

2. Власов Н.Г., Дмитренко В.С. и др. Приамурская золоторудная провинция // Золоторудные месторождения России. М., 2010. С. 187-213.
3. Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В. Золоторудные месторождения Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1996. 352 с.
4. Ожогин Д.О. Наноминералогические особенности прожилково-вкрапленных золото-сульфидных руд месторождения Маломыр. М.: ВИМС, 2009. 120 с.
5. Степанов В.А., Мельников А.В. Перспективы золотого оруденения Приамурской провинции // Минералогические исследования и минерально-сырьевые ресурсы России: Материалы годичного собрания РМО. М., 2007. С. 134-136.

МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНО-ЦИНКОВО-КОЛЧЕДАНЫХ РУД ЮБИЛЕЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Горбатова Е.А.

ГОУ ВПО «МГТУ», Магнитогорск

Интенсивное развитие горной промышленности Южного Урала привело к сокращению запасов медно-цинково-колчеданных руд. Расширение минерально-сырьевой базы горных предприятий возможно за счет вовлечения в переработку отвалных горных масс и отходов обоганительного передела. В связи с этим главной задачей исследования является оценка технологических свойств хвостов обогащения колчеданных руд на предмет извлечения из них ценных компонентов.

Юбилейное месторождение локализуется на западном крыле Магнитогорского мегасинклинория, в северной части Бурибайского рудного района и залегает в сложной вулканической постройке, представляющей собой несколько сближенных базальтовых куполов, осложненной кальдерой [1].

Геологический разрез месторождения представлен вулканогенными породами баймак-бурибаевской и ирендкской свит, вулканогенно-осадочными образованиями улутауской свиты и флишными отложениями зилаирской свиты [3]. Основное оруденение приурочено к зоне контакта спилитовой и дацитовой толщ баймак-бурибаевской свиты. Вмещающие породы претерпели гидротермально-метасоматические преобразования с формированием окорудного ореола измененных пород. Руды относятся к сфалерит-халькопирит-пиритовому минеральному типу с соотношением меди к цинку 2:1.

Медно-цинково-колчеданные руды Юбилейного месторождения обогащают флотационным способом с получением медного и цинкового концентратов. К отходам обоганительного передела относятся текущие хвосты обогащения, складываемые в хвостохранилище.

Хвосты обогащения по степени литификации являются несвязным глинисто-песчаным алевритом (рис. 1), их гранулометрический состав в среднем на 56,7% представлен частицами крупности -100+10 мкм и на 23% и 20,3% - частицами крупности +100 мкм и -10+0 мкм соответственно (табл. 1).

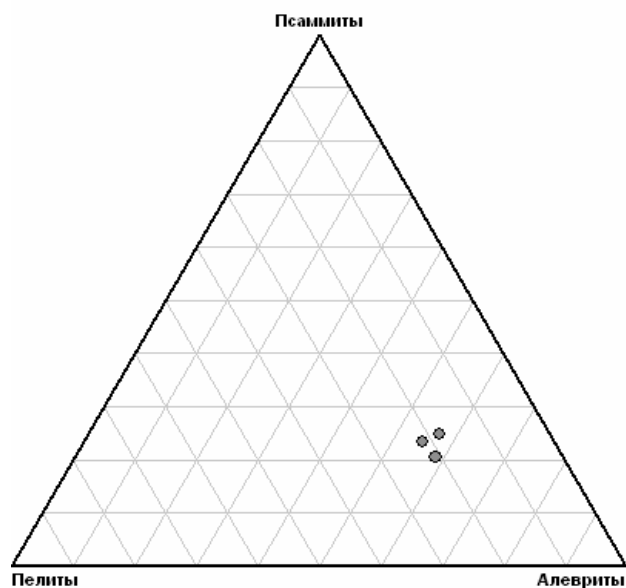


Рис. 1. Гранулометрический состав текущих хвостов обогащения по классификационной схеме Азербайджанского филиала АН СССР [2]

Таблица 1. Результаты седиментационного анализа текущих хвостов обогащения

Классы крупности, мкм	Выход класса, %		
	+100	24,9	20,7
-100+10	56,9	58,4	54,8
-10+0	18,2	20,9	21,7
Итого	100,0	100,0	100,0

В хвосты обогащения переходят труднораскрываемые минеральные сростки, заключающие в себе ценные компоненты, большая часть которых сосредоточена в классе -10+0 мкм, содержащего 0,38% меди и 0,5% цинка (табл. 2).

Таблица 2. Распределение ценных компонентов по классам крупности

Классы крупности, мкм	Содержание полезных компонентов, %			
	Медь	Цинк	Железо	Сера
+100	0,32	0,42	39,2	43,2
-100+10	0,27	0,48	35,2	38,08
-10+0	0,38	0,5	26,0	25,76

Хвосты сложены пиритом, халькопиритом и сфалеритом. Акцессорными минералами являются блеклая руда, борнит и халькозин. Встречаются единичные зерна магнетита и галенита. Нерудные минералы представлены кварцем, серицитом, хлоритом и кальцитом. Минеральный состав хвостов приведен в таблице 3.

Пирит сконцентрирован в крупном и среднем классах крупности и составляет 75,5%. Максимальное содержание сфалерита и халькопирита характерно для мелкого класса 0,7-0,8% и 1-1,2% соответственно (табл. 4).

Таблица 3. Минеральный состав хвостов обогащения медно-цинково-колчеданных руд

Минералы	Содержание минералов, %	Размеры зерен, мм
Пирит	68-70	0,00n-0,n
Халькопирит	0,8-0,9	0,000n-0,0n
Сфалерит	0,6-0,7	0,000n-0,0n
Галенит	Ед.з	0,002-0,004
Халькозин	Акцессорный	0,00n
Блеклая руда	Акцессорный	0,00n
Борнит	Акцессорный	0,00n
Магнетит	Ед.з	0,0025-0,003
Кварц	18-20	0,00n-0,n
Серицит	5-7	0,00-0,n
Хлорит	1-2	0,0n
Кальцит	0,5	0,0

Примечание: Содержание акцессорных минералов составляет 0,00n — 0,n %. Ед.з. - находки единичных зерен.

Таблица 4. Распределение рудных минералов по классам крупности

Минералы	Содержание по классам крупности, %		
	+100	-100+10	-10+0
Пирит	80	70-72	47
Халькопирит	0,9	0,7-0,8	1-1,2
Сфалерит	0,6	0,7	0,7-0,8
Галенит	Ед.з	Ед.з	-
Блеклая руда	0,0n		0,0n
Борнит	0,0n		0,0n
Халькозин	0,0n		0,0n
Магнетит	Ед.з		-

Минералы в исследуемой пробе встречаются в виде свободных зерен или минеральных сростков. С понижением класса крупности количество свободных зерен увеличивается (рис. 2). Если в крупном классе свободные зерна составляли 51%, то в мелком - 83%.

Для хвостов обогащения характерны двойные сростки халькопирит-пиритовые, сфалерит-пиритовые, кварц-пиритовые, а также тройные – халькопирит-сфалерит-пиритовые. Большая часть свободных зерен представлена пиритом.

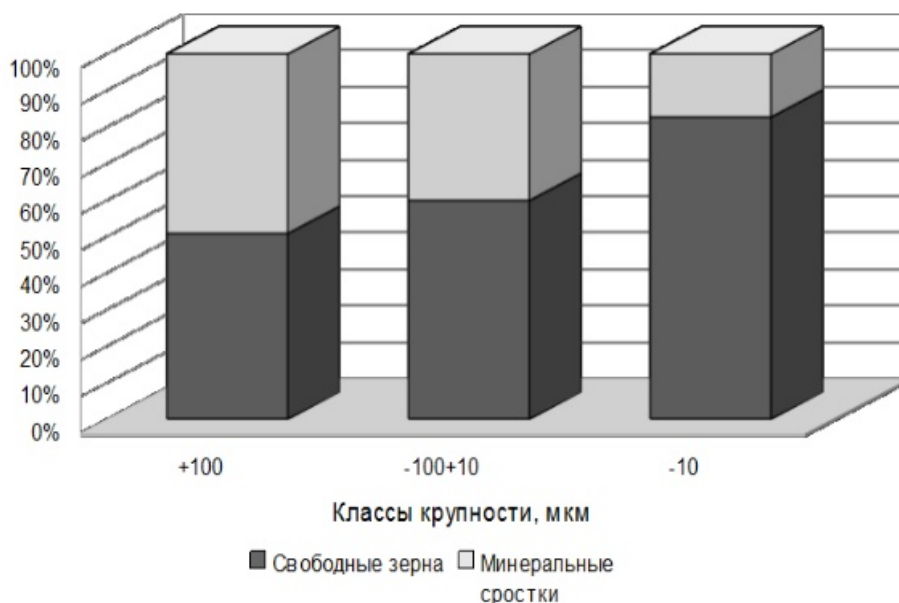


Рис. 2. Соотношение свободных зерен к минеральным сросткам в пробе

Минеральные сростки медно-цинково-колчеданных руд обладают следующими морфологическими типами структур: интерстиционными, коррозионными, краевых каемок, зернистыми с различной крупностью и идиоморфизмом зерен, пойкилитовыми.

Пирит встречается в виде свободных зерен и в минеральных сростках. Свободные зерна пирита имеют угловатую, иногда изометричную форму. Различают две морфологические разновидности пирита: пористый кристаллически-зернистого строения и идиоморфный кристаллический.

Пористый кристаллически-зернистый пирит образует сплошные тонко- или мелкозернистые агрегаты с аллотриоморфным или гипидиоморфным строением. Характерной чертой агрегатов является их интенсивная трещиноватость и пористость (рис. 3а, б). Размер пор варьирует от первых микрон до 0,2-0,3 мм в поперечном сечении, при этом их морфология не постоянна. Он находится в тесных взаимоотношениях со всеми минералами, но наиболее тонкие сростки образует с халькопиритом, сфалеритом, серицитом, кварцем и хлоритом. Последние минералы, особенно халькопирит, выполняют полости трещин и интерстиции между зернами пирита.

Пирит кристаллический встречается в виде идиоморфных или корродированных идиоморфных выделений гексаэдрического и октаэдрического габитуса (рис. 3в). Размеры зерен изменяются от десятков до 100 и более мкм. Встречаются футлярные кристаллы с включениями халькопирита.

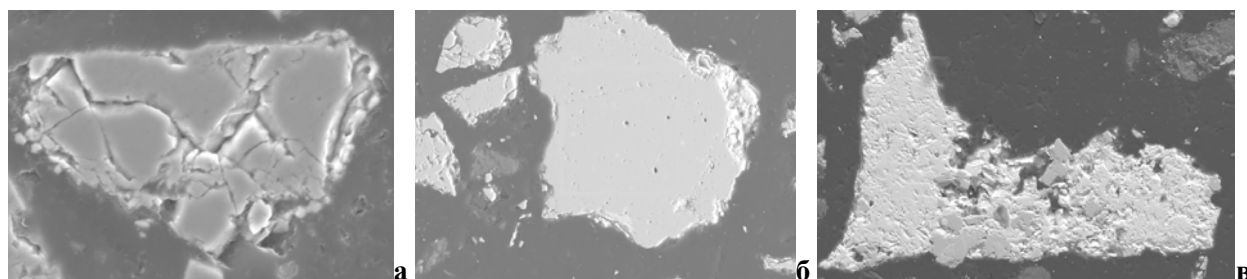


Рис. 3. Характеристика пирита: а — брекчированный пирит, ув. 2200; б - пористый пирит, ув. 550; в - идиоморфные выделения пирита в сфалеритовой массе, ув. 250

Халькопирит является главным медьсодержащим минералом. Он образует в сфалерите каплевидные эмульсионные скопления как продукт распада твердых растворов, а также выполняет интерстиции между зернами пирита (рис. 4) и полости трещин брекчированного пирита. Форма выделений аллотриоморфная. Границы между серным колчеданом и халькопиритом неровные, часто расплывчатые.

Сфалерит - главный цинксодержащий минерал. В хвостах обогащения колчеданных руд Юбилейного месторождения различают безжелезистую и железосодержащую разновидности сфалерита. Содержание железа достигает 6 % (рис. 5).

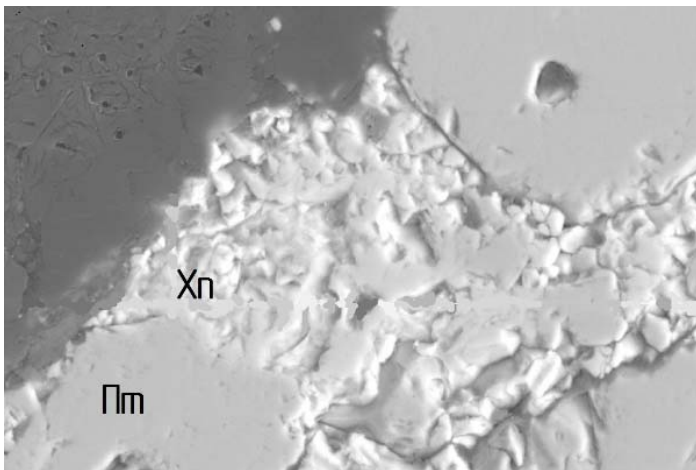


Рис. 4. Интерстиционный халькопирит. Ув. 1500. Хп – халькопирит, Пп - пирит

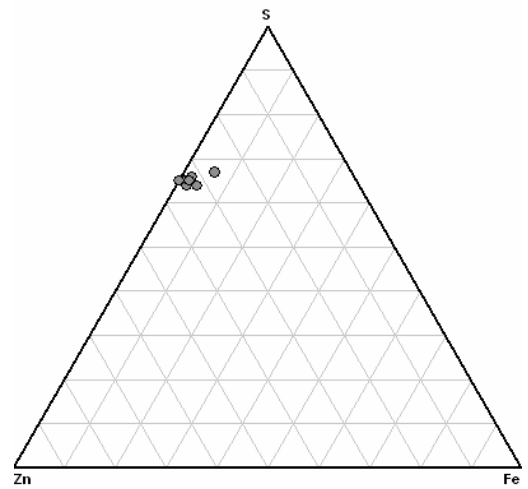


Рис. 5. Состав сфалерита

Он представлен в хвостах обогащения единичными свободными зернами (рис. 6а) и минеральными сростками с пиритом и халькопиритом. Размер свободных зерен достигает 80 мкм. Сфалерит образует рассредоточенные и гнездовидные вкрапленности (рис. 6б), прожилки, интерстиционные выделения между зерен рудных минералов, а также встречается в виде тесных прорастаний с пиритом и халькопиритом.

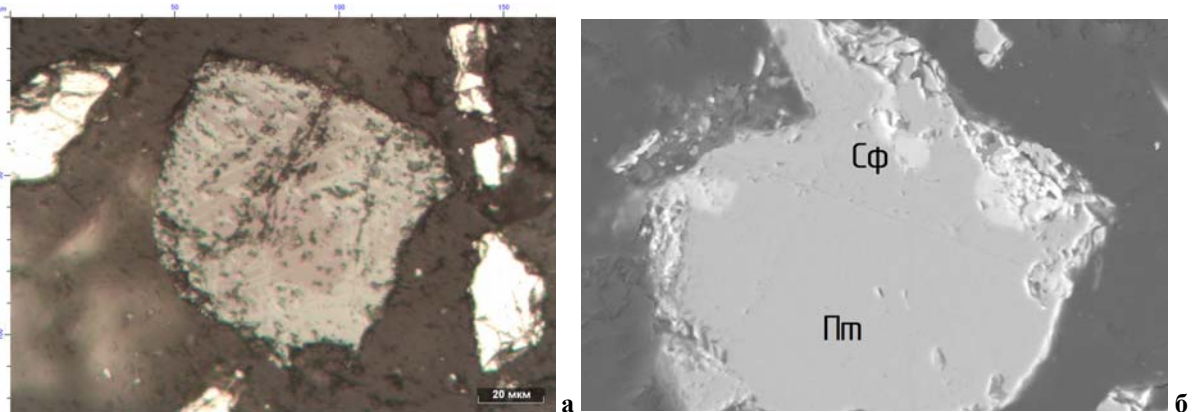


Рис. 6. Характеристика выделений сфалерита: а – свободное зерно сфалерита; б - вкрапленность сфалерита в пиритовой массе, ув. 1100. Сф – сфалерит, Пп - пирит

Галенит и магнетит встречаются в виде микроскопических включений в пиритовой и сфалеритовой матрице (рис. 7).

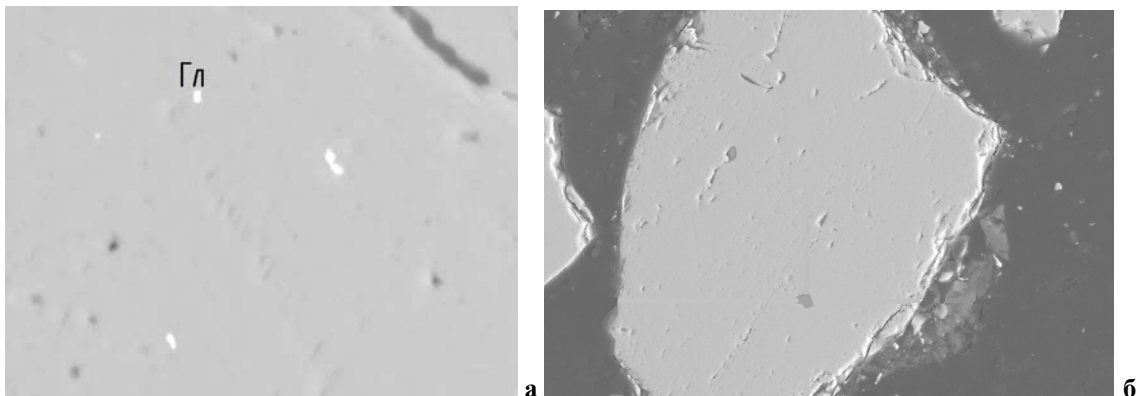


Рис. 7. Вкрапленность в пиритовой массе: а - галенита (Гл), ув. 4500; б – магнетита, ув. 800

Таким образом, минералого-технологические исследования показали, что хвосты обогащения являются несвязанным мелко- и тонкообломочным материалом, по минеральному составу аналогичным сплошным и вкрапленным колчеданным рудам. В основном, сульфиды цветных металлов в хвостах встречаются в виде включений, прожилков, интерстиционных выделений и взаимных прорастаний, поэтому такие сростки невозможно раскрыть механическим путем.

Вскрытие минеральных сростков с последующим извлечением цветных металлов возможно только химическим путем, поэтому для переработки текущих хвостов обогащения целесообразно применять метод кучного выщелачивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Масленников В.В. Седиментогенез, гальмиролиз и экология колчеданосных палеогидротермальных полей (на примере Южного Урала). Миасс: Геотур, 1999. 348 с.
2. Преображенский И.А., Саркисян С.Г. Минералы осадочных пород. М.: ГОСТОПТЕХИЗДАТ, 1954. 363 с.
3. Серавкин И.Б. Вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. М.: Наука, 1986. 268 с.

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИАНИТА БОЛЬШИХ КЕЙВ КАК НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ

Войтеховский Ю.Л.¹, Нерадовский Ю.Н.¹, Гришин Н.Н.², Гершенков А.Ш.³

¹ Учреждение Госсийской академии наук Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты

² Учреждение Российской академии наук Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья КНЦ РАН, Апатиты

³ Учреждение Российской академии наук Горный институт КНЦ РАН, Апатиты

Россия – второй в мире производитель алюминия, но обеспеченность металлургических заводов отечественным глиноземом удовлетворяется на 45%, остальной ввозится из-за рубежа. Главная проблема алюминиевой отрасли России – дефицит бокситов высокого качества. Ресурсы бокситов невелики, их значительная часть находится на больших глубинах. Вероятность обнаружения месторождений высококачественных бокситов чрезвычайно мала. Кроме бокситов, для производства глинозёма в России используется также низкокачественное алюминиевое сырьё – нефелиновые руды (уртиты) и нефелиновые концентраты из хвостов флотации апатит-нефелиновых руд. По состоянию на 2008 г. добыча бокситов в России составила 5,5 млн. т, а нефелиновых руд – 30 млн. т. Производство глинозёма из этого сырья составило в целом 3,3 млн. т [15]. Согласно этим данным, извлечение глинозёма из всех типов алюминиевых руд составило в 2008 г. лишь 34%. Низкое качество используемого в России собственного сырья для производства глинозёма ведет к огромным затратам электроэнергии и вызывает необходимость кардинального решения проблемы. Учитывая высокий уровень технологии комплексной переработки и практически неограниченные запасы нефелина, в ближайшей перспективе он останется важным сырьем для производства алюминия. Вместе с тем, альтернативой бокситам и многим видам небокситовых видов алюминиевого сырья могут быть кианитовые руды с высоким содержанием глинозёма (рис. 1), заслуживающие внимания в первую очередь [8].

Минералы группы дистена, в частности, кианит, представляют собой ценное минеральное сырьё. Широкое применение он может найти в цветной металлургии. Кианит, как силлиманит и андалузит, является высокоглиноземистым сырьем для производства высококачественных огнеупоров, применяемых в керамической, стекольной, цементной промышленности, в черной и цветной металлургии, для производства специальных изоляторов, свечей, тиглей и т. п. Кианит используется также в литейном производстве. Он содержит 63% Al_2O_3 (рис. 1), что стимулирует попытки его применения в глиноземной промышленности. Из-за крайне низкого кремневого модуля (<2) и отсутствия щелочей, эффективных промышленных технологий переработки его на глинозем пока нет. Лабораторными исследованиями ВАМИ показана принципиальная возможность получения глинозёма из кианита электротермическим методом, но такой процесс слишком энергозатратен. В то же время, разработана технология получения из кианита кремний-алюминиевых сплавов типа силумина. Эффективность силуминового производства возрастет, если оно будет основано на использовании кианитового концентрата (в сравнении с производством силумина синтетическим методом). В настоящее время ведутся поиски новых способов производства силумина из кианитового концентрата, которые позволили бы отказаться от глинозёма и электролитического алюминия. Это цинковый и фильтрационный способы, а также плазменный метод, с помощью которых можно восстанавливать алюминий до чистого металла непосредственно из концентрата.

Для промышленного использования кианита, силлиманита и андалузита важны поведение при нагревании и температура перехода в муллит. Для производства муллита наиболее пригоден кианит, из трех полиморфных модификаций имеющий наименьшую температуру муллитообразования. При этом он увеличивается в объеме на 18%.