522 | 554 | 1463 | 1263 | 923 |
| Кобальт (Co) | 13,7 | 14,8 | 15,3 | 9,0 | 15,0 |
| Никель (Ni) | 29 | 25 | 62 | 53 | 27 |
| Медь (Cu) | 50 | 43 | 225 | 121 | 38 |
| Цинк (Zn) | 1,7 | 13,1 | 1155 | 438 | 37 |
| Галлий (Ga) | 16,4 | 12,1 | 11,5 | 10,3 | 13,8 |
| Рубидий (Rb) | 115 | 148 | 108 | 95 | 125 |
| Стронций (Sr) | 672 | 429 | 993 | 317 | 381 |
| Иттрий (Y) | 36 | 41 | 27 | 27 | 28 |
| Цирконий (Zr) | 236 | 293 | 211 | 199 | 236 |
| Ниобий (Nb) | 13,5 | 14,2 | 9,6 | 15,1 | 13,4 |
| Молибден (Mo) | 2,9 | 3,1 | 4,3 | 1,6 | 2,9 |
| Цезий (Cs) | 7,9 | 9,4 | 8,3 | 6,1 | 8,0 |
| Барий (Ba) | 1226 | 785 | 1046 | 650 | 907 |
| Лантан(La) | 48 | 48 | 35 | 41 | 45 |
| Церий (Ce) | 88 | 86 | 61 | 73 | 81 |
| Празеодим (Pr) | 10,4 | 10,2 | 7,1 | 8,6 | 9,5 |
| Неодим (Nd) | 45 | 44 | 31 | 36 | 40 |
| Самарий (Sm) | 8,4 | 8,2 | 5,6 | 6,6 | 7,3 |
| Европий (Eu) | 1,7 | 1,6 | 1,16 | 1,3 | 1,5 |
| Гадолиний (Gd) | 6,7 | 6,8 | 4,4 | 5,2 | 5,8 |
| Тербий (Tb) | 1,10 | 1,14 | 0,75 | 0,81 | 0,89 |
| Диспрозий(Dy) | 5,7 | 6,1 | 4,1 | 4,2 | 4,5 |
| Гольмий (Ho) | 1,3 | 1,4 | 0,93 | 0,94 | 1,00 |
| Эрбий (Er) | 3,5 | 4,0 | 3,2 | 2,6 | 2,8 |
| Тулий (Tm) | 0,54 | 0,64 | 0,43 | 0,43 | 0,46 |
| Иттербий (Yb) | 4,1 | 4,9 | 3,4 | 3,3 | 3,5 |
| Лютеций (Lu) | 0,52 | 0,63 | 0,43 | 0,42 | 0,45 |
| Гафний (Hf) | 5,2 | 6,7 | 5,0 | 4,8 | 5,0 |
| Тантал (Ta) | 1,10 | 1,14 | 0,72 | 1,17 | 1,04 |
| Таллий (Tl) | 1,20 | 0,67 | 0,18 | 0,54 | 0,68 |
| Свинец (Pb) | 4,6 | 16,7 | 6,9 | 21 | 25 |
| Торий(Th) | 14,3 | 15,7 | 10,9 | 12,0 | 12,7 |
| Уран (U) | 4,3 | 4,7 | 4,2 | 3,7 | 4,1 |
| Германий (Ge) | 0,72 | 0,66 | 0,55 | 0,69 | 0,82 |
| Селен (Se) | 9,1 | 2,9 | 1,9 | 2,1 | 2,3 |
| Рутений (Ru) | 0,056 | 0,015 | 0,11 | 0,061 | 0,008 |
| Палладий (Pd) | 0,93 | 0,59 | 1,4 | 0,44 | 0,54 |
| Серебро (Ag) | 0,71 | 0,17 | 0,086 | 0,09 | 0,14 |
| Кадмий (Cd) | 0,80 | 12,0 | 0,053 | 0,11 | 1,01 |
| Олово(Sn) | 1,3 | 3,0 | 0,87 | 1,2 | 27 |
| Сурьма (Sb) | 1,7 | 1,3 | 0,90 | 0,61 | 1,7 |
| Теллур (Te) | 0,009 | 0,045 | 0,043 | 0,047 | 0,047 |
| Вольфрам (W) | 1,7 | 1,5 | 2,2 | 2,0 | 1,8 |
| Платина (Pt) | 0,09 | 0,12 | 0,09 | 0,082 | 0,084 |
| Золото (Au) | 0,12 | 0,11 | 0,076 | 0,12 | 0,16 |
| Висмут (Bi) | 1,10 | 0,62 | 0,10 | 0,55 | 0,32 |

X — массовая доля, млн⁻¹

Объекты испытаний: образцы золошлаковых отходов угольных ТЭЦ и ЦОФ представлены в *табл. 1*

Данные по определению элементного состава отходов углеобогащения до и после сжигания представлены в *табл. 2, табл. 3*.

ВЫВОДЫ

При сравнении содержаний Р_иРЗЭ в отходах углепереработки с промышленно значимыми кондициями в углях можно сделать следующие выводы:

- в отходах углеобогащения ЦОФ «Бертзовская» выявлены промышленно значимые концентрации Yb, Ba, Y, Zr, Nb, Au, Pt, Pd, Sn, Se, Ti. Близки к промышленно значимым концентрациям V и Ga;
- в озоленных отходах ЦОФ «Березовская» выявлены промышленно значимые концентрации Se, Pt, Pd, Au. Близки к промышленно значимым концентрации Yb, Rb, Y, Zn;
- к сожалению, нет данных по минимально возможному промышленно значимому содержанию редкоземельных элементов помимо лантана и иттербия, однако все эти элементы присутствуют в отходах и могут быть выделены в сумме. Их кондиции пригодны для концентрирования. Особенно хочется отметить достаточно высокие значения содержания особо ценных РЗЭ иттриевой группы.

Список литературы

1. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии. Новокузнецк: Издательство СибГИУ, 2009. 287 с.
2. Якутин В.П., Агроскин А.А. Использование отходов обогащения углей. М.: Недра, 1978. 167 с.
3. Шпирт М.Я., Рубан В.А., Иткин Ю.В. Рациональное использование отходов добычи и обогащения углей. М.: Недра, 1990. 224 с.
4. Салихов В.А. Экономическая оценка и комплексное использование попутных полезных компонентов углей и золошлаковых отходов углей (на примере Кемеровской области). Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 2013. 224 с.
5. Рашевский В.В., Артемьев В.Б., Силютин С.А. Качество углей ОАО «СУЭК». М.: Кучково поле, 2011. 576 с.
6. Выделение концентратов редких и редкоземельных элементов из золошлаковых отходов Кузбасса / Т.Г. Черкасова, И.В. Исакова, А.В. Тихомирова и др. // Вестник КузГТУ. 2021. № 2. С. 35-39.
7. Определение промышленно значимых кондиций редких элементов в золошлаковых отходах Кузбасса / Т.Г. Черкасова, И.В. Исакова, А.В. Тихомирова и др. // Вестник КузГТУ. 2021. № 5. С. 37-44.
8. Методические особенности многоэлементного анализа горных пород методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой / Я.В. Бычкова, М.Ю. Синецын, Д.Б. Петренко и др. // Вестник Московского университета. Серия. 4. Геология. 2016. № 6.
9. Аналитические подходы к количественному определению содержаний химических элементов в углях и углистых породах с использованием методов ИСП-МС и ИНАА / Н.В. Зарубина, М.Г. Блохин, Д.С. Остапенко и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332. № 3. С. 99-112.

Original Paper

UDC 662.613.654.1:669.85 © T.G. Cherkasova, M.O. Pilin, A.V. Tikhomirova, D.A. Barancev, 2023
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 90-95
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-90-95>

Title

DETERMINATION OF COMPOSITION OF COAL PROCESSING WASTES OF THE BERZOVSKAYA CENTRAL CONCENTRATING MILL

Authors

Cherkasova T.G.¹, Pilin M.O.¹, Tikhomirova A.V.¹, Barancev D.A.¹

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

Pilin M.O., Senior lecturer of Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: pilinmo@kuzstu.ru

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

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

Annotation

In this paper we consider coal preparation waste from the enterprise "Berezovskaya". The elemental composition of the waste was determined by inductively coupled plasma mass spectrometry. Studies have shown the presence of rare and rare earth elements in the composition of coal enrichment waste, which indicates the possibility and prospects of complex waste processing with the consistent extraction of these components.

Keywords

Coal, Ash slags, Coal sludge, Elemental analysis, Rare and rare earth elements.

References

1. Panova V.F. Man-made products as raw materials for construction industry, Novokuznetsk, SibGIU Publ., 2009, 287 p. (In Russ.).
2. Yakutin V.P. & Agroskin A.A. Utilization of coal processing wastes, Moscow, Nedra Publ., 1978, 167 p. (In Russ.).
3. Shpirt M.Ya., Ruban V.A. & Itkin Yu.V. Rational utilization of coal mining and processing wastes, Moscow, Nedra Publ., 1990, 224 p. (In Russ.).
4. Salikhov V.A. Economic assessment and integrated utilization of associated useful components of coals and coal ash and slag wastes (as exemplified by the Kemerovo region), Novosibirsk, Nauka Publ., Siberian Branch, 2013, 224 p. (In Russ.).
5. Rashevskiy V.V., Artemiev V.B. & Silyutin S.A. Quality of SUEK coals, Moscow, Kuchkovo Pole Publ., 2011, 576 p. (In Russ.).
6. Cherkasova T.G., Isakova I.V., Tikhomirova A.V., Cherkasova E.V. & Golovachev A.A. Extraction of rare and rare-earth element concentrates from ash and slag wastes of Kuzbass. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2021, (2), pp. 35-39. (In Russ.).

COAL PREPARATION

7. Cherkasova T.G., Isakova I.V., Tikhomirova A.V., Cherkasova E.V. & Golovachev A.A. Identification of industrially significant rare elements condition in ash and slag wastes of Kuzbass. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2021, (5), pp. 37-44. (In Russ.).
8. Bychkova Ya.V., Sinitsyn M.Yu., Petrenko D.B., Nikolaeva I.Yu., Bugaev I.A. & Bychkov A.Yu. Specific features in methodology of multi-element analysis of rocks using inductively coupled plasma mass spectrometry. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya: 4. Geologiya*, 2016, (6) (In Russ.).
9. Zarubina N.V., Blokhin M.G., Ostapenko D.S. et al. Analytical approaches to the quantitative determination of the chemical elements content in coals and coal rocks using ICP-MS and INAA methods. *Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*, 2021. Vol. 332, (3), pp. 99-112 (In Russ.).

Acknowledgements

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

For citation

Cherkasova T.G., Pilin M.O., Tikhomirova A.V. & Barancev D.A. Determination of composition of coal processing wastes of the Berezovskaya Central Concentrating Mill. *Ugol'*, 2023, (9), pp. 90-95. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-90-95.

Paper info

Received July 27, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023

Оригинальная статья

УДК 552.574 © Н.Ю. Турецкая, Т.А. Чикишева, Е.С. Прокопьев, К.К. Емельянова, 2023

Перспективы получения товарного продукта из отходов флотации угольных фабрик*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-95-99>

В статье приведены результаты изучения вещественного состава исходной пробы и данные технологических испытаний. Установлено, что представленное сырье является труднообогатимым. В основной своей массе оно состоит из глинистых минералов крупностью менее 20 мкм, присутствующий уголь находится как в виде отдельных зерен, так и в виде минеральных агрегатов. В процессе проведения технологических испытаний по гравитационной схеме обогащения удалось дополнительно извлечь из сырья угольный продукт.

Ключевые слова: угольные шламы, обогащение, товарный продукт, винтовая сепарация, переработка угольных шламов, экологически чистая технология, отходы флотации (кек).

Для цитирования: Перспективы получения товарного продукта из отходов флотации угольных фабрик / Н.Ю. Турецкая, Т.А. Чикишева, Е.С. Прокопьев и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 95-99. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-95-99.

* Работы выполнены в рамках комплексного научно-технического проекта 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.

ТУРЕЦКАЯ Н.Ю.

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

ЧИКИШЕВА Т.А.

Канд. геол.-минер. наук, младший научный сотрудник отдела комплексного использования минерального сырья Института Земной коры СО РАН, заведующая минералогической лабораторией ООО НПК «Спирит», доцент кафедры полезных ископаемых Иркутского государственного университета, 664003, г. Иркутск, Россия
e-mail: cta@spirit-irk.ru