

DOI: 10.15593/2409-5125/2016.03.04

УДК 66.658.567

Н.Ю. Карпова, В.А. Шаманов, Г.М. Батракова

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЮМОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены экологические проблемы размещения в окружающей среде алюмосодержащих отходов. Отмечен высокий материальный потенциал отходов и целесообразность вторичного использования. Для отходов термического уничтожения энергонасыщенных материалов, содержащих оксид алюминия, рассмотрены теоретические основы утилизации минеральных отходов и проведены экспериментальные исследования для оценки использования в производстве строительных материалов. Описана методика проведения экспериментов и представлены результаты биотестирования водной вытяжки. Рассмотрены методы исследований пластичности и физико-механических свойств образцов с добавкой алюмосодержащего отхода. Установлено, что с позиции химической активности отход относится к ультракислым. По результатам исследований установлено, что введение алюмосодержащего отхода способствует пластификации цементных систем, но прочность цементосодержащих образцов снижается пропорционально увеличению содержания отхода в смеси. Показано, что алюмосодержащий отход не обладает самостоятельными вяжущими свойствами после сушки и обжига при температуре 1150 °С. Перспективным является использование отхода в качестве пластифицирующей добавки к цементным системам при производстве готовых бетонных и растворных смесей, а также в качестве наполнителя для сухих строительных смесей в количестве до 15 %.

Ключевые слова: ресурсосбережение, отходы, оксид алюминия, цемент, сухие смеси, огнеупоры.

Известны экологические проблемы, связанные с размещением алюмосодержащих отходов в виде гидроалюмокарбонатных осадков, обводненных шламов, литейных шлаков, отработанных катализаторов, минеральной части углей. Подобные отходы образуются на предприятиях химической отрасли, металлургии, нефтеперерабатывающих заводов, горнообогатительных комбинатов, угледобывающих предприятий, производств глинозема, угольных теплоэлектростанций и др. [1, 2]. При хранении этих производст-

венных отходов на открытых площадках и шламохранилищах может происходить выщелачивание ионов алюминия, токсичные соединения алюминия появляются в почвенном растворе при низких (менее 4,5–5,5) и высоких (более 9,0–10,0) значениях pH, проявление токсичности алюминия в почве выражается в изменении содержания обменного (подвижного) алюминия, соотношения в растворе питательных элементов и алюминия, концентрации мономерных аква- и аквагидрокомплексов алюминия [2, 3].

Способы утилизации данных отходов направлены на уменьшение нагрузки на окружающую среду, снижение экологического ущерба и вероятности аварий из-за разрушения шламохранилищ и отстойников. Для некоторых видов многотоннажных алюмосодержащих отходов разработаны технологии переработки с получением глинозема, коагулянтов для очистки питьевых и сточных вод и строительных материалов [2, 4–6].

Технологии испытаний и уничтожения энергонасыщенных материалов (ЭМ), в частности твердых полимерных ракетных топлив, обеспечивают технологическую и экологическую безопасность завершения жизненного цикла изделий военной и специальной техники. Промышленные технологии уничтожения ЭМ имеют ресурсосберегающее значение [7, 8]. Очистка продуктов сгорания в устройстве эжекторного типа с использованием воды и нейтрализующих растворов обеспечивает охлаждение газового потока, улов взвешенных частиц и нейтрализацию кислых газов. Шлам в системе газоочистки в виде дисперсного осадка содержит преобладающее количество оксида алюминия (Al_2O_3). Анализ состава осадка, %: оксид алюминия 91,7–95,7; оксид железа 0,2–5,0; оксид кремния 0,07–0,14, а также соединения кальция, магния, никеля, меди и др. [8]. Объем образования отхода определяется интенсивностью работ по уничтожению ЭМ, увеличение количества отходов связано с необходимостью уничтожения ЭМ с истекшим сроком служебной пригодности.

Промышленные отходы с большим содержанием оксида алюминия рассматриваются как высококачественное техногенное минеральное сырье, обладающее материальным потенциалом для вторичного использования. С учетом возможности высвобождения от примесей, дисперсного и фазового составов определяются направления использования и получения товарного сырья и продуктов.

Отрасль производства строительных материалов на протяжении многих десятилетий занимает лидирующие позиции по вторичному использованию побочных продуктов и отходов различных производств. В последнее время наполнители находят все большее распространение при производстве различных строительных материалов: производстве тяжелых и мелкозернистых бетонов, строительных растворов, сухих строительных смесей, в технологии пластмасс и керамических материалов [2, 4–6, 9–14].

Для определения использования алюмосодержащего отхода в области производства строительных материалов проведены теоретические и экспериментальные исследования.

Процессы обращения с производственными отходами требуют обобщения сведений об их токсичности и потенциальной опасности для окружающей среды. В соответствии с положениями 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» юридические лица, в процессе деятельности которых образуются отходы I–IV класса опасности, обязаны подтвердить отнесение данных отходов к конкретному классу опасности в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим государственное регулирование в области охраны окружающей среды.

Первым этапом исследований выполнена оценка опасности обращения с отходом, основанная на определении класса опасности отхода по результатам биотестирования водной вытяжки – исследования токсического действия. В соответствии с Приказом МПР России от 04.12.2014 г. № 536 «Критерии отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» [15] для определения кратности разведения водной вытяжки из отхода применяли два тест-объекта из разных систематических групп – водоросли и низшие ракообразные (дафнии). Исследуемая тест-реакция в первом случае – снижение численности клеток водорослей под воздействием токсичных веществ по сравнению с контролем за 72 ч, во втором тесте оценивалась гибель 50 % и более дафний по сравнению с контролем за 96 ч.

Результаты исследований:

- неразбавленная водная вытяжка оказывала острое токсическое действие на все тест-объекты;
- 5%-я водная вытяжка из отходов не оказывала на первый тест-объект (водоросли) острого токсического действия; 10%-я

водная вытяжка из отходов не оказывала действие на второй тест-объект (дафнии);

- ингибирующая кратность разбавления водной вытяжки, вызывающая 50%-е снижение численности клеток водорослей (ИКР₅₀₋₇₀), равна 12,42; безвредная кратность разбавления, уточненная в первом опыте с применением расчетного метода, составила 2,02 % (кратность разбавления 49,5);

- средняя летальная кратность разбавления водной вытяжки, вызывающая гибель 50 % дафний (ЛКР₅₀₋₉₆), равна 7,42, безвредная кратность разбавления, уточненная в опыте с дафниями графическим методом с использованием пробит-анализа, составила 5,29 % (кратность разбавления 18,92).

В соответствии с полученными данными и «Критериями отнесения отходов...» шлам продуктов сгорания ЭМ, накопленный в системе газоочистки, отнесен к 4-му классу опасности для окружающей среды (малоопасные отходы).

Обоснование направлений использования и разработки экономически целесообразных технологий использования промышленных отходов, как правило, ведется с учетом стабильности их химического и минералогического состава, объемов образования, дисперсность. Также оценивается возможность использования отхода в качестве готовых сырьевых шихт и другие характеристики, которые позволяют минимизировать процесс переработки отходов в месте их образования (накопления) [4]. В подавляющем числе случаев в состав полиминеральных отходов входят силикаты и алюмосиликаты кальция, магния, калия и натрия, а также простые оксиды данных элементов. Для оценки химической активности сырья принято пользоваться коэффициентом основности ($K_{\text{осн}}$), который определяется расчетным путем и зависит от химического состава сырья. В зависимости от его значения все сырье можно условно разделить на группы: ультраосновные, основные, средние, кислые, ультракислые [4, 5].

Вязущие вещества: цементы, извести, гипсы, жидкое стекло – отличаются высоким содержанием оксидов первой и второй групп Периодической системы элементов и $K_{\text{осн}} \geq 1,6$. Для их производства необходимо сырье с соответствующими характеристиками. Полиминеральные отходы с $K_{\text{осн}} > 1,2$ (шлаки, шламы, золы), прошедшие соответствующую тепловую обработку, будут обладать вязущими

свойствами, которые увеличиваются с ростом значения $K_{\text{осн}}$. Для керамики, автоклавных материалов, стекла, минеральной ваты и др. характерно значение $K_{\text{осн}} < 1,2$ более 0,0 до 1,2 включительно [5].

Коэффициент основности исследуемого отхода с учетом данных химического анализа [8] варьируется в пределах от минус 54,39 до минус 47,2.

В том случае, когда сырье не обладает химической активностью, его относят к группе механически активных. Как известно, для большинства строительных материалов характерна полидисперсная структура, в которой имеются тонкодисперсная и грубозернистая составляющие. При этом следует различать крупные (с размером более 5 мм), мелкие (с размером от 0,16 до 5 мм) заполнители и наполнители (с размером зерен менее 0,2 мм). Основная масса сырья имеет размер зерен более 0,1 мм [10]. Переход от грубозернистой к тонкодисперсной весьма энергоемок, поэтому при производстве строительных материалов требуется обоснование необходимости измельчения материалов. Как правило, измельчается только химически активное сырье, способное при определенных технологических условиях вступать в химические реакции с последующим образованием различных новообразований.

По данным исследования морфологии и размера частиц исследуемого отхода [8] установлено преобладание частиц в субмикронной области в диапазоне 0,2–400 мкм, средний размер – 5 мкм.

По результатам предварительного анализа информации о процессе образования, составе и токсичности отхода, содержащего оксид алюминия, предположительно могут быть реализованы следующие направления использования отхода в производстве строительных материалов:

1) в качестве химически активного сырья в производстве керамики, автоклавных материалов, стекла, минеральной ваты и др., а также при производстве тяжелых и мелкозернистых бетонов, строительных растворов, сухих строительных смесей;

2) в качестве механически активного компонента (наполнителя) в производстве пластмасс и керамических материалов.

В связи с небольшими объемами образования исследуемого отхода (до 200 т в год) целесообразным является его применение и в качестве добавки к цементным системам и в производстве огнеупоров.

Для проведения экспериментов были выбраны составы с разным соотношением цемента и добавки (алюмосодержащего отхода) и различных значениях водотвердого (В/Т) отношения.

Навеску отхода различной формы зерен (рис. 1, *а*) предварительно высушивали при температуре 105 ± 5 °С, затем измельчали до однородной дисперсности (рис. 1, *б*), полученный порошок использовали в дальнейших экспериментах. Влажность исходного отхода составила 5,2 %.



Рис. 1. Внешний вид алюмосодержащего отхода:
а – в исходном состоянии; *б* – в измельченном состоянии

После тщательного перемешивания цемента и тонкомолотого алюмосодержащего отхода с водой получали однородную смесь тестообразной консистенции. Далее из полученного теста формовались образцы-цилиндры диаметром и высотой 20 мм в количестве 4 шт. Через 24 ч после формования образцы распалубливались, бесцементные образцы высушивались при температуре 105 ± 5 °С до постоянной массы, затем часть из них обжигалась при температуре 1150 °С в течение 8 ч. Образцы с содержанием цемента твердели во влажных условиях в течение 14 суток. Вне зависимости от условий твердения у образцов определяли массу, линейные размеры, разрушающую нагрузку.

Для изучения возможности использования отходов при приготовлении огнеупорных материалов были использованы бесцементные составы с водотвердым отношением, достаточным для получения теста нормальной консистенции. Следует отметить, что при введении добавки алюмосодержащего отхода в состав цементного теста наблюдалось изменение его пластических свойств. Оценка пластических свойств выполнена по ГОСТ 310.3–76 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схваты-

вания и равномерности изменения объема». В качестве контрольного состава было выбрано цементное тесто с водоцементным отношением, равным 0,25, что соответствует его нормальной густоте. Изменение подвижности цементного теста оценивали по погружению пестика прибора Вика. При замене 25 % цемента добавкой оксида алюминия наблюдалось незначительное увеличение подвижности с 33 мм (у контрольного состава) до 36 мм, а также изменение цвета цементного теста. При дальнейшем увеличении соотношения добавки Al_2O_3 к цементу до 1:1 подвижность теста увеличилась значительно – до 40 мм (до соприкосновения пестика с пластиной), на поверхности теста наблюдалось незначительное водоотделение, смесь стала светлее на несколько тонов.

Для определения водотвердого отношения для теста из оксида алюминия также использовали прибор Вика: расход воды подбирали таким образом, чтобы пестик прибора не доходил до дна на 5–7 мм. В результате водотвердое отношение было принято равным 0,13.

У образцов исследуемых составов наблюдались дефекты формования (пористость, трещины, изменение формы и цвета образцов), вызванные недостаточной пластичностью теста (рис. 2, а) или высокой подвижностью смеси (рис. 2, в). При этом образцы с содержанием 50 % измельченного отхода при В/Т, равном 0,25, имели наименьшее количество дефектов (рис. 2, б).

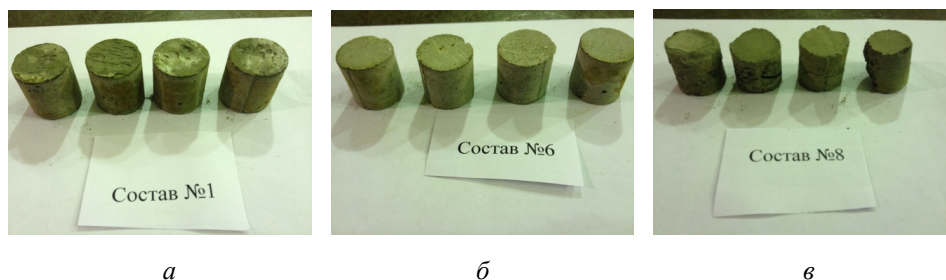


Рис. 2. Внешний вид цементных образцов с различным содержанием отхода:
а – контрольный образец; б – с содержанием 50 % отхода при В/Т = 0,25;
в – с содержанием 25 % отхода при В/Т = 0,5

Бесцементные образцы, в отличие от цементосодержащих, характеризуются небольшой пористостью, очертания формы всех образцов сохранены (рис. 3). Кроме того, у этих образцов наблюдается

изменение цвета от светло-серого (после сушки при температуре 105 °С) до молочного (после обжига при температуре 1150 °С). Определение линейных размеров образцов осуществляли при помощи штангенциркуля с точностью до 0,1 мм, определение массы образцов осуществляли на электронных весах с точностью до 0,01 г.

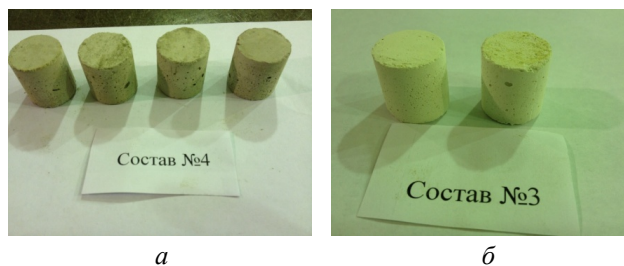


Рис. 3. Внешний вид бесцементных образцов: *а* – после сушки при температуре 105 °С; *б* – после обжига при температуре 1150 °С

Кроме пластифицирующих свойств у образцов определялось изменение прочностных характеристик при введении в цементные системы различного количества алюмосодержащего отхода при водоцементном отношении, равном 0,25 и 0,5 (рис. 4). Разрушающую нагрузку определяли на прессе П-10 в диапазоне измерения нагрузки от 2 до 20 кН. По результатам испытаний отмечен разброс полученных значений предела прочности при сжатии в серии испытаний, при этом в рамках одного состава наблюдается допустимый разброс значений средней плотности. Как видно на рис. 4, при $V/T = 0,25$ замена цемента добавкой оксида алюминия оказывает значительное влияние на прочностные характеристики образцов: при замене 5 % цемента добавкой Al_2O_3 прочность образцов снижается на 16 %, при замене 25 % цемента – на 18,5 %, а при замене 50 % – на 56 % относительно контрольного состава. При увеличении водотвердого отношения до 0,5 все образцы показали низкую прочность, не превышающую 5,5 МПа.

При оценке разрушающей нагрузки образцов цементосодержащих составов (рис. 5, *а*) можно отметить корректность проведения испытаний: разрушение образцов прошло по периметру, раскола центральной части не было. Обратная картина наблюдалась при испытании образцов бесцементных составов (рис. 5, *б*).

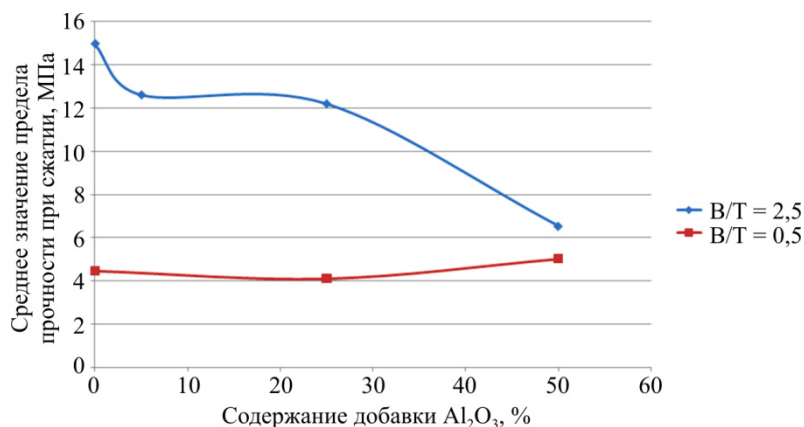


Рис. 4. Изменение прочности цементных образцов в зависимости от содержания отхода при различном водотвердом отношении

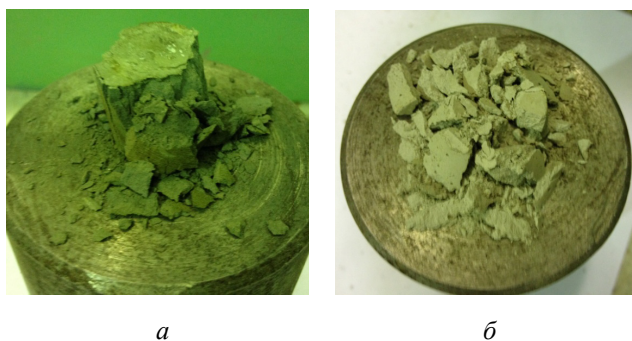


Рис. 5. Характер разрушения образцов различного состава при сжатии: *а* – цементосодержащие образцы; *б* – бесцементные образцы

Высушенные при температуре $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ образцы разрушились полностью, без сохранения сердечника, у разрушенного образца наблюдаются куски разного размера. Это свидетельствует об отсутствии скелета образца, что подтверждает отсутствие каких-либо вяжущих свойств у исследуемой добавки (оксида алюминия). Обжиг образцов при температуре $1150\text{ }^{\circ}\text{C}$ не обеспечил повышения прочности образцов, что указывает на недостаточность температуры для фазовых превращений в алюминатной системе.

По результатам исследований пластических свойств и ряда физико-механических характеристик можно выделить сферы применения отходов с большим содержанием Al_2O_3 в качестве:

- пластифицирующей добавки к цементным системам в производстве готовых бетонных и растворных смесей;

- наполнителя для сухих строительных смесей, при этом количество вводимой алюмосодержащей добавки не должно превышать 15 %.

Учитывая опыт обращения с подобными отходами, можно предположить возможность их использования при производстве керамических и огнеупорных материалов общестроительного и специального назначения.

Выводы. Промышленные отходы с большим содержанием оксида алюминия рассматриваются как высококачественное техногенное минеральное сырье, обладающее материальным потенциалом для вторичного использования. Для некоторых видов алюмосодержащих отходов известны технологии утилизации с использованием в качестве сырья и/или добавок для производства строительных материалов.

Согласно оценке токсичности, основанной на определении класса опасности по результатам биотестирования водной вытяжки отхода, установлен 4-й класс опасности для окружающей среды (малоопасные отходы).

Использование отходов термического уничтожения энергонасыщенных материалов, содержащих оксид алюминия, возможно в качестве пластифицирующей добавки к цементным системам и в качестве наполнителя для сухих строительных смесей. Экономическая целесообразность данного направления использования зависит от объемов образования отхода.

Библиографический список

1. Огрель Л.Д. Алюминийсодержащие отходы как потенциальное сырье для производства промышленной продукции // Экологический вестник России. – 2011. – № 2. – С. 36–40.
2. Тужилин А.С. Физико-химические и технологические исследования комплексной переработки алюминийсодержащих отходов: стружки, шлака, гидроксидного осадка: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2012. – 20 с.
3. Соколова Т.А., Толпешта И.И., Трофимов С.Я. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе. – Тула: Гриф и К, 2012. – 124 с.
4. Русина В.В. Минеральные вяжущие вещества на основе многотоннажных промышленных отходов: учеб. пособие / Брат. гос. ун-т. – Братск, 2007. – 224 с.
5. Боженов П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология. – М: Изд-во АСВ, 1994. – 264 с.

6. Безотходная технология переработки минерального сырья. Системный анализ / Б.Н. Ласкорин, А.А. Барский, В.З. Персиц. – М.: Недра, 1984. – 334 с.
7. Мелешко В.Ю., Краснобаев Ю.Л. Утилизация энергонасыщенных материалов: учеб. / Воен. акад. ракет. войск стратег. назначения им. Петра Великого, 2015. – 368 с.
8. Технологическая схема очистки отходов, образующихся в процессе уничтожения топливных элементов / А.Н. Поник, Н.Ю. Карпова, Г.М. Батракова // Экология и промышленность России. – 2015. – № 7. – С. 32–35.
9. Использование твердых промышленных отходов в производстве материалов строительного назначения / И.Н. Липунов, А.А. Юпатов, В.И. Аликин // Экология и промышленность России. – 2009. – № 1. – С. 19–23.
10. Гамалий Е.А., Боченин Б.В. Применение отходов угледобычи в производстве эффективных стеновых материалов // Academia. Архитектура и строительство. – 2009. – № 5. – С. 570–574.
11. Отходы горнодобывающих предприятий как сырье для получения строительных материалов / Л.И. Худякова, О.В. Войлошников, И.Ю. Котова // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2010. – № 1. – С. 81–84.
12. Мананков А.В., Рахманова И.А. Структура жизненного цикла инноваций производства новых материалов на основе промышленных отходов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2010. – № 1. – С. 143–149.
13. Морозов Н.М., Боровских И.В. Влияние метакаолина на свойства цементных систем // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 3. – С. 127–132.
14. Получение керамического материала из отходов производств без применения традиционного природного сырья / Е.В. Вдовина, А.В. Абдрахимов, Е.С. Абдрахимова, В.З. Абдрахимов // Экология и промышленность России. – 2007. – № 9. – С. 23–25.
15. Критерии отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду: приказ М-ва природных ресурсов России от 04.12.2014 г. № 536. – М., 2014. – 14 с.

References

1. Ogrel' L.D. Alyuminijsoderzhashchie otkhody kak potentsial'noe syr'e dlya proizvodstva promyshlennoj produktsii [The aluminum waste as a potential raw material for industrial production]. *Ekologicheskij vestnik Rossii*, 2011, no. 2, pp. 36–40.
2. Tuzhilin A.S. Fiziko-khimicheskie i tekhnologicheskie issledovaniya kompleksnoj pererabotki alyuminijsoderzhashchikh otkhodov: struzhki, shlaka, gidroksidnogo osadka. Abstract of Ph.D. thesis, 2012. – 20 p.
3. Sokolova T.A., Tolpeshta I.I., Trofimov S.Ya. Pochvennaya kislotnost'. Kislотно-osnovnaya bufernost' pochv. Soedineniya alyuminiya v tvjordoj faze pochvy i v pochvennom rastvore [Soil acidity. Acid-base buffer capacity of soils. Aluminium compounds in the solid phase of the soil and the soil solution]. Tula: Grif i K, 2012. 124 p.
4. Rusina V.V. Mineral'nye vyazhushchie veshchestva na osnove mnogotonnazhnykh promyshlennykh otkhodov [Mineral binders based on tonnage industrial waste]. Bratsk, 2007. 224 p.
5. Bozhenov P.I. Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya i ekologiya [Complex use of mineral resources and the environment]. Moscow: Izd-vo ASV, 1994. 264 p.

6. Laskorin B.N., Barskij A.A., Persits V.Z. Bezotkhodnaya tekhnologiya pererabotki mineral'nogo syr'ya. Sistemnyj analiz [Waste-free technology of mineral processing. System analysis]. Moscow: Nedra, 1984. 334 p.

7. Meleshko V.Yu., Krasnobaev Yu.L. Utilizatsiya energonasyshchennykh materialov [Utilization of energy-materials]. Moscow, 2015. 368 p.

8. Ponik A.N., Karpova N.Yu., Batrakova G.M. Tekhnologicheskaya skhema ochkistki otkhodov, obrazuyushchikhsya v protsesse unichtozheniya toplivnykh elementov [Technological waste treatment scheme, resulting in the destruction of fuel cells]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2015, no. 7, pp. 32–35.

9. Lipunov I.N., Yupatov A.A., Alikin V.I. Ispol'zovanie tverdykh promyshlennykh otkhodov v proizvodstve materialov stroitel'nogo naznacheniya [The use of industrial solid waste in the production of materials for construction application]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2009, no. 1, pp. 19–23.

10. Gamalij E.A., Bochenin B.V. Primenenie otkhodov ugledobychi v proizvodstve effektivnykh stenovykh materialov [The use of coal waste in the production of effective wall materials]. *Akademia. Arkhitektura i stroitel'stvo*, 2009, no. 5, pp. 570–574.

11. Hudyakova L.I., Vojloshnikov O.V., Kotova I.Yu. Otkhody gornodobyvayushchikh predpriyatij kak syr'e dlya polucheniya stroitel'nykh materialov [Mine waste as raw material for building materials]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk*, 2010, no. 1, pp. 81–84.

12. Manankov A.V., Rahmanova I.A. Struktura zhiznennogo tsikla innovatsij proizvodstva novykh materialov na osnove promyshlennykh otkhodov [The structure of the life cycle of innovation of new materials based on industrial waste]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, 2010, no. 1, pp. 143–149.

13. Morozov N.M., Borovskikh I.V. Vliyanie metakaolina na svoystva tsementnykh sistem [Effect of metakaolin on properties of cement systems]. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, 2015, no. 3, pp. 127–132.

14. Vdovina E.V., Abdrakhimov A.V., Abdrakhimova E.S., Abdrakhimov V.Z. Poluchenie keramicheskogo materiala iz otkhodov proizvodstv bez primeneniya traditsionnogo prirodnogo syr'ya [Preparation of the ceramic material from waste plants without the use of traditional natural materials]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2007, no. 9, pp. 23–25.

15. Kriterii otneseniya otkhodov k I-V klassam opasnosti po stepeni negativnogo vozdejstviya na okruzhayushhuyu sredu. Prikaz Ministerstva prirodnykh resursov Rossii. Moscow, 2014. 14 p.

Получено 25.05.2016

N. Karpova, V. Shamanov, G. Batrakova

ESTIMATION OF USING ALUMINUM-CONTAINING WASTES IN PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS

Ecological problems of disposing aluminum-containing waste in the environment are considered in the paper. A great material benefit from waste materials and feasibility of recycling are revealed. For the thermal destruction of waste energy-containing mate-

rials with aluminum oxide, the theoretical principles of recycling mineral waste and experimental studies to evaluate the possibility of using them for production of building materials have been studied. The experimental technique and the results of biological testing of water extraction are specified. Methods of studying plasticity and physical-mechanical properties of samples with aluminum-containing waste. It was found that the waste refers to the ultra-acid one. According to the research it is found that the introduction of aluminum-containing waste contributes to plastification of cement systems, but the strength of cement specimens is reduced in proportion to the content of waste in the mixture. It was shown that the aluminum-containing waste has no independent binding properties when it is dried and burned at a temperature of 1150 °C. It is promising to use waste as a plasticizer to cement systems in production of ready concrete mixtures and mortars, as well as a filler for dry construction mixtures amounting to up to 15%.

Keywords: resource saving, wastes, aluminium oxide, cement, dry mixtures, refractories.

Карпова Надежда Юрьевна (Пермь, Россия) – аспирант, кафедра охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: karpova.nadezhda2010@yandex.ru).

Шаманов Виталий Альбертович (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: vitshamanov@gmail.com).

Батракова Галина Михайловна (Пермь, Россия) – д-р техн. наук, профессор кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29).

Karpova Nadezhda (Perm, Russian Federation) – Assistant of Department of Environmental protection, Perm National Research Polytechnic University (29 Komsomolsky prospekt, Perm, 614990, e-mail: karpova.nadezhda2010@yandex.ru).

Shamanov Vitaliy (Perm, Russian Federation) – PhD in Technical Sciences, Head teacher of Department of Civil Engineering and Material Science, Perm National Research Polytechnic University, Perm (29 Komsomolsky prospekt, Perm, 614990, e-mail: vitshamanov@gmail.com).

Batrakova Galina (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Environmental protection, Perm National Research Polytechnic University (29 Komsomolsky prospekt, Perm, 614990).