

ОТЗЫВ
на автореферат докторской диссертации
ПЯГАЙ ИГОРЯ НИКОЛАЕВИЧА на тему: «Извлечение скандия и других металлов из красного шлама глиноземного производства с поглощением токсичных газов печей спекания».

Диссертационная работа Пягай И.Н. посвящена актуальной и практически важной задаче – разработке новых методов переработки отходов бокситового сырья – так называемых красных шламов (КШ), образующихся при производстве алюминия в больших количествах, которое ежегодно увеличивается на 100-120 млн. т. Рассматривая КШ как минеральный источник ряда ценных компонентов, автор справедливо выделяет алюминий, скандий, железо, титан, цирконий, галлий и редкоземельные элементы (РЗЭ) как объекты, которые могут быть извлечены в виде различных соединений и найти широкое применение в отечественной промышленности. Очевидно, что разработка комплексной переработки КШ с выделением каждого из перечисленных выше компонентов позволит не только решить ряд сырьевых задач, но и, что не менее важно, значительно уменьшить площади многочисленных шламохранилищ (а в некоторых местах даже их ликвидировать), сосредоточенных вокруг алюминиевых заводов, рекультивировать занимаемые ими площади и устранить загрязнение окружающей среды токсичными отходами промышленного производства. Такая комплексная переработка КШ представляет собой задачу максимум, которая может быть решена в ходе последовательных шагов по разработке методов извлечения перечисленных ценных компонентов и превращения их в ликвидные продукты.

Представленная диссертационная работа направлена на разработку методов выделения, прежде всего скандия, как наиболее дорогостоящего и ценного продукта, алюминия, циркония, титана и иттрия. Также в работе рассмотрены вопросы подготовки и использования на предприятиях черной, цветной и цементной промышленности железосиликатной составляющей КШ. Все это делает диссертационную работу Пягай И.Н. безусловно актуальной и практически важной.

Центральной частью диссертационной работы можно считать разработку карбонатного метода извлечения скандия из КШ (необходимо отметить, что содержание скандия в КШ 100-120 г/т, что считается высоким, а отвалы КШ могут быть признаны техногенным месторождением скандия), заключающегося в карбонизации щелочной пульпы углекислым газом из отходящих газов печей спекания глиноземного производства, последующего карбонатного выщелачивания скандия в виде растворимых карбонатных комплексов и выделение скандия из карбонатных растворов в гидратные осадки щелочным гидролизом с получением так называемого черного скандиевого концентрата (ЧСК). Попутно при такой переработке из КШ извлекаются цирконий и титан, а также утилизируется вся щелочь, уходящая в отвалы вместе с КШ.

1127-11
10.05.05.2017

Разработка карбонатного извлечения скандия из КШ в ЧСК проведена наиболее тщательно и доведена до создания опытно-промышленной установки, аппаратная схема которой подробно описана в автореферате. Результаты этой части работы представляют собой новые научные знания по химии скандия, циркония и титана в карбонатно-щелочных системах, а технические приемы – новые технологические решения (патентоспособные, о чем свидетельствуют два патента в списке публикаций автора, приведенного в автореферате) в технологии редких элементов.

Другой, не менее важной разработкой «скандиевой» части переработки КШ является получение из ЧСК оксида скандия чистотой 98-99 % (необходимо отметить – без использования традиционных методов экстракционной или сорбционной очистки и концентрирования) и использование его для получения скандий-алюминиевых лигатур.

Попутное извлечение циркония из карбонатных растворов в процессе гидролиза также имеет свое логическое окончание – получение в качестве ликвидного продукта – фтороцирконата калия или натрия ядерной чистоты.

Значительное внимание в диссертационной работе уделено доизвлечению алюминия, содержание которого в КШ достигает 14 %. Для решения этой задачи автором разработан способ автоклавного выщелачивания алюминия щелочными растворами в присутствии оксида кальция, что позволяет дополнительно извлекать до 70 % Al в виде алюминатных растворов, которые могут быть направлены в основной процесс переработки бокситов. По расчетам автора это позволит вовлекать дополнительно в переработку до 100 тыс. т глинозема только на одном Богуславском алюминиевом заводе.

Еще одной разработкой по практическому использованию КШ в природоохран-ных целях является их применение в качестве сорбентов цветных металлов и щелочного реагента при нейтрализации и очистки шахтных вод. В материалах автореферата представлены данные по сорбции меди из растворов шахтных вод, позволяющие рассматри-вать КШ как вполне приемлемый сорбент с высокой емкостью. Однако дальнейшая судьба КШ, насыщенных сорбированной медью не описана.

В целом работа Пягай И.Н. выполнена на хорошем теоретическом и техническом уровне с использованием современных методов исследований. Сделанные выводы научно и экспериментально обоснованы и логически вытекают из представленного ма-териала. Достоверность полученных в работе результатов не вызывает сомнений. Опубликованные материалы (15 статей в журналах, рекомендованных ВАК, 2 патента и 12 докладов на Российских и Международных конференциях) полностью отражают содер-жание диссертации, которая соответствует паспорту специальности 05.16.02 – метал-лургия черных, цветных и редких металлов.

По рассмотренной работе могут быть сделаны следующие замечания.

1. Метод карбонатного выщелачивания скандия и попутного извлечения циркония и ти-тана из КШ в процессе карбонизации углекислым газом щелочной пульпы КШ пред-ставляется очень перспективным и привлекательным. В то же время степень извлече-

ния скандия в ЧСК не превышает 30-35 % (в автореферате приведена цифра в 33 %, стр.16), что конечно же недостаточно для комплексной переработки. В автореферате не приведен анализ причин такого низкого извлечения, который бы помог определить направление повышения эффективности этого процесса. Достаточно отметить, что в работах рецензента, посвященных этому же направлению, к настоящему времени достигнута степень извлечения скандия из КШ в ЧСК 60-65 %. Такой результат обусловлен, прежде всего более глубоким изучением химии карбонатных гетерофазных систем: жидкость – жидкость – газ (CO_2) и жидкость – твердое – газ (CO_2). Что касается степени извлечения циркония и титана, то эти параметры не приведены в тексте автореферата, что затрудняет оценку эффективности карбонатного метода в этой части переработки КШ.

2. Автором разработан новый метод получения фтороцирконатов калия и натрия ядерной чистоты. Это без сомнения очень хороший результат работы. Однако процесс осуществляют во фторидно-серноокислых растворах, агрессивность и токсичность которых известна. К сожалению, в автореферате не обсуждается дальнейшая судьба таких растворов после выделения из них фтороцирконатов. А ведь получение такого токсичного отхода может в значительной степени нивелировать положительный эффект от получения целевого продукта. Да и аппаратурное оформление процесса (в плане используемых материалов для оборудования) требует более глубокого обсуждения при описании технологических решений.
3. Важнейшей стадией комплексной переработки КШ является доизвлечение из него алюминия и вовлечение его в дальнейшую переработку. Этот процесс достаточно подробно разработан автором и описан в автореферате. Однако его место или очередность при комплексной переработке КШ не указаны. Когда необходимо доизвлекать алюминий – до выделения скандия или после его выделения? Если до, то как поведет себя скандий при дальнейшей переработке? Как поведет себя скандий в процессе автоклавного щелочного выщелачивания алюминия? Как изменится схема извлечения скандия из таким образом модифицированного КШ (имеется ввиду введение оксида кальция при щелочном выщелачивании алюминия)? К сожалению эти вопросы не отражены в автореферате.
4. Как уже упоминалось выше в автореферате не нашло отражение дальнейшее использование КШ после сорбции на них цветных металлов из шахтных вод и, в частности меди. Что планируется дальше – проводить десорбцию и повторно использовать КШ для извлечения той же самой меди или отправлять такой КШ на шламохранилище? Рецензент допускает, что у автора имеются ответы на все эти вопросы в тексте диссертации, однако в автореферате им не уделено должного внимания.
5. При представлении такой объемной работы с достаточно широкой проработкой различных вариантов извлечения ценных компонентов из КШ необходимо было бы обобщить все представленные разработки в виде комплексной схемы, в которой бы

была представлена очередность извлечения различных металлов, показано какая часть КШ вовлекается в переработку, какая переработка планируется для остатков КШ после выделения того или иного компонента и что планируется делать с не перерабатываемым остатком на данном этапе и в дальнейшем. Очень важно было бы обсудить какую часть КШ уже сейчас можно превратить в товарные продукты и какие перспективы дальнейшей ликвидации КШ как токсичного промышленного отхода.

6. Необходимо отметить, что в тексте автореферата имеются опiski, несогласованность предложений, неудачные выражения, например, стр. 13 «...газы печей спекания характеризуются ... удачным расположением от участка карбонизации», или стр.18 «... КШ с фильтр-пресса по желобу подается в мешалку ($V=80 \text{ м}^3$)...», и т.д.

Однако указанные недостатки не снижают общее хорошее впечатление от рассмотренной работы, которая является завершенной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям п.9 Положения о порядке присвоения ученых степеней (утверждено постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора технических наук, содержит научно обоснованные и экспериментально подтвержденные технические и технологические решения по извлечению ценных компонентов из КШ, и, в частности скандия, с получением их товарных продуктов, а ее автор, ПЯГАЙ ИГОРЬ НИКОЛАЕВИЧ, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.02 – металлургия черных, цветных и редких металлов.

Заведующий кафедрой технологии редких элементов и наноматериалов на их основе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»,
доктор химических наук, профессор

С.И. Степанов

ФИО: Степанов Сергей Илларионович;
Почтовый адрес: 125047, г.Москва, Миусская пл. д. 9;
Телефон: 8 (495) 496 – 76 – 09; E-mail: chao_step@mail.ru

Подпись профессора С.И. Степанова заверяю.



Варта (Вартаманов Л.А.)