

В.А. МАРТИРОСЯН, К.В. САРКИСЯН, М.Э. САСУНЦЯН, А.А. АЙВАЗЯН,
Т.Л. ТАЛАКО

ПОВЕДЕНИЕ ДРМБОНСКОГО МЕДНОГО СУЛЬФИДНОГО КОНЦЕНТРАТА И ВХОДЯЩИХ В ЕГО СОСТАВ МИНЕРАЛОВ ПРИ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ

Обсуждается процесс механохимической активации дрмбонского медного концентрата и входящих в его состав отдельных минералов методом их тонкого измельчения в вибромельнице в водном и воздушном режимах. Показано, что при тонком измельчении (до -10 мкм) сульфиды меди и железа подвергаются глубоким химическим изменениям, превращаясь в сульфаты и оксиды. Полученные результаты подтверждены методами химического и рентгенофазового анализов.

Ключевые слова: дрмбонский медный сульфидный концентрат, механохимическая активация, выщелачивание, медь, железо, золото.

Введение. В последнее время внимание исследователей направлено на повышение скорости выщелачивания ценных компонентов из минерального сырья путем механохимической активации методом тонкого измельчения [1,2].

Известно, что инициирование твердофазных процессов механическими воздействиями сопровождается не только увеличением реакционной поверхности и, следовательно, контактом соприкосновения реагирующих веществ, но и образованием релаксации поля напряжения. В последнем случае имеют место два основных принципа: импульсный характер во времени (чередование процессов возникновения релаксации) и локальный характер механического воздействия на вещество. При механической обработке релаксация поля напряжений, возникающих во всем объеме твердой частицы, сопровождается новыми физико-химическими превращениями. Вещество в сверхтонком состоянии подвергается принципиально новым видоизменениям, которые связаны со спецификой физических характеристик конденсированного состояния: характером химической связи, строением и т.д. В результате механических воздействий в структуре твердого тела происходят изменения, связанные с изменением межатомного расстояния, разными электронными переходами, релаксациями, дислокациями, нарушениями в решетке, аморфизацией, разными полиморфными превращениями и т.д. В итоге эти превращения приводят к понижению энергии активации химических реакций и увеличению реакционной способности, протеканию новых специфических реакций и образованию модифицированных продуктов.

Таким образом, механическая обработка исходного материала может привести не только к механоактивации, обусловленной накоплением дефектов, изменением структуры и частичной или полной аморфизацией, но и к инициированию химических реакций, т.е. к механохимическому активированию.

Особый интерес представляет механохимическая обработка сульфидов [3-7], являющихся основой рудного сырья в производстве многих цветных металлов и в то же время одним из наиболее труднорастворимых в неорганических растворителях классов соединений. При использовании механохимической обработки сульфидов в водном и воздушном режимах происходит не только ускорение их окисления и растворения, но и изменение механизма этих процессов.

Целью данной работы является предварительное увеличение реакционной способности дробленого медного концентрата, а также отдельных минералов, входящих в состав концентрата - халькопирита, пирита и халькозина, методом тонкого измельчения в вибромельнице в условиях водного и воздушного режимов.

1. Методика экспериментов. Выбраны оптимальные условия механохимической активации и выщелачивания для обеспечения максимального выхода меди в раствор. Химический состав выбранного для изучения концентрата следующий, %: Cu -18,00; Fe-35,00; S-32,00; Ca-1,07; Mg-0,90; Si-3,27, C-0,69; O₂-2,6; остальное - 6,47; минералогический состав, %: CuFeS₂ - 36,30; Cu₂S - 6,75; FeS₂ - 34,00; Fe₂O₃-10,55; CaCO₃-2,50; MgCO₃-2,70; SiO₂-7,00, остальное - 0,20. Содержание золота и серебра в концентрате составляет: 50 г/т Au, 70 г/т Ag.

Опыты механохимической активации проводили методом тонкого измельчения концентрата в вибромельнице. Активации подвергались как отдельные минеральные фазы, находящиеся в составе сульфидных концентратов, так и сам концентрат. Минеральные фазы выделены механически-магнитными и электромагнитными методами в среде бромаформ с последующей отмывкой ацетоном или этиловым спиртом под минералогическим микроскопом. Минералы и концентрат активировали в высокоэнергонапряженной вибромельнице типа М-30. Объем каждого барабана составлял 600 см³, количество их оборотов - 1000 в мин, а системы из двух барабанов в противоположном направлении - 425 об/мин, фактор энергонапряженности - 50 г, мощность электродвигателя - 2,8 кВт. Активирование проводили в водной и воздушной средах. Метод заключался в том, что материал вначале диспергировали в воздушной среде, затем барабаны открывали, заливали в них такой же объем дистиллированной воды, что и в водной среде, закрывали их и продолжали активирование. Измельчение проводили 15, 30, 60 мин, но на рисунках приведены данные активирования в основном 60 мин, когда особенно ярко фиксируется изменение минералов. Вес диспергируемых продуктов - 10...50 г, объем воды, заливаемой в барабан, - от 50 до 250 мл при Ж:Т = 5:1. Для получения сравнительных данных диспергирование для всех минералов проводили при одинаковых условиях.

Рентгенофазовое исследование проводили с помощью рентгенографа марки “ДРОН-3,0” с использованием $\text{CuK}\alpha$ -излучения и никелевого фильтра в следующем режиме: напряжение - 25 кВ, сила тока - 10 мА, скорость записи – 420 мм·ч⁻¹. Составы полученных фаз подвергались также химическому анализу [8].

2. Фазовые превращения входящих в состав сульфидных концентратов отдельных минералов в результате механохимической обработки. Изучено поведение отдельных минералов, входящих в состав медного концентрата Дрмбона, таких как халькопирит, пирит, халькозин, в вибромельнице в условиях водного и воздушного режимов при дисперсном измельчении продолжительностью 15, 30 и 60 мин. Исследование характера отдельных минералов при механохимической обработке позволит раскрыть поведение этих минералов в сульфидном концентрате при аналогичных условиях.

На рис. 1 приведены рентгенограммы основных минералов, содержащихся в дрмбонском концентрате.

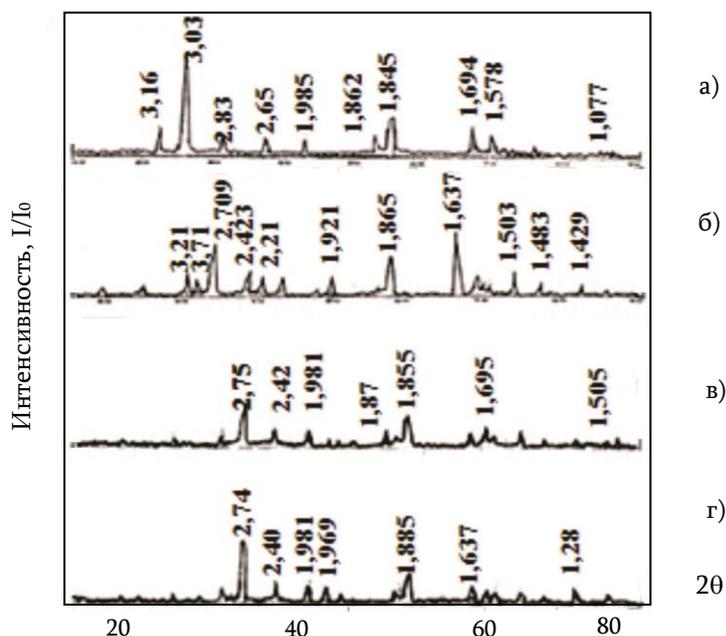


Рис. 1. Рентгенограммы отдельных минералов, содержащихся в дрмбонском концентрате: а - CuFeS_2 ; б - FeS_2 ; в - SiO_2 ; г - CuS

2.1. Фазовые превращения халькопирита. Халькопирит – один из главных компонентов медных сульфидных концентратов Арцаха, поступающих на гидро- и пиromеталлургические переделы. Поэтому выяснение особенностей изменения его физико-химических свойств после механического активирования в окислительных процессах может иметь определенное теоретическое и практическое значение. Согласно результатам минералогического анализа, в образцах минерала преоб-

ладает CuFeS_2 в свободном виде. Кроме халькопирита, в свободном виде встречаются также пирит и некоторое количество нерудных примесей. Результаты рентгенофазового анализа подтверждают данные минералогических исследований. На дифрактограммах исходного халькопирита четко фиксируются рефлексы с $d=3,03$ и $1,845 \text{ \AA}$, характерные для халькопирита (рис. 2). В составе концентрата обнаружена также примесь пирита ($1,694 \text{ \AA}$). Линий других примесных минералов не обнаружено. В процессе механической обработки халькопирит претерпевает значительные изменения (рис.2 б). На дифрактограммах образца, активированного в воздушной среде продолжительностью 30 мин , появляются новые рефлексы $d= 4,73$ и $3,99 \text{ \AA}$, которые подтверждают присутствие фазы $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. При активации продолжительностью 60 мин в водной среде появляется новая фаза - $4\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 27\text{H}_2\text{O}$ ($d=4,73 \text{ \AA}$). При дальнейшей активации появляется также фаза Fe_3O_4 ($d=4,38 \text{ \AA}$). Кроме того, замечается уменьшение и округление рефлексов халькопирита, что связано с аморфизацией минерала.

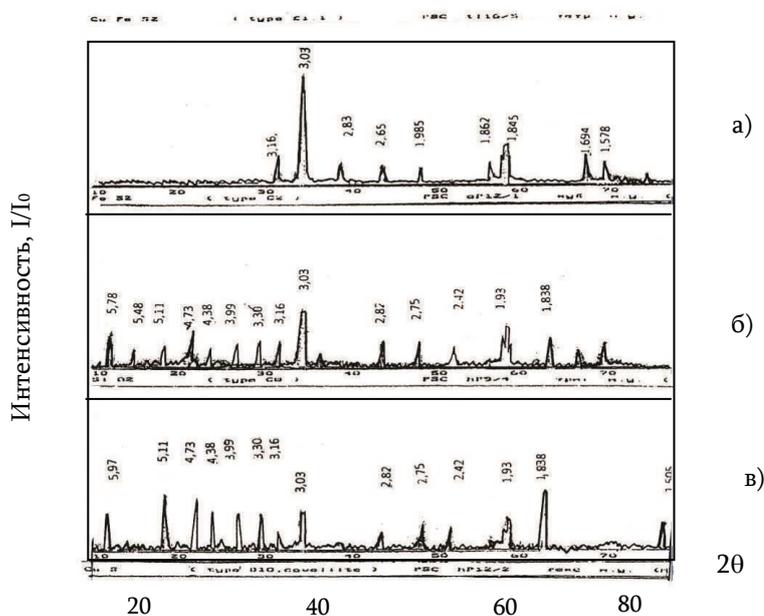
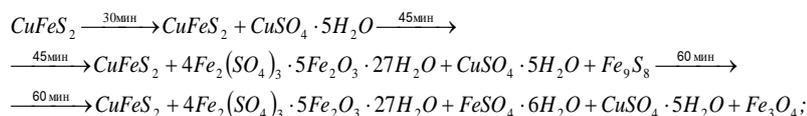


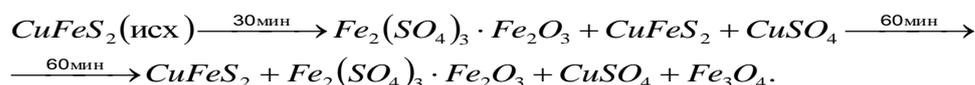
Рис. 2. Дифрактограммы фаз исходного халькопирита и продуктов его механохимической обработки образцов: 1 - неактивированного, 2 - активированных в водной среде продолжительностью 30 мин , 3- 60 мин

Фазовые превращения халькопирита в разных средах происходят по следующей схеме:

в водной среде -



в воздушной среде -

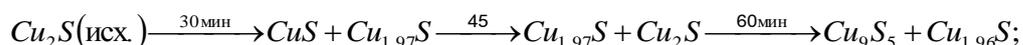


Таким образом, при активации халькопирита в водной среде образуются кристаллогидраты и оксиды, а при активации в воздушной среде - сульфаты и оксиды [1, 2].

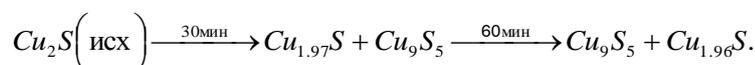
2.2. Фазовые превращения халькозина. В рентгенограммах исходного халькозина основные рефлексы составляют $d = 1,885; 1,981; 2,40; 2,74 \text{ \AA}$. По данным количественного анализа, халькозин содержит 70,40% Cu; 19,44% S; 3,08% Fe и 7,08% оксидов металлов.

В процессе механической обработки халькозин также претерпевает изменения. На дифрактограмме образца, активированного в водной среде 30 мин, преобладают рефлексы Cu_xS ($d=1,957 > x > 1,861$), количество джурлеита $\text{Cu}_{1,97}\text{S}$ незначительное (3,03; $1,870 \text{ \AA}$). После измельчения в водной среде продолжительностью 60 мин появляются фаза $\text{Cu}_{1,96}\text{S}$ (2,74; $1,870 \text{ \AA}$) и частично фаза Cu_9S_5 ($1,938 \text{ \AA}$). Изменения происходят по следующей схеме:

в водной среде -



в воздушной среде -



2.3. Фазовые превращения пирита. Пирит также входит в состав концентрата как основной минерал. Физико-химические превращения пирита при активации описаны в работах [3, 4]. Однако данные о новообразованиях противоречивы. По одним данным [5], в поверхностном слое пирита при обработке в планетарной мельнице появляется магнетит, по другим данным [6] – достаточно 20-минутного диспергирования для полного окисления его до магнетита, а при дальнейшем измельчении 85...90% пирита переходит в пиротин (Fe_7S_8). По нашим данным, в процессе механической обработки пирит претерпевает значительные изменения (навеска минерала - пирита в водной среде измельчения - 50 г, а в воздушной - 3 г, объем воды - 125 мл).

Механохимическое окисление в разных средах протекает по-разному. Наиболее интенсивно происходит механическая активация FeS_2 в воздушной среде. На соответствующей дифрактограмме фиксируются самые сильные рефлексы с $d = 4,85; 3,99; 3,16; 3,09, 2,72$ и $1,637 \text{ \AA}$, характерные для пирита. После механохимической активации продолжительностью 60 мин в воздухе фиксируются новые рефлексы $d = 4,85; 2,72; 2,56; 1,81 \text{ \AA}$, характерные для магнетита.

В интервале 15 мин обработки в водной среде $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, как промежуточный продукт механохимической реакции, окисляется до $4\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 27\text{H}_2\text{O}$, что подтверждается появлением на дифрактограмме рефлекса $d=1,990 \text{ \AA}$. Кроме того, пирит в данных условиях перестает быть доминирующей фазой. Однако дальнейшее увеличение длительности активирования до 30 мин приводит к еще большему разрушению сульфатов железа как продуктов его механохимической обработки.

При активации в водной среде продолжительностью 60 мин на дифрактограмме фиксируются новые рефлексы $d=5,70; 5,11; 4,00; 3,09 \text{ \AA}$, характерные для $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $4\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 27\text{H}_2\text{O}$, из которых первый преобладает (рис. 3).

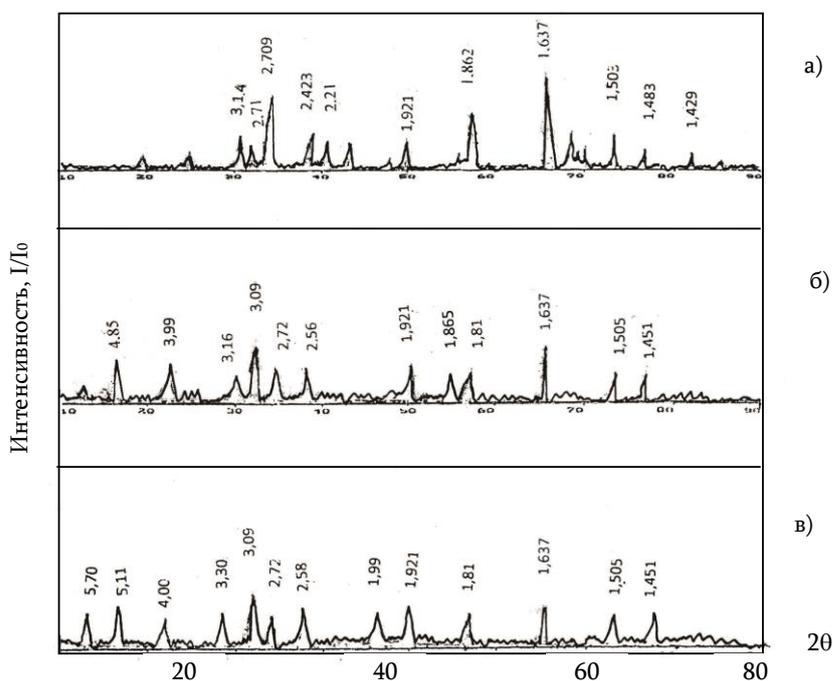


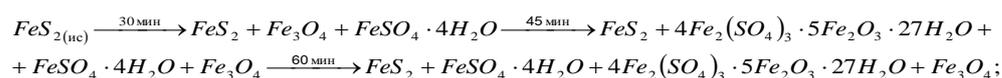
Рис. 3. Рентгенограммы исходного пирита (а) и продуктов его активации продолжительностью 60 мин в воздушной (б) и водной (в) средах

За счет активации как в воздушной, так и водной средах на дифрактограммах уменьшается интенсивность рефлексов исходного пирита в связи с образованием

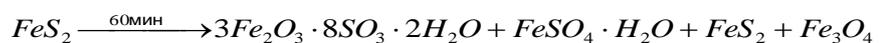
новых фаз, наличие которых фиксируется новыми рефлексами на дифрактограммах. Непосредственно после активации практически во всех средах получается элементарная сера (линии $d = 3,85; 3,22; 3,08 \text{ \AA}$), линии которой сходны с продуктами активации пирита. Во всех случаях сохраняются в исходном виде рефлексы SiO_2 .

Фазовые изменения пирита при активации продолжительностью 60 мин в разных средах можно представить по следующей схеме:

в водной среде -



в воздушной среде -



Как видно из схемы, в результате механохимической активации в разных средах получают гидросульфаты железа и магнетит. Активированный пирит продолжает окисляться в воздухе при комнатной температуре. Полученные продукты легко растворяются в воде. В дальнейшем от магнетита можно избавиться при помощи мокрой магнитной сепарации. Последний факт может иметь большое практическое значение при переработке сульфидных руд и концентратов.

Таким образом, механохимическая активация пирита также приводит к глубоким химическим превращениям с образованием гидросульфатов и оксидов железа, тем самым способствуя увеличению химической активности.

2.4. Фазовые превращения дрмбонского золото–медного сульфидного концентрата. Исходя из данных превращения сульфидсодержащих отдельных минералов в результате механохимической активации, исследованы также фазовые превращения дрмбонского золото–медного сульфидного концентрата в аналогичных условиях.

В исследуемых образцах, кроме халькопирита, который здесь преобладает, встречается также пирит в свободных зернах. Результаты рентгенофазового анализа подтверждают данные минералогического анализа.

На дифрактограмме исходного концентрата (рис.4) четко фиксируются рефлексы с $d = 3,16; 3,03; 1,862 \text{ \AA}$, характерные для халькопирита; $d=3,14; 2,731; 2,40; 2,21; 1,637 \text{ \AA}$, характерные для пирита; $d=3,39; 2,40; 1,969; 1,87; 1,696 \text{ \AA}$, характерные для халькозина, и некоторые другие линии, относящиеся к нерудным минералам, количество которых, судя по их интенсивности, невелико. Определены также линии пирита – $2,731 \text{ \AA}$. Основные линии на рентгенограммах образца халькопиритовых концентратов имеют близкую сходимость с линиями эталона, однако отличаются от последнего соотношением интенсивности. Измельчение

проводили при одинаковых условиях, что и отдельные минералы, входящие в состав концентрата. На рис. 4 иллюстрируются результаты рентгенофазового анализа концентрата как в воздушном, так и водном режимах.

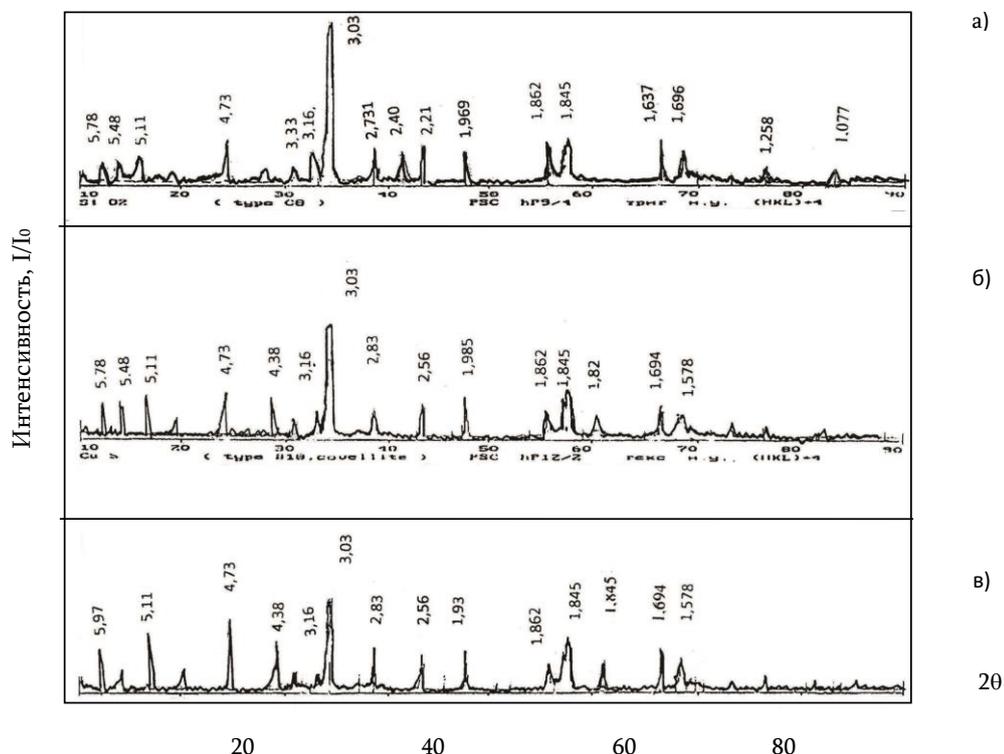


Рис. 4. Рентгенограммы фаз дрмбонских золото-сульфидных концентратов: исходного (а), активированного 60 мин в воздушном (б) и водном (в) режимах

Механохимическая обработка в вибромельнице сопровождается существенными физико-химическими изменениями. При измельчении продолжительностью 60 мин в воздушном режиме появляются новые рефлексы (рис. 4). Иногда эти рефлексы совпадают с рефлексами оксидов железа.

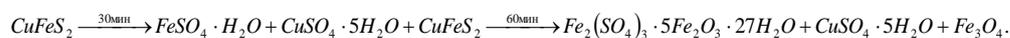
В интервале активирования 60 мин на рентгенограммах появляются новые рефлексы сульфатов и гидросульфатов железа и меди $4Fe_2(SO_4)_3 \cdot 5Fe_2O_3 \cdot 27H_2O$ ($d = 5,11; 3,13; 3,09; 2,55; 1,987; 1,838 \text{ \AA}$); $FeSO_4 \cdot H_2O$ ($d = 3,99; 3,44; 3,12 \text{ \AA}$) и $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ($d = 5,78; 5,48; 4,38; 2,56 \text{ \AA}$) [8].

Фазовые превращения дрмбонского золото-медного сульфидного концентрата в результате механохимической активации происходят по следующей схеме:

в воздушном режиме -



в водном режиме -



При активации продолжительностью 30 мин в водном режиме кристаллическая структура халькопирита и пирита разрушается, что подтверждается появлением новых рефлексов $d=1,870$ и $1,855 \text{ \AA}$ за счет уменьшения рефлекса CuFeS_2 . Кроме фаз $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, образуется также новая фаза $d=3,12; 5,08 \text{ \AA}$, характерная для $4\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 27\text{H}_2\text{O}$. Дальнейшая активация может привести в рентгеноаморфную форму кристаллогидрат меди - $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ с характерным рефлексом $d = 4,73 \text{ \AA}$ (рис. 4 б). Кристаллическая структура халькозина, по сравнению с таковой других минералов, более устойчива по отношению к механическому воздействию, что подтверждается отсутствием на дифрактограммах его активированных фракций новообразований.

Механоактивация в воздушном режиме приводит к аморфизации кристаллического состояния и окислению CuFeS_2 ($2,04 \text{ \AA}$) с образованием CuSO_4 , FeSO_4 , $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ ($2,68 \text{ \AA}$) и Fe_3O_4 ($2,74; 2,53; 1,691 \text{ \AA}$) (рис. 4 в).

Таким образом, активация пирит-халькопиритового концентрата продолжительностью 60 мин в условиях водного и воздушного режимов приводит к глубокому физико-химическому превращению, что подтверждается результатами рентгенофазового анализа. Кроме того, глубина физико-химического превращения концентратов зависит от состава примесных минералов. Данное обстоятельство необходимо учитывать при оптимизации технологических схем переработки халькопиритсодержащего сырья, включающих его предварительную механохимическую активацию.

Анализируя результаты поведения медного концентрата и входящих в его состав отдельных минералов при механохимической активации, можно заметить, что характер изменения концентрата аналогичен характеру изменения халькопирита и пирита. В обоих случаях измельчение сопровождается глубокими изменениями, которые находят отражение в их фазово-структурных характеристиках и химическом составе. В процессе измельчения образуются фазы $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $4\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 27\text{H}_2\text{O}$, вплоть до образования отдельных оксидов (Fe_2O_3 и Fe_3O_4), тогда как механоактивация халькозина не приводит к образованию отдельных оксидов. Это, по-видимому, связано с тем, что активация халькопирита и пирита сопровождается разрушением кристаллической решетки сульфидов с образованием сульфатов и гидросульфатов. В случае халькозина кристаллическая решетка не разрушается, а имеет место только его перестройка $\text{Cu}_2\text{S} \rightarrow \text{Cu}_{1,96}\text{S}$.

Следовательно, механохимическую активацию можно считать рациональным способом интенсификации пиро- и гидрометаллургических методов переработки сульфидных руд и концентратов. Данный метод в настоящее время постепенно используется в технологии переработки цветных металлов, особенно трудноперерабатываемых сульфидных руд и концентратов.

Кроме того, полученные сульфаты и гидросульфаты легко растворимы, что также следует учесть в предварительных обогатительных процессах.

Заключение. Изучено поведение дрмбонского медного концентрата и входящих в его состав отдельных минералов: халькопирита, пирита и халькозина, методом тонкого измельчения в вибромельнице в условиях воздушного и водного режимов продолжительностью 15, 30 и 60 мин. Показано, что как отдельные минералы, так и медный концентрат в воздушной и водной средах в результате тонкого измельчения подвергаются глубоким химическим превращениям. При активации продолжительностью измельчения 60 мин в воздушной среде образуются сульфаты меди и железа и оксиды (Fe_2O_3 и Fe_3O_4), а в водной – гидросульфаты этих металлов.

Таким образом, механохимическая подготовка сульфидного концентрата является эффективным средством повышения его реакционной способности и может найти практическое применение в гидрометаллургии. Кроме того, создается возможность за счет увеличения дисперсности решать вопросы переработки медных сульфидных концентратов, минуя утилизацию газа SO_2 , образовавшегося при переработке этих концентратов традиционными методами. Интенсифицируются также процессы в твердофазных системах.

Кристаллическая структура халькозина, по сравнению с таковой других минералов, более устойчива по отношению к механическому воздействию, что подтверждается отсутствием на дифрактограммах его активированных фракций новообразований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кулебакин В.Г.** Превращения сульфидов при активировании.- Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1983.- 209 с.
2. **Аввакумов Е.Г., Болдырев В.В., Кособудский И.Д.** Механическая активация твердофазных реакций. Сообщ. 1: О взаимодействии пирита с железом // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук. -1972.- Вып. 4, №9.- С. 45-50.
3. **Смагунов В.Н., Рейнгольд Б.Б., Молчанов В.И.** Об особенностях окисления пирита, активированного сверхтонким измельчением // Журнал прикладной химии.- 1976.- Т. 49.- С. 2339-2341.
4. **Фаворская В.В., Романова А.Д., Шумакова Г.Е., Мулдарулова А.Д.** Исследование механохимического окисления пирита и арсенопирита // В кн.: Химия и технология халькогенов и халькогенидов: Тез. докл.- Караганда, 1979.- С. 215-216.

5. **Абишев Д.И., Кобжасов А.К., Балтынова Н.З.** Исследование разложения пиритосодержащего сырья // В кн.: Всесоюзное совещание по термическому анализу: Тез. докл.- 1973.- С. 175-178.
6. **Соколов И.П., Чекмарев А.М., Селезнев В.П., Козырев А.В.** Особенности протекания твердофазных металлотермических реакций // Известия АН СССР. Металлы.- 1990.- N2.- С. 17-18.
7. **Болдырев В.В.** Механохимия и механическая активация твердых веществ // Успехи химии / РАН.- 2006.- Т.75, вып. 3.- С. 203-216.
8. **Филиппова Н.А.** Фазовый анализ руд и продуктов их переработки. - М.: Химия, 1975.- 280 с.

ГИУА (ПОЛИТЕХНИК). Материал поступил в редакцию 20.08.2013.

**Վ.Հ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Ք.Վ. ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ, Մ.Է. ՍԱՍՈՒՆՅՅԱՆ,
Ա.Ա. ԱՅՎԱԶՅԱՆ, Տ.Լ. ՏԱԼԱԿՈ**

ԴՐՄԲՈՆԻ ՊՂՆԶԱՅԻՆ ՍՈՒԼՖԻԴԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԻ ԵՎ ԴՐԱՆՈՒՄ ՊԱՐՈՒՆԱԿՎՈՂ ԱՌԱՆԶԻՆ ՄԻՆԵՐԱԼՆԵՐԻ ՎԱՐՔԸ ՄԵԽԱՆԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ԱԿՏԻՎԱՑՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՈՒՄ

Քննարկվում է Դրմբոնի պղնձային սուլֆիդային խտանյութի և դրանում պարունակվող առանձին միներալների վարքը թրթռադաշտում՝ օդային և ջրային ռեժիմով նուրբ մանրացմամբ մեխանաքիմիական ակտիվացման ենթարկելիս: Ցույց է տրվել, որ մինչև $-10 \mu\text{m}$ չափսերով նուրբ մանրացման ենթարկելիս պղնձի և երկաթի սուլֆիդները ենթարկվում են քիմիական խոր փոխարկումների՝ առաջացնելով հիդրոսուլֆատներ և օքսիդներ: Վերլուծության քիմիական և ռենտգենաֆազային եղանակներով հաստատագրվել են ստացված արդյունքները:

Առանցքային բառեր. Դրմբոնի պղնձային սուլֆիդային խտանյութ, մեխանաքիմիական ակտիվացում, տարրալուծում, պղինձ, երկաթ, ոսկի:

**V.H. MARTIROSYAN, Q.V. SARKISYAN, M.E. SASUNTSYAN,
A.A. AJVAZYAN, T.L. TALAKO**

BEHAVIOUR OF THE DRMBON COPPER SULPHIDE CONCENTRATE AND THE MINERALS CONTAINED IN IT AT MECHANOCHEMICAL ACTIVATION

The process of mechanochemical activation of the Drmbon copper concentrate and the separate minerals included in it by the method of their fine grinding in a vibratory mill in water and air regimes is considered. It is shown that at fine grinding (up to $-10 \mu\text{m}$) the copper and iron sulphides are exposed to deep chemical changes transforming into sulphates and oxides. The results obtained are confirmed by the methods of chemical and x-ray phase analyses.

Keywords: Drmbon copper-sulphide concentrate, mechanochemical activation, leaching, copper, iron, gold.