

Заключение

Таким образом, при проведении промышленных испытаний по производству и переработке малосернистого файнштейна удалось отработать и проследить характер изменения фазового состава материала на основных пределах, а также выявить закономерности, определяющие характер и результаты технологических операций.

Для повышения извлечения никеля в карбонильную продукцию необходимо обеспечить более качественное разделение металлизированной фазы грансплава от шлаковой составляющей (силикатная и окисленная фазы).

Следует обеспечить получение более равномерного по размерам гранул сплава, что будет способствовать более эффективному протеканию процесса карбонилирования. Поскольку данный процесс начинается с периферии активных частиц и происходит зонально к центру, то при одинаковой скорости процесса мелкие частицы быстрее прокарбонилируются, а в крупных останутся ядра не прореагировавшего сплава.

Необходимо поддерживать температуру охлаждающей воды в бассейне для грануляции расплава: чем стабильнее и ниже температура воды, тем лучше будет идти закалка гранул, что принципиально важно для размера частиц выделяющихся фаз. Вода нагревается от первых порций падающей массы расплава файнштейна, поэтому более поздние порции расплава контактируют уже с более теплой водой и структура кристаллизации становится более крупнозернистой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Резник И.Д., Ермаков Г.П., Шнеерсон Я.М. Никель. Т.3 М.: изд. «Науки и технологии», 2003. 608 с.
2. Масленицкий И.Н., Вербловский А.М. Перспективы применения карбонильной металлургии в производстве никеля из сульфидного медно-никелевого сырья. Записки ЛГИ. Т.LV. Вып. 3. 1975.
3. Иоффе П.А., Сидоров А.Ф., Цемехман Л.Ш. Металлографическое исследование малосернистых медно-никелевых файнштейнов. Труды института Гипроникель. Вып. 58. 1973. С. 89-95.
4. Иоффе П.А., Немойтин М.А., Сидоров А.Ф., Цемехман Л.Ш. Исследование фазового состава и распределения компонентов по фазам медно-никелевых малосернистых файнштейнов. Труды института Гипроникель. Вып. 60. 1974. С. 137-143.
5. Вербловский А.М., Мнухин А.С., Сидоров А.Ф., Масленицкий И.Н. К исследованию фазового состава передутых медно-никелевых файнштейнов как перспективного сырья для карбонилирования. Труды института Гипроникель. Вып. 60. 1974. С. 84-96.
6. Мнухин А.С., Вербловский А.М. Экспериментальное определение коэффициента объемной гетеродиффузии меди в системе медь-никель-сера при карбонилировании. Труды института Гипроникель. Вып. 54. 1972. С. 15-22.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Турсебеков А.Х., Шамаев О.Т., Шарипов Х.Т., Василевский Б.Б., Баранова Т.Н.

Институт геологии и геофизики АН РУз, Ташкент, Узбекистан

В общей сложности в отходах Алмалыкского горно-металлургического комбината (АГМК) заскладированны миллиарды тонн руд и пород [1-4]. Это и забалансовые руды отвалов, и отходы обогащения (хвосты) и переработки (шлаки, кеки) (рис.1). Отличительной особенностью данного вида сырья является его легкодоступность, вторичные руды находятся на поверхности, не требуют больших затрат на добычу и дезинтеграцию, характеризуются наличием в них высоких остаточных содержаний металлов. Отходы представлены дезинтегрированной массой обломочных макро-, микро- и нано-частиц минералов.

Изученность техногенных месторождений в настоящее время носит фрагментарный характер, не отражающий целостности представлений о химическом, минеральном составе и формах нахождения цветных, благородных и редких металлов. В связи с вышеизложенным, на базе материалов по технологической геохимии и минералогии руд техногенных месторождений дана развернутая картина объективной информации и оценки их состояния в связи с проблемой разработки приемлемых технологий. По данным минералогических и геохимических исследований техногенных месторождений выявлены некоторые различия и сходства в составе отвальных руд в сравнении с обрабатываемыми материнскими балансовыми рудами месторождений Сары-Чеку и Кальмакыр [1-4].

Выявлено, что первичные и окисленные отвальные руды не намного отличаются от материнских первичных и окисленных руд по элементному и вещественному составу (табл. 1, 2). Однако количественно здесь наблюдаются повышенные концентрации пирита, галенита, сфалерита, блеклой руды и флотоактивных минералов (хлорита, серицита, гидрослюда, талька, глинистых и смешаннослойных минералов) и пониженные – халькопирита, молибденита. Необходимо отметить присутствие в этих рудах селективно не отработанных

промышленных, нетрадиционных типов жильных золото-полиметаллических руд месторождения Актурпак, а также полиметаллические руды из пропилитовых, карбонатных пород.

В результате обогащения первичных руд медно-молибденовых месторождений в хвостах обогатительного процесса теряются многие ценные минералы меди, молибдена, золота и др. за счет неполноты их раскрытия (тесное взаимопрорастание), а также за счет присутствия тонких классов размерности (до 30-40% класса $<0,07$ мм). Значительные потери меди, благородных, редких и других элементов объясняется изоморфизмом (вхождением элементов в структуру сульфидов) и малыми микро- и наночастицами этих металлов (90% класса $<0,07$ мм).



Рис. 1. Местоположение месторождений и отходов АГМК на территории Алмалыкского рудного района

Ниже приводится сравнительный анализ минералогии и геохимии руд техногенных месторождений (хвостохранилище 1, 2), которые рассматриваются как техногенные россыпные месторождения. Для изучения их вещественного состава были отобраны и изучены 236 проб, полученные бурением скважин глубиной 20-35 м. по профилям меридионального и широтного простирания.

Хвосты обогащения отличаются повышенным содержанием (табл.1): Cu (0,19-0,22%), Mo (0,0026-0,0019%), Au (0,37-0,81 г/т), Ag (1,60-3,40 г/т), ЭПГ (0,17 г/т), Se (2,7-7,5 г/т), Te (0,90-2,8 г/т), Re (1,40-1,90 г/т), Bi (2,2-3,0 г/т). В распределении меди и золота наблюдается тенденция снижения их содержаний от дамбы к центру хвостохранилища, для серебра, наоборот, к центру его содержание достигает 6 г/т (рис. 2).

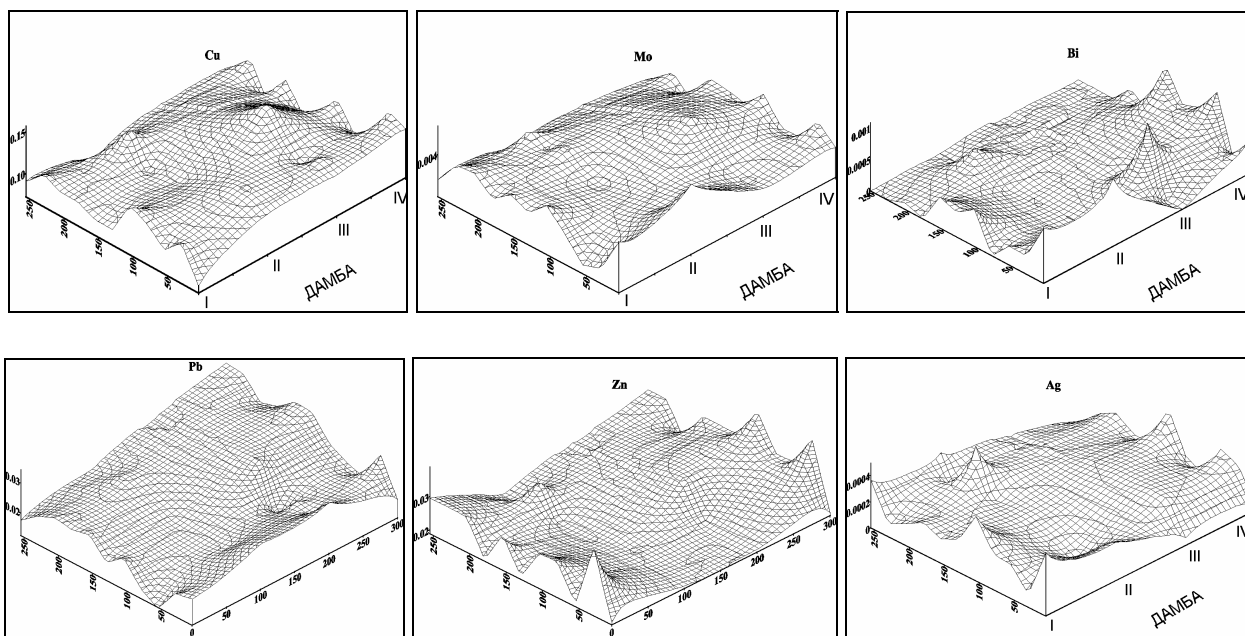


Рис. 2. Блок-диаграммы площадного распределения Cu, Mo, Bi, Pb, Zn, Ag в придамбовом пространстве

Большая часть (более 80%) цветных, благородных и редких металлов в хвостах находятся в минеральной форме, частично в изоморфной или ультратонкой дисперсной форме в кварце, пирите и других сульфидах. Среди минералов золота преобладают в классах крупности (+0,0010, +0,010, +0,1 мм) самородное золото (80%) и теллуриды. Преимущественно микронные размеры обусловили их вхождение в матрицу сульфидов (халькопирит, пирит и др.), а также в кварц, серицит и др. В отходах минералы золота редко встречаются в сростках с другими минералами. Главными концентраторами основной части минералов золота являются халькопирит и пирит. Из рудных минералов присутствуют основные сульфидные минералы: пирит + пирротин (5,2%); халькопирит + борнит + халькозин (0,65%); молибденит + магнетит + ильменит + титаномагнетит (4,5%) и в незначительном количестве сфалерит + галенит + блеклая руда (0,2%). Из окисленных минералов меди, железа и других металлов присутствуют малахит, азурит, брошантит, гетит и др. Содержание сульфидной формы меди составляет 64%, окисленной 36%, молибден представлен на 95% сульфидной формой.

Техногенные шлаки медного завода АГМК имеют ряд специфических особенностей, которые по своим составу и свойствам отличаются от материала природных месторождений.

Для выяснения минералого-геохимических особенностей по шлакоотвальному полю были выбраны и пройдены 12 профилей, по которым были отобраны 1200 проб. Впервые была получена полная достоверная информация по содержанию петрогенных, рудных, цветных, благородных, редких и др. сопутствующих элементов в шлаках АГМК (табл. 1). Необходимо отметить высокие промышленные концентрации, которые в среднем составляют: Cu (2,02%); Mo (0,06%); Au (1,6 г/т); Ag (7,28 г/т), ЭПГ (0,45 г/т); Re (0,038 г/т); In (4,9 г/т), а сумма свинца и цинка составляет (0,93%).

Таблица 1. Среднее содержание элементов в отходах Алмалыкского горнорудного района.

Элементы (в г/т)	Руда медная окисленная балансовая	Руда медная окисленная забалансовая	Забалансовые первичные руды	Хвосты обогащения	Шлаки медного производства	Медные клинкеры цинкового производства
Fe общ. %	6,5	4,0	5,59	6,33	48,94	55,0
Cu общ. %	0,8	0,4	0,16	0,21	1,38	2,1
Zn общ. %	0,048	0,05	0,72	0,04	1,88	2,2
Pb общ. %	0,048	0,03	0,02	0,030	0,092	1,25
Mo общ. %	0,002	0,003	0,003	0,0015	0,196	0,015
As общ. %	0,005	0,04	0,007	0,006	0,115	0,69
S общ. %	1,0	1,5	3,58	1,7	3,35	10,01
Ga	9,0	2,9	25,0	15,0	9,7	80,1
Ge	3,0	3,0	1,0	4,5	4,2	20,3
Se	-	-	3,1	7,5	12,3	80,0
Ag	4,1	1,9	2,2	1,6	8,6	543,0
Cd	10,0	8,0	2,5	16,0	24,9	18,0
In	4,0	4,0	2,0	5,0	2,8	6,0
Sn	-	-	4,8	12,5	38,9	172,0
Re	4,0	4,0	0,3	0,10	0,50	3,0
Au	1,2	0,5	0,21	0,5	0,96	3,5
Hg	-	-	0,35	0,45	6,6	15,0
Tl	1,0	2,0	1,0	1,9	1,15	2,5
W	-	-	31,0	26,0	106,0	80,0
Bi	-	-	8,5	4,5	10,7	46,0
Te	-	-	2,1	2,8	4,6	15,0
Sb	-	-	0,63	0,03	0,67	0,70
Σ TR	-	-	105,0	167,0	220,0	205,0
Σ ЭПГ	-	-	0,12	0,18	0,144	1,54

Примечание: Анализы выполнены на приборе ICP-MS Elan 6000 (Perkin Elmer, США) в ИГГ АН РУз.

Минеральной основой шлаков являются фаялит ($3\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$) и стекло – 55%, второстепенные соединения представлены магнетитом и гематитом – 39%, сульфидами (пирит, пирротин, сфалерит, галенит) – 2%, оксидами меди (куприт, тенарит), сульфидами меди и железа – 2% и самородной медью 0,2%. Кроме этого, такие элементы как Mo, Au, Se, Te, платиноиды, Re являются изоморфными элементами, которые входят в кристаллическую структуру сульфидов и др. металлов. Для серебра установлены и изоморфная, и самородная формы нахождения.

Отвальные медные клинкеры цинкового завода АГМК по минералого-геохимическому составу относятся к новому золото-серебро-сульфидно-оксидно-полиметаллическому промышленному типу с высоким содержанием цветных, благородных, редких и др. элементов (табл. 1).

В результате минералого-геохимических исследований отвалных медных клинкеров по 8 профилям были отобраны 200 проб, в которых были установлены основные минералы: магнетит, гематит, маггемит, гетит, ярозит и сидерит, составляющие 50-55%; сульфиды: пирит, борнит, халькозин, кубанит, арсенопирит, пирротин, галенит, сфалерит (10-15%), оксиды, сульфаты, карбонаты кальция, свинца, меди, цинка: куприт, цинкит, малахит, азурит, смитсонит, англезит, биверит и др. (5%), силикаты, алюмосиликаты калия, кремния, натрия, магния, железа, свинца, меди, цинка (20%) (табл. 2).

Таблица 2. Минеральные формы отходов производства АГМК

Хвосты обогащения	Шлаки медного производства	Кеки цинкового производства
Пирит	Пирит	Галенит
Халькопирит	Пирротин	Церуссит
Молибденит	Сфалерит	Самородное серебро
Галенит	Галенит	Борнит
Сфалерит	Халькопирит	Арсенопирит
Самородное золото	Борнит	Ярозит
Гессит	Халькозин	Сфалерит
Науманит	Магнетит	Самородный свинец
Маганстрит	Гематит	Пирротин
Ширмерит	Кубанит	Кубанит
Козалит	Изохалькопирит	Англезит
Блеклые руды	Джириит	Си-пирротин
Купровисмутит	Хейкосит	Хлораргирит
Галеноклаусталит	Люционит	Хлорид свинца
Галеновисмутит	Джарлесит	Фазы сульфид Pb, Ag
Айкинит	Шпинель	Фазы сульфид Fe, Pb, Cu
Тетрадилит	Титаномagnetит	Фазы сульфид Pb, Zn
Кавацулит	Самородная медь	Фазы сульфид Fe, Pb, Cu
Хамарит	Куприт	Пирит
Виттаханит	Фазы $Cu(Fe, Ni)_2O_4$	Халькопирит
Худрушит	Фазы $(Cu, Co, Ni)Fe_2O_4$	Магнетит
Кастерит	Фазы $(Ni, Cu, Fe, Co)O$	Гелитит
Аи-Си-Пирит	Фазы $Cu_{12}Fe_4S_{12}$	Малахит
Re-молибденит	Фазы $Cu_5Fe_7S_{12}$	Азурит

Аналитическими исследованиями медных клинкеров были установлены промышленные концентрации золота (3,5 г/т), серебра (500 г/т), платины (6 г/т), меди (1,9%), свинца (1,28%), цинка (2,21%), палладия (8 г/т), селена (80 г/т), молибдена (150 г/т), олова (172 г/т) и висмута (46 г/т) и др. (табл. 1). Распределение вышеперечисленных металлов по всему объему отходов в основном равномерное.

В ходе инструментальных исследований были выявлены следующие минеральные формы благородных и др. металлов: для серебра – самородное серебро, амальгама серебра, хлораргирит, хлораргирит-бромаргирит, бромаргирит, йодаргирит, аргентит, гессит, серебросодержащие блеклые руды (тетраэдрит, теннантит-тетраэдрит), акантит, науманит, полибазит, серебросодержащий галенит, сульфид свинца и серебра и др.; для золота – самородное золото и теллуриды. Платиноиды в виде субмикронных выделений рассеяны в халькопирите, борните и др. сульфидах.

Из вышеизложенного следует, что в отходах производства АГМК заключены значительные концентрации и запасы цветных, благородных, редких и др. металлов: меди, золота, молибдена, серебра, платиноидов, свинца, цинка, железа, серы, селена, теллура, рения, кадмия, висмута. К сожалению, применение традиционных технологий к данным видам сырья не позволили получить положительных результатов [1-4]. Необходимо приложить усилия исследователей для разработки новых прогрессивных технологий, в связи с тем, что долгое лежание этих отходов приводит к изменению качественных показателей ценных промышленных первичных и искусственных минералов с переводом основной их части в «упорные» для обогащения или к истощению вторичных руд за счет миграции ценных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дабижва С.И., Турсебеков А.Х. и др. Проблемы образования, оценки и разведки техногенных месторождений в связи с их комплексным освоением. Труды международной научно-практической конференции. Ташкент, 2003. С. 407-409.

2. Туресебеков. А.Х. Суперкрупные техногенные месторождения меди, благородных и редких элементов Алмалыкского рудного района (Узбекистан) // Геология и минеральные ресурсы №4, 2008, с. 30-35
3. Туресебеков А.Х., Уздебаева Л.К. и др. Вещественный состав и технология обогащения «рудных шлаков» // Горный вестник Узбекистана. 2006. № 26. 3. С. 53-56.
4. Туресебеков А.Х., Уздебаева Л.К. Технология извлечения благородных и цветных металлов из медного клинкера цинкового производства. Сборник материалов. Конгресс обогатителей стран СНГ. 2005. Том I. С. 24-27.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ВТОРИЧНЫХ РУД ОБЪЕДИНЕННОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА АЛМАЛЫКСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

Шамаев О.Т.¹, Туресебеков А.Х.¹, Игнатилов Е.Н.²

¹Институт геологии и геофизики АН РУз, Ташкент, Узбекистан

²Государственная Пробирная Палата, Ташкент, Узбекистан

Объединенное хвостохранилище №2 (ОХХ) АГМК, предназначенное для складирования перерабатываемых на комбинате медно-молибденовых и свинцово-цинковых руд, расположено на северных склонах Кураминского хребта, в 15 км юго-западу от г. Алмалыка. Общая длина возведенной дамбы составляет 12,5 км, относительное превышение над местностью варьирует от 16 до 42 м (в местах естественного понижения рельефа у дна саев), в среднем составляя 20-25 м. Абсолютные отметки верхних уступов дамбы от 469 до 472 м. Высота уступов 5-5,5 м. Общая длина пульпопровода от АГМК до хвостохранилища составляет примерно 30 км, включая 12,5 км по дамбе. Область разгрузки материала пульпы находится, таким образом, только с одной стороны хвостохранилища (рис. 1). На распределение вещества в пространстве ОХХ влияют множество факторов – осадочно-гравитационная дифференциация, проявляющаяся наиболее характерно в придамбовых участках; морфология дна и восточной границы; руслотеченный фактор, особенно в обособленных участках; оловый фактор – в сухой период; режим работы комбината – массовые сбросы, и т.д.

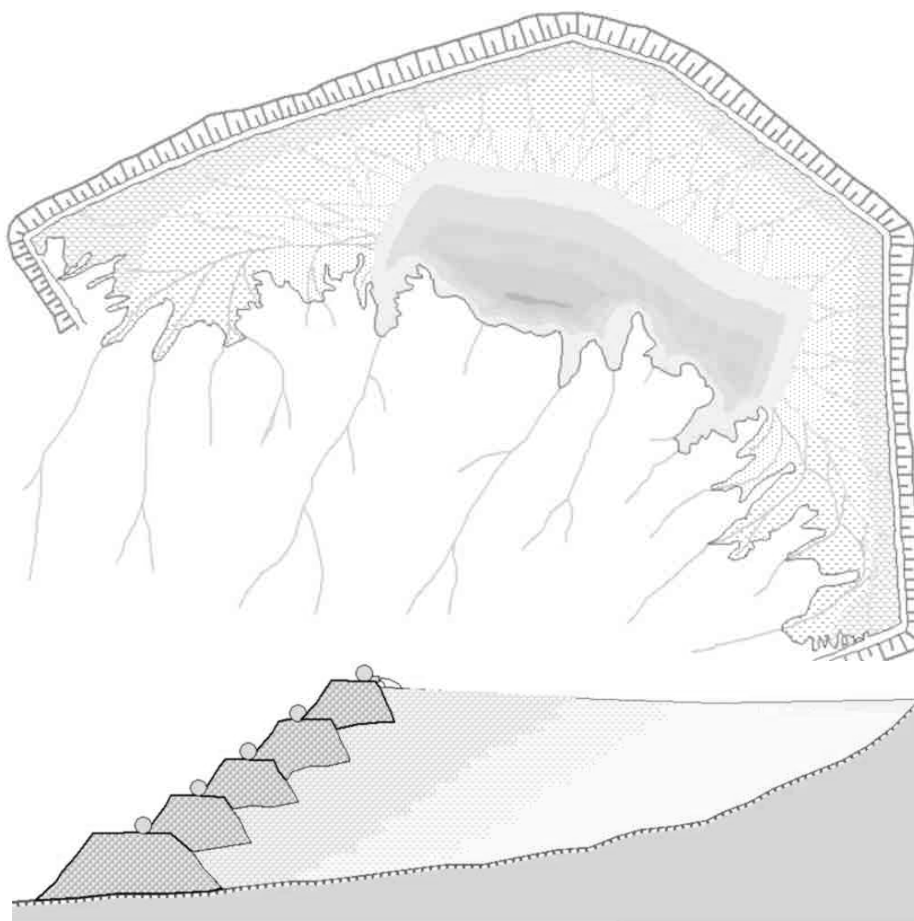


Рис. 1. Объединенное хвостохранилище АГМК в плане и разрезе