

Д. т. н. И. Д. Кашеев, к. т. н. К. Г. Земляной (✉)

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет»,
Екатеринбург, Россия

УДК 669.712:628.4.038

ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТОГО СЫРЬЯ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ И ОГНЕУПОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (Обзор)

Рассмотрены вопросы получения оксида алюминия из техногенных материалов; различия в структуре, составе и свойствах глиноземов, получаемых различными технологическими способами; обеспечения высокоглиноземистыми материалами отечественной керамической, электронной и огнеупорной промышленности.

Ключевые слова: глинозем, выщелачивание, техногенные отходы, сырьевая безопасность.

В современных условиях реализация концепции «Инновации для экономического развития – IFED» все сильнее связана с проблемами комплексной безотходной переработки природных ресурсов и вовлечения многотоннажных промышленных отходов в экологически чистые безотходные инновационные технологии. Количество промышленных отходов за последние столетия растет по экспоненте. В мире ежегодно образуется только твердых техногенных отходов более 25 млрд т. Из этого количества почти третья часть — более 7 млрд т — приходится на Россию. На территории РФ на начало 2017 г. накоплено более 100 млрд т отходов производства и потребления. Площадь, занимаемая местами организованного захоронения отходов, составила более 400 тыс. га [1].

Геоэкологические проблемы техногенных отходов связаны не только с охраной окружающей среды, но и непосредственно с экономическим развитием регионов. Образование отходов служит также показателем нерационального использования природных ресурсов, в то время как запасы многих из них находятся на грани истощения. Поэтому реабилитация промышленных отходов представляется актуальной природно-ресурсной, природоохранительной, геоэкологической и экономической задачей. Утилизация отходов является, с одной стороны, средством повышения эффективности производства и сбере-

жения ресурсов, а с другой — естественным, обязательным условием восстановления равновесия в биосфере, поскольку позволяет снижать нагрузку на экосистемы и повышать их устойчивость.

В России действуют различные федеральные и региональные программы, основной целью которых является обеспечение базовых условий экологически безопасного, устойчивого развития страны через создание нормативной, естественно-научной и технологической базы, т. е. единой государственной политики в сфере обращения с отходами на всех уровнях; обеспечения стабилизации, а в дальнейшем сокращения и ликвидации загрязнения окружающей среды отходами, а также выхода на экономию природных ресурсов за счет максимального вторичного вовлечения отходов в хозяйственный оборот.

Одним из перспективных направлений инновационного процесса является полная переработка промышленных отходов в рамках региональных хозяйственных комплексов. Оно включает извлечение из промышленных отходов дефицитных материалов (чистых оксидов, благородных, цветных, редких, радиоактивных и других элементов) и создание конструкционных и функциональных материалов с высокими эксплуатационными характеристиками взамен природных, традиционных материалов и металлов. Реализация этой стратегии позволит существенно, более чем на 25 %, уменьшить потребление первичных природных ресурсов, а также решить вопросы сырьевой безопасности страны, в том числе и по материалам, критичным для огнеупорной промышленности, — высокоглиноземистым и магнезиальным.

Основными потребителями оксида алюминия являются алюминиевая, абразивная, ог-



К. Г. Земляной

E-mail: kir77766617@yandex.ru

неупорная и керамическая промышленность, в меньших объемах — химическая, стекольная, цементная и другие отрасли. Причем если алюминиевая промышленность нуждается в относительно чистом оксиде (ГОСТ 30558–17 «Глинозем металлургический. Технические условия»), а абразивная промышленность может потреблять оксид алюминия с большим количеством примесей (ГОСТ 30559–98 «Глинозем неметаллургический. Технические условия»), то огнеупорной и керамической промышленности требуется очень чистое сырье — с суммарным содержанием примесей не более 1 мас. % [2, 3]. Получают чистый оксид алюминия в промышленности в основном (до 95 %) по вариантам метода Байера [3, 4] из боксита, алунитов и нефелинов; при этом Россия обеспечена собственными сырьевыми ресурсами для глиноземной промышленности только на половину установленных выпускающих мощностей, до 55 % глинозема Россия импортирует.

Между тем в России существует огромное количество нетрадиционного глиноземистого сырья и алюминийсодержащих отходов различных отраслей промышленности, переработка которых в настоящее время практически не ведется ввиду отсутствия либо нерентабельности технологий утилизации [5, 6]. К самым многотоннажным отходам такого типа относятся красные шламы глиноземного производства, золошлаковые отходы сжигания углей (содержание Al_2O_3 от 15 до 25 мас. %), отработанные катализаторы на основе оксида алюминия (гидрирования нефти, очистки газа от серы, дожигания топлива в автомобилях и т. п. — содержание Al_2O_3 от 60 до 85 мас. %), отходы абразивной промышленности (шламы, пыли, недоплав электрокорунда, бой абразивного инструмента — содержание Al_2O_3 до 90 мас. %), шлаки производства вторичного алюминия (содержание Al_2O_3 до 70 мас. %) и алюмотермического производства редких и тугоплавких металлов (содержание Al_2O_3 до 95 мас. %). Еще одним видом не используемого для получения чистого оксида алюминия высокоглиноземистого сырья являются природные силикаты глинозема (андалузит, кианит, силлиманит), каолины и глины. К этой же категории можно отнести глиноземистые и высокоглиноземистые шлаки черной металлургии, но они, как правило, полностью перерабатываются промышленностью строительных материалов на минеральное волокно, портландцемент, глиноземистый цемент и др.

При производстве глинозема по методу Байера / Байера-спекание в качестве отхода производства образуется красный шлам (red mud) — тонкодисперсный жидкопластичный материал, содержащий гидратные щелочи (до 10–15 мас. %), оксиды железа (до 55 мас. %), кремния (до 20 мас. %), алюминия (до 15 мас. %) и кальция (до

20 мас. %), а также редкие и рассеянные элементы. В настоящее время из-за отсутствия эффективных технологий переработки и политики ПАО «Русал» основная масса красных шламов складывается в специальных шламохранилищах, которые отрицательно воздействуют на окружающую среду и экономику предприятий. В России красных шламов накопилось более 600 млн т с ежегодным пополнением в объеме порядка 6 млн т. Это обуславливает высокую актуальность проблемы создания экономически эффективной технологии утилизации красных шламов, над которой в настоящее время работают многие научно-исследовательские и производственные коллективы [7–15].

Кроме красных шламов в России происходит ускоряющееся накопление золошлаковых отходов от сжигания твердого топлива [16] в объеме более 60 млн т/год [17, 18] с общими запасами порядка нескольких миллиардов тонн. Химический состав золошлаковых отходов сильно меняется в зависимости от вида сжигаемого угля, но в среднем колеблется в следующих пределах, мас. %: Al_2O_3 от 10 до 30, SiO_2 от 20 до 65, $(FeO + Fe_2O_3)$ от 4 до 20, CaO от 2 до 50, R_2O от 1 до 10 [19]. Существует большое количество публикаций и патентов, описывающих процессы утилизации золошлаковых отходов в различных отраслях промышленности [20–26], но реальные многотоннажные способы переработки сводятся к выделению из золы алюмосиликатных микросфер [27, 28], использованию золы в составе шихт для производства портландцемента и газобетона [29], в дорожном строительстве [30] с общей долей утилизации до 10 мас. % вновь образующегося объема отходов [31]. Имеются публикации о возможности получения глинозема и/или кремнезема из золошлаковых отходов [32–35], но до реального воплощения такие технологии доведены в настоящее время только в КНР [36, 37].

Относительно малотоннажными (до десятков тысяч тонн) являются техногенные месторождения отработанных катализаторов на основе оксида алюминия, отходов абразивной промышленности, отходов (шлаков) алюмотермического производства с содержанием Al_2O_3 от 60 до 95 мас. %, которые в настоящее время частично перерабатываются на строительные материалы [38, 39], шлакообразующие смеси для черной металлургии [40, 41], керамические, огнеупорные и жаростойкие материалы [42–46].

Еще одним источником высокоглиноземистых материалов может служить природное небокситовое сырье — кианиты, андалузиты, силлиманиты, каолины, глины, добыча и переработка которых в настоящее время ведутся в интересах керамической, огнеупорной, химической и целлюлозно-бумажной промышленности. Представительная информация о состоянии минерально-сырьевой базы высокоглиноземистых минералов в целом

по миру и отдельным странам недостаточна. По имеющимся данным [47], значительными запасами обладают США, ЮАР и Новая Гвинея. В ЮАР запасы алюмосиликатных руд (андалузит и силлиманит) оцениваются в 51 млн т. Мировое рудничное производство кианита, андалузита и силлиманита оценивалось в 355 тыс. т в год. Основными импортерами являются ЮАР, США, Франция, Индия, а также Китай, Австралия, Бразилия, Испания, Зимбабве и др.

В России добыча и производство высокоглиноземистых небокситовых минералов в промышленных масштабах осуществляется только Пикалевским комплексом для производства глинозема, цемента и химической продукции, хотя по их запасам Россия занимает одно из первых мест в мире. Изучение процессов переработки такого сырья интенсивно проводилось в 30–50-е годы прошлого столетия, когда были разведаны крупные запасы в Мурманской области, Республике Карелия и в Сибири. Территориальное распределение запасов крайне неравномерно, подавляющий их объем, учитываемый госбалансом и представленный кианитом, сосредоточен в Северо-Западном регионе (99,4 %), в том числе в Мурманской области (99 %) и Республике Карелия (0,4 %); остальные (0,6 %) в Восточно-Сибирском регионе (Республика Бурятия) представлены силлиманитом. Подготовленность к промышленному освоению этих месторождений очень слабая. Это связано с тем, что основной объем запасов находится в сложных транспортно-экономических условиях и освоение требует значительных инвестиций. В результате доля производимых высокоглиноземистых керамических и огнеупорных материалов в России составляет всего 2,5 %, а основным сырьем для их производства остаются дорогостоящий и нетехнологичный технический (металлургический) глинозем, получаемый из бокситов, высокоглиноземистое сырье, импортируемое, как правило, из КНР, и синтетические специальные виды глинозема, импортируемые из КНР, США и Европы. Потребность керамической и огнеупорной отраслей России в чистом высокоглиноземистом сырье при благоприятных экономических условиях и развитии металлургии, керамической, электротехнической и электронной промышленности может достигнуть 550–600 тыс. т /год.

Таким образом, решение задачи экологического оздоровления окружающей среды на урбанизированных территориях России может одновременно помочь решить проблему сырьевой безопасности сразу нескольких структурообразующих отраслей промышленности в части обеспечения специальными видами оксида алюминия.

Нетехнологичность технического (металлургического) глинозема в керамической и огнеупорной промышленности связана с его составом

и структурой, обусловленными технологией получения:

- наличием остатков щелочей (до 0,5 мас. %) как следствие байеровского процесса выщелачивания;

- сферолитной формой частиц, обусловленной действием остатков щелочей на частицы Al_2O_3 в процессе кальцинации гидроксида алюминия;

- содержанием как α - (до 20 мас. %), так и γ -форм оксида алюминия.

Эти особенности состава и структуры являются положительными для электролитического процесса получения металлического алюминия (сферолитная форма обеспечивает текучесть и неслеживаемость материала; наличие щелочей неважно, поскольку в процессе электролиза в ванну вводятся галоидные соли (Na_2Cl , K_2Cl) для обеспечения электропроводности; небольшое количество более совершенной α -формы способствует более быстрому восстановлению металла), но для процессов получения практически всех видов керамики и огнеупоров (кроме электроплавящихся глиноземсодержащих материалов) эти особенности отрицательно воздействуют на технологию и экономику производства:

- наличие щелочей обуславливает появление в системе жидкой фазы, способствующей, в свою очередь, образованию крупнокристаллической менее прочной и более электропроводной структуры;

- сферолитная форма не позволяет частицам эффективно спекаться и требует ее разрушения, как правило механическим помолем, что связано как с значительными энергозатратами, так и с загрязнением материала намолем мелющих тел и футеровки измельчающих аппаратов. При этом возможны два варианта технологии: либо помол в аппаратах с керамической (корундовой, бадделеитовой) футеровкой и керамическими (корундовыми, бадделеитовыми) мелющими телами, но из-за малой разности в плотности мелющих тел и измельчаемого материала такой помол длительный, связан с большими энергозатратами и не избавляет от намолы мелющих тел / футеровки, т. е. загрязнения материала, либо помол в аппаратах с металлической футеровкой и металлическими мелющими телами, который может происходить быстро и эффективно, но связан с загрязнением материала металлом и требует удаления его отмагничиванием и отмывкой в слабой соляной кислоте, что, в свою очередь, связано с большим количеством оборотной промывной воды и энергозатратами;

- наличие γ -формы оксида алюминия требует ее предварительного перевода в α -форму, поскольку этот переход происходит с существенным уменьшением объема кристаллической решетки (на 8–13 %), что, в свою очередь, приводит к существенной линейной усадке об-

жигаемого материала (до 20 %) и не позволяет получать изделия правильных геометрических размеров и без трещин в один обжиг.

Таким образом, использование технического (металлургического) глинозема в керамической (электрокерамической, электронной) и огнеупорной промышленности требует его предварительного помола, химической очистки от щелочей и продуктов намола и высокотемпературного обжига (1400–1450 °С) для перевода в высокотемпературную α -форму. Все эти операции повышают стоимость глинозема в переделах в 2–3 раза и обуславливают высокую себестоимость высокоглиноземистых керамических и огнеупорных материалов и изделий.

Избавиться от «родовых» особенностей состава и структуры глинозема, полученного вариантами схемы Байера / Байера-спекание, можно использованием комплексных щелочно-кислотных способов переработки исходного алюмосодержащего сырья [48–51] и «кислых» способов, основанных на выщелачивании катиона алюминия из исходных минералов растворами минеральных кислот или кислых солей [52–65]. К основным преимуществам этих методов относятся:

- отсутствие технологически сложных и энергоемких переделов подготовки сырья к переработке;
- снижение требований к качеству исходного сырья, возможность расширения сырьевой базы за счет вовлечения в производство высококремнистых материалов и материалов с относительно малым содержанием оксида алюминия, в том числе техногенных;
- уменьшение количества и объема материальных потоков и, соответственно, энергетических затрат;
- улучшение фильтруемости растворов вследствие отсутствия в технологии гелеобразных кремнийсодержащих продуктов;
- расширение ассортимента выпускаемой продукции за счет полупродуктов — кислых солей алюминия, бесщелочного гидроксида алюминия, а также кеков выщелачивания и чистых продуктов дробного осаждения (чистых гидроксида / оксида железа, диоксида кремния);
- возможности регенерации большей части используемого реагента;
- уменьшение объема отходов производства вплоть до полностью замкнутого технологического цикла и снижения техногенной нагрузки на окружающую среду;
- отсутствие в конечном продукте (оксиде алюминия) щелочей;
- возможность регулировать фазовый состав оксида алюминия в широких пределах температурой и временем конечной термообработки (кальцинации).

Несмотря на внушительный список преимуществ и большое количество научных и техноло-

гических работ по кислым способам переработки природных и техногенных глиноземосодержащих материалов, в настоящее время действующих промышленных технологий в РФ не существует. Это связано как с объективными, так и с субъективными причинами.

К объективным причинам следует отнести:

- относительно небольшой (в натуральном выражении) рынок специальных видов глинозема в России и доступность зарубежных источников как по технической возможности, так и по финансовым условиям;
- более дорогие реагенты (кислоты, кислые соли);
- более дорогое оборудования для процесса (кислотостойкое исполнение практически всех аппаратов и магистралей);
- трудность разделения 3-валентных катионов в растворе (Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+});
- большое число циклов отмывки осадков и большое количество оборотных промывных вод, требующих концентрирования основного реагента для возвращения в технологию;
- риски выбросов реагентов / рабочих растворов / рабочих газов в процессе производства.

К субъективным причинам относятся:

- отсутствие понимания разницы в структуре и свойствах глиноземов, полученных по щелочной и кислой технологиям, и возможности / эффективности их применения в различных технологических процессах в качестве сырья;
- отсутствие экономической необходимости у производителей глинозема в замене существующих или реализации новых технологий ради небольшого рынка;
- большое число разнообразных научных и научно-технологических исследований по небайеровским схемам получения глинозема и отсутствие единого мнения в научно-технологическом сообществе об оптимальной схеме получения глинозема нещелочным методом;
- отсутствие действующих производств и неуверенность инвесторов / руководителей предприятий в технологической состоятельности и эффективности отечественных нетрадиционных способов получения оксида алюминия;
- отсутствие интереса как у государственных, так и у частных венчурных компаний и грантодержателей к теме обеспечения сырьевой независимости промышленности Российской Федерации по целому ряду направлений, в том числе и по специальным видам глинозема для керамической, электронной и огнеупорной промышленности.

Таким образом, вопрос об обеспечении целого ряда отраслей отечественной промышленности (керамической, электротехнической, электронной, огнеупорной) специальными видами глинозема, позволяющими производить продукцию на современном уровне, до сих пор остается открытым.

Библиографический список

1. Государственные доклады об охране и о состоянии окружающей среды Российской Федерации. [Электронный ресурс]. — Режим доступа <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1101> (дата обращения 28.02.2017).
2. **Кумачева, С. А.** Характеристики исходных материалов для получения корундовых подложек методом пленочного литья / С. А. Кумачева, П. М. Плетнев // Эффективные рецептуры и технологии в строительном материаловедении : сб. Междунар. науч.-техн. конф. / Новосиб. гос. аграрный ун-т. — Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 2017. — С. 84–88.
3. **Арлюк, Б. И.** Комплексная переработка щелочного алюминийсодержащего сырья / Б. И. Арлюк, Ю. А. Лайнер, А. И. Пивнев. — М. : Металлургия, 1994. — 384 с.
4. **Одокий, Б. Н.** Минерально-сырьевая база алюминиевой промышленности мира / Б. Н. Одокий, Т. С. Остроумова, А. Ю. Меньшин // Минеральное сырье, серия геолого-экономическая, № 11. — М. : ВИМС, 2001. — 106 с.
5. **Перепелицын, В. А.** Техногенное минеральное сырье Урала / В. А. Перепелицын, В. М. Рытвин, В. А. Коротеев [и др.]. — Екатеринбург : РИО УрО РАН, 2013. — 332 с.
6. **Склярова, Г. Ф.** Альтернативные виды нетрадиционного огнеупорного сырья на территории Дальнего Востока / Г. Ф. Склярова // Новые огнеупоры. — 2014. — № 1. — С. 6–13.
7. **Распопов, Н. А.** Восстановление оксидов железа при пирометаллургической переработке красных шламов / Н. А. Распопов, В. П. Корнеев, В. В. Аверин [и др.] // Металлы. — 2013. — № 1. — С. 41–45.
8. **Сизяков, В. М.** Подготовка бокситов для изучения возможности переработки красных шламов для использования в черной металлургии / В. М. Сизяков, О. А. Дубовиков, Н. В. Николаева, М. Г. Яковлев // Цветные металлы. — 2013. — № 2 (842). — С. 57–62.
9. **Утков, В. А.** Теория и практика переработки красных шламов / В. А. Утков // Техника и технология. — 2012. — № 3. — С. 56, 57.
10. **Романец, В. А.** Утилизация красных шламов алюминиевой промышленности процессом Ромелт / В. А. Романец, В. С. Валавин, Ю. В. Похвиснев [и др.] // Цветные металлы. — 2011. — № 7. — С. 39–44.
11. **Тантуров, И. Н.** Совместное водное выщелачивание красного шлама и замасленной окалины / И. Н. Тантуров, М. Н. Свиридова, В. В. Кашин, А. Н. Савеня // Изв. вузов. Цветная металлургия. — 2012. — № 3. — С. 20–25.
12. **Сальникова, Е. В.** Извлечение суммы редкоземельных элементов методом комплексной обработки отходов глиноземных производств Уральского алюминиевого завода / Е. В. Сальникова, Т. М. Достова // Вестник Оренбург. гос. ун-та. — 2011. — № 12 (131). — С. 390–392.
13. **Газалеев, Г. И.** Влияние вещественного состава красных шламов на технологические показатели их обогащения / Г. И. Газалеев, С. Л. Орлов, Н. А. Сопина [и др.] // Цветные металлы-2012 : сб. науч. статей. — Красногорск : Версо, 2012. — С. 267–271.
14. **Панов, А. А.** Состояние и перспективы развития кислотных способов получения глинозема / А. А. Панов, А. С. Сенюта, А. Г. Сусс, Ю. А. Лайнер // Цветные металлы-2012 : сб. науч. статей. — Красногорск : Версо, 2012. — С. 272–277.
15. **Леонтьев, Л. И.** Пирометаллургическая схема комплексной переработки красных шламов с получением сырья для черной металлургии / Л. И. Леонтьев, О. Ю. Шешуков, Г. Н. Кожневиков [и др.] // Черная металлургия. — 2013. — № 7. — С. 71–73.
16. **Новоселова, О. А.** Образование и накопление золошлаковых отходов на тепловых угольных электростанциях в Российской Федерации / О. А. Новоселова, Ю. К. Целыковский // ALITInform: Цемент. Бетон. Сушильные смеси. — 2013. — № 1 (28). — С. 68–79.
17. **Владимирова, Е. А.** Перспективы использования зол и шлаков ТЭС Свердловской области / Е. А. Владимирова, В. М. Уфимцев // Проблемы экологии и охраны окружающей среды. — Екатеринбург : УПИ, 1996. — С. 15, 16.
18. **Бирюков, В. В.** Эффективные направления крупномасштабного использования золошлаковых отходов / В. В. Бирюков, С. Е. Метелев, В. В. Сиротюк, В. Р. Шевцов // Сибирский торгово-экономический журнал. — 2008. — № 7. — С. 66–70.
19. **Сайбулатов, С. Ж.** Ресурсосберегающая технология керамического кирпича на основе зол ТЭС / С. Ж. Сайбулатов. — М. : Стройиздат, 1990. — 248 с.
20. **Комков, А. А.** Пирометаллургическая технология как эффективный способ утилизации золошлаковых отходов и безотходного сжигания различных типов твердого топлива / А. А. Комков, А. В. Баласанов, Л. И. Дитятковский [и др.] // Уголь. — 2013. — № 9 (1050). — С. 65–70.
21. **Колмогорцев, Б. В.** К вопросу переработки и утилизации золошлаковых отходов / Б. В. Колмогорцев // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. — 2013. — № 3. — С. 2–16.
22. **Волокитин, Г. Г.** Технология получения минеральных волокон путем утилизации золошлаковых отходов и отходов горючих сланцев / Г. Г. Волокитин, Н. К. Скрипникова, О. Г. Волокитин, С. Волланд // Стекло и керамика. — 2011. — № 8. — С. 3–5.
23. **Денисов, В. В.** Использование золошлаковых отходов в мелиоративном и водохозяйственном строительстве / В. В. Денисов, А. М. Васильев // Мелиорация и водное хозяйство. — 2013. — № 3. — С. 44–46.
24. **Целыковский, Ю. К.** Организация при угольных ТЭС производства безобжигового зольного песка — эффективное направление расширения использования золошлаковых отходов ТЭС России / Ю. К. Целыковский, Л. Ю. Ерихемзон // Энергетик. — 2013. — № 8. — С. 26–28.
25. **Васильев, А. М.** Перспективные направления утилизации крупнотоннажных отходов энергетических предприятий и углеобогачительных фабрик / А. М. Васильев, В. В. Денисов // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Сер. Технические науки. — 2012. — № 2. — С. 105–108.
26. **Седых, В. И.** Выплавка чугуна из золошлаковых отходов ТЭС и отходов алюминиевого производства / В. И. Седых, С. А. Соболев, В. В. Власова // Вестник Иркут. гос. техн. ун-та. — 2007. — Т. 29, № 1. — С. 6–9.
27. Пат. 2225475 Российская Федерация. Способ улавливания с поверхности водоема плавающих по-

- рых зольных микросфер и устройство для его осуществления / Струков А. С., Еремин К. В. ; заявл. 11.06.02 ; опубл. 10.03.04.
28. **Самороков, В. Э.** Использование микросфер в композиционных материалах / В. Э. Самароков, Е. В. Зелинская // Вестник Иркут. гос. техн. ун-та. — 2012. — Т. 68, № 9. — С. 201–205.
29. **Деева, А. С.** Исследование применимости отходов топливно-энергетического комплекса при производстве цемента / А. С. Деева, Е. С. Чиканова // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Сер. Технические науки. — 2013. — № 2 (171). — С. 86–89.
30. **Жуков, С. В.** Зола в дорожном строительстве / С. В. Жуков, М. А. Ращупкина // Ориентированные фундаментальные исследования — основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России : Мат-лы 66-й Междунар. науч.-практ. конф. ФГБОУ ВПО СибАДИ. — Омск : Сибирская гос. автомобильно-дорожная академия, 2012. — С. 214–216.
31. **Борисенко, Л. Ф.** Перспективы использования золы угольных тепловых электростанций / Л. Ф. Борисенко, Л. М. Делицын, А. С. Власов. — М. : Геоинформарк, 2001. — 68 с.
32. **Пат. 2200708 Российская Федерация.** Способ получения глинозема / Лупин В. В., Козлов Б. В. — № 20001177001/12 ; заявл. 04.07.2000 ; опубл. 20.03.03.
33. **Пат. 2389682 Российская Федерация.** Способ восстановления кремнезема и глинозема из летучей угольной золы / Цзиньгуо К., Сонгквинг Г. — № 2007/00247520070816 ; заявл. 16.08.07 ; опубл. 20.05.10.
34. **Пат. 2261841 Российская Федерация.** Способ гидрохимического получения высокодисперсного диоксида кремния из техногенного кремнийсодержащего сырья / Борбат В. Ф., Адеева Л. Н., Михайлов Ю. Л., Чариков Э. О., Пашков Г. Л., Аншиц А. Г. — 2004109475/15 ; заявл. 29.03.04 ; опубл. 10.10.05.
35. **Патент 98113521 Российская Федерация.** Способ выделения глинозема и кремнезема / Нехари Ш., Горин Ч., Лин И., Беркович А. — № 98113521 ; заявл. 15.07.98 ; опубл. 20.06.2000.
36. Ноу-хау: угольная зола навсегда решит проблему источников глинозема для Китая [Электронный ресурс] Ukrbascompany: 10.02.2011/ Режим доступа: http://ukrbascompany.at.ua/news/10_02_2011_nou_khau_ugolnaja_zola_navsegda_reshit_problemu_istochnikov_glinozema_dlja_kitaja/2011-02-10-729.
37. Китай добился успеха в производстве глинозема из угольной золы [Электронный ресурс], информационно-аналитический центр «МИНЕРАЛ», 2014. — Режим доступа: <http://www.mineral.ru/News/35022.html>.
38. **Кулявцев, И. Ю.** Разработка составов строительных композитов различного функционального назначения с использованием абразивных и полимерных обходов : дис. ... канд. техн. наук / И. Ю. Кулявцев. — Волгоград, 2007.
39. **БUTOVский, М. Э.** Отходы абразивного производства и их утилизация / М. Э. БУТОВский // Станки и инструменты. — 2009. — № 12. — С. 29–33.
40. **Ушеров, А. И.** Брикеты из активизированных отходов производства вторичного алюминия для металлургического использования / А. И. Ушеров, В. И. Шишкин, И. В. Шишкин // Энерго- и ресурсосбережение в производстве цемента и других вяжущих материалов : сб. докл. междунар. конф. — Белгород : БелГТАСМ, 1997. — Ч. 1. — С. 162, 163.
41. **Пат. 2092589 Российская Федерация.** Способ производства брикетов из алюмосодержащего материала / Ушеров А. И., Ишметьев Е. Н., Шишкин В. И., Шишкин И. В., Глызин А. В., Головатин Н. Г., Мальцев А. А., Никитин Ю. С. — № 94017328/02 ; заявл. 11.05.94 ; опубл. 10.10.97, Бюл. № 28.
42. **Саркисов, П. Д.** Отходы различных производств — сырье для получения строительных материалов / П. Д. Саркисов // Экология и промышленность России. — 2001. — № 3. — С. 4–7.
43. **Абдрахимова, Е. С.** Использование отходов цветной металлургии в производстве керамических материалов / Е. С. Абдрахимова, В. З. Абдрахимов // Огнеупоры и техническая керамика. — 2005. — № 12. — С. 35–42.
44. **Чусовитина, Т. В.** Отходы металлургической промышленности — сырье для производства огнеупоров / Т. В. Чусовитина, И. И. Овчинников, Н. А. Сизова [и др.] // Огнеупоры. — 1992. — № 2. — С. 23–25.
45. **Пат. 2163227 Российская Федерация.** Способ изготовления керамических изделий из алюминиевых шлаков / Плинер С. Ю., Шмотьев С. Ф. — № 2000117955/03 ; заявл. 11.07.2000 ; опубл. 20.07.01, Бюл. № 7.
46. **Перепелицын, В. А.** Минеральный состав и применение высокоглиноземистого техногенного сырья / В. А. Перепелицын, В. А. Коротеев, В. М. Рытвин, В. Г. Григорьев // Труды Института геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого. — 2011. — № 158. — С. 173–178.
47. Industrial Minerals. — 1995–2002, Mineral Commodity Summaries, U.S. Department of the interior, U.S. geological Survey. — 2000–2003.
48. **Иванов, М. А.** Разработка комплексной технологии получения глинозема из российского низкокачественного высококремнистого сырья / М. А. Иванов // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. — 2016. — № 3 (25). — С. 28–31.
49. **Сагарунян, С. А.** Исследование процессов и разработка технологии комплексной переработки перлитов / С. А. Сагарунян, И. М. Макарян, А. Г. Арустамян [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. — 2015. — № 5 (31). — С. 91–93.
50. **Khaitan, S.** Chemistry of the acid neutralization capacity of bauxite residue / S. Khaitan, D. A. Dzombak, G. V. Lowry // Environmental Engineering Science. — 2009. — Vol. 26, № 5. — P. 873–881.
51. **Yinglong, S.** Recovery of alumina from coal fly ash by CaCl₂ calcination followed by H₂SO₄ leaching / S. Yinglong, L. Zhenkai, S. Fangyan [et al.] // Environmental & Analytical Toxicology. — 2017. — Vol. 7, № 1. — P. 1–6.
52. **Шварцман, Б. Х.** Кислотные методы переработки глиноземсодержащего сырья / Б. Х. Шварцман. — М. : Цветметинформация, 1964. — 83 с.
53. **Лайнер, Ю. А.** Комплексная переработка алюминийсодержащего сырья кислотными способами / Ю. А. Лайнер. — М. : Наука, 1982. — 208 с.
54. **Лайнер, Ю. А.** Научные основы и технологии комплексной переработки алюминийсодержащего сырья нетрадиционными способами. Актуальные научно-

технические проблемы алюминиевой промышленности России / Ю. А. Лайнер, А. С. Тужилин, С. П. Перевода // РАН-ОАО «Русский алюминий». Выпуск второй. — М., 2003. — С. 103–120.

55. **Панов, А. В.** Состояние и перспективы развития кислотных способов получения глинозема / А. В. Панов, А. С. Сенюта, А. Г. Суус, Ю. А. Лайнер // Цветные металлы-2012 : сб. науч. статей. — Красноярск : Версо, 2012. — С. 272–277.

56. **Романов, Л. Г.** Кислотная переработка экибастузских золошлаков / Л. Г. Романов, С. С. Нуркеев. — Алма-Ата : Наука, 1986. — 213 с.

57. **Лайнер, Ю. А.** Теория и технология гидрометаллургических способов переработки алюминийсодержащего сырья / Ю. А. Лайнер // Сб. тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Металлургия цветных металлов. Проблемы и перспективы». Москва, 16–18 февраля 2009 г. — М. : МИСиС. — С. 132, 133.

58. **Jian, Ding.** Research and industrialization progress of recovering alumina from fly ash: a concise review / Ding Jian, Ma Shuhua, Shen Shirley [et al.] // Waste Management. — 2017. — Vol. 60. — P. 375–387.

59. **Weissenbaeck, H.** Development of chloride based metal extraction techniques / H. Weissenbaeck, B. Nowak, D. Vogl, H. Krenn // Advancements and setbacks : proceedings of nickel-cobalt-copper conference of ALTA-2013, 29 May – 1 June, 2013. Perth: WA. Melbourne. — Australia. — P. 360–362.

60. **Numluk, P.** Sulfuric acid and ammonium sulfate leaching 10 of alumina from lampang clay / P. Numluk, A. Chaisena // E-Journal of Chemistry. — 2012. — Vol. 9, № 3. — P. 1364–1372.

61. **Van der Merwe, E. M.** Ammonium sulphate and/or ammonium bisulphate as extracting agents for the recovery of aluminium from ultrafine coal fly ash / E. M. Van der Merwe, C. L. Gray, B. A. Castleman [et al.] // Hydrometallurgy. — 2017. — Vol. 171. — P. 185–190.

62. **Ding, Jian.** Research and industrialization progress of recovering alumina from fly ash: A concise review / Jian Ding, Shuhua Ma, Shirley Shen [et al.] // Waste Manag. — 2017. — Vol. 60. — P. 375–387.

63. **Dehua, Xu.** A new process of extracting alumina from high-alumina coal fly ash in $\text{NH}_4\text{HSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ mixed solution / Xu Dehua, Li Huiquan, Bao Weijun, Wang Chenye // Hydrometallurgy. — 2016. — Vol. 165. — P. 336–344.

64. **Van der Merwe, E. M.** Ammonium sulphate and/or ammonium bisulphate as extracting agents for the recovery of aluminium from ultrafine coal fly ash / E. M. Van der Merwe, C. L. Gray, B. A. Castleman [et al.] // Hydrometallurgy. — 2017. — Vol. 171. — P. 185–190.

65. **Кащеев, И. Д.** Новые возможности кислотного способа получения оксида алюминия / И. Д. Кащеев, К. Г. Земляной, А. В. Доронин, Е. Ю. Козловских // Новые огнеупоры. — 2014. — № 4. — С. 6–12.

Kashcheev, I. D. New possibilities for an acid method of preparing aluminum oxide / I. D. Kashcheev, K. G. Zemlyanoi, A. V. Doronin, E. Yu. Kozlovskikh // Refract. Ind. Ceram. — 2014. — Vol. 55, № 2. — P. 87–92. ■

Получено 13.11.18.

© И. Д. Кащеев,

К. Г. Земляной, 2019 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

10TH ADVANCES IN CEMENT-BASED MATERIALS

16–18 июня 2019 г.

Университет шт. Иллинойс,
г. Урбана-Шампейн, США

ceramics.org/cements2019



10-е совещание «Достижения в области материалов на основе цемента»

Техническая программа

- Аддитивное производство с использованием цементных материалов
- Химия, обработка и гидратация цемента
- Наука вычислительных материалов
- Моделирование долговечности и срока службы
- Методы исследования и характеристики материалов
- Реология
- «Умные» материалы и датчики
- Дополнительные и альтернативные цементные материалы
- Нанотехнологии в цементных материалах
- Неразрушающий контроль