

Рентгеноабсорбционная сепарация серебросодержащей руды

ВВЕДЕНИЕ

Серебро – второй по популярности драгоценный металл после золота. По оценке экспертов, общий объём доказанных запасов этого драгметалла в мире сейчас достигает 600 тысяч тонн. Каждый год в мире добывается около 20-22 тысяч т серебра.

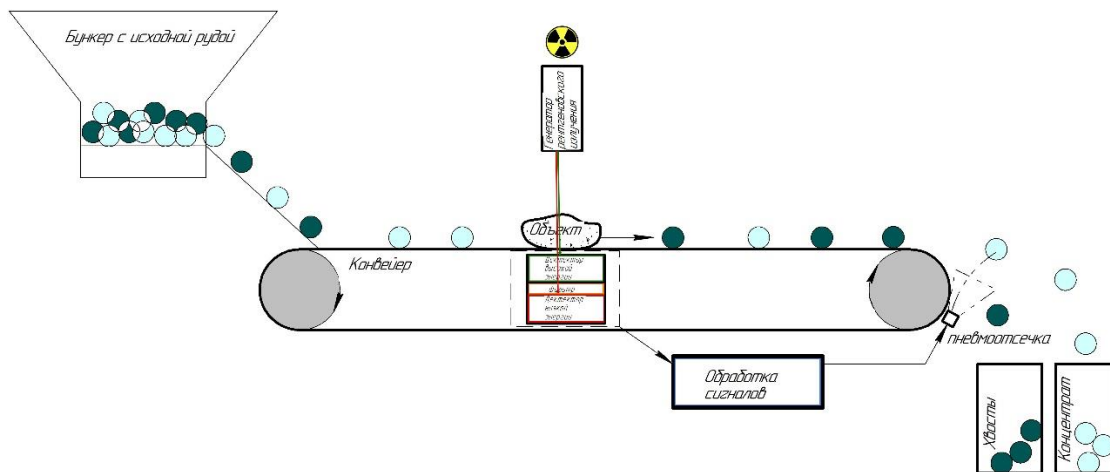
Ещё в XIX веке вся добыча серебра была сосредоточена в странах Южной Америки. И сейчас этот континент сохраняет главенствующие позиции на мировом рынке «белого» золота.

Самыми крупными запасами обладают Польша и Перу – на территории этих стран залегают примерно по 110 тысяч т драгоценного металла. Однако по объёмам производства «впереди планеты всей» – мексиканские добывающие компании.

МЕТОДЫ И ПРИНЦИПЫ

Поиск эффективного метода обогащения сырья является важной стратегической задачей развития горно-обогатительных предприятий. Особое место среди методов обогащения различных типов руд с высокой эффективностью используется рентгеноабсорбционная сепарация или метод рентгеновской трансмиссии X-Ray Transmission (XRT- метод).

Данный метод не требует особой подготовки сырья в виде операций промывки и очистки поверхности кусков от грязи, пыли, шламовых плёнок. Рентгеноабсорбционный метод является проникающим, и позволяет распознавать в куске скрытую минерализацию.



Общий принцип работы рентгеноабсорбционного сепаратора

В общем виде, принцип работы рентгеноабсорбционного метода можно представить следующим образом: чем выше атомный номер химических элементов, входящих в состав минералов и горных пород, тем меньшее количество рентгеновских лучей пройдет сквозь данный материал. Величина ослабления интенсивности рентгеновского излучения материалом, в частности, зависит от атомного номера химического элемента вещества объекта, толщины куска и энергии квантов рентгеновского излучения.

ИССЛЕДОВАНИЕ

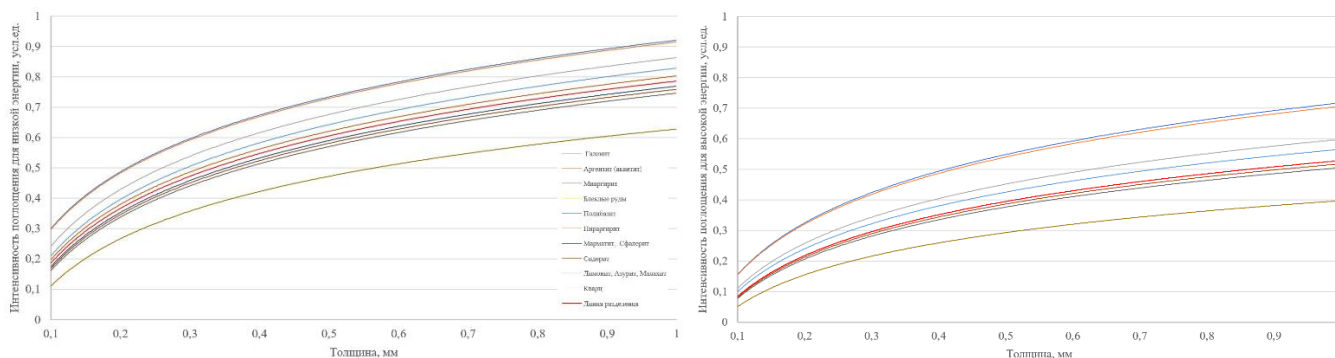
ИЦ «Буревестник» провел работы по оценке обогатимости серебросодержащих руд месторождения Обоха рентгеноабсорбционным методом. По результатам исследований установлена высокая эффективность разработанного признака разделения MD.

Принцип регистрации и оценки при рентгеноабсорбционном анализе состоит в том, что регистрируется на сцинтилляционном детекторе прошедшее через куски минералов и горных пород рентгеновское излучение. Детектор преобразует энергию прошедшего рентгеновского излучения через куски руды в импульсы тока, которые усиливаются и записываются регистрационной системой. Полученные результаты оцифровываются,

переводятся в графический вид в виде растровых графических изображений и обрабатываются программным обеспечением автоматизированной системы управления по специальному алгоритму, разработанному в ИЦ «Буревестник». Далее они сопоставляются со значениями заданного порога разделения, после чего проводится анализ и расчет отношения площади полезного компонента к общей площади куска руды на рентгеновском изображении. В исследовании искомыми компонентами приняты аргентит (акантит), пираргирит, миаргирит, стефанит, прустит, полибазит и блеклые руды, а также галенит и церуссит, т.к. минералы свинца содержат изоморфные примеси серебра.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

На первом этапе проведен теоретический расчет интенсивности поглощения рентгеновского излучения для каждого отдельного минерала при двухэнергетическом детектировании для получения сравнительных характеристик контрастности полезных компонентов и вмещающей породы (рис. ниже), которое рассчитывается как отношение интенсивностей поглощения рентгеновского излучения полезным продуктом и вмещающей породой.



Теоретические расчеты интенсивности поглощения рентгеновского излучения минералами серебросодержащей руды


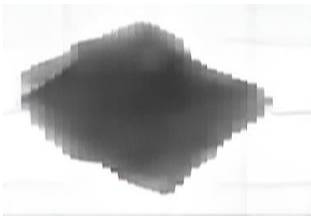
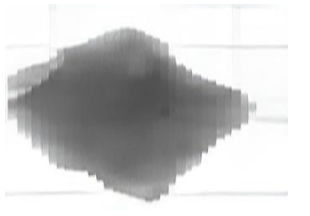
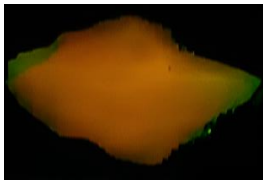

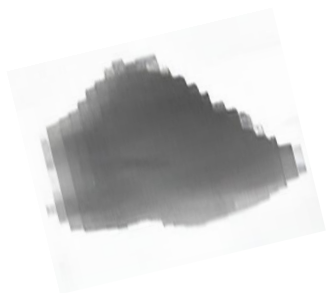
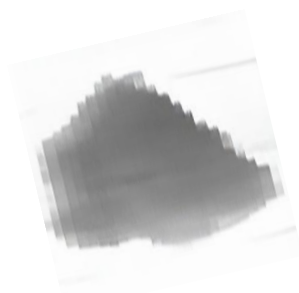
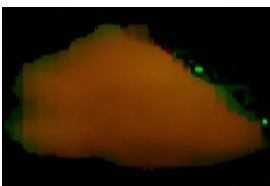

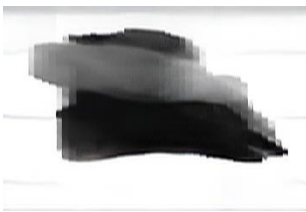

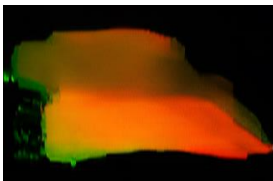



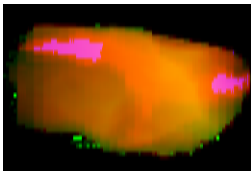
Результаты расчета показали разделение минералов серебросодержащих руд на две группы:

- Первая группа, включающая основные полезные компоненты: аргентит (акантит), полибазит, пираргирит, а также галенит, церуссит и блеклые руды.
- Вторая группа, включающая вмещающие породы: кварц, мусковит, марматит, сфалерит, сидерит, лимонит, азурит, малахит.

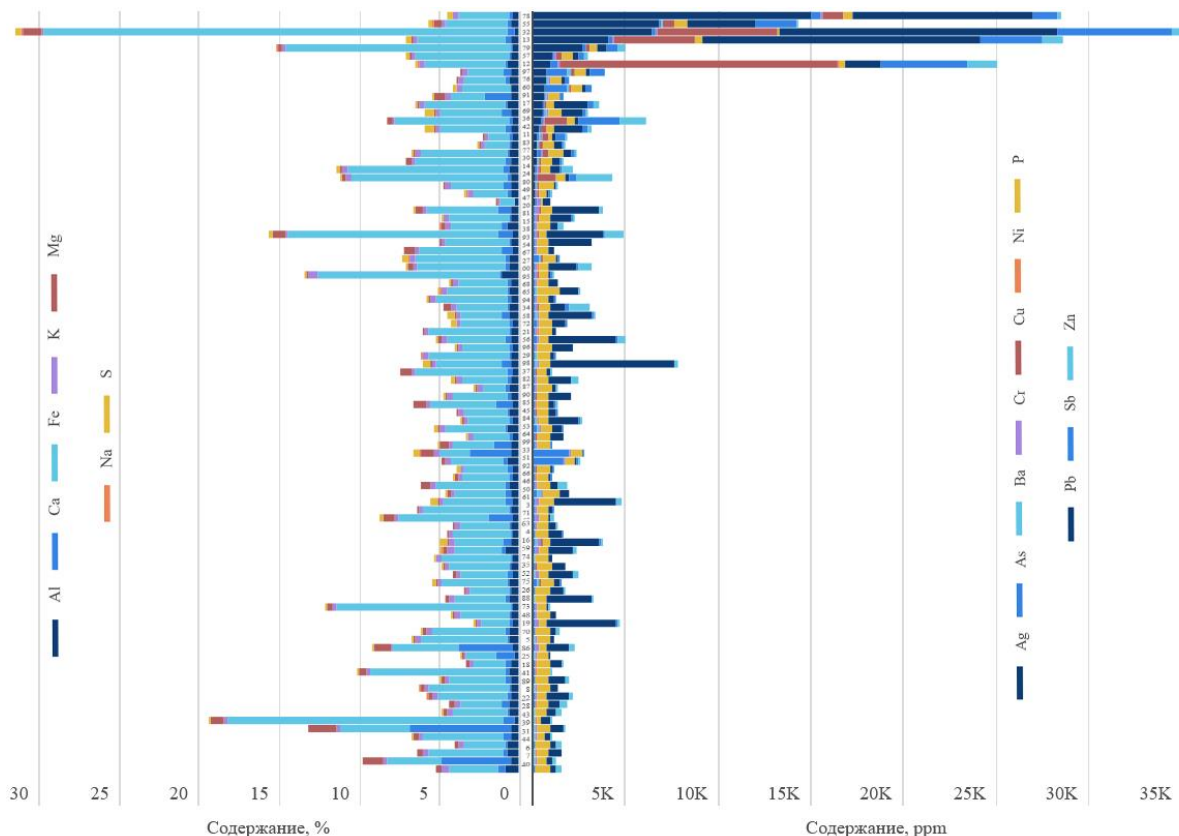
Таким образом, получена теоретическая оценка признака разделения по степени различия минералов основного компонента – первой группы – по отношению к минералам вмещающей породы – второй группы – при двухэнергетической системе регистрации прошедшего рентгеновского излучения через куски серебросодержащей руды. Результаты показали, что при двухэнергетической системе регистрации минимальным значением контрастности на низкой и высокой энергии, 24% и 15% соответственно, выявлено у полибазита и пираргирита по отношению к марматиту и сфалериту.

С целью разработки признака разделения на первом этапе работы, а именно качественного и количественного разделения серебросодержащей руды по соотношению площадей полезного продукта и вмещающей породы, были отобраны представительные куски серебросодержащей руды, которые анализировались аппаратурой, реализующей рентгеноабсорбционный метод. Выделены образцы с наибольшей (образцы №9 и №23 с сульфидными минералами) и наименьшей поглощающей способностью (образцы №1 и №2, представленные типичной вмещающей породой). В ИЦ «Буревестник» разработаны методика, алгоритм и признак разделения, которые позволили идентифицировать включения полезного компонента во вмещающей породе. Получены рентгенографические изображения представительных образцов серебросодержащей руды с различным содержанием рентгеноплотных частиц (табл. ниже): № 1– 1,22%, № 2– 0,82%, № 9– 40,90%, № 23– 44,22%.

Таблица – Фото и рентгенографические изображения представительных образцов выборки серебросодержащей руды месторождения «Обоха»

Фото образцов	Рентгенографическое изображение		Результат обработки
	на канале низкой энергии	на канале высокой энергии	
			
			
			
			

Для количественного анализа основных химических элементов проведены измерения 94 образцов серебросодержащей руды методом атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС) с индуктивно связанной плазмой, по результатам которой выявилось 24,4 % образцов с высоким содержанием серебра (более 100 ppm). Результаты представлены на рис. ниже.


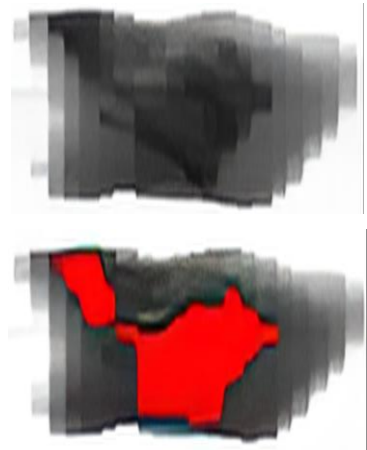
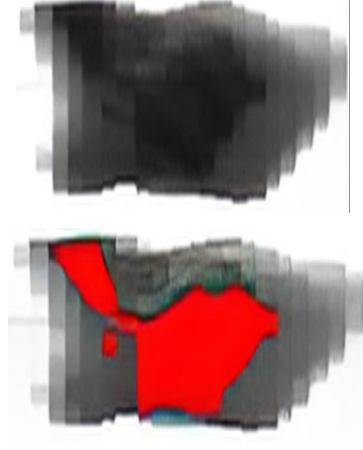


Результаты количественного состава химических элементов в пробах серебросодержащей руды, полученных методом АЭС с индуктивно связанной плазмой


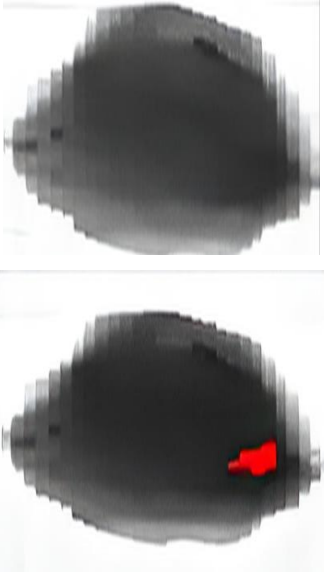
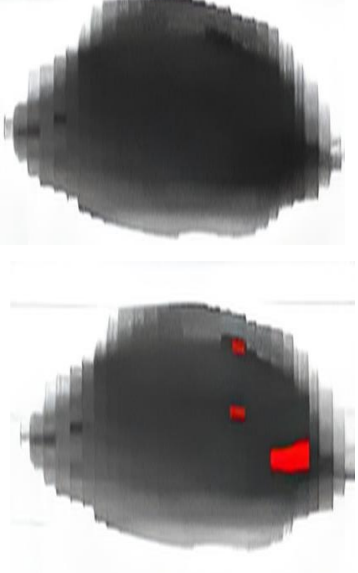
Далее проведен анализ корреляционных связей серебра с прочими компонентами остальных кусков выборки, которые свидетельствует о связи серебра со свинцом ($R=0,72$), представленным галенитом, и сурьмой ($R=0,65$), представленный тетраэдритом (аргентотетраэдритом).

Для образцов, у которых по результатам АЭС выявлено наименьшее и наибольшее содержание серебра, проведен анализ показателя контрастности ($K^*_{п/л}$) как отношение интенсивностей поглощения рентгеновского излучения полезным продуктом к интенсивности поглощения вмещающей породой. Визуализация результатов расчета выполнена в программном обеспечении ImageJ и представлены на рисунке ниже.

Образец № 13 с высоким содержанием серебра, MD=30,10

фотография	данные канала низкой энергии	данные канала высокой энергии
		
	$K'_{п/вп}=1,436$ $S_{пп}=21\%$	$K'_{п/вп}=1,316$ $S_{пп}=26\%$

Образец № 8 с очень низким содержанием серебра, MD=4,04

		
	$K'_{п/вп}=1,008$ $S_{пп}=2\%$	$K'_{п/вп}=1,075$ $S_{пп}=2,6\%$

Образцы с высоким и с очень низким содержанием серебра

Проведено изучение обогатимости серебрясодержащих руд методом рентгеноабсорбционной сепарации и оценка эффективности разработанного признака разделения, которое определяется как максимум средневзвешенного отклонения содержания серебра во фракциях, полученных путем последовательной группировки кусков, расположенных в порядке возрастания признака разделения, от среднего содержания ценного компонента в руде, а эффективность признака разделения рассчитывается как отношение показателя признака разделения к показателю контрастности.

Анализ эффективности разделения выборки показал, что при разделении с использованием признака MD доля концентрата в хвостах составила 5,77%, при этом количественно выход хвостов при использовании признака MD составляет 59,04%. Это также свидетельствует о высокой эффективности признака разделения MD.

ВЫВОДЫ

Таким образом, признак разделения по методике и алгоритму, разработанных в ИЦ «Буревестник», позволяет идентифицировать включения минералов сложных сульфидов (сульфосолей) во вмещающей породе. Дополнительно установлено, что образцы с наибольшей поглощательной способностью имеют в своем составе железо, медь, сурьму и свинец, входящих в состав галенита и тетраэдрита, которые являются минералами-индикаторами серебра. Это подтверждается анализом корреляционных связей серебра со свинцом ($R=0,72$), который представлен галенитом, и сурьмой ($R=0,65$), представленной аргентотетраэдритом.

Фракционирование выборки по содержанию серебра показало потенциальную возможность получения 91 % отвальных хвостов, содержащих 40,7 г/т Ag при потерях с ними 9,7 % Ag. При этом концентрат содержит 3791,53 г/т Ag, он обогащен в 10 раз по сравнению с исходной выборкой. Выборка особоконтрастна по содержанию Ag, значение показателя контрастности составило 1,64.

Количественный анализ эффективности разделения выборки показал, что при разделении доля концентрата в хвостах составила 5,77 %, что также свидетельствует о высокой эффективности признака разделения, которым является рентгеноабсорбционный метод.

Таким образом, с учетом полученных результатов исследования серебряносодержащей руды месторождения Обоха, рентгеноабсорбционный метод сепарации, реализованный на минеральном сепараторе РГС-6А производительностью до 160 т/ч с возможностью загрузки кусков руды от 10 до 100 мм, производства ИЦ «Буревестник», позволяет существенно увеличить показатели извлечения полезного компонента на этапе предварительного обогащения исходной руды за счет включения его в цепочку технологического процесса.

197350, г. Санкт-Петербург, ул. Летчика Паршина, д.3, строение 1.

www.bourestnik.ru

Отдел маркетинга, рекламы и продаж:

Тел.: +7 (812) 458-89-95, 458-86-48

E-mail: marketing.bv@alrosa.ru

Служба послепродажного обслуживания:

Тел./факс.: +7 (812) 528-82-83

E-mail: service.bv@alrosa.ru