

Технологические аспекты переработки перспективных руд месторождений Бурятии

© И. Г. Антропова^{1,2}

¹ Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия. E-mail: inan@binm.ru

² Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ г. Улан-Удэ, Россия

В работе отражены результаты исследований по переработке труднообогатимых руд цветных металлов на примере месторождений Бурятии. Показано, что эффективность переработки таких руд достигается новой технологией, включающей комбинированные методы на основе парогазовой технологии и термохимических процессов с использованием природных сырьевых добавок.

Ключевые слова: труднообогатимые руды цветных металлов; комбинированные методы; обжиг в атмосфере водяного пара; термохимическое обогащение; концентрат.

Technological aspects processing perspective ores of deposits of Buryatia

I. G. Antropova^{1,2}

¹ Baikal Institute of Nature Management, SB RAS, Ulan-Ude, Russia. E-mail: inan@binm.ru

² Buryat State University, Ulan-Ude, Russia

The paper reflects the results of research on processing of difficult to refractory non-ferrous ores on the example of deposits of Buryatia. It is shown that the processing efficiency of such ores is achieved by a new technology, including combined methods based on steam-gas technology and thermochemical processes using natural raw additives.

Keywords: complex ores non-ferrous metal; combined methods; roasting in the atmosphere of water vapor; thermochemical enrichment; concentrate.

В последние годы не только у нас в стране, но в мире наблюдается устойчивая тенденция снижения качества минерального сырья, возрастает удельный вес бедных, забалансовых и труднообогатимых руд. Качество руд цветных металлов ряда месторождений Бурятии характеризуются увеличением доли сложных руд с более тонкой вкрапленностью полезных минералов и повышенным содержанием окисленных и вторичных форм. Применение традиционных методов обогащения при переработке такого сложного вида сырья не позволяет достигнуть высоких технико-экономических показателей. В зависимости от особенностей вещественного состава руд схема их переработки может включать операции термохимии или пирометаллургии в сочетании с флотационным или гравитационным обогащением.

В настоящей работе рассмотрены технологические особенности переработки труднообогатимых полиметаллических руд и нетрадиционного алюминийсодержащего сырья (сынныритов) и возможные конечные продукты, которые могут быть получены, благодаря новым технологиям.

Для обеспечения потребностей страны в свинце и цинке и их экспорта назрела необходимость ввода в оборот известных, не эксплуатируемых сегодня полиметаллических месторождений Бурятии, отличающихся благоприятным географическим положением. Это, прежде всего, относится к месторождению Озерное. Его освоение позволит полностью покрыть дефицит цинка и существенно снизить дефицит других металлов в отечественной промышленности. Однако руды характеризуются непостоянством химического и минерального состава. Сульфидные руды представлены пиритом, сфалеритом, галенитом, реже пирротином, халькопиритом и арсенопиритом. Для месторождения проектировщиками (институт ОАО Сибцветметниипроект, 2009–2010 гг.) предложена флотационная схема обогащения сульфидных руд. Вопросы использования окисленных, тонковкрапленных высокосульфидных руд и пиритных концентратов не нашли проектного решения. На Озерном месторождении количество окисленных свинцово-цинковых руд составляет 24–26 млн тонн, количество тонко вкрапленных свинцово-цинковых колчеданных руд — более 50 млн тонн, что составляет 30–40 % от общего запаса сульфидных руд. В 2013–2016 годы в НИТУ «МИСиС» проведен комплекс исследований по разработке научно-технологических решений, направленных на создание комбинированной технологии обогащения сульфидных тонковкрапленных руд Озерного месторождения, основанной на сочетании в единой схеме переработки руд флотационных процессов с гидрометаллургическими. Предварительными исследованиями было установлено, что главная причина трудной обогатимости высокосульфидных руд — загрязнение концентратов раскрытыми частицами флотоактивных разностей пирита. Сделан вывод, что реальное повышение показателей обогащения данных руд возможно только использованием комбинированной технологии переработки руды. При использовании комбиниро-

ванной технологии на труднообогатимой свинцово-цинковой руде получен цинковый концентрат с массовой долей цинка 51,5% при извлечении цинка 39,5%. Гидрометаллургической переработкой комплексного промпродукта извлечение цинка в продуктивный раствор выщелачивания составило 41,5%, что при расчетном извлечении в катодный цинк 37% обеспечит суммарное извлечение цинка 76,5%. Из свинцово-цинковой руды весь свинец получен гидрометаллургической переработкой, извлечение свинца в карбонат свинца составило 55,8%, извлечение серебра в цементное серебро — 37,8%. Хотя полученные показатели — на уровне мировых аналогов (например, технологии ZINCEX и PRIMALEAD компании Técnicas Reunidas (Испания), использование этой технологии не обеспечивает высоких показателей по извлечению.

Исследованиями по изучению вещественного состава и обогатимости окисленных руд Озерного месторождения занимались разные организации (ООО НИИПИ «ТОМС»; ОАО «Иргиредмет»; Байкальский институт природопользования СО РАН, 2006–2007 гг.), результаты этих исследований показали низкую эффективность использования классических приемов обогащения и варианта гидрометаллургической технологии извлечения на основе солевого выщелачивания.

Эффективность переработки тонковкрапленных высокосульфидных руд с тесным взаимным прорастанием сульфидов железа, свинца и цинка и окисленных свинцово-цинковых руд может быть достигнута новой технологией, включающей комбинированные методы на основе парогазовой технологии. Совместный обжиг тонковкрапленных с тесным взаимным прорастанием сульфидов Fe, Zn, Pb и окисленных свинцово-цинковых руд в атмосфере водяного пара позволит в одном аппарате реализовать несколько процессов: термическое разложение окисленных минералов свинца и цинка, селективное окисление сульфидов железа с образованием сероводорода, сопровождающееся дезинтеграцией взаимопроросших сульфидов свинца, цинка и пиросульфидирование разложившихся труднообогатимых окисленных минералов. При недостаточном количестве пирита в тонковкрапленных сульфидных рудах цветных металлов для образования сероводорода в реакционной печи (для сульфидирования окисленных форм) можно в качестве сульфидизатора использовать отходы ГОК — пиритные концентраты. В полиметаллических рудах помимо основных минералов часто содержатся значительные количества благородных металлов, золота, серебра, которые ассоциируются в основном с сульфидами железа. Использование данного процесса при промышленном содержании благородных металлов позволит вскрыть тонкое и мелкое золото и попутно его извлечь при дальнейшей переработке хвостов обогащения.

Перспективным нетрадиционным комплексным сырьем для развития алюминиевой отрасли, агропромышленного комплекса страны и стройиндустрии являются уникальные по содержанию калия (K_2O 19–21%) алюмосиликатные породы — сынныриты, «Забытые богатства России». Они были обнаружены в Сыннырском (Республика Бурятия) и Сакунском (Забайкальский край) массивах нефелиновых сиенитов в начале 60-х годов прошлого столетия. Главными пороодообразующими минералами сынныритов являются калиевый полевой шпат (50–65%) и природная калиевая разновидность нефелина — кальсилит (20–34%), который довольно часто встречается в вулканических и интрузивных щелочных породах, но нигде, за исключением Сыннырского и Сакунского массивов, не образует значительных скоплений (Архангельская, 2014). Минеральный состав сынныритов при их комплексной переработке позволяет получать промышленные продукты широкого ассортимента, такие как бесхлорные калийные удобрения, глинозем и строительные материалы.

Многолетние агрохимические испытания дробленого сыннырита показали, что последний действует как бесхлорное калийное удобрение. Однако перевозка его для агротехнических целей неэкономична из-за низкой доли активного компонента (6,25%) в сырье. Авторами разработаны физико-химические основы экологически чистых технологий получения калийсодержащих удобрений из сынныритов. Первая технология основана на совместной механохимической активации сынныритов и окисленных бурых углей, а вторая — на получении (синтезе) искусственного лейцит-кальсилитового концентрата термохимическим обогащением с использованием в качестве добавки доломита ($CaMg(CO_3)_2$). Измельченный сыннырит, искусственные кальсилит-лейцитовые концентраты, органоминеральное удобрение на основе сыннырита и окисленного бурого угля — это водонерастворимые, невымываемые и экологически чистые удобрения и агроулучшители, обладающие пролонгированным действием и решают общие для сельского хозяйства проблемы — дефицит бесхлорных калийсодержащих удобрений и негативное воздействие на экологию, что имеет большое значение для условий Байкальского региона.

Так же минеральный состав сынныритов позволяет при их глубокой комплексной переработке получать чистые соли калия и глинозем. Предложенные в 80-ые годы технологические приемы при термохимическом обогащении сынныритов с получением лейцитового продукта подразумевают

применение высоких температур, использование в качестве плавней соединений фтора, хлора, карбонатов кальция, калия и натрия.

Повышение эффективности переработки сыннырита может быть достигнуто за счет использования на стадии термохимического разложения основных кислотоупорных минералов исходного сырья (минералов калиево-шпатовой группы) в качестве сырьевой добавки одну из дешевых минеральных пород доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ или брусит $\text{Mg}(\text{OH})_2$, приводящие к понижению температуры процесса термообработки.

Установлены оптимальные условия процесса спекания сыннырита с каждой из сырьевых добавок, обеспечивающие максимальное разложение калиевых полевых шпатов до кислоторастворимых лейцитовых минеральных форм: при спекании сыннырита с доломитом — массовое соотношение сыннырит : доломит равно 2:1, температура 1050–1100 °С; при спекании сыннырита с бруситом — соотношение 3:1, температура 1150–1200 °С. Конечными кальций и магнийсодержащими фазами являются окерманит ($\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{Si}_2\text{O}_7)$) в случае спекания с доломитом и форстерит (Mg_2SiO_4) при спекании с бруситом.

Таким образом, разрабатываемые научно-технологические решения позволяют удешевить процесс термической обработки, обеспечить полноту разложения сыннырита с получением кальсилит-лейцитового концентрата, обогащенного магнием, а при последующей гидрометаллургической переработке спеков получать помимо глинозема и сульфата калия дополнительные продукты в виде сульфата магния и кремнезема.

Работа проводится в рамках бюджетного проекта IX.132.4.3. “Разработка физико-химических основ технологий комплексной переработки нетрадиционного минерального сырья и техногенных отходов с получением новых материалов и товарных продуктов» и гранта «У.М.Н.И.К.» (проект № 46649/2017).

Антропова Инна Германовна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Байкальского института природопользования СО РАН, старший преподаватель Бурятского государственного университета, г. Улан-Удэ.