

УДК 622.7

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОБОГАЩЕНИЕ СИЛЛИМАНИТОВЫХ РУД

Скибин С.В.

**Научный руководитель – доцент, кандидат технических наук Коннова Н.И.
Сибирский федеральный университет**

Объектом исследования является Базыбайское месторождение силлиманита (Красноярский край), которое в настоящее время является довольно перспективным ввиду истощенной рудной базы Ачинского глиноземного комбината. Так же, в работе кратко охарактеризованы и другие месторождения и потребители силлиманитовой руды.

Рассмотрена возможность предварительного обогащения руд с использованием рентгенорадиометрической сепарации, проведены поэлементный и рентгено-фазовый анализы. Исследования проводились совместно с ООО «Радос».

Минералы группы силлиманита (МГС), к которым относятся андалузит, силлиманит и кианит связаны с метаморфическими породами. Они находят широкое применение при производстве огнеупоров, керамики и другой востребованной продукции. Их концентраты могут использоваться при производстве глинозема по технологии спекания совместно с нефелиновыми рудами и при получении силумина и алюминия электротермическим способом. Потребности в данном сырье только по огнеупорной промышленности составляют сотни тысяч тонн. Если учесть возможность его использования при производстве силумина и алюминия, то они могут возрасти до миллионов тонн в год. В России ресурсы этого вида сырья составляют миллиарды тонн, есть разведанные месторождения, но они не разрабатываются. Поэтому всестороннее изучение месторождений и рудопроявлений МГС, имеет большое практическое значение.

Крупное месторождение находится в Индии (Хази-Хиллс, Пипра); в ГДР широко распространен в высокотемпературных кордиеритовых гнейсах Гранулитовых гор близ Митвейды, Бургштедта (округ Карл-Маркс-Штадт).

В России крупные месторождения силлиманитов находятся на Кольском полуострове, Карелии, Беломоре, Красноярском крае и в Иркутской области.

Территория северо-запада России является крупной сырьевой базой высокоглиноземистых минералов группы силлиманита.

Силлиманитовые месторождения Кейвской группы, расположенные в центрально-восточной части Кольского полуострова представляют непрерывную полосу протяженностью около 200 км. Одним из главных недостатков месторождений Кейвской группы является их значительная удаленность от потребителей.

В Сибири известны месторождения минералов группы силлиманита - Китойское, Кяхтинское, Тымбинское. Базыбайское. Кяхтинское силлиманитовое месторождения, расположено в южной части Республики Бурятия, включает участки: Черная Сопка, Кяхтинский и Усть-Кяхтинский. Месторождения представлено серией пластообразных линз силлиманитосодержащих сланцев мощностью до 40м (максимальная мощность достигает до 70 м), залегающих в толще биотитовых и биотит-амфиболовых гнейсов раннепротерозойского возраста. К востоку и северо-востоку от месторождения гнейсы сменяются большое количество пегматитовых жил, а участками интенсивно мигматизирована.

Метаморфические породы китойской серии развитые в Булунском и Китойском блоках представлены умеренноглиноземистыми с биотитом, амфиболом, пироксеном, гранатом и высокоглиноземистыми с силлиманитом, кордиеритом, биотитом, гранатом плагиогнейсами, двупироксеновыми плагиосланцами и плагиогнейсами (иногда с гранатом), метагаббро-анортозитами, доломитовыми и кальцитовыми мраморами, реже

силлиманит-биотитовыми кварцитогнейсами и мономинеральными кварцитами. Базыбайское имеет перед ними следующие преимущества. Во-первых, его прогнозные ресурсы большие; во-вторых, оно расположено в экономически развитом регионе и сравнительно недалеко от глиноземных и алюминиевых предприятий Красноярского края; в-третьих, руды имеют предельно простой минералогический состав, и на их базе можно создать крупномасштабное безотходное производство концентратов.

Руды Базыбайского месторождения, оригинальной особенностью которых является простой вещественный состав и хорошая откристиаллизованность, в основном сложены кварцем (70-72 %), силлиманитом (20-25 %), пиритом (2-4 %) и содержат 78-80% кремнезема и, 14-18% глинозема, 2-4% железа (в пересчете на оксид). Здесь выявлены три участка распространения руд (силлиманитовых кварцитов) - «силлиманитовый», «Кедровый», «Высота с отм. 1190,6 м». Базыбайское месторождение силлиманитовых кварцитов открыто в 1968-1971 г.г. геологами Минусинской геолого-разведочной экспедиции. С 1976 по 1981 г.г. здесь проводились поисково-разведочные работы (Н.Я.Азанова и др.) Силлиманиты Базыбая совместно с нефелиновыми сиенитами, разведанными вблизи Горячегорска, может заменить руду Кия-Шалтырского месторождения. Последняя сегодня используется на Ачинском глиноземном комбинате, и запасы ее подойдут к концу в обозримом будущем. А на Базыбае, между тем, прогнозные ресурсы руды даже по самым скромным подсчетам превышают 410 млн тонн, что эквивалентно 65 млн тонн глинозема. И это только на одном из четырех обнаруженных участков. В целом территория имеет потенциал не меньший, чем Нижнее Приангарье, и при грамотном и эффективном использовании природно-ресурсной базы, привлечении государственных капиталовложений, частных инвестиций может дать толчок к экономическому развитию не только Курагинского района, но и всего южного региона Красноярского края.

Результаты исследований на обогатимость силлиманитовых руд в литературе практически отсутствуют, поэтому на основании вещественного состава силлиманитовой руды выбираем направление исследований: радиометрический метод сепарации, флотационный метод обогащения.

Целью работы является показать целесообразность применения рентгенорадиометрической сепарации для обогащения силлиманитовых руд Базыбайского месторождения.

Многочисленные исследования, проведенные на различных типах силлиманит содержащих руд (кварцевые, смешанные, сланцевые и пр.), позволили установить целый ряд элементов, которые так или иначе связаны с силлиманитом (или ассоциируют с ним).

В основном кварц и сульфидные минералы (пирит), топаз и надежней всего определяют наличие силлиманита в куске. При этом сами эти минералы в РРС распознаются через элементы Fe, Cu, Zn, Al и Si.

Объектом исследования является Базыбайское месторождение силлиманита (Красноярский край) – южное рудное тело. Минеральный состав пробы следующий. Куски руды имеют светло-серую (до белой) окраску, мелко-среднезернистую структуру, полосчатую текстуру и состоит, в основном из кварца, силлиманита и пирита. В небольшом количестве в них присутствует рутил, ильменит, топаз, циркон, сфен, магнетит, халькопирит, углистое вещество. По данным химического анализа бороздовых и задирковых проб отобранных в процессе работ, проводимых в 1976-1978 гг, содержание Al_2O_3 в рудах составляет 13,8-16,5%, SiO_2 - 74.83-81.6%, железа валового 0,83-3,59 %. Прогнозные ресурсы руды по Северному телу составляют 168,3 млн.т при среднем содержании Al_2O_3 - 16 %

Крупность руды, требуемая для проведения радиометрической сепарации, составляет не менее 40 мм. Дробление исходной руды до крупности -50 мм проводили в щековой дробилке и далее рассеивали на классы: (-40+0) мм и (+40) мм. Класс (-40+0) мм отправили в запас, так как РРС проводится по классу крупности более 40мм. Класс (+40) мм направили на ручную рудоразборку по признаку видимой окисленности (отбились куски руды, покрытые окисленной пленкой, не имеющие чистых сколов).

Исходная руда, масса 133,15 кг, диаметр максимального куска 291,6 мм.

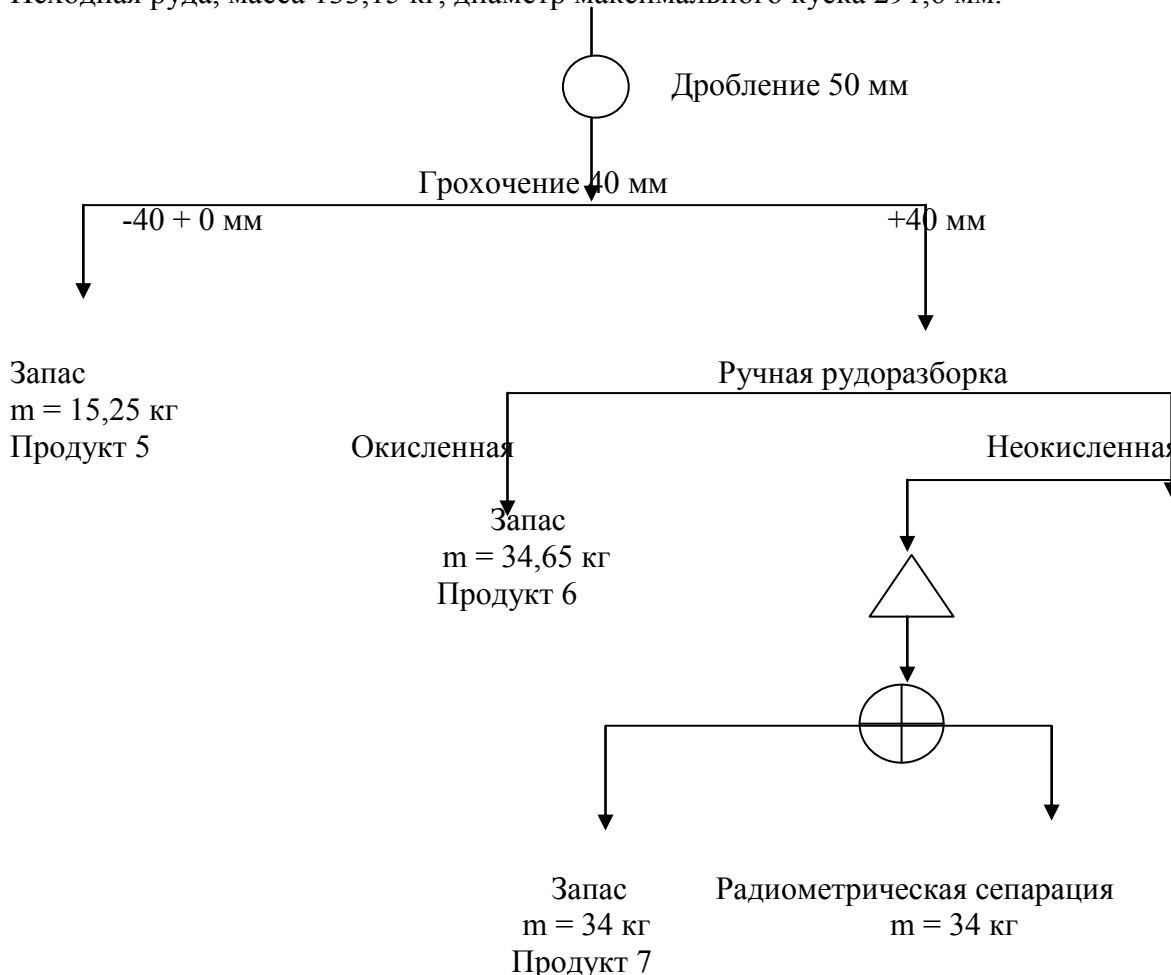


Рис. 1. Схема разделки технологической пробы

Рентгенорадиометрическая сепарация (РРС) относится к новым высокоэффективным, экологически чистым и низкзатратным технологиям, базируется на опыте многолетнего пути развития радиометрических методов обогащения. Промышленное освоение РРС началось с начала 90-х годов XX столетия. Появление и необходимость этой технологии обусловлены многими объективными факторами.

Для горнорудной промышленности всего мира характерны общие беды. Богатые месторождения практически отработаны, а перерабатывать традиционными методами бедные и забалансовые или некондиционные руды, в т.ч. многочисленные отвалы этих руд, убыточно или, в лучшем случае, невыгодно из-за высокой себестоимости. Кроме того, все меньше остается легкообогатимых руд, все чаще приходится переходить на комплексные труднообогатимые и упорные руды, для которых актуально не только удаление породы, но и возникает необходимость разделения на технологические типы и сорта. Для повышения качества перерабатываемых руд и расширения сырьевой базы

предприятия вынуждены привлекать и осваивать новые более богатые малые месторождения и рудопоявления, зачастую значительно удаленные от обогатительной фабрики. При этом забывая про свои собственные запасы и накопленные отвалы бедных и забалансовых руд, рациональное использование которых во многом может решить сырьевую проблему и, в большинстве случаев – социальную. И в решении этих задач главный технологический и экономический резерв лежит на пути исключения бессмысленных перевозок и переработки пустой породы. Именно из экономических соображений в сочетании с технологическими преимуществами предварительное обогащение и разделение руд по сортам должны стать азбукой, неотъемлемой частью общей технологии добычи и переработки полезных ископаемых, различных видов техногенного сырья для предприятий с любой производительностью рудников. Кроме того, традиционно практически вся технология обогащения базируется на “мокрых” методах, замена которых на “сухие”, экологически и экономически более выгодные, является предметом и целью многочисленных исследований и поисков.

Как одна из «вынужденных» мер с давних времен и до сегодняшнего дня применяется ручная рудоразборка (или сортировка) крупнокускового материала практически во всех горнодобывающих странах мира. Но этот рабский, низкоэффективный и малопродуктивный труд представляет безусловно тупиковый путь развития. И к тому же, визуальная сортировка далеко не всегда возможна при слабом или полном отсутствии различий цветовых признаков руды и породы. Решать поставленные задачи способна только автоматическая, высокоэффективная и производительная покусковая сепарация, основанная на современных достижениях физики и техники. Именно для этих целей и разработаны радиометрические методы обогащения и радиометрические сепараторы.

В наиболее развитых странах мира и особенно в России в течение последних 50 лет упорно занимались разработкой методов радиометрической сепарации, включающих в себя использование всевозможных видов излучения для распознавания ценных компонентов в кусках полезных ископаемых (естественная радиоактивность, световое, рентгеновское, ядерное, электромагнитное излучение различных диапазонов). В результате родилось целое направление в технологии обогащения, которое в России объединено такими понятиями, как автоматические методы покусковой сепарации руд или радиометрические методы обогащения.

В урановой и алмазной промышленности эта технология уже давно стала базовой. Для этого применялись и применяются сотни радиометрических сепараторов, работающих по естественной радиоактивности и рентгенолюминесценции полезных минералов.

С развитием радиометрических методов обогащения руд как наиболее универсальный и селективный выделился и зарекомендовал себя метод рентгенометрической сепарации (PPC).

Как показали многочисленные исследования и испытания различного масштаба, проведенные коллективами многих институтов и организаций в бывшем СССР («Иргиредмет», «ВИМС», «ВНИИХТ», «Механобр», «ЦНИИолово», «ВНИИ-1», НПО «Сибцветметавтоматика», НПО «Алмаззолотоавтоматика»), а также в последние годы ООО «РАДОС» и ООО «ТЕХНОРОС» (г. Красноярск), именно PPC из всех радиометрических методов обогащения оказалась наиболее высокоэффективной, самой «сухой» и применимой для самых разнообразных полезных ископаемых: руды цветных и редких металлов, золото и серебро, платиноиды, редкоземельные элементы, полиметаллы, олово, уран, вольфрам, марганец, хром, бокситы, кварциты, магнезиты, флюориты, нефелины, силлиманиты, апатиты, уголь, отходы металлургических производств (шлаки, футеровка). И это далеко не полный перечень возможностей PPC.

Многочисленные исследования, проведенные на различных типах силлиманит содержащих руд (кварцевые, смешанные, сланцевые и пр.), позволили установить целый ряд элементов, которые так или иначе связаны с силлиманитом (или ассоциируют с ним).

В основном кварц и сульфидные минералы (пирит), топаз и надежней всего определяют наличие силлиманита в куске. При этом сами эти минералы в РРС распознаются через элементы Fe, Cu, Zn, Al и Si.

Исследование проводилось на переносном рентгеновском комплексе ПРК-2 предназначенном для решения следующих задач: оценка качества руд результатов сортировки РСК, оценка вещественного состава, корреляционных связей элементов и минералов в рудах и техногенных материалов, определение процентного содержания элементов (до двух элементов), разработка новых методик рентгенорадиометрического метода анализа минерального сырья.

В результате сепарации были определены 4 класса продуктов по признаку содержания Fe, поскольку стронций не дал ощутимых различий.

Схема покусковой рентгенорадиометрической сепарации представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Схема покусковой рентгенорадиометрической сепарации

Провели анализ полученных данных, сопоставив результаты сепарации с поэлементным и количественным рентгено-фазовым анализом.

Выявлена закономерность распространения силлиманита в рудах Базыбайского месторождения по сортам, полученным после радиометрической сепарации. Наибольшее содержание силлиманита получено в продукте 2. Это объясняется опытом предыдущих исследований: максимум силлиманита приходится а средние содержания пирита и кварца.

Следовательно, разделение силлиманитовой руды по сортам возможно по признаку железа, и может использоваться для руды Базыбайского месторождения. Исследования проводились совместно с сотрудниками ООО «Радос», у которых имеется опыт подобных исследований на месторождениях Иркутской области. Предполагается последующее детальное исследование и заявка патента на предварительное обогащение силлиманитовых руд Базыбайского месторождения.