

УДК 504.062.2

**В. В. ШАПОВАЛОВ, Д. А. КОЗЫРЬ**

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ  
ОТВАЛОВ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ С ПОЛУЧЕНИЕМ  
ГЛИНОЗЕМА И ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

**Аннотация.** В статье проведен анализ содержания сырья в породных отвалах Донбасса. Рассмотрены современные технологии получения ценных элементов из техногенных месторождений. В породах отвалов Донбасса содержится ряд ценных редкоземельных металлов, содержание которых может превышать их кларки в земной коре. Общее содержание ценных элементов в отвале составляет до 260 г/т. Обоснованы параметры ресурсосберегающей технологии переработки породных отвалов с применением способа бесщелочного спекания отходов с известняком (смесь аргиллит – каолин – мел). При соблюдении концентрации содового раствора 100...120 кг/м<sup>3</sup> Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, температуры процесса 70 °С на протяжении 10–30 мин и соотношения жидкой к твердой фазе 1,5–2,0, полученные алюминатные растворы будут иметь концентрацию 60...70 г/л и степень извлечение глинозема будет составлять 88,6...92,7 %.

**Ключевые слова:** породный отвал, глинозем, спекание отходов, ресурсосбережение, выщелачивание.

**ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В связи с увеличением производства алюминия, уменьшением запасов сырья с высоким содержанием алюминия становятся актуальны исследования по разработке и применению новых технологий производства глинозема из техногенных месторождений с низким содержанием алюминия.

Актуальность данной работы заключается и в том, что в промышленно развитом Донецком регионе существует потребность в утилизации техногенных отходов. Они, с одной стороны, содержат глинозем, а с другой, оказывают негативное воздействие на окружающую среду. На данный момент на территории Донбасса находится около 600 породных отвалов. Комплекс соответствующих условий может привести к самонагреванию породного отвала, который затем может превратиться в экологически опасный пожар [1]. Горение породных отвалов приводит к выбросам сероводорода, диоксида серы и других парниковых газов в атмосферу. Водная эрозия приводит к смыву в природную среду до 400 м<sup>3</sup>/га в год породы, а ветровая – к выносу более 150 т/год породы с гектара его поверхности.

**АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

В мире основным сырьем для производства алюминия служат бокситы, содержащие от 32 до 60 % глинозема (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), а также низкосортное сырье – алуниты и нефелины. Способы производства глинозема из различных минералов, содержащих алюминий, основаны на получении алюминатных растворов и их свойстве самопроизвольно разлагаться при снижении температуры и концентрации на гидроксид алюминия и щелочь.

По мнению исследователей, состав пород отвалов Донбасса характеризуется содержанием основных химических компонентов в породе в процентах на сухое вещество: 56,43 % SiO<sub>2</sub>, 8,20 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,49 % CaO, 2,04 % MgO, 1,12 % SO<sub>3</sub>, 26,01 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,91 % TiO<sub>2</sub>, 0,26 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 4,04 % K<sub>2</sub>O и 0,98 % Na<sub>2</sub>O, где преобладают оксиды кремния, железа и алюминия [2]. Анализ 100 проб отвальных пород из 29 породных отвалов г. Донецка показал, что наиболее часто встречающаяся концентрация Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> составляет 20...25 % [3]. При исследовании содержания редкоземельных, редких и цветных микроэлементов в

© В. В. Шаповалов, Д. А. Козырь, 2021

породных отвалах шахты в г. Донецке были выявлены их повышенные концентрации по отношению к кларку – хлор (превышение в 2,27 раза), свинец (превышение в 2,85 раза), титан (превышение в 1,22 раза), ванадий (превышение в 1,36 раз), хром (превышение в 1,28 раз), галлий (превышение в 2,55 раза), германий (превышение в 4,5 раза), ниобий (превышение в 2,27 раза).

Согласно стандарту крупнейшего в России предприятия по производству глинозёма – Ачинского глинозёмного комбината, содержание  $Al_2O_3$  в поступающей нефелиновой руде должно быть в пределах от 26 до 27 % масс. Таким образом, породные отвалы Донбасса также могут использоваться как сырьё для получения глинозёма.

В настоящее время накоплен достаточный опыт использования технологий получения оксида алюминия и других ценных компонентов из техногенных месторождений. Исследователями из Луганской Народной Республики предложен кислотный способ выщелачивания алюминия из отвальной породы, который заключается в предварительном измельчении отвальной породы и обжиге при температурах 600 и 800 °С на протяжении 35–40 минут. Средний выход алюминия колеблется от 20 до 50 % [2]. Установлено, что использование бактерий *Th. Ferrooxidans* повышает эффективность биохимического кислотного выщелачивания алюминия и переводит алюминий из нерастворимого состояния в растворимое [2].

Исследования породных отвалов в Польше направлены на использование породы в качестве энергетического концентрата. Так, при обработке породы с применением отсадочного устройства получен энергетический концентрат высокого качества с зольностью менее 12% и высшей теплотворной способностью более 26 МДж/кг [4]. Результаты исследований химического состава породных отвалов Верхнесилезского угольного бассейна показали, что основными компонентами породных отвалов являются 45,22 %  $SiO_2$  и 18,48 %  $Al_2O_3$  [5]. Техничко-экономическое обоснование переработки одного породного отвала в Польше показало, что добыча угля экономически оправдана [6].

Летучая зола также является техногенным сырьем. Зола, образованная при горении лигнита, состоит из  $SiO_2$  (15...45 %),  $Al_2O_3$  (10...25 %),  $Fe_2O_3$  (4...15 %) и других компонентов [7]. Исследователи при синтезе оксида алюминия из летучей золы получили высокочистые квасцы с использованием  $NH_2Al(SO_4)_2$ , из которых с помощью микроволнового излучения получали глинозем [8]. Из летучей золы, образованной при горении южноафриканского угля, смешанной с белой известью и NaOH, экстрагировали оксид алюминия при 260 °С в течение 60 минут. Эффективность экстракции оксида алюминия составляла около 89 % [9]. Исследователи извлекали  $Al_2O_3$  из летучей золы смешанно-щелочным гидротермальным способом. В оптимальных условиях степень извлечения глинозёма достигала 91,3 % [10].

В настоящее время в МакНИИ разработан перспективный способ переработки горной массы с получением редкоземельных элементов, основанный на электровзрывных технологиях [11].

Среди возможных схем получения глинозёма перспективен способ спекания с известняком или мелом. Так, в случае использования бесщелочного сырья получают саморассыпающиеся спеки, которые в дальнейшем перерабатывают щелочными методами. Авторами отмечено, что спек после извлечения глинозёма, может быть использован в качестве компонента при производстве цемента либо в качестве добавки до 20 % в готовый цемент без потери его прочностных свойств. Расчеты сырьевых шихт на основе белитового шлама показали возможность использования шихты на основе белитового шлама и мела для производства цементного клинкера [12].

Главной проблемой извлечения из породных отвалов глинозёма является преобладающее содержание в них кремнезёма, который по кислотно-основным свойствам близок к глинозёму и препятствует его выделению из сырья. Разработка технологий извлечения алюминия и их составных частей из низкосортного сырья является важной задачей ресурсосбережения в Донбассе.

## ЦЕЛЬ

Целью исследования является разработка технологии комплексной утилизации техногенных отходов, содержащих глинозем, включающей способ бесщелочного спекания отходов с известняком.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для анализа возможности использования породы отвалов угольных шахт в качестве сырья для получения глинозёма и других полезных элементов были проведены экспериментальные исследования. В качестве объекта исследования была выбрана трехкомпонентная система аргиллит – каолин – мел. В качестве бесщелочного алюминийсодержащего сырья выбран каолин и аргиллит (породный

отвал шахты Речная). Кальцийсодержащий компонент шихты – мел представлял некондиционные отходы содового производства фракцией менее 30 мм [12].

Технологический процесс извлечения глинозема по способу спекания не щелочного сырья с известняком состоит из следующих стадий: дозирование шихты, мокрый помол, спекание сырья с известняком и охлаждение спека, выщелачивание, обескремнивание алюминатного раствора, карбонизация, промывание гидроксида алюминия, кальцинация и охлаждение глинозема.

Степень извлечения глинозема в экспериментальных исследованиях определяли по концентрации алюмината натрия  $\text{NaAl}(\text{OH})_4$ , который анализировали согласно ГОСТ 22552.3-77. При приготовлении шихты для спекания компоненты смеси измельчались. Влажность шихты составляла 30...40 %. Тонкость помола составляла до 0,08 мм. Содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в техногенном отходе составляло 1,8...2,8 масс %. Количество компонентов смеси подбиралось таким образом, чтобы обеспечить молярные соотношения основных компонентов  $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 2$ ,  $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 1,8$ ;  $\text{CaO}/\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1$  [13].

При проведении экспериментальных исследований установлено, что важнейшим показателем для получения хорошего саморассыпающегося спека является выдержка шихты в печи при максимальной температуре на протяжении примерно 60 мин., а затем медленное охлаждение спека в печи на 100...150 °С на протяжении 0,5–1 ч.

Охлажденный алюмокальциевый спек, содержащий алюминаты кальция  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  и  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ , подвергали выщелачиванию содовым раствором (81,6...120 г/л  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) при 70 °С в течение 30 минут.

Выщелачивание спеков содовым раствором приводит к разложению алюмокальциевых и феррокальциевых спеков с получением раствора алюминатов натрия:

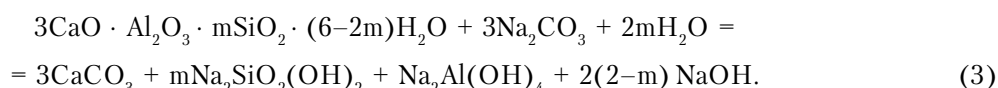


При проведении исследований установлено, что оптимальными условиями выщелачивания спека трехкомпонентной смеси являются:

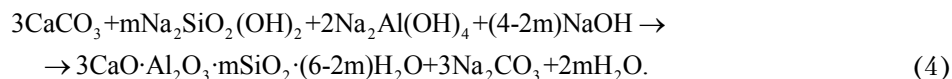
- а) концентрация содового раствора – 100...120 кг/м<sup>3</sup>  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;
- б) температура процесса 70 °С на протяжении 10–30 мин.;
- в) соотношение жидкой к твердой фазе равняется 1,5–2,0.

При соблюдении выше перечисленных условий полученные алюминатные растворы будут иметь концентрацию 60...70 г/л и степень извлечения глинозема будет составлять 88,6...92,7 %.

После выщелачивания алюминатных спеков растворы пересыщены  $\text{SiO}_2$  по отношению к гидроалюмосиликату натрия. Поэтому перед выделением из них  $\text{Al}(\text{OH})_3$  они должны быть обескремнены. В случае получения металлургического глинозема обескремнивание целесообразно проводить в две стадии. Рекомендуется обработка шламасодовым раствором по реакции:



Во время содовой обработки гидроалюмосиликата происходит частичная каустификация содового раствора. Полученный после отделения шлама содощелочной раствор направляется на стадию выщелачивания. На второй стадии обескремнивания при введении в раствор  $\text{CaCO}_3$  он будет реагировать с алюминатным раствором и растворимым в нем кремнием:



Карбонизация алюминатных растворов осуществляется барботированием через раствор смеси газов, которые содержат  $\text{CO}_2$ , для выделения гидроксида алюминия в осадок. Технологическими предпосылками этого метода является наличие отходящих газов печей спекания, содержащих 12...14 %  $\text{CO}_2$ , а также возможность многократного использования полученных содовых растворов во время выщелачивания. Процесс карбонизации алюминатных растворов натрия зависит от множества факторов – температуры, концентрации раствора, скорости пропускания  $\text{CO}_2$  и его содержания в газовой фазе и т. д. [13].

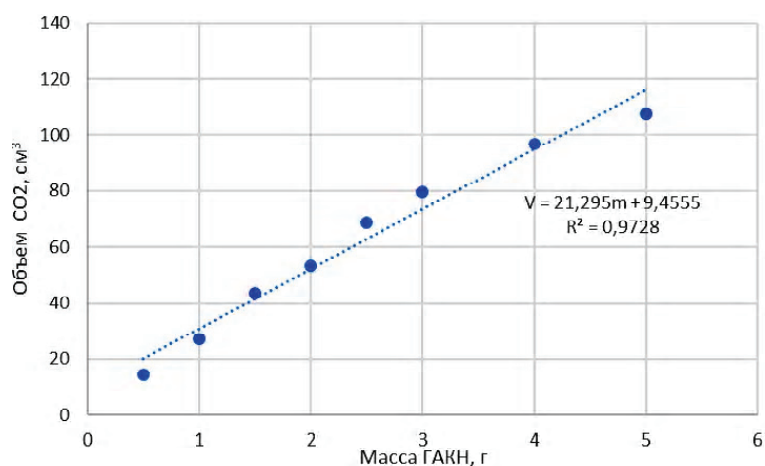
Установлено, что главной причиной загрязнения гидроксида алюминия и получаемого из него глинозема при карбонизации алюминатных растворов является получение гидроалюмокарбоната

натрия (ГАКН)  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_2\text{CO}_3] \cdot n\text{H}_2\text{O}$  [13]. Экспериментально установлено, что ГАКН взаимодействует с алюминатными растворами по двум направлениям – образование  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и растворение с образованием гидросоединений алюминия с пониженной основностью типа  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ .

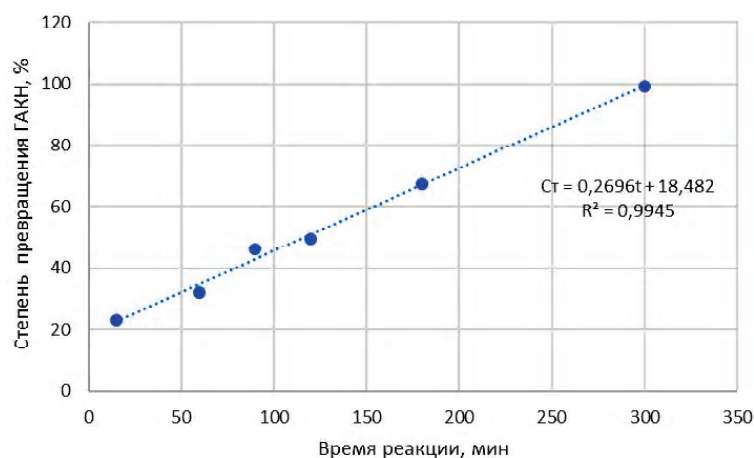
Данное соединение ( $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ) переводит гидроалюмокарбонат натрия в гидроксид алюминия. Установленный механизм реакций позволяет предложить способ выделения гидроксида алюминия из алюминатных растворов, заключающийся в том, что раствор после выщелачивания алюмокальциевых соединений технологически разделяют на две части, одну из которых подвергают карбонизации до полного осаждения соединений алюминия из раствора. Образующийся осадок обрабатывают второй частью алюминатного раствора для превращения гидроалюмокарбоната натрия в гидроксид алюминия [13].

При взаимодействии гидроалюмокарбоната натрия с раствором алюмината натрия, увеличивается содержание  $\text{CO}_2$ , следовательно, увеличивается содержание  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (рисунок 1, 2). При увеличении времени реакции до 300 минут степень превращения ГАКН в гидроксид алюминия повышается с 23,2 до 99,3 %. Таким образом, за 5 часов в раствор из твердой фазы переходит более 90 % диоксида углерода.

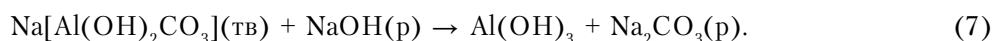
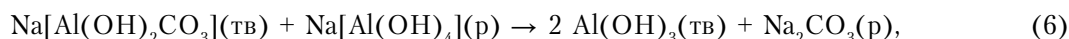
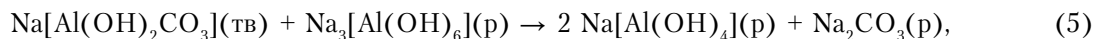
Превращение гидроалюмокарбоната натрия в гидроксид алюминия можно представить следующими реакциями:



**Рисунок 1** – Влияние массы ГАКН на содержание  $\text{CO}_2$  в растворе ( $T = 18^\circ\text{C}$ . Состав алюминатного раствора: концентрация  $\text{Al}^{3+}$  9,5 г/л,  $\text{Na}^+$  23,0 г/л).



**Рисунок 2** – Влияние времени взаимодействия ГАКН и раствора алюмината натрия на степень превращения гидроалюмокарбоната натрия ( $T = 18^\circ\text{C}$ , концентрация  $\text{Al}^{3+}$  в алюминатном растворе 19,0 г/л,  $\text{Na}^+$  – 23,0 г/л).



Дальнейшая кальцинация  $\text{Al}(\text{OH})_3$  проводилась при температуре 1 300 °С, в ходе которой получен глинозем, содержащий, как показывают результаты рентгеновского дифракционного анализа,  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  и  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Сравнение ИК-спектров полученного  $\text{Al}_2\text{O}_3$  со спектром чистого глинозема показывает их практически полную идентичность, за исключением полосы поглощения примеси кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ) при 1 100  $\text{см}^{-1}$ . Химический анализ показал наличие в полученном глиноземе около 1,5 %  $\text{SiO}_2$ .

Раствор, полученный после выщелачивания, был исследован атомно-абсорбционным методом анализа с применением спектрометра Thermo Scientific – SOLAARM Series AA Spectrometer. Были выявлены следующие концентрации компонентов породных отвалов с учетом разбавления 1:50 – ванадий (0,76 мг/л), хром (234 мг/л), молибден (7 мг/л).

## ВЫВОДЫ

1. Использование способа бесщелочного спекания отходов с известняком (смесь аргиллит – каолин – мел) позволит извлекать до 92,7 % глинозема из породных отвалов Донбасса и использовать отходы спекания – белитовый шлам для производства цементного клинкера.

2. Обоснованы параметры ресурсосберегающей технологии получения глинозема из породных отвалов – бесщелочного спекания отходов с известняком, оптимальные условия спекания отходов и выщелачивания спека смеси аргиллит – каолин – мел.

3. Способ выделения гидроксида алюминия из алюминатных растворов, при котором часть раствора подвергают карбонизации до полного осаждения соединений алюминия из раствора, а образующийся осадок обрабатывают частью алюминатного раствора для превращения гидроалюмокарбоната натрия в гидроксид алюминия, позволяет преодолеть причину загрязнения получаемого глинозема – образование на первом этапе процесса гидроалюмокарбоната натрия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sinha, A. Spontaneous Coal Seam Fires: A Global Phenomenon / A. Sinha, V. K. Singh. – Текст : непосредственный // Spontaneous Coal Seam Fires: Mitigating a Global Disaster. UNESCO Office Beijing, 2005. – P. 42–66.
2. Получение металлов из терриконов угольных шахт Донбасса : монография / Л. Г. Зубова, А. Р. Зубов, К. И. Верех-Белоусова, Н. В. Олейник. – Луганськ : издательство ВНУ им. В. Даля, 2012. – 144 с. – Текст : непосредственный.
3. Выборов, С. Г. Перспективы отвалных пород в качестве алюминиевого сырья / С. Г. Выборов, А. А. Силин. – Текст : непосредственный // Уголь Украины. – 2012. – июнь. – С. 33–39.
4. Coal recovery from a coal waste dump / Zenon Róžański, Tomasz Suponik, Piotr Matusiak [et al.]. – Текст : электронный // E3S Web of Conferences 8. – 2016. – DOI: 10.1051/e3sconf/20160801052 (дата обращения: 01.10.2021).
5. Róžański, Z. Management of mining waste and the areas of its storage – Environmental aspects. Gospodarka Surowcami Mineralnymi / Z. Róžański. – Текст : электронный // Mineral Resources Management. – 2019. – Volume 35, Issue 3. – P. 119–142. – DOI: 10.24425/gsm.2019.128525 (дата обращения: 01.10.2021).
6. Gawor, Ł. Coal mining waste dumps as secondary deposits exemplified on Upper Silesian coal basin and Lublin coal basin / Ł. Gawor. – Текст : электронный // Geology, Geophysics and Environment. – 2014. – Vol. 40(3). – P. 285–289. – DOI: 10.7494/geol.2014.40.3.285128525 (дата обращения: 01.10.2021).
7. Yadav, V. K. The current scenario of thermal power plants and fly ash: Production and utilization with a focus in India / V. K. Yadav, M. H. Fulekar. – Текст : электронный // Int. J. Adv. Eng. Res. Dev. – 2018. – N 5. – 768–777. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/329942803\\_The\\_current\\_scenario\\_of\\_thermal\\_power\\_plants\\_and\\_fly\\_ash\\_production\\_and\\_utilization\\_with\\_a\\_focus\\_in\\_India](https://www.researchgate.net/publication/329942803_The_current_scenario_of_thermal_power_plants_and_fly_ash_production_and_utilization_with_a_focus_in_India) (дата обращения: 01.10.2021).
8. Park, H. C. Synthesis of alumina from high purity alum derived from coal fly ash / H. C. Park, Y. J. Park, R. Stevens. – Текст : электронный // Mater. Sci. Eng. A. – 2004. – N 367. – P. 166–170. – DOI:10.1016/j.msea.2003.09.093 (дата обращения: 01.10.2021).
9. Matjie, R. H. Extraction of alumina from coal fly ash generated from a selected low rank bituminous South African coal / R. H. Matjie, J. R. Bunt, J. H. P. van Heerden. – Текст : электронный // Minerals Engineering. – 2005. – N 18. – P. 299–310. – <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2004.06.013> (дата обращения: 01.10.2021).
10. Extraction of alumina from coal fly ash by mixed-alkalinehydrothermal method / Li, Huiquan & Hui, Jun-bo & Wang, Chenye & Bao, Weijun & Sun, Zhenhua. – Текст : электронный // Hydrometallurgy. – 2014. – 147. – P. 183–187. – DOI:10.1016/j.hydromet.2014.05.012 (дата обращения: 01.10.2021).

11. К вопросу извлечения редкоземельных металлов из породных отвалов угольных шахт / А. Г. Мнухин, Н. А. Мнухина, А. А. Гитуляр, И. П. Горошко. – Текст : электронный // Уголь Украины. – 2017. – июль-август. – С. 64–66. – URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ugukr\\_2017\\_7-8\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ugukr_2017_7-8_14) (дата обращения: 01.10.2021).
12. О возможности получения глинозема из отходов угле- и горнодобывающей промышленности методом спекания бесщелочного сырья с известняком / А. А. Клименко, В. Н. Вечерко, Л. И. Кукоба [и др.]. – Текст : электронный // Научные труды ДонНТУ. – 2012. – № 19 (199). – С. 151–157 (серия: химия и химическая технология). – URL: <http://ea.donntu.org:8080/jspui/bitstream/123456789/14559/1/Klimen.pdf> (дата обращения: 01.10.2021).
13. К вопросу о механизме выделения гидроксида алюминия из растворов алюмината натрия и его реализации в технологическом процессе / В. В. Шаповалов, С. В. Горбатко, Т. В. Шаповалова, Д. А. Козырь. – Текст : электронный // Вестник Донецкого национального технического университета. – 2020. – № 3(21). – С. 61–68. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44435111> (дата обращения: 01.10.2021).

Получена 06.10.2021

В. В. ШАПОВАЛОВ, Д. О. КОЗИР  
РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ  
ВІДВАЛІВ ВУГЛЕДОБУВНИХ ВИРОБНИЦТВ З ОТРИМАННЯМ  
ГЛИНОЗЕМУ І В'ЯЖУЧИХ МАТЕРІАЛІВ  
ДОНУ ВПО «Донецький національний технічний університет»

**Анотація.** У статті проведено аналіз вмісту сировини в породних відвалах Донбасу. Розглянуті сучасні технології отримання цінних елементів з техногенних родовищ. У породах відвалів Донбасу містяться цінні рідкоземельні метали, вміст яких може попередньо перевищувати їх кларки в земній поверхні. Загальний вміст цінних елементів у відвалі може складати до 260 г/т. Обґрунтовані параметри ресурсозберігаючої технології переробки породних відвалів з застосуванням способів без лужного спікання відходів з вапном (суміш аргіліт – каолін – крейда). При дотриманні концентрації содового розчину 100...120 кг/м<sup>3</sup> Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, температури процесу 70 °С протягом 10–30 хв та співвідношенні рідкої та твердої фази 1,5–2,0 отримані алюмінієві розчини будуть мати концентрацію 60...70 г/л і ступінь вилучення глинозему буде складати 88,6...92,7 %.

**Ключові слова:** породний відвал, глинозем, спікання відходів, ресурсозбереження, вилуджування.

VALERIY SHAPOVALOV, DMITRY KOZYR  
RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF COMPLEX UTILIZATION OF DUMPS  
OF COAL-MINING PRODUCTIONS WITH RECEPTION OF ALUMINA AND  
BINDERS  
Donetsk National Technical University

**Abstract.** The article analyzes the content of raw materials in waste dumps of Donbass. Modern technologies for obtaining valuable elements from man-made deposits are considered. The rocks of the Donbass dumps contain a number of valuable rare earth metals, the content of which may exceed their clark in the earth's crust. The total content of valuable elements in the dump can be 230...260 g/t. The parameters of resource-saving technology of waste heaps processing with the use of the method of alkaline sintering of waste with limestone (mixture of argillite – kaolin – chalk) are substantiated. If the concentration of soda solution 100...120 kg/m<sup>3</sup> Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, process temperature 70 °C for 10–30 min and the ratio of liquid to solid phase 1.5–2, the resulting aluminate solutions will have a concentration of 60–70 g/l and the degree of extraction alumina will be 88.6...92.7 %.

**Key words:** waste heap, alumina, waste sintering, resource saving, leaching.

**Шаповалов Валерий Васильевич** – доктор химических наук, профессор; заведующий кафедрой прикладной экологии и охраны окружающей среды ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет». Научные интересы: использование твердофазных экзотермических реакций для получения сложных соединений и газообразных веществ. Комплексная утилизация отходов.

**Козырь Дмитрий Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры природоохранной деятельности ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет». Научные интересы: ресурсосбережение, экологическое проектирование, экологический мониторинг.

**Шаповалов Валерій Васильович** – доктор хімічних наук, професор; завідувач кафедри прикладної екології та охорони навколишнього середовища ДОНУ ВПО «Донецький національний технічний університет». Наукові інтереси: викори-

стання твердофазних екзотермічних реакцій для отримання складних сполук і газоподібних речовин. Комплексна утилізація відходів.

**Козир Дмитро Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри природоохоронної діяльності ДООУ ВПО «Донецький національний технічний університет». Наукові інтереси: ресурсозбереження, екологічне проектування, екологічний моніторинг.

**Shapovalov Valeriy** – D. Sc. (Chemistry), Professor; Head of Applied Ecology and Environmental Protection Department, Donetsk National Technical University. Scientific interests: the use of solid-phase exothermic reactions to obtain complex compounds and gaseous substances. Integrated waste disposal.

**Kozyr Dmitry** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Environmental Activity Department, Donetsk National Technical University. Scientific interests: resource conservation, ecological engineering, environmental monitoring.