УДК 669.712

ПЕРЕРАБОТКА ОТВАЛЬНОГО ШЛАМА ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ СКАНДИЕВОГО КОНЦЕНТРАТА

И.Н.ПЯГАЙ, *канд. хим. наук*, *старший научный сотрудник*, *igor-pya@yandex.ru*
В.Л.КОЖЕВНИКОВ, *член-кор. РАН*, *директор*, *kozhevnikov@ihim.uran.ru*
Л.А.ПАСЕЧНИК, *канд. хим. наук*, *старший научный сотрудник*, *pasechnik@ihim.uran.ru*
В.М.СКАЧКОВ, *канд. хим. наук*, *научный сотрудник*, *vms@weburg.me*
Институт химии твердого тела Уральского отделения РАН, *Екатеринбург*, *Россия*

Разработаны химико-технологические основы извлечения скандия из красных шламов глиноземного производства с использованием дымовых газов печей спекания. В рамках опытно-промышленной установки отработаны оптимальные режимы гидрохимических процессов последовательного отделения примесных элементов при получении скандиевого концентрата с попутным выделением титансодержащего продукта.

***Ключевые слова*:** красный шлам, переработка, технология, скандий, извлечение, карбонизация.

Введение. Общепринятая технология переработки бокситов преследует основную цель – возможность максимального извлечения глинозема. Образующееся при этом огромное количество токсичных нерастворимых отходов – отвальных шламов – направляется на длительное хранение в специальные шламоотвалы. В мире накопилось свыше 1,5 млрд т шламов глиноземного производства и ежегодно их количество только увеличивается. Выветривание и водяная эрозия вызывают загрязнение почв и поверхностных вод, представляя угрозу населению и окружающей среде. Принимаемые меры по усовершенствованию методики хранения только частично решают экологические проблемы. В то же время эти шламы содержат большое число ценных компонентов и могут быть взяты в переработку непосредственно с линии перекачки пульпы на шламовое поле [3, 9]. До сих пор в мире не решена проблема утилизации или даже частичного использования красного шлама (КШ). Основной причиной является отсутствие эффективных технологий непосредственного извлечения целевых компонентов из этих шламов. Авторами совместно с ООО «Техногория» (Москва) разработана технологическая последовательность прямого извлечения ценных компонентов из пульпы шлама, которая в последующем не исключает получение ряда других продуктов для смежных отраслей промышленности. Основные усилия были направлены на разработку блока извлечения скандия и попутного выделения концентрата циркония и титана из отвального гидрохимического шлама.

Применение скандия. Интерес к скандию связан с тем, что его использование позволяет создать ряд конструкционных материалов с уникальным сочетанием свойств. Металлический скандий на 10 % тяжелее алюминия и в 1,5 раза легче титана. Температура его плавления (1530 °С) намного выше, чем у алюминия (660 °С) и близка к температуре плавления титана (1725 °С). Небольшой вес, высокая прочность и термостойкость, отличающие металлический скандий, делают его ценным конструкционным материалом, который, несмотря на высокую стоимость, используется в ответственных узлах аэрокосмической техники. Перспективным является применение скандия в алюминиевых сплавах, где его небольшие добавки значительно повышают прочностные и пластические характеристики [1, 8]. Общепризнанно, что скандий является наиболее эффективным модификатором алюминия, добавка всего в количестве 0,1-0,3 % Sc увеличивает прочность сплавов в 3 раза. Более того, алюминий с добавками скандия приобретает способность к свариванию. Сплавы Al-Sc об-

ладают высокой радиационной стойкостью, что позволяет использовать их для создания конструкций термоядерных реакторов. Возможности использования скандийсодержащих сплавов постоянно расширяются, затрагивая такие отрасли, как производство морских судов, скоростных поездов, грузовых вагонов и автомобилей, легированных алюминиевых труб для обсадки нефтяных скважин в северных широтах, на морском шельфе и на месторождениях нефти с высоким содержанием SO_2 и CO_2 [8, 12]. Применение легких скандиевых сплавов в авиации и ракетостроении, автомобильной индустрии и вагоностроении позволяет снизить массу и резко повысить надежность транспортных систем.

Достаточно широкое применение находят и химические соединения скандия. Так, в производстве электронной техники (ЭВМ, лазеры) нового поколения используют Ge-Gd-Sc-гранаты. Использование скандия в микроэлектронике, солнечной энергетике, оборудовании для производства и накопления энергии существенным образом увеличивает эксплуатационные характеристики. Карбид титана, легированный скандием, по твердости приближается к алмазу [5, 12]. По прогнозам ведущих мировых исследовательских центров, в ближайшем будущем потребность в скандии будет только расти [10]. Однако потребности развития современной техники приходят в противоречие с малыми масштабами производства скандия и его высокой стоимостью. Эта проблема связана с тем, что скандий, являясь типичным рассеянным элементом, не образует собственных месторождений и, кроме того, отсутствуют достаточно эффективные промышленные технологии его выделения и производства.

Распространенные источники получения скандия. Скандий не имеет собственных месторождений, но присутствует в качестве примеси в большом числе природных соединений. В настоящее время известно около 30 скандийсодержащих минералов, в которых содержание скандия колеблется от сотых до первых процентов, тогда как минералов с меньшим содержанием скандия насчитывается больше сотни. К промышленным типам относятся только месторождения, характеризующиеся повышенным содержанием скандия. Несмотря на разнообразие природных источников, в России и других странах скандий извлекали преимущественно попутно при переработке вольфрамовых, урановых, титановых, циркониевых и других руд. Процесс переработки указанных материалов для получения скандия базируется в основном на экстракционных методах извлечения из кислотных растворов вскрытия сырья. К сожалению, количество получаемого скандия на этих производствах достигает не более 100 кг в год [4, 5].

Большой интерес представляют бокситы, поскольку в отдельных месторождениях содержание скандия доходит до 0,012 % Sc_2O_3 [4, 7, 9]. В результате масштабной переработки боксита на глинозем происходит образование колоссальных объемов отходов – красных шламов, в которых концентрируется практически весь содержащийся в бокситах скандий. Среднее содержание скандия в КШ 80-120 г/т, а иногда достигает 150 г/т. Количество скандия, ежегодно направляемого в отвалы во всем мире, составляет 740-1420 т. Практически весь этот объем концентрируется в красном шламе, что существенно больше количества скандия, извлекаемого вместе с урановыми рудами (50-500 т/год), ильменитами (20-40 т/год), касситеритами (20-25 т/год) и цирконами (5-12 т/год) [4, 11]. Согласно имеющимся оценкам, мировые запасы скандия в промышленных отходах составляют 1-3 млн т, причем 70-80 % содержится в отходах переработки бокситов. Однако надо иметь в виду, что не все добываемые бокситы характеризуются повышенной скандийносностью. Так, из бокситов, добываемых на территории России, заслуживают внимания бокситы, добываемые на Северо-Уральском бокситовом руднике (СУБР) и Средне-Тиманском бокситовом руднике (СТБР). В бокситах СТБР содержание скандия составляет 36-43 г/т. Данные авторов работы [11] по содержанию скандия в бокситах СТБР представляются несколько противоречивыми. В наших работах более 20 лет проводилось определение скандия в средних пробах по полугодиям как в поступающем боксите, так и в шламах гидрохимической и спекательной ветвей глиноземного производства ОАО «БАЗ» (табл.1). Содержание скандия

в боксите (преимущественно СУБР) составляет в среднем 60 г/т, а в шламах гидрохимической и спекательной ветвей – 110 и 80 г/т соответственно. Определение скандия до 2010 г. проводили в лаборатории ОАО «БАЗ-СУАЛ», а впоследствии – в лаборатории ФХМА ИХХТ УрО РАН.

Таблица 1

Содержание скандия в бокситах и красных шламах, г/т

Продукт	2006		2008		2010		2012		2014	
	Полугодие									
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Боксит СУБР	65	60	60	60	55	55	60	65	60	60
Боксит СТБР	60	70	70	60	60	60	65	65	60	65
КШ гидрохимический	120	110	110	110	100	100	110	115	110	112
КШ спекательный	80	80	120	80	80	80	80	80	80	80

Извлечение скандия газовой карбонизацией пульпы шлама. Сущность технологического метода извлечения скандия заключается в обработке шлама содовым раствором, получаемым при газации пульпы дымовыми газами печей спекания глиноземного производства, содержащими в своем составе 10-12 % CO_2. При карбонизации образующая углекислота расходуется на нейтрализацию каустической щелочи и синтез в растворах гидрокарбонатов щелочных металлов. Кроме того, в результате карбонизации создаются благоприятные условия образования растворимых карбонатных комплексов скандия. Следует учитывать, что концентрация извлеченного из шлама в продуктивный раствор скандия будет недостаточной для его последующего концентрирования, поэтому процесс выщелачивания проводили циклами, обрабатывая одним и тем же продуктивным раствором новые порции исходного шлама. Концентрация скандия в продуктивном растворе в результате нескольких операций карбонизации достигается не менее 25 мг/дм^3. В раствор из шлама извлекаются также титан, цирконий, уран, торий, взвеси нерастворимых соединений кальция, кремния и железа. На первом этапе ступенчатого гидролиза при регулировании pH раствора удается перевести в промежуточный концентрат гидроксиды железа, титана, циркония, а также взвеси исходного шлама, прошедшие в раствор при фильтрации карбонизированной пульпы. Основное количество сконцентрированного в растворе скандия осаждают вторым этапом гидролиза в более жестких условиях при повышении температуры и увеличении pH в виде первичного скандиевого концентрата с содержанием до 5 % по массе Sc.

Экспериментальная часть. В качестве исходного материала для карбонизационного выщелачивания использовали отвальный красный шлам ОАО «БАЗ» с последнего ряда промывки гидрохимической ветви переработки боксита, для которого характерен следующий состав, % по массе: 10-12 Al_2O_3; 10-15 SiO_2; 40-45 Fe_2O_3; 2,5-3,5 TiO_2; 8,5-15 CaO; 4,5-9,6 Na_2O; 0,2 ZrO_2; 0,1 V_2O_5; 0,03 Y_2O_3; 0,01 Sc_2O_3; 0,1 ΣLn_2O_3. Влажность КШ после фильтрации составляет 20-22 %.

При карбонизации пульпы КШ происходит нейтрализация каустической щелочи, содержащейся в шламе, перевод ее в менее агрессивный карбонат, а затем в гидрокарбонат натрия:

$$2NaOH + H_2CO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + 2H_2O;$$

$$Na_2CO_3 + H_2CO_3 \rightarrow 2NaHCO_3.$$

В результате такого изменения среды наблюдается значительное увеличение растворимости оксида скандия. Повышенная растворимость оксида скандия в карбонатных рас-

творах по сравнению со щелочными средами связана с образованием устойчивых комплексных карбонатных соединений скандия, например состава [3]:

$$Sc^{3+} + 4Na_2CO_3 \rightarrow Na_5[Sc(CO_3)_4] + 3Na^+.$$

Впоследствии присутствие в растворе значительного количества OH^--ионов приведет к замещению карбонат-иона в соединениях скандия на гидроксильную группировку. В результате этого будет происходить частичное или полное замещение карбонат-иона, и скандий полностью выделится в осадок [3]. Эти данные были нами учтены при выборе условий получения и поддержания оптимального состава продуктивного раствора при выщелачивании скандия из КШ. Одновременное присутствие значительного количества каустической и карбонатной щелочи в растворе не будет способствовать выходу скандия из КШ. Только оптимальное количество карбонатов и гидрокарбонатов натрия обеспечивает протекание реакций в нужном направлении. Соответствующая корректировка карбонатной среды осуществляется непосредственно в процессе карбонизации. Влияние ионов OH^- на растворимость карбонатных комплексов скандия нами было использовано на последующем этапе осаждения скандия из продуктивного раствора.

Процесс карбонизации пульпы шлама проводили в специально сконструированном для этих целей карбонизаторе с использованием отходящих газов печей спекания с возможностью создания благоприятных условий (pH, температура и соотношение концентраций карбонатов и гидрокарбонатов), которые обеспечивают образование растворимых карбонатных комплексов скандия. Эти процессы были положены в основу технологии карбонизационного выщелачивания скандия из красного шлама. Правильное проведение карбонизации позволяет на первом этапе извлечь скандий, затем сконцентрировать его в продуктивном растворе, а далее выделить в виде первичного скандиевого концентрата.

В процессе карбонизации совместно со скандием в раствор переходит ряд других элементов (титан, цирконий, уран, торий и др.), также склонных к образованию растворимых карбонатных соединений. Содержание скандия и других элементов в продуктивном растворе после 1-го цикла карбонизации КШ дымовыми газами (продолжительность газации 24 ч) следующее, мг/л:

Ti	Zr	Ca	Si	Fe	Sc	Th	U
25,0	44,5	15,0	1,0	3,4	3,4	0,17	0,34

В результате последующего использования такого раствора происходит накопление как скандия, так и примесей, от которых необходимо избавляться на последующих технологических операциях.

Рентгенофазовый анализ красного шлама, подвергнутого карбонизации (просушенного при 150 °С в течение 24 ч), показал следующий фазовый состав, % по массе: 46 (гематит Fe_2O_3 + рутил TiO_2), 25 (кальцит $CaCO_3$), 5 (бемит / гиббсит γ-AlOOH/ γ-$Al(OH)_3$), 13 (канкринит $Na_8[Al_6Si_6O_{24}](CO_3)_2 \cdot 2H_2O$) и 4 (ломонит $[Ca_4(H_2O)_{18}][Al_8Si_{16}O_{48}]$). При этом карбонизация приводит к некоторому увеличению содержания в твердой фазе канкринита $Na_8[Al_6Si_6O_{24}](CO_3)_2 \cdot 2H_2O$. Образующийся при автоклавной обработке боксита псевдобемит при карбонизации взаимодействует с бикарбонатом и превращается алюмокарбонаты [8]. По результатам химического анализа установлено уменьшение содержания в КШ натрия (до 1,5 %), титана, циркония, урана, тория, при незначительном изменении концентрации глинозема.

Галлат натрия, гидроксиды титана, циркония, урана и тория, внесенные в раствор с пульпой красного шлама, взаимодействуя с бикарбонатом, образуют двойные основные карбонаты $Na_2O(Al,Ga)_2O_3 \cdot 2CO_2 \cdot nH_2O$, а также растворимые комплексы $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$ и

$[UO_2(CO_3)_2 \cdot 2H_2O]^{2-}$. Для титана в щелочной среде известно образование гидратированных титанатов $Na_2Ti_5O_{11} \cdot 10H_2O$, $Na_2Ti_3O_7 \cdot 7H_2O$ и $Na_2Ti_2O_5 \cdot nH_2O$ [6]. Переход циркония в раствор при карбонизации пульпы КШ в большей степени связан с изоморфным замещением титана в растворимых комплексах типа $Na_4[(Zr,Ti)(CO_3)_4] \cdot nH_2O$.

В результате проведенных нами исследований установлено, что в процессе карбонизации шлама в реакциях участвует лишь ограниченный набор элементов КШ, включающий кальций, скандий, титан, цирконий, железо, уран и торий. Все остальные компоненты, в числе которых и основные составляющие КШ, претерпевают незначительные изменения или вообще остаются инертными к действию насыщенных карбонатных растворов.

Полученный продуктивный раствор, содержащий ряд растворенных элементов КШ, подвергался стадийному гидролитическому разложению. Первая стадия гидролиза при невысокой температуре уже в течение 1 ч приводила к осаждению части металлов в виде гидроксидов. Отфильтрованный осадок охарактеризован как титансодержащий продукт. Осветленный раствор затем направлялся для проведения второй стадии гидролиза при более жестких условиях (температура 100 °С, продолжительность 2 ч). Осадок второго гидролиза, который и является первичным скандиевым концентратом, отделялся от жидкой фазы, промывался дистиллированной водой и просушивался при 120 °С. Следует отметить, что вторую стадию гидролиза проводили двумя способами: 1) с использованием специально вводимого для более полного выделения скандия из карбонатно-гидрокарбонатного раствора соосадителя (раствора цинката натрия); 2) без его участия. Химический анализ скандиевых концентратов показал, что оба осадка характеризуются одинаковым компонентным составом, за исключением наличия осадителя, который в концентрате присутствует в виде оксида цинка (табл.2).

Таблица 2

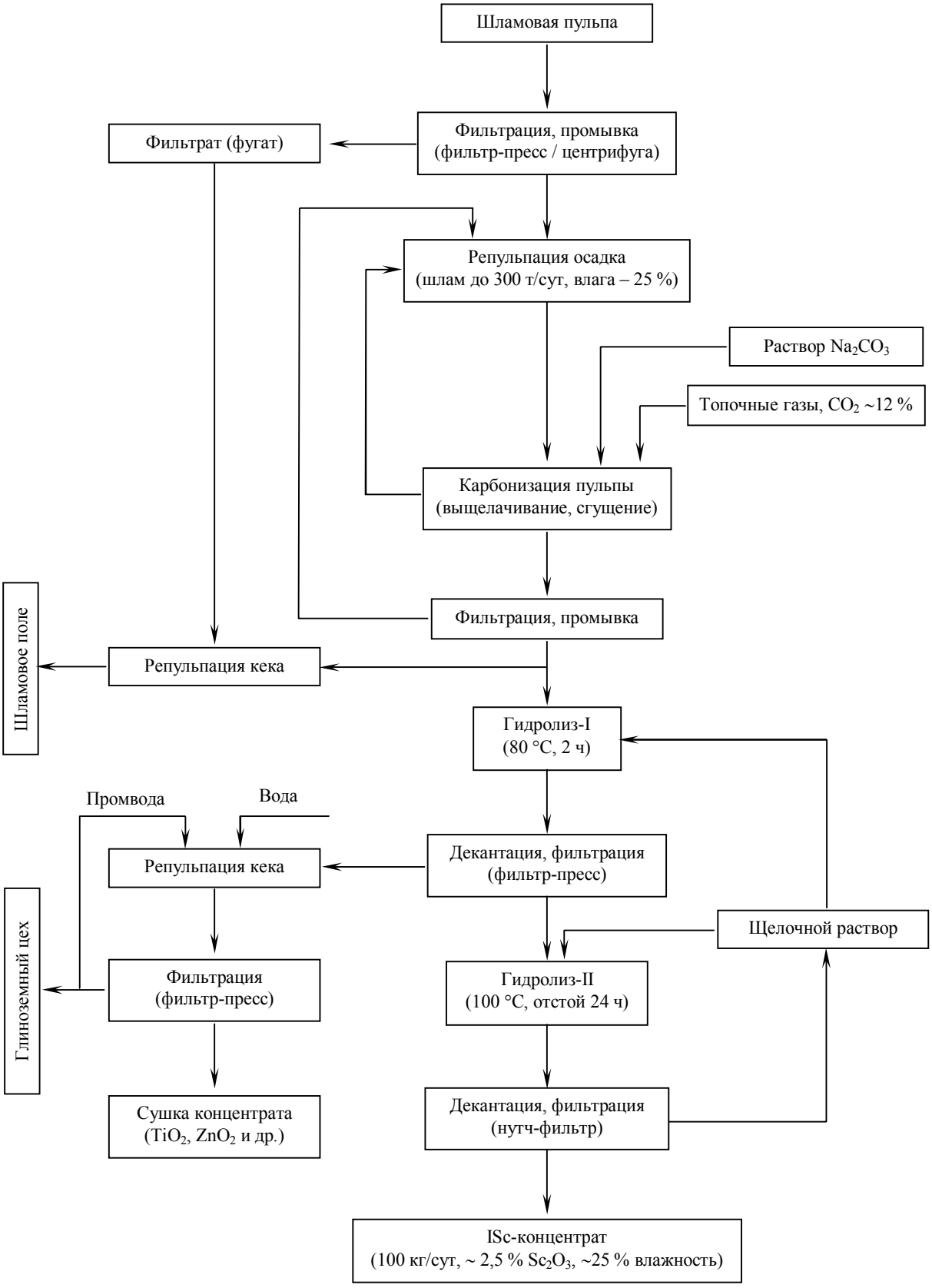
Содержание компонентов гидролизных осадков, полученных с использованием носителя и прямым осаждением, % по массе

Элемент	Соосаждение с оксидом цинка		Свободное осаждение	
	Гидролиз-I	Гидролиз-II	Гидролиз-I	Гидролиз-II
Ca	2,3	0,82	3,9	1,5
Sc	0,02	0,60 (2,26)*	0,01	1,96
Ti	32,60	0,98	32,05	1,72
Fe	28,86	1,2	26,14	1,6
Si	2,7	0,6	–	3,1
Zn	0,02	30,1	0,01	0,03
Zr	0,19	16,8	0,18	20,2
Th	0,0029	0,014	0,005	0,002
U	0,0006	0,007	0,0007	0,008
Na	0,5	1,6	3,23	9,87

* В скобках приведено содержание скандия после удаления из осадка соосадителя – цинка.

Таким образом, обнаружено, что скандий удается концентрировать в режиме «свободного осаждения». Данное обстоятельство чрезвычайно важно с технологической точки зрения, поскольку исключает дополнительные операции и расход реагентов, связанные с введением и извлечением носителя.

По результатам экспериментального исследования была разработана оптимальная технологическая последовательность прямого выщелачивания скандия и других компонентов карбонизацией красного шлама с использованием дымовых газов печей спекания глиноземного производства (см. рисунок).



Принципиальная технологическая схема карбонизационной переработки отвального красного шлама

Заключение. Проведенные экспериментальные исследования по использованию красного шлама в качестве перспективного сырьевого материала для извлечения в первую очередь скандия, а также других компонентов, способствовали разработке новой технологии переработки техногенного сырья. Еще одним положительным эффектом предлагаемого решения является применение другого отхода глиноземного производства – дымовых газов печей спекания. Практическое внедрение этой технологии позволит начать промышленную переработку красного шлама с получением ценных компонентов. В результате опытно-промышленной отработки экспериментальных исследований впервые был получен скандийсодержащий концентрат и ряд промежуточных продуктов, прослежено поведение отдельных компонентов красного шлама в процессе карбонизационного выщелачивания, которое составило принципиальную основу технологии в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Илларионов Э.И.* Алюминиевые сплавы в авиакосмической технике / Э.И.Илларионов, Н.И.Колобнев, П.З.Горбунов. М.: Наука, 2001. 192 с.

2. Извлечение редких элементов из отвального шлама глиноземного производства с использованием отходящих газов печей спекания / Л.А.Пасечник, И.Н.Пягай, В.М.Скачков, С.П.Яценко // Экология и промышленность России. 2013. Июнь. С.36-38.

3. *Комиссарова Л.Н.* Неорганическая и аналитическая химия скандия. М.: Эдиториал, 2001. 512 с.

4. *Коршунов Б.Г.* Скандий / Б.Г.Коршунов, А.М.Резник, С.А.Семенов. М.: Металлургия, 1978. 184 с.

5. *Костиков А.С.* Сырьевые источники и области применения скандия. Редкие элементы. Сырье и экономика // Сб. научных трудов / ИМГРЭ. М., 1986. № 19. С. 66-104.

6. *Кострикин А.В.* Взаимодействие компонентов в системе NaOH – $TiO_2 \cdot H_2O$ – H_2O при 25°С / А.В.Кострикин, Ф.М.Спиридонов, И.В.Линько и др. // Журнал неорганической химии. 2011. Т.56. № 6. С. 984-990.

7. *Пасечник Л.А.* Карбонизационная технология извлечения скандия из шлама глиноземного производства / Л.А.Пасечник, И.Н.Пягай, С.П.Яценко // Цветная металлургия. 2009. № 1. С.42-46.

8. *Полмеар Я.* Мир материалов и технологии. Легкие сплавы: от традиционных до нанокристаллов. М.: Техносфера, 2008. 464 с.

9. *Сабирзянов Н.А.* Гидрохимические способы комплексной переработки бокситов / Н.А.Сабирзянов, С.П.Яценко / УрО РАН. Екатеринбург, 2006. 386 с.

10. Скандий России: перспективы освоения минерально-сырьевой базы и развития производства / Л.З.Быховский, В.В.Архангельская, Л.П.Тигунов, С.И.Ануфриева // Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая / ВИМС. М., 2007. № 22. 45 с.

11. *Теняков В.А.* Скандий в месторождениях бокситов / В.А.Теняков, М.Г.Эдлин, О.А.Милославкая // Докл. АН СССР. 1990. Т.311. № 5. С.1220-1233.

12. *Яценко С.П.* Скандий: получение и применение / С.П.Яценко, Л.А.Пасечник, В.М.Скачков // Новости материаловедения. Наука и техника. 2015. № 3(15). С.32-37.

REFERENCES

1. *Illarionov E.I.*, *Kolobnev N.I.*, *Gorbunov P.Z.* Alyuminievye splavy v aviakosmicheskoi tekhnike (*Aluminium alloys in aerospace engineering*). Moscow: Nauka, 2001, p.192.

2. *Pasechnik L.A.*, *Pyagai I.N.*, *Skachkov V.M.*, *Yatsenko S.P.* Izvlechenie redkikh elementov iz otval'nogo shlama glinozemnogo proizvodstva s ispol'zovaniem otkhodyashchikh gazov pechei spekaniya (*Extraction of rare elements from red mud of alumina production with the use of a flue gases from sintering furnaces*). Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2013. Iyun', p.36-38.

3. *Komissarova L.N.* Neorganicheskaya i analiticheskaya khimiya skandiya (*Inorganic and analytical chemistry of scandium*). Moscow: Editorial URSS, 2001, p.512.

4. *Korshunov B.G.*, *Reznik A.M.*, *Semenov S.A.* Skandii (*Scandium*). Moscow: Metallurgiya, 1978, p.184.

5. *Kostikov A.S.* Syr'evye istochniki i oblasti primeneniya skandiya. Redkie elementy. Syr'e i ekonomika (*Raw material sources and applications of scandium. Trace elements. Raw materials and economy*). Sb. nauchnykh trudov. IMGRE. Moscow, 1986. N 19, p.66-104.

6. *Kostrikin A.V.*, *Spiridonov F.M.*, *Lin'ko I.V. et al*. Vzaimodeistvie komponentov v sisteme NaOH – $TiO_2 \cdot H_2O$ – H_2O pri 25°C (*Interaction of the components in the system NaOH-TiO_2 H_2O-H_2O at 25°C*). Zhurnal neorganicheskoi khimii. 2011. Vol.56. N 6, p.984-990.

7. *Pasechnik L.A.*, *Pyagai I.N.*, *Yatsenko S.P.* Karbonizatsionnaya tekhnologiya izvlecheniya skandiya iz shlama glinozemnogo proizvodstva (*Carbonization technology of scandium extraction from red mud of alumina production*). Tsvetnaya metallurgiya. 2009. N 1, p.42-46.

8. *Polmear Ya.* Mir materialov i tekhnologii. Legkie splavy: ot traditsionnykh do nanokristallov (*The world of materials and technologies. Light alloys: from the traditional to the nanocrystals*). Moscow: Tekhnosfera, 2008, p.464.

9. *Sabirzyanov N.A.*, *Yatsenko S.P.* Gidrokhimicheskie sposoby kompleksnoi pererabotki boksitov (*The hydrochemical methods of complex processing of bauxites*). UrO RAN. Ekaterinburg, 2006, p.386.

10. *Bykhovskii L.Z.*, *Arkhangel'skaya V.V.*, *Tigunov L.P.*, *Anufrieva S.I.* Skandii Rossii: Perspektivy osvoeniya mineral'no-syr'evoi bazy i razvitiya proizvodstva (*Russian scandium: Prospects of the development of mineral resource base and development of the production*). Mineral'noe syr'e. Seriya geologo-ekonomicheskaya. VIMS. Moscow, 2007. N 22, p.45.

11. *Tenyakov V.A.*, *Edlin M.G.*, *Miloslavkaya O.A.* Skandii v mestorozhdeniyakh boksitov (*Scandium in field of bauxites*). Dokl. AN SSSR. 1990. Vol.311. N 5, p.1220-1233.

12. *Yatsenko S.P*, *Pasechnik L.A.*, *Skachkov V.M.* Skandii: poluchenie i primenenie (*Scandium: production and application*). Novosti materialovedeniya. Nauka i tekhnika. 2015. N 3(15), p.32-37.

PROCESSING OF ALUMINA PRODUCTION RED MUD WITH RECOVERY OF SCANDIUM CONCENTRATE

I.N.PYAGAY, *PhD in Chemical Sciences*, *Senior Researcher*, *igor-pya@yandex.ru*
V.L.KOZHEVNIKOV, *Corresponding Member of RAS*, *Director*, *kozhevnikov@ihim.uran.ru*
L.A.PASECHNIK, *PhD in Chemical Sciences*, *Senior Researcher*, *pasechnik@ihim.uran.ru*
V.M.SKACHKOV, *PhD in Chemical Sciences*, *Researcher*, *vms@weburg.me*
Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, *Ekaterinburg*, *Russia*

The chemical and technological principles of scandium recovery from red mud of alumina production with the use of flue gases from sintering furnaces have been developed. The optimal conditions of hydrochemical processes of successive removal of impurities for the production of scandium concentrate with simultaneous obtaining of titanium-containing product have been worked out on a pilot plant.

Key words: red mud, recycling, technology, scandium, extraction, carbonization.