



Д. Т. Н. И. Д. Кашеев¹, К. Г. Земляной¹ (✉), А. В. Доронин²,
Е. Ю. Козловских²

¹ ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет», г. Екатеринбург, Россия

² ООО «Промышленная инновация», г. Екатеринбург, Россия

УДК 669.712.2:666.762.1

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КИСЛОТНОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ*

Предложен эффективный способ переработки комплексных глиноземсодержащих материалов природного или техногенного происхождения с получением бесщелочного высокоактивного гидроксида алюминия в качестве сырья для производства высокоглиноземистых материалов, как традиционных — технического глинозема, высокоглиноземистого шамота, плавленного корунда или муллита, так и других видов глинозема.

Ключевые слова: нетрадиционное огнеупорное сырье, техногенные материалы, гидрохимическая переработка, гидросульфат аммония, экологичность, эффективность.

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 сто лет 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 2013 г. накоплено более 90 млрд т отходов производства и потребления. Площадь, занимаемая местами организованного захоронения отходов, составила более 400 тыс. га.

Геоэкологические проблемы техногенных отходов связаны не только с охраной окружающей среды, но и 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. Реабилитация промышленных отходов представляется актуальной природно-ресурсной, природоохранительной, геоэкологической и экономической задачей. Утилизация отходов является, с одной стороны, средством повышения эффективности производства и сбережения 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, основная цель которых — 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; обеспечение 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.

Одно из перспективных направлений инновационного процесса — полная переработка промышленных отходов в рамках региональных хозяйственных комплексов. Предусматривается извлечение из промышленных отходов дефицитных материалов (чистых оксидов, благородных, цветных, редких, радиоактивных и других элементов) и создание конструкционных и функциональных материалов с высокими эксплуатационными свойствами 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 магnezальным.

Основные потребители оксида алюминия — алюминиевая, абразивная, огнеупорная и керамическая отрасли промышленности, в меньших объемах — химическая, стекольная, цементная и другие отрасли. Причем если алюминиевая про-

* По материалам Международной конференции огнеупорщиков и металлургов (3–4 апреля 2014 г., Москва).



К. Г. Земляной
E-mail: kir77766617@yandex.ru

мышленность нуждается в относительно чистом оксиде (ГОСТ 30558–98 «Глинозем металлургический. Технические условия»), 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. %.

Чистый оксид алюминия получают в промышленности в основном (до 95 %) по вариантам метода Байера [1, 2] 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 из-за отсутствия или нерентабельности технологий утилизации [3, 4]. К самым многотоннажным отходам такого типа относятся красные шламы глиноземного производства, золошлаковые отходы сжигания углей (от 15 до 25 мас. % Al_2O_3), отработанные катализаторы на основе оксида алюминия (гидрирования нефти, очистки газа от серы, дожигания топлива в автомобилях и др. — от 60 до 85 мас. % Al_2O_3), отходы абразивной промышленности (шламы, пыли, недоплав электрокорунда, бой абразивного инструмента — до 90 мас. % Al_2O_3), шлаки производства вторичного алюминия (до 70 мас. % Al_2O_3) и алюмотермического производства редких и тугоплавких металлов (до 95 мас. % Al_2O_3).

Еще одним видом не используемого для получения чистого оксида алюминия высокоглиноземистого сырья являются природные силикаты глинозема (андалузит, кианит, силлиманит), каолины и глины. К этой категории можно отнести также глиноземистые и высокоглиноземистые шлаки черной металлургии, но они, как правило, полностью перерабатываются промышленностью строительных материалов на минеральное волокно, портландцемент, глиноземистый цемент и другие продукты.

При производстве глинозема по методу Байера (Байер-спекание) в качестве отхода производства образуется красный шлам (red mud) — тонкодисперсный жидкопластичный материал, который содержит, мас. %: гидратные щелочи до 15, оксиды железа до 55, кремния до 20, алюминия до 15 и кальция до 20, а также редкие и рассеянные элементы. В настоящее время из-за отсутствия эффективных технологий переработки основная масса красных шламов складывается в специальных шламохранилищах, что оказыва-

ет отрицательное воздействие на окружающую среду и экономику предприятий. В России красных шламов накопилось более 600 млн т с ежегодным пополнением в объеме около 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 [5–13].

Кроме красных шламов, в России происходит ускоряющееся накопление золошлаковых отходов от сжигания твердого топлива [14] в объемах более 60 млн т в год [15, 16] с общими запасами около нескольких млрд т. Химический состав золошлаковых отходов меняется в значительной мере в зависимости от вида сжигаемого угля, но в среднем колеблется в пределах, мас. %: Al_2O_3 10–30, SiO_2 20–65, $FeO + Fe_2O_3$ 4–20, CaO 2–50, R_2O 1–10 [17]. Существует большое количество публикаций и патентов, описывающих процессы утилизации золошлаковых отходов в различных отраслях промышленности [18–24], но реальные многотоннажные способы переработки сводятся к выделению из золы алюмосиликатных микросфер [25, 26], использованию золы в составе шихт для производства портландцемента и газобетона [27], в дорожном строительстве [28] с общей долей утилизации до 10 мас. % вновь образующегося объема отходов [29]. Имеются публикации о возможности получения глинозема и (или) кремнезема из золошлаковых отходов [30–33], но до реального воплощения такие технологии доведены в настоящее время только в КНР [34, 35].

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 [36, 37], шлакообразующие смеси для черной металлургии [38, 39], керамические, огнеупорные и жаростойкие материалы [40–44].

Добыча и переработка природного глиноземистого небокситового сырья — кианитов, андалузитов, силлиманитов, каолинов, глин — в настоящее время ведется в интересах керамической, огнеупорной, химической, целлюлозно-бумажной промышленности. Представительная информация о состоянии минерально-сырьевой базы высокоглиноземных минералов в целом по миру и отдельным странам недостаточна. По имеющимся данным [45], 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 высокоглиноземных минералов в промышленных масштабах осуществляется только ЗАО «Пикалевский глиноземный завод», хотя по их запасам Россия занимает одно из первых мест в мире. Изучение месторождений интенсивно проводилось в 30–50-е годы прошлого столетия, когда были разведаны крупные запасы в Мурманской области, Республике Карелия и 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 %) представлены в Восточно-Сибирском регионе (Республика Бурятия) силлиманитом. Подготовленность к промышленному освоению этих месторождений слабая. Основной объем запасов находится в сложных транспортно-экономических условиях и освоение месторождений требует значительных инвестиций.

В результате доля производимых высокоглиноземистых керамических и огнеупорных материалов в России составляет всего 2,5 %, основным сырьем для их производства остается дорогостоящий технический глинозем, получаемый из бокситов, высокоглиноземистое сырье, импортируемое 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 может достичь 350–400 тыс. т в год.

Таким образом, решение задачи экологического оздоровления окружающей среды в урбанизированных территориях России может одновременно помочь решить проблему сырьевой безопасности сразу нескольких структурообразующих отраслей промышленности.

Наиболее экономически выгодным путем полной безотходной утилизации глиноземсодержащих отходов и (или) низкокачественного глиноземистого природного сырья является глубокая гидрохимическая переработка с разделением на целевые продукты:

- глинозем или алюмосиликатные материалы с заданным соотношением Al_2O_3/SiO_2 как сырье для цветной и черной металлургии, керамической, огнеупорной и химической отраслей промышленности;

- оксид кремния в виде твердой фазы с заданным размером частиц или золя как сырье для химической, полимерной промышленности и индустрии строительных материалов;

- железо в восстановленном или окисленном виде как сырье для металлургической, химиче-

ской промышленности или лакокрасочного производства;

- щелочные и щелочно-земельные элементы в карбонатном и (или) гидратном виде как сырье для химической промышленности и промышленности строительных материалов;

- концентрат благородных, редких и рассеянных элементов как сырье для их дальнейшего выделения в требуемом для промышленности виде.

С точки зрения авторов, такая переработка должна осуществляться модернизированным сернокислотным способом. Возможность его реализации и экономическая эффективность защищены патентом РФ [46]. Авторами разработан способ термического разложения сульфата аммония на гидросульфат аммония и аммиак, позволяющий проводить экономически эффективное адресное выщелачивание и дробное осаждение / разделение заданных элементов, позволяющее эффективно разделять любые смеси веществ с получением индивидуальных элементов в сульфатном виде с последующим восстановлением реагентов и осаждением заданных материалов в гидроксидной форме.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для разработки технологии получения чистого оксида алюминия, оксидов железа и кремния, а также первичного концентрата рассеянных элементов для дальнейшей переработки необходимо оценить технологические возможности гидросульфата аммония по сравнению с используемой в традиционной технологии серной кислотой по выщелачиванию щелочей, железа и алюминия из красного шлама.

На первом этапе для проверки технологических возможностей гидросульфата аммония по

Таблица 1. Содержание микропримесей в пробе красного шлама*

Элемент	Содержание, г/т	Элемент	Содержание, г/т
Золото Au	<0,001	Гадолиний Gd	120
Платина Pt	<0,006	Тербий Tb	<0,001
Палладий Pd	<0,002	Диспрозий Dy	<0,001
Скандий Sc	81,8	Гольмий Ho	<0,001
Иттрий Y	196,0	Эрбий Er	25
Лантан La	205,0	Тулий Tm	<0,001
Церий Ce	429,0	Иттербий Yb	<0,0001
Празеодим Pr	<0,001	Лютеций Lu	7
Неодим Nd	166	Галлий Ga	442
Самарий Sm	21	Торий Th	57
Европий Eu	8	Уран U	<0,01

* Метод анализа: эмиссионный спектральный анализ с индуктивно-связанной плазмой. Прибор: Optima 4300 DV фирмы «Perkin Elmer», США.

разложению алюминийсодержащего сырья были проведены сравнительные эксперименты по эффективности выщелачивания красных шламов серной кислотой и гидросульфатом аммония.

Для экспериментов была отобрана проба отвалного красного шлама в ОАО УАЗ г. Каменск-Уральский. Шлам содержит, мас. %: SiO₂ 9,24, Al₂O₃ 15,15, Fe₂O₃ 53,70, TiO₂ 3,31, P₂O₅ 0,99, CaO 10,42, MgO 0,025, Na₂O 3,01, K₂O 0,086, V₂O₅ 0,068, Cr₂O₃ 0,047, MnO 0,079, SO₃ 1,77, Δm_{прк} 8,67. Кроме основных элементов красный шлак содержит микропримеси, количество которых представлено в табл. 1.

Образцы красного шлама предварительно сушили до постоянной массы при 110 °С. Выщелачивание исследуемых проб проводили в лабораторной установке при нормальном давлении. Сравнительные исследования по возможности отмывки красных шламов от щелочей проводили при низких концентрациях реагентов. Полученные результаты выщелачивания представлены в табл. 2.

Видно, что предложенный способ позволяет проводить отмывку щелочей из глиноземистого сырья гидросульфатом аммония с эффективностью, полностью совпадающей с эффективностью отмывки щелочей серной кислотой. Разница в изменении массы связана с образованием различного количества малорастворимого гипса.

На втором этапе были проведены сравнительные эксперименты по эффективности выщелачивания железа и алюминия из красных шламов серной кислотой и гидросульфатом аммония (табл. 3). Выделенный гидроксид алюминия может перерабатываться на глинозем или другие высокоглиноземистые продукты, а сульфат аммония регенерироваться в гидросульфат аммония и аммиак.

Из данных табл. 2 и 3 видно, что предложенный способ позволяет проводить сернокислотное разложение загрязненного глиноземистого сырья гидросульфатом аммония с эффективностью, сравнимой с эффективностью метода, при котором используется чистая серная кислота: растворение не менее 85 мас. % пробы при максимальной концентрации сульфата аммония 59 % в сравнении с 86 мас. % при использовании 65%-ной серной кислоты.

В результате выщелачивания получается раствор, содержащий сульфаты алюминия, железа, щелочных, щелочно-земельных и редкоземельных металлов, из которого дробной нейтрализацией аммиаком выделяют-

ся гидроксиды алюминия, железа и щелочно-земельных металлов с примесью редкоземельных металлов с получением раствора сульфата аммония и щелочных металлов. Из раствора сульфат аммония кристаллизуется аммиаком, который отгоняется из раствора кипячением. В конечном растворе остаются сульфаты щелочных металлов, выделяемые выпариванием. Нерастворимый остаток (13–26 мас. %) содержит оксиды кремния и титана, двойные сульфаты, в которых один из сульфатов — сульфат кальция. Благородные металлы остаются в нерастворимом остатке.

После дробного осаждения в качестве продуктов процесса получают гидроксид алюминия с содержанием Al(OH)₃ не менее 99,5 мас. %, гидроксид железа с содержанием Fe(OH)₃ не менее 95,0 мас. %, гидроксид магния, содержащий редкоземельные элементы и прочие примеси, и раствор сульфата аммония и сульфатов щелочных металлов. Выделенный гидроксид алюминия перерабатывается на глинозем или другие высокоглиноземистые продукты; гидроксид железа — на оксид железа для пигментов или металлургического

Таблица 2. Сравнительные результаты выщелачивания красного шлама при низких отношениях Т : Ж

Показатели	Выщелачивание						
	серной кислотой				сульфатом аммония		
	при соотношении Т : Ж						
	1 : 10	1 : 10	1 : 14	1 : 14	1 : 14	1 : 14	1 : 14
Время выщелачивания, мин	30	60	20	30	30	30	30
Температура, °С	20	68	68	Кипение	68	68	Кипение
Концентрация реагента, %	5	5	3,6	3,6	3,6	8,45	8,45
Уменьшение массы, %	24,0	29,0	23,7	18,3	21,0	22,7	23,0
Извлечение целевых продуктов, Na ⁺ , %	92	96,0	95	96	94	94	95

Таблица 3. Сравнительные результаты выщелачивания красного шлама при высоком отношении Т : Ж = 1 : 30 и кипячении*

Показатели	Выщелачивание					
	серной кислотой			сульфатом аммония		
Концентрация реагента, %	20	25	65	35,2	46,9	58,7
Уменьшение массы, %	82,67	86,00	76,33	76,33	84,67	85,00
Извлечение целевых продуктов, %:						
Al	76,16	75,38	79,22	68,31	75,78	77,20
Ca	94,58	95,89	36,59	73,19	80,25	78,61
Fe	70,91	79,50	98,34	58,80	76,46	60,25

* Время выщелачивания 60 мин.

производства; гидроксид магния, содержащий редкоземельные элементы и прочие примеси, — на концентрат редкоземельных элементов; кристаллический сульфат аммония из раствора регенерируется в гидросульфат аммония и аммиак и возвращается в технологию.

Разработанная технология разделения комплексных глиноземсодержащих продуктов по сравнению с существующими солянокислотным, азотнокислотным, фторидным методами имеет следующие преимущества.

1. Меньшую стоимость расходуемого сернокислотного реагента (гидросульфата аммония). Стоимость получения гидросульфата аммония в пересчете на 1 т 100 %-ной серной кислоты составляет 400–600 руб.

2. Меньшую стоимость нейтрализующего реагента (аммиака). Стоимость получения аммиака нулевая, поскольку аммиак получается при регенерации гидросульфата аммония.

3. Большую экологичность производства, поскольку за счет регенерации сернокислотного реактива (гидросульфата аммония) при производстве не образуются сульфатные отходы, а при солянокислотном и фторидном способе такие отходы неизбежны.

4. Большую производительность за счет лучшей фильтруемости растворов, получаемых после выщелачивания. Известно, что при гидрометаллургической переработке сырья, содержащего кремнезем, фильтрация продуктов выщелачивания резко затрудняется образующимся гелем кремнекислоты. Грамотное использование

дегидрирующей способности сульфат-иона позволяет получить после выщелачивания раствор с кремнеземом в хорошо фильтруемой форме.

5. Более дешевое и эффективное выделение алюминия в относительно чистый, легко перерабатываемый продукт путем кристаллизации алюминиево-аммониевых квасцов. Более дешевое получение гидроксида алюминия — полупродукта для производства глинозема путем осаждения аммиаком чистого гидроксида алюминия из чистого раствора алюминиево-аммониевых квасцов.

6. Более дешевую регенерацию выщелачивающего вещества — гидросульфата аммония.

7. Меньшую коррозионную активность выщелачивающего раствора (гидросульфата аммония), что позволяет снизить затраты на производство и эксплуатацию технологического оборудования. По сравнению с пирометаллургическими способами переработки глиноземистого сырья гидрометаллургические имеют преимущества в стоимости закупки и обслуживании основного технологического оборудования и многократное преимущество в потреблении энергоресурсов.

Таким образом, предложена технология переработки комплексных глиноземсодержащих материалов с получением чистого гидроксида алюминия в коллоидной высокоактивной форме в качестве сырья для производства высокоглиноземистых материалов, как традиционных — технического глинозема, высокоглиноземистого шамота, плавленного корунда или муллита, так и других видов глиноземов.

Библиографический список

1. **Арлюк, Б. И.** Комплексная переработка щелочного алюминийсодержащего сырья / *Б. И. Арлюк, Ю. А. Лайнер, А. И. Пивнев*. — М.: Металлургия, 1994. — 384 с.
2. **Одокий, Б. Н.** Минерально-сырьевая база алюминиевой промышленности мира / *Б. Н. Одокий, Т. С. Остроумова, А. Ю. Меньшин* // Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая. — 2001. — № 11. — 106 с.
3. **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.
4. **Склярова, Г. Ф.** Альтернативные виды нетрадиционного огнеупорного сырья на территории Дальнего Востока / *Г. Ф. Склярова* // Новые огнеупоры. — 2014. — № 1. — С. 6–13.
5. **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.
6. **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* [и др.] // *Цветные металлы*. — 2013. — № 2 (842). — С. 57–62.
7. **Утков, В. А.** Теория и практика переработки красных шламов / *В. А. Утков* // *Техника и технология*. — 2012. — № 3. — С. 56–57.

8. **Роменец, В. А.** Утилизация красных шламов алюминиевой промышленности процессом Ромелт / *В. А. Роменец, В. С. Валавин, Ю. В. Похвиснев* [и др.] // *Цветные металлы*. — 2011. — № 7. — С. 39–44.
9. **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.
10. **Сальникова, Е. В.** Извлечение суммы редкоземельных элементов методом комплексной обработки отходов глиноземных производств Уральского алюминиевого завода / *Е. В. Сальникова, Т. М. Достова* // *Вестник Оренбургского государственного университета*. — 2011. — № 12 (131). — С. 390–392.
11. **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. — Красноярск: Версо, 2012. — С. 267–271.
12. **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. — Красноярск: Версо, 2012. — С. 272–277.
13. **Леонтьев, Л. И.** Пирометаллургическая схема комплексной переработки красных шламов с полу-

- чением сырья для черной металлургии / *Л. И. Леонтьев, О. Ю. Шешуков, Г. Н. Кожневиков* [и др.] // Черная металлургия. — 2013. — № 7. — С. 71–73.
14. **Новоселова, О. А.** Образование и накопление золошлаковых отходов на тепловых угольных электростанциях в Российской Федерации / *О. А. Новоселова, Ю. К. Цельковский* // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. — 2013. — № 1 (28). — С. 68–79.
15. **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.
16. **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.
17. **Сайбулатов, С. Ж.** Ресурсосберегающая технология керамического кирпича на основе зол ТЭС / *С. Ж. Сайбулатов*. — М. : Стройиздат, 1990. — 248 с.
18. **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.
19. **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.
20. **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.
21. **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.
22. **Цельковский, Ю. К.** Организация при угольных ТЭС производства безотходного зольного песка — эффективное направление расширения использования золошлаковых отходов ТЭС России / *Ю. К. Цельковский, Л. Ю. Ерихемзон* // Энергетик. — 2013. — № 8. — С. 26–28.
23. **Васильев, А. М.** Перспективные направления утилизации крупнотоннажных отходов энергетических предприятий и углеобогачительных фабрик / *А. М. Васильев, В. В. Денисов* // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Серия технические науки. — 2012. — № 2. — С. 105–108.
24. **Седых, В. И.** Выплавка чугуна из золошлаковых отходов ТЭС и отходов алюминиевого производства / *В. И. Седых, С. А. Соболев, В. В. Власова* // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2007. — Т. 29, № 1. — С. 6–9.
25. **Пат. 2225475 РФ.** Способ улавливания с поверхности водоема плавающих полых зольных микросфер и устройство для его осуществления / *Струков А. С., Еремин К. В.* ; опубл. 10.03.04.
26. **Самороков, В. Э.** Использование микросфер в композиционных материалах / *В. Э. Самороков, Е. В. Зелинская* // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2012. — Т. 68, № 9. — С. 201–205.
27. **Деева, А. С.** Исследование применимости отходов топливно-энергетического комплекса при производстве цемента / *А. С. Деева, Е. С. Чиканова* // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Серия технические науки. — 2013. — № 2 (171). — С. 86–89.
28. **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 : материалы Международной 66-й научно-практической конференции ФГБОУ ВПО СибАДИ. — Омск : Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, 2012. — С. 214–216.
29. **Борисенко, Л. Ф.** Перспективы использования золы угольных тепловых электростанций / *Л. Ф. Борисенко, Л. М. Делицын, А. С. Власов*. — М. : ЗАО «Геоинформмарк», 2001. — 68 с.
30. **Пат. 2200708 РФ, МПК⁷ С 01 F 7/38.** Способ получения глинозема / *Лупин В. В., Козлов Б. В.* — № 2000117701/12 ; заявл. 04.07.2000 ; опубл. 20.03.03.
31. **Пат. 2389682 РФ.** Способ восстановления кремнезема и глинозема из летучей угольной золы / *Квин Ц., Гу С.* — № 2007144573/15 ; заявл. 16.08.07 ; опубл. 27.07.09.
32. **Пат. 2261841 РФ, МПК⁷ С 01 В 33/18.** 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.
33. **Пат. 98113521 РФ, МПК⁷ С 01 F 7/38.** Способ выделения глинозема и кремнезема / *Нехари Ш., Горин Ч., Лин И., Беркович А.* — № 98113521/12 ; заявл. 15.07.98 ; опубл. 20.06.2000.
34. 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.
35. 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>.
36. **Кулявцев, И. Ю.** Разработка составов строительных композитов различного функционального назначения с использованием абразивных и полимерных отходов : дис. ... канд. техн. наук / *И. Ю. Кулявцев*. — Волгоград, 2007.
37. **Бутковский, М. Э.** Отходы абразивного производства и их утилизация / *М. Э. Бутковский* // Станки и инструменты. — 2009. — № 12. — С. 29–33.
38. **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.

39. Пат. 2092589 РФ, МПК⁶ С 22 В 1/243. 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.

40. Саркисов, П. Д. Отходы различных производств — сырье для получения строительных материалов / П. Д. Саркисов // Экология и промышленность России. — 2001. — № 3. — С. 4–7.

41. 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.

42. 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.

43. Пат. 2163227 РФ, МПК⁷ С 04 В 35/64, С 04 В 35/10, Е 21 В 43/267. Способ изготовления керамических из-

делий из алюминиевых шлаков / Плинер С. Ю., Шмотьев С. Ф. — № 2000117955/03 ; заявл. 11.07.00 ; опубл. 20.02.01, Бюл. № 7.

44. 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.

45. Industrial Minerals. — 1995–2002, Mineral Commodity Summaries, U.S. Department of the interior, U.S. geological Survey. — 2000–2003.

46. Заявка 2012105220/04 РФ, МПК⁷ С 01 С 1/00. Способ производства гидросульфата аммония / Доронин А. В. ; заявл. 14.02.12 ; опубл. 20.08.13. ■

Получено 28.02.14

© И. Д. Кащеев, К. Г. Земляной,
А. В. Доронин, Е. Ю. Козловских, 2014 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



Национальная академия наук Беларуси
Государственное научно-производственное объединение
порошковой металлургии
Институт порошковой металлургии
European Powder Metallurgy Association

Одиннадцатая международная научно-техническая конференция:

**«НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ: ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ,
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ, СВАРКА»**

28–30 мая 2014 г.

г. Минск, Беларусь

Секции конференции:

1. Металлические порошковые материалы. Композиционные порошковые материалы: триботехнические, электротехнические, пористые и специальные. Технологии и моделирование процессов их получения и применения.
2. Наноматериалы и нанотехнологии. Сверхтвердые и керамические материалы.
3. Инженерия поверхности. Защитные покрытия: материалы, технология и оборудование для нанесения.
4. Новые технологии и оборудование сварочного производства. Соединение и деструкция материалов. Нетрадиционные металлургические технологии

✉ 220005, Беларусь, г. Минск, ул. Платонова, 41, Институт порошковой металлургии

☎ (017) 293-98-12 Комякова Ольга Витальевна;

☎ (017) 293-98-46 Полешук Надежда Александровна, Маслакова Екатерина Александровна (доклады)

☎ факс (017) 292-82-42, e-mail: info50@mail.ru