

Библиографический список

1. *Иалиев А. Д.* Метод температурных волн в теплофизических исследованиях (анализ советского и российского опыта) // Теплофизика высоких температур. М., 2009. Т. 47, № 5, С. 771–792.
2. *Прянишников В. А.* Электроника // полный курс лекций. М.: Корона Принт Бином, 2006.
3. *Пухальский Г. И.* Организация микропроцессорных устройств: учеб. пособие для вузов. СПб.: Политехника, 2001.
4. *Холзнер С.* Visual C++ 6: учеб. курс. СПб.: Питер, 2007.

Д. Т. Камалетдинов

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КАЧКАНАРСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

1. Описание проблемы

Всем известна проблема моногородов, к числу которых относится и Качканар, градообразующее предприятие – Качканарский горно-обогатительный комбинат (ГОК), перечисления от которого составляют 85% бюджета города. 12 ноября 2009 г. Президент Д. Медведев в послании Федеральному Собранию подтвердил, что одним из приоритетов в работе правительства страны является нормализация ситуации в моногородах. А в июне 2009 г. программу поддержки моногородов поручил подготовить премьер В. Путин.

«Главное направление по решению проблем моногородов – это не расселение жителей. Мы решили, что это неправильно, да и нет у нас таких возможностей. Главное направление – это диверсификация экономики и создание новых рабочих мест», – подчеркнул А. Мишарин [1].

Все сказанное губернатором в равной мере может быть отнесено и к Качканару. Решение вопроса переработки отходов производства Качканарского ГОКа – задача актуальная в плане развития экономики и экологических проблем не только города, но и Свердловской обл. в целом. Строительство и развитие предприятий по переработке качканарских шламов даст городу новые рабочие места, решит проблему трудоустройства населения, а главное, решит экологическую проблему города.

В сжатом виде проблему можно описать следующим образом: более одного миллиарда качканарских шламов и дальнейшее постепенное накопление отходов производства ухудшают и без того неблагоприятную экологическую обстановку района, но в тоже время шламы являются сырьем для получения редких металлов, по предварительным оценкам содержание скандия оценивается в 100 тыс. тонн.

Перспективу и направление решения данной проблемы можно определить как анализ имеющихся материалов по существующей проблеме, исследование проб качканарских песков, оценка экономической эффективности и как итог, разработка технологической цепочки переработки отходов производства Качканарского ГОКа. Подход к решению последней задачи должен носить интегрированный и инновационный характер: это комплексное извлечение элементов с попутным использованием отходов переработки для изготовления строительных материалов.

2. Характеристика Качканарского месторождения

В 1950 г. Совет Министров СССР принял постановление о строительстве Качканарского ГОКа. В 1956 г. решение о строительстве горно-обогатительного комбината принял XX съезд КПСС в своих директивах по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР. Первый железо-ванадиевый концентрат был получен 4 июня 1963 г.

Ежегодный объем добычи сырой руды составляет около 45 млн. тонн, концентрата – около 7 млн т, годовой объем продаж – свыше 350 млн долл. Однако, железо и ванадий – это не все природные богатства Качканара. За время эксплуатации месторождения в промышленных отвалах сосредоточились огромные запасы шламов, которые являются сырьем для получения редких металлов, в том числе скандия.

3. Качественный и количественный состав качканарских шламов

Горы шламов, которые находятся рядом с обогатительной фабрикой, содержат практически все элементы таблицы Менделеева. На основании данных протокола испытаний лаборатории масс-спектрометрии и хроматографии был сделан предварительный экономический расчет стоимости металлов и оксидов, содержащихся в шламах. Наиболее ценным по содержанию и стоимости из элементов, образующих отходы, является скандий (Sc).

4. Методы извлечения скандия из отходов производства

Факторами, определяющими рациональность попутного извлечения скандия, являются не только содержание его в исходном сырье и размер основного производства, что является, безусловно, важным, но и поведение скандия в процессе производства, степень его концентрирования в полупродуктах и отходах, а также характер этих отходов.

Наиболее широко проблему попутного извлечения скандия в процессе титанового производства изучала группа сотрудников под руководством Л. В. Фаворской [2]. Разработанная ими технология заключается в выщелачивании твердых хлоридных отходов – отработанного расплава титановых хлораторов – соляной кислотой, отстаивании и фильтрации полученных пульп, восстановлении ионов трехвалентного железа до двухвалентного магниевым порошком до достижения концентрации FeCl_3 7–10 г/л. Полученный раствор направляют на экстракцию 70%-ным раствором трибутилфосфата (ТБФ) в керосине (О: В = 1: 2...3). После экстракции органическую фазу подвергают промывке соляной кислотой (220...240 г/л), затем реэкстрагируют скандий слабой соляной кислотой (40...60 г/л). Отношение объемов органической и водной фаз на промывке и реэкстракции поддерживают на уровне О: В = 2: 1.

Полученный реэкстракт, содержащий 0,45...0,9 г/л скандия (пересчет на Sc_2O_3), подвергают нейтрализации содой с последующей обработкой шавелевой кислотой. Полученные оксалаты отфильтровывают и направляют на прокалку с получением «чернового» оксида скандия, содержащего 40...50% Sc_2O_3 . Трибутилфосфат после реэкстракции направляют на водную отмывку (О: В = 1: 2) и возвращают на экстракцию. Описанная технология была внедрена на Усть-Каменогорском титаномагниевом комбинате. Внедрение ее выявило существенные недостатки – образование значительных количеств третьей фазы вследствие экстракции титана, циркония и кремния. Сквозное извлечение скандия при одноступенчатой экстракции составляло 14,6...22%. Очень велики были потери трибутилфосфата с рафинатом – до 0,6 г/л [3].

Попутное извлечение скандия и ванадия при переработке ильменитовых концентратов на пигментный диоксид титана сернистым способом описано в работе [4]. Установлено, что оба эти элемента концентрируются в упаренной гидролизной кислоте. Исследованы условия экстрак-

ционного извлечения скандия и ванадия из сернокислых растворов ТБФ при введении в систему соляной кислоты. Разработанная экстракционная схема извлечения этих элементов из упаренной гидролизной кислоты обеспечивает переход ванадия в товарный пентаоксид (V_2O_5) на 92,0%, скандия – в товарный оксид на 83,0%. Общее извлечение ванадия и скандия из ильменитовых концентратов составило соответственно 72, 8 и 73,4%.

В работе В. В. Стрелкова [5] рассмотрена технология комплексной переработки отработанного расплава процесса хлорирования титановых продуктов с получением черного скандиевого концентрата (0,3...1,2% Sc_2O_3), хромовых и железных пигментов, железо-марганцевого концентрата, а также диоксида MnO_2 или гидроксида марганца $Mn(OH)_2$. Черновой скандиевый концентрат перерабатывают на обогащенный продукт (80...95% Sc_2O_3), а чистый оксид (более 99% Sc_2O_3) получают гидрометаллургическими методами, включающими выщелачивание, ионообменную сорбцию и осаждение скандия NH_4OH и $H_2C_2O_4$. Общее извлечение металла из отходов в оксид скандия чистотой 99,0% составляет около 80%, а извлечение из черного концентрата – 92%.

В процессе переработки отходов производства титана с целью извлечения из них скандия солянокислые растворы содержат, кроме скандия, и титан. В патенте России [6] предложен способ отделения скандия от титана. Для этого в хлоридный раствор, содержащий титан и скандий, добавляют пероксид водорода в массовом соотношении с концентрацией титана $C = 0,8...10$, раствор нейтрализуют, после чего проводят экстракцию 0,25 моль/л раствором 2-гидрокси-5-нонил-бензил, в-дигидроксиэтиламина (НБЭА) в октанол в течение 30 минут при рН 2,25...3,45. Предлагаемый способ позволяет повысить коэффициент разделения металлов с 450 до 26440.

Весьма перспективными для извлечения скандия могут быть созданные в последнее время материалы, сочетающие в себе одновременно свойства сорбента и селективного экстрагента – твердые экстрагенты (ТВЭКС), которые получили широкое распространение для очистки элементов в аналитической химии. Такие материалы могут быть получены либо путем пропитки пористого носителя органическим экстрагентом (импрегнатом), либо путем проведения суспензионной сополимеризации стирола с дивинилбензолом в присутствии экстрагента.

Так называемая «твердофазная» экстракция скандия из растворов соляной и серной кислот с использованием смолы импрегнированной ТБФ (ТВЭКС-ТБФ), изучена в работе [7]. Показано, что по сравнению со стандартным процессом жидкостной экстракции скандия ТБФ, его извлечение ТВЭКС-ТБФ характеризуется большей эффективностью в сопоставимых условиях. На основе проведенных опытов предложена гидрометаллургическая схема извлечения скандия из реальных растворов, содержащих 0,02% скандия с применением ТВЭКС-ТБФ. Получаемый по описанной технологии конечный продукт содержит 60...95% Sc_2O_3 .

Выводы. Проведенный анализ литературных данных показал, что, вероятно, наиболее перспективным методом извлечения скандия из отходов производства является экстракция твердыми экстрагентами. Внедрение такой технологии целесообразно осуществить после тщательной экспериментальной проверки.

Библиографический список

1. Кудрявский Ю. П., Стрелков В. В., Чижов Н. Н. Избирательное извлечение скандия из отходов производства титана // Химия, технология, промышленная экология неорганических соединений. 1998. № 1. С. 115–116.
2. Кудрявский Ю. П., Казанцев Е. А. Концентрирование скандия из отходов титанового производства // Цветные металлы. 1999. № 1. С. 60–65.
3. Патент России № 2048564. Способ получения скандий-содержащих концентратов / Ю. П. Кудрявский, В. В. Волков, В. А. Колесников и др. Заявл. 11.11.1991. Оpubл. 20.11.1995.
4. Проблема моногородов / Информационно-аналитическое агентство Урал Бизнес Консалтинг // УрБК, Екатеринбург, 2009.
5. Смирнов М. Ю. Перспективы производства скандия на основе сырьевых и техногенных источников / Полезные ископаемые России и их освоение. СПб., 1997. С. 151.
6. Фаворская Л. В., Кошулько Л. П., Преснецова В. А. / Технология минерального сырья. Алма-Ата: Каз. ИМС, 1975. Вып. 2. С. 67–72.
7. Фаворская Л. В., Преснецова В. А., Вайнбергер Г. Н. и др. / Технология минерального сырья. Алма-Ата: Каз. ИМС, 1972. Вып. 2. С. 173–177.