

УДК 628.544

Д. А. ДОСТОВАЛОВА^а, Н. С. ПОДГОРОДЕЦКИЙ^а, Г. В. ЧУДАЕВА^б^а ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», ^б ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СЫРЬЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ПОРОДНОГО ОТВАЛА ШАХТЫ ИМ. М. И. КАЛИНИНА
ГП «МАКЕЕВУГОЛЬ»**

Аннотация. В статье представлены результаты научного исследования по снижению экологической опасности породного отвала шахты им. М. И. Калинина ГП «Макеевуголь» путем включения отвальной породы в процесс утилизации с целью извлечения промышленного сырья. Выполнена оценка возможности сырьевого использования породного отвала шахты им. М. И. Калинина ГП «Макеевуголь» на основании результатов химического анализа суммы полуторных оксидов металлов в образце перегоревшей породы. Проведено качественное испытание состава образцов отвальной породы с целью определения объемного содержания нерастворимого остатка исследуемых образцов. Проведен химический анализ суммы полуторных оксидов металлов в образце перегоревшей породы.

Ключевые слова: экологическая опасность, породный отвал, утилизация, полуторные оксиды металлов.

ФОРМУЛИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Исследуемая проблема снижения экологической опасности шахтных породных отвалов является одной из главных задач в области защиты окружающей среды на территории Донбасса. Производственная деятельность угольных шахт сопровождается складированием и накоплением отходов угледобычи, формированием породных отвалов, которые являются источниками выбросов пыли и различных химических соединений, негативно влияющих на окружающую среду. С другой стороны, породные отвалы содержат компоненты для производства бокситов и алюминиевых сплавов, редкоземельные металлы, железосодержащую руду, силикатные материалы для строительных целей [1], извлечение которых позволит повысить экономическую эффективность добычи и переработки угля в регионе.

Полный технический анализ породного отвала шахты им. М. И. Калинина ГП «Макеевуголь» позволит определить состав и химическую чистоту породных компонентов.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В работе [2] рассматривается современное состояние утилизации отвальной породы угольных шахт. Показано усовершенствование кислотного выщелачивания и новое биохимическое выщелачивание Al из терриконов. Продемонстрирована возможность получения Ga, Ge, Bi, Fe, U методами флотации и биохимического выщелачивания из отвальной породы угольных шахт Донбасса.

В работе [3] установлено, что концентрация глинозема в породных отвалах города Донецка колеблется в пределах 11,7...29,4 %. Она зависит от уровня его изначального содержания в обрабатываемой осадочной породе, которое определяется условиями седиментогенеза первичного осадка, последующими процессами диагенеза, катагенеза и гидротермальных преобразований. Установлено также, что одними из важных факторов, влияющих на распределение глинозема в породной массе, являются характер и степень ее преобразования в пределах отвала.

В работе [4] определен химический состав ряда породных отвалов шахт Донецкого региона, в частности выявлено повышенное содержание угля – от 28 до 46 %, оксида алюминия – Al₂O₃ (до 15 %),

германия (до 55 г/т). Основную массу составляют оксиды кремния и железа (SiO_2 – 47 %, Fe_2O_3 – 20 %), щелочные компоненты – CaO и MgO не превышают 5 %.

В работах [5–6] представлены результаты мониторинга теплового состояния действующего шахтного отвала горных пород шахты им. М. И. Калинина ГП «Макеевуголь». Идентифицирован состав образцов шахтной породы с использованием метода молекулярной спектроскопии. Данные спектрального анализа свидетельствуют о высокой степени минерализации перегоревшей породы, что подтверждается смещением полос поглощения оксидов. В образцах породы обнаружены полуторные оксиды кремния, железа и алюминия.

Таким образом, проведение полного технического анализа породного отвала шахты им. М. И. Калинина ГП «Макеевуголь» позволит в дальнейшем разработать комплексную технологию переработки породного отвала.

ЦЕЛЬ

Оценка возможности сырьевого использования породного отвала шахты им. М. И. Калинина ГП «Макеевуголь» на основании результатов химического анализа суммы полуторных оксидов металлов в образце перегоревшей породы.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Объектом исследования является породный отвал шахты им. М. И. Калинина ГП «Макеевуголь», расположенный на северо-востоке от промышленной площадки шахты.

Поле шахты им. М. И. Калинина расположено в юго-восточной части южного крыла Кальмиус-Торецкой котловины Донецко-Макеевского угленосного района и располагается в северо-восточной части города Донецка. В административном делении горный отвод шахты расположен в Калининском, Киевском, Ворошиловском районах города Донецка и Червоногвардейском районе города Макеевка [7].

В настоящий момент ведутся работы по разработке пласта h_{10} «Ливенский». Мощность пласта увеличивается с запада на восток от 0,99 до 1,27 м, строение преимущественно простое. Угол падения пласта в пределах шахтного поля колеблется от 15° до 27° .

В кровле пласта залегает аргиллит с преобладающей мощностью до 12 м, средней крепости. Непосредственно над пластом аргиллит мощностью от 0,1 до 0,2 м с ярко выраженной слоистостью, с большим количеством отпечатков обуглившихся растений. Этот слой весьма неустойчивый, обрушивается вслед за выемкой угля, образуя «ложную» кровлю.

В почве пласта залегает алевролит и частично песчаник. Мощность алевролита изменяется от 0,8 до 13,6 м.

Породный отвал по форме плоский, эксплуатируется с 1962 года, площадь основания породного отвала по проекту составляет 260 000 м², фактическая площадь основания породного отвала – 213 188 м²; высота породного отвала по проекту – 100 м, фактическая высота – 82 м; количество накопленной породы на 01.01.2012 г. составляет 12 869 тыс. м³ [7].

Отбор проб горных пород шахты производился в соответствии с ДСТУ ISO 10381-1-10381-4:2004.

Ввиду того, что содержание силикатов в отвальных породах может варьировать в очень широких пределах, при определении полуторных оксидов схема анализа должна быть выбрана в соответствии с примерным содержанием силикатов [8]. Поэтому исследование проводилось в два этапа.

На первом этапе было проведено качественное испытание состава образцов отвальной породы с целью определения объемного содержания нерастворимого остатка исследуемых образцов. Для этого предварительно измельченную отвальную породу до фракций 0,05...1,00 мм разложили хлороводородной кислотой до получения нерастворимого остатка. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Во всех исследуемых образцах содержание нерастворимого остатка варьировалось в пределах от 79,3 до 84,2 %.

На втором этапе исследований с учетом того, что во всех образцах выявлено очень высокое содержание нерастворимого остатка, была принята следующая схема химического анализа по определению полуторных оксидов [8].

Навеску измельченной породы обработали хлороводородной кислотой, полученный раствор выпарили досуха на спиртовой горелке. Сухой остаток смочили хлороводородной кислотой и обработали горячей водой. Нерастворимый остаток отфильтровали, прокалили в платиновом тигле, взвесили и

Таблица 1 – Объемное содержание нерастворимого остатка

Номер образца отвальной породы	Объемное содержание нерастворимого остатка, %
Образец № 1	80,6
Образец № 2	82,3
Образец № 3	81,8
Образец № 4	84,2
Образец № 5	79,3

затем смешали с карбонатом натрия. Сплавление продолжалось в течение 20 минут. Полученный сплав растворили в хлороводородной кислоте и раствор выпарили на спиртовой горелке досуха. Остаток смочили хлороводородной кислотой, залили кипящей водой, затем отфильтровали кремневую кислоту до полного отмывания хлоридов. Фильтр с осадками кремневой кислоты поместили в платиновый тигель, озолили и прокалили в течение 20 мин при температуре 1 000 °С. Получившийся в результате прокаливания остаток обработали сульфатной кислотой и плавиковой кислотой. Кислоты выпарили, остаток прокалили, постепенно повышая температуру, и взвесили. Разница в весе тигля с прокаленным кремнеземом и тигля с остатком после выпаривания с плавиковой и сульфатной кислотами равна массе полуторных оксидов металлов. Результаты исследований приведены в табл. 2. На рисунке представлены отчетные фото с места проведения эксперимента.

Таблица 2 – Объемное содержание полуторных оксидов металлов

Номер образца отвальной породы	Объемное содержание полуторных оксидов металлов, %
Образец № 1	7,35
Образец № 2	8,4
Образец № 3	4,0
Образец № 4	10,2
Образец № 5	6,8



Рисунок – Определение объемного содержания полуторных оксидов металлов в образце отвальной породы.

При среднем объемном содержании полуторных оксидов металлов 7,35 % и ориентировочной массе породного отвала 22,9 млн т, приблизительное суммарное содержание оксидов металлов (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO) может составлять 1,7 млн т.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований установлено, что при среднем объемном содержании полуторных оксидов металлов 7,35 % и ориентировочной массе породного отвала 22,9 млн т, приблизительное суммарное содержание оксидов металлов (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO) может составлять 1,7 млн т.

Целесообразна дальнейшая идентификация химического состава отвальной породы шахты им. М. И. Калинина ГП «Макеевуголь» для выбора технологической схемы процесса утилизации и извлечения промышленного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том 1. Металічні корисні копалини [Текст] / Д. С. Гурський, К. Ю. Єсипчук, В. І. Калінін [та ін.] ; за ред. М. П. Щербака та С. В. Гошовського / Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України і геологічна секція Українського державного геологорозвідувального ін-ту. – Київ-Львів : «Центр Європи», 2005. – 785 с.
2. Получение металлов из терриконов угольных шахт Донбасса [Текст] : монография / Л. Г. Зубова, А. Р. Зубов, К. И. Верех-Белоусова, Н. В. Олейник. – Луганск : изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 144 с.
3. Виборов, С. Г. Перспективы отвальных пород в качестве алюминиевого сырья [Текст] / С. Г. Виборов, А. А. Силян // Уголь Украины. – 2012. – № 6. – С. 33–39.
4. Мнухин, А. Г. Комплексная переработка породных отвалов шахт Донецкого региона [Электронный ресурс] / А. Г. Мнухин. – Режим доступа : <http://masters.donntu.org/2014/igg/kazub/library/article8.htm>.
5. Достовалова, Д. А. Мониторинг теплового состояния отвала горных пород шахты им. М. И. Калинина [Электронный ресурс] / Д. А. Достовалова, Н. С. Подгородецкий // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2019. – Вып. 2019-5(139) Инженерные системы и техногенная безопасность. – С. 32–39. – Режим доступа : [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2019/vestnik_2019-5\(139\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2019/vestnik_2019-5(139).pdf).
6. Достовалова, Д. А. Анализ факторов воздействия горнодобывающей промышленности на окружающую среду [Текст] / Д. А. Достовалова, Н. С. Подгородецкий // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сборник научных трудов XXI Международной научно-практической конференции (апрель-сентябрь 2020 г., Москва) ; в 3 т., том 1. – Москва : РУДН, 2020. – С. 309–313.
7. Технический отчет о температурной съемке действующего породного отвала шахты М. И. Калинина ГП «Донецкая топливная энергетическая компания» [Текст] / ОП «Донецкое УТППОРЗ» ГП «ДУЭК». – Донецк : [б. и.], 2012. – 18 с.
8. Локонов, М. Ф. Анализ минерального сырья [Текст] / М. Ф. Локонов, С. Г. Чернорук, М. М. Стукалова [и др.] ; под общей ред. Ю. Н. Книпович, Ю. В. Мурачевского. – Л. : Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1959. – 1055 с.

Получена 17.09.2020

Д. О. ДОСТОВАЛОВА^a, М. С. ПОДГОРОДЕЦЬКИЙ^a, Г. В. ЧУДАЄВА^b
ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ СИРОВИННОГО ВИКОРИСТАННЯ ПОРОДНОГО
ВІДВАЛУ ШАХТИ ІМ. М. І. КАЛІНІНА ДП «МАКІЇВВУГІЛЛЯ»

^a ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», ^b ДООУ ВПО «Донецький національний технічний університет»

Анотація. У статті представлені результати наукового дослідження щодо зниження екологічної небезпеки породного відвалу шахти ім. М. І. Калініна ДП «Макиїввугілля» шляхом включення відвальної породи в процес утилізації з метою виділення промислової сировини. Виконано оцінку можливості сировинного використання породного відвалу шахти ім. М. І. Калініна ДП «Макиїввугілля» на підставі результатів хімічного аналізу суми полуторних оксидів металів у зразку перегорілої породи. Проведено якісне випробування складу зразків відвальної породи з метою визначення об'ємного вмісту нерозчинного залишку досліджуваних зразків. Зроблено хімічний аналіз суми полуторних оксидів металів у зразку перегорілої породи.

Ключові слова: екологічна небезпека, породний відвал, утилізація, полуторні оксиди металів.

DARIA DOSTOVALOVA^a, NICHOLAS PODGORODETSKY^a,
GALINA CHUDAIEVA^b
ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF RAW MATERIAL USE OF THE WASTE
DUMP OF THE MINE M. I. KALININA STATE ENTERPRISE «MAKEEVCOAL»
^a Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, ^b Donetsk National
Technical University

Abstract. The article presents the results of a scientific study to reduce the environmental hazard of the waste dump of the mine. M. I. Kalinin State Enterprise «Makeevcoal», by including the waste rock in the disposal process, in order to extract industrial raw materials. The assessment of the possibility of raw material

use of the waste dump of the mine M. I. Kalinina State Enterprise «Makeevcoal» on the basis of the results of chemical analysis of the sum of metal sesquioxides in a sample of burnt rock A qualitative test of the composition of the waste rock samples was carried out in order to determine the volumetric content of the insoluble residue of the samples under study. Chemical analysis of the sum of metal sesquioxides in a sample of burned-out rock was carried out.

Key words: environmental hazard, waste dump, disposal, metal sesquioxides.

Достовалова Дарья Александровна – магистрант кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование химического состава сбрасываемых шахтных вод Донбасса, разработка технологической схемы очистки шахтных вод с перспективой их повторного использования. Исследование процесса горения и химического состава породы шахтных отвалов Донбасса и их воздействия на окружающую среду с целью разработки технологии их газификации, утилизации тепловой энергии, а также выщелачивания металлов из породы.

Подгородецкий Николай Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: охрана труда в строительстве; повышение энергоэффективности управления измельчительным переделом промышленного сырья в строительстве; повышение эффективности ультразвуковых методов контроля и диагностики для обеспечения безопасной эксплуатации строительных объектов; экологическая безопасность в строительстве и городском хозяйстве.

Чудаева Галина Владимировна – кандидат химических наук, доцент кафедры прикладной экологии и охраны окружающей среды ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет». Научные интересы: изучение и анализ тяжелых металлов в шахтных водах; изучение и анализ тяжелых металлов в углеродистых отложениях промышленных отходов.

Достовалова Дар'я Олександрівна – магістрант кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження хімічного складу шахтних вод Донбасу, що скидаються, розробка технологічної схеми очищення шахтних вод з перспективою їх повторного використання. Дослідження процесу горіння і хімічного складу породи шахтних відвалів Донбасу і їх впливу на навколишнє середовище з метою розробки технології їх газифікації, утилізації теплової енергії, а також вилуговування металів з породи.

Подгородецький Микола Сергійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: охорона праці в будівництві; підвищення енергоефективності управління подрібнювальним переділом промислової сировини в будівництві; підвищення ефективності ультразвукових методів контролю і діагностики для забезпечення безпечної експлуатації будівельних об'єктів; екологічна безпека в будівництві і міському господарстві.

Чудаєва Галина Володимирівна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри прикладної екології та охорони навколишнього середовища ДООУ ВПО «Донецький національний технічний університет». Наукові інтереси: вивчення і аналіз важких металів в шахтних водах; вивчення та аналіз важких металів в вуглецевих відкладеннях промислових відходів.

Dostovalova Daria – master's student, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: study of the chemical composition of the discharged mine waters of the Donbass, development of a technological scheme for cleaning mine waters with the prospect of their reuse. Study Gorenje process and chemical composition of the rock of the Donbass mine dumps and their impact on the environment in order to develop technologies for their gasification, heat energy utilization, and leaching of metals from the rock.

Podgorodetsky Nicholas – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: labor safety in construction; improving management efficiency crushing redistribution of industrial raw materials in construction; improving the efficiency of ultrasonic methods for monitoring and diagnostics to ensure safe operation of construction projects.

Chudaeva Galina – Ph. D. (Chemical), Associate Professor, Applied Ecology and Environmental Protection Department, Donetsk National Technical University. Scientific interests: study and analysis of heavy metals in mine waters; study and analysis of heavy metals in carbonaceous sediments of industrial waste.