

**В.А. МАРТИРОСЯН, Э.З. ЗАКАРЯН, М.Э. САСУНЦЯН****ПОВЕДЕНИЕ ДИСУЛЬФИДА МОЛИБДЕНА ПРИ  
МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ  
МОЛИБДЕНИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА**

Обсуждается поведение  $\text{MoS}_2$ , входящего в состав молибденитового концентрата, при механохимической активации и изучаются их термические характеристики в активированном состоянии. Механохимическая активация молибденитового концентрата проведена в вибромельнице в условиях водного и воздушного режимов, а термические исследования - дериватографическим методом. Показано, что протекающие при механохимической активации и термической обработке процессы имеют аналогичный характер. В обоих случаях кристаллический малореакционноспособный минерал  $\text{MoS}_2$  подвергается глубоким химическим изменениям, превращаясь в различные соединения молибдена и, в конце концов, в аморфный оксид ( $\text{MoO}_3$ ). Полученный активированный оксид  $\text{MoO}_3$  может служить сырьем для дальнейшего получения ферромолибдена методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Результаты исследования подтверждены методами рентгенофазового и термогравиметрического анализов. В работе рассматриваются также экологические вопросы.

**Ключевые слова:** молибденитовый концентрат, механохимическая активация, измельчение, молибден, железо, кремний, ферромолибден.

**Введение.** При решении вопросов, связанных с эффективным использованием минерального сырья, особую роль имеет его комплексная переработка, включающая также пирометаллургические технологии [1,2].

Возрастающая потребность народного хозяйства в цветных, редких и благородных металлах и большое количество поступающих на металлургические предприятия упорных и тонковкрапленных руд и концентратов делают актуальной задачу увеличения эффективности извлечения из них ценных компонентов. Это, в частности, касается молибденитовых руд, которые являются исходным сырьем для получения ценного ферромолибдена.

Ферромолибден используют вместо чистого молибдена при легировании стали, чугуна и сплавов. Так, в стали содержание молибдена составляет от 0,1...0,3% (легированная сталь) до 3...10% (инструментальная сталь). Молибден улучшает закаливаемость и прокаливаемость стали, увеличивает её вязкость, ликвидирует отпускную хрупкость хромоникелевой стали, способствует

сохранению ее свойств при высоких температурах. Добавка молибдена в чугун увеличивает его прочность и сопротивление износу [3].

Технология производства ферромolibдена включает два передела: 1) обжиг сульфидного молибденитового концентрата в многоподовых печах и 2) внепечная металлургическая плавка. Отходы обжига молибденитового концентрата состоят из газообразных и мелкодисперсных пылевых продуктов. В газообразной фазе содержатся  $\text{SO}_2$  и соединения рения, в пылевой - молибден, рений, а также цветные примесные элементы. Выброс в атмосферу  $\text{SO}_2$  ухудшает экологическую обстановку в районе производства, а потеря ценных металлов, требующих переработки, приносит убытки предприятию. В среднем на одну тонну выпускаемого ферромolibдена приходится до 500 кг шлаковых и пылевидных отходов, в том числе содержащих ценные сопутствующие элементы. Наряду с этим в разных отраслях промышленного производства образуются отходы, содержащие ценные цветные металлы. Улучшение экологической ситуации и утилизация всех компонентов отходов возможны при условии разработки рациональной технологии получения обожженного молибденитового концентрата [3].

При применении этих технологий, во избежание увеличения загрязнения окружающей среды, использование химических реагентов на стадии предварительной подготовки минерального сырья необходимо свести к минимуму. Большая степень извлечения цветных металлов из руд может привести к уменьшению объема отвальных продуктов и площадей для их складирования, а резкое уменьшение содержания в них невыгодных элементов обеспечит большую чистоту грунтовых вод. Для реализации вышесказанного предлагается разработанный нами способ механохимической технологии переработки молибденитовых концентратов [4-6]. Комплексная переработка сульфидных руд, характеризующихся особенно сильной вкрапленностью, может быть эффективной лишь при условии их достаточного вскрытия. В литературе отмечается, что окисляемость сульфидов молибдена резко увеличивается при предварительном тонком диспергировании, то есть при механохимической активации.

Механохимия, представляющая собой относительно новое научное направление, развивается достаточно быстро [7]. Вещества, подвергаемые высокоэнергонапряженным воздействиям, значительно изменяют свои свойства, вследствие чего резко повышается реакционная способность многих из них. В настоящее время тенденция нарастающего развития механохимии, проникновения ее в различные области прикладных исследований очевидна. Однако систематического изучения влияния механоактивации на превращения  $\text{MoO}_3$ ,

находящегося в молибденитовом концентрате, как класса минералов - источников цветных металлов, до сих пор не проводилось. Между тем прогнозирование поведения этого вида сырья при высокоэнергонапряженных воздействиях и последующих металлургических процессах актуально, так как комплексно перерабатывать его можно лишь путем достаточного вскрытия. Одной из эффективных форм такого сочетания является механохимическая подготовка рудных продуктов для интенсификации металлургических процессов, чему и посвящена предлагаемая работа [8,9].

В работе обсуждается поведение  $\text{MoS}_2$ , входящего в состав молибденитового концентрата, при механохимической активации и изучаются его термические характеристики в активированном состоянии.

Для представления о том, что происходит с минеральным сырьем в процессе его комплексной переработки, необходимо более полное знание картины физико-химических превращений отдельных минералов, являющихся его компонентами при механохимическом, термическом и других воздействиях. Однако до сих пор недостаточно изучено поведение сульфидов молибдена и железа при механохимической активации и отсутствуют сведения об их термических характеристиках в активированном и неактивированном состоянии. Из литературных данных известно поведение минералов, предварительно обработанных в планетарной мельнице [3]. При этом нарушение целостности их кристаллической решетки при механохимическом активировании диффузии кислорода в нее, а также обратной диффузии серы на поверхность раздела фаз может особенно сильно проявляться при нагревании. Знание характера фазовых превращений сульфидов в процессе механической обработки необходимо для выбора технологических схем их дальнейшей переработки.

Цель работы - исследование особенностей физико-химических превращений при механохимическом и тепловом воздействиях на  $\text{MoS}_2$ , входящий в молибденитовый концентрат, с различными кристаллическими структурами и разработка на этой основе экологически приемлемых способов повышения эффективности металлургических процессов.

**Методы исследования.** Рентгенофазовые исследования проводились в лаборатории рентгеноструктурного исследования Национального политехнического университета Армении с помощью дифрактометра "Empyrean" фирмы "Pananalytical" [10], а дифференциально-термические - на приборе типа Q-1500D [11].

Опыты механохимической активации проводили методом тонкого измельчения концентрата в вибромельнице. Концентрат активировали в высокоэнергонапряженной вибромельнице типа М-30. Объем каждого барабана

составлял  $600 \text{ см}^3$ , 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 среде, измельчение - 15, 30, 45 и 60 мин, но на рисунках приведены данные активирования в основном в течение 15 и 60 мин, когда особенно ярко фиксируется изменение минералов. Масса диспергируемых продуктов - 10...50 г.

**Экспериментальная часть. Обсуждение результатов опытов.** Экспериментальные образцы молибденита содержали небольшую порцию кварца, поэтому четко определить рефлексы молибденита с интенсивностью  $d = 2,06$ ; 1,541 и 3,07 не удалось. На рис.1 приведены дифрактограммы молибденита и продукты его механической обработки, а в таблице - рентгенографическая идентификация молибденита.

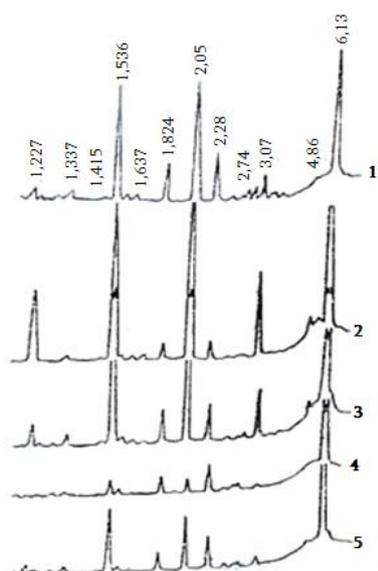


Рис. 1. Дифрактограммы молибденита и продукты его механической обработки: исходный концентрат (1) и активированный 60 мин в воде (2,3), в воздухе (4,5)

Таблица  
Рентгенографическая идентификация молибденита

Линии	Экспериментальный образец		Эталон ASTM, 6-0097	
	d	I	d	I
1	6,13	100	6,15	100
2	3,07	13	3,10	30
3	2,28	23	2,28	45
4	1,824	10	1,83	25
5	1,536	54	1,538	12
6	1,475	2	1,529	70
7	1,227	7	1,225	5
8	1,193	2	1,179	5

Минералогические исследования показали, что концентрат содержит в основном молибденит ( $\text{MoS}_2$ ), кварцит ( $\text{SiO}_2$ ), соединения молибдена с железом ( $\text{FeMoO}_4$ ). Полуколичественные спектральные исследования показали содержание в них (%): Si, Al, Fe, Mg - 0,1...1, Cu - 0,003...1, Pb- 0,03...1, Zn - 0,01...0,1, Sn; Mn; Ba; Bi и Ag – следы.

Так как основным минералом, входящим в молибденитовый концентрат, является  $\text{MoS}_2$ , для исследования особенностей физико-химических превращений концентрата при механохимическом и тепловом воздействиях, в основном, изучали только поведение  $\text{MoS}_2$ .

$\text{MoS}_2$  дает весьма развитую поверхность в процессе активирования в водном режиме, особенно в интервале измельчения 15...30 мин, достигая  $42,6 \text{ г/см}^3$ . Удельная поверхность других минералов при таких условиях значительно больше. Однако при измельчении в воздушной среде поверхность молибденита значительно меньше. В данном случае, вероятно, проявляются особенности кристаллического строения минерала.

При измельчении  $\text{MoS}_2$  на дифрактограммах происходит некоторое уширение дифракционных рефлексов. Это свидетельствует о незначительной эффективности указанного режима. Поэтому остальные опыты по измельчению проводились в более жестких условиях энергонапряженности и при значительных временных интервалах механохимической обработки (60 мин).

Кристаллическая структура молибденита в разных средах проявляется необычно. Это находит отражение в резком изменении соотношений интенсивностей рефлексов, например, с  $d = 3,07$  и  $1,227 \text{ \AA}$  (рис.1, линии 2,3). Линия  $d = 2,28 \text{ \AA}$  на дифрактограмме исходного образца - вторая по интенсивности (рис.1, линия 1), а в водном и воздушном режимах измельчения - почти четвертая (рис.1, линии 2,3 и 4,5). Структура молибденита при активации в воде претерпевает бо́льшие изменения, чем в воздухе. Увеличение рефлекса  $3,07$  в водном и воздушном режимах связано с появлением свободной серы.

Если в водной среде при активации ниже 30 мин на дифрактограммах элементарная сера в  $\text{MoS}_2$  не обнаруживается, то при 60 мин ее содержание можно заметить. Отсутствие же на дифрактограммах активированных фракций линий новообразований говорит о рентгеноаморфности последних.

Известно, что при нагревании в температурном интервале  $400...600^\circ\text{C}$   $\text{MoS}_2$  окисляется до молибдата в диффузионном ( $400^\circ\text{C}$ ), диффузионно-кинетическом ( $500^\circ\text{C}$ ) и кинетическом ( $600^\circ\text{C}$ ) режимах. При температуре  $500^\circ\text{C}$  имеет место реакция:  $\text{MoS}_2 + 3,5\text{O}_2 = \text{MoO}_3 + 2\text{SO}_2$ . Интервалы температуры, при которых возникает окисление и восстановление минерала, зависят от его крупности и составляют для фракций от  $0,063$  до  $0,2...0,35 \text{ мм}$  соответственно  $207...300$  и  $365...510^\circ\text{C}$ . Эти данные предварительно были получены с помощью дифференциально-термического анализа при всасывании воздуха через массу минерала. Оптимальная температура обжига молибденитового концентрата составляет  $570...580^\circ\text{C}$ . Окисление неактивированного молибденита при нагревании со скоростью  $70^\circ\text{C/мин}$  в атмосфере воздуха протекает в температурном

интервале 390...700<sup>0</sup>С с образованием молибдата (MoO<sub>3</sub>), который плавится при 790<sup>0</sup>С. Что касается превращения MoS<sub>2</sub> при нагревании без доступа воздуха, то известно, что при сильном накаливании в электропечи получается Mo<sub>2</sub>S<sub>3</sub>.

Температурный интервал образца неактивированного молибденитового концентрата равен 410...775<sup>0</sup>С (рис.2, кривая 1). По нашим данным, одной из промежуточных фаз, кроме молибденита, при 600<sup>0</sup>С является MoO<sub>3(гекс)</sub>, что подтверждается фиксированием на дифрактограмме линии этого соединения  $d = 3,46 \text{ \AA}$ . Из конечных продуктов зафиксирован также Mo<sub>4</sub>O<sub>11</sub>. Появляются также оксиды молибдена  $d = 4,12; 3,74; 3,45 \text{ \AA}$  и др. Плавление смеси MoO<sub>3(орторомб.)</sub> + Mo<sub>4</sub>O<sub>11</sub> в температурном интервале 775...900<sup>0</sup>С сопровождается образованием Mo<sub>4</sub>O<sub>23</sub> и Mo<sub>9</sub>O<sub>26</sub> (см. схему).

Механохимическая активация молибденита сильно влияет на его термические характеристики. Даже после 30 - секундной обработки на мельнице М30 скорость окисления минерала резко возрастает, что очевидно из кривых (рис. 1, кривые 1 и 2). Если при увеличении времени предварительной активации до 15 мин на кривых дифрактограмм имеет место существенное изменение, то на кривых скорости нагревания это незначительно влияет на ход кривых (рис. 1, кривые 3...6).

Фазовые превращения при нагревании механически обработанного в водной среде (15 мин) молибденита, вероятно, происходят уже при температуре 340<sup>0</sup>С, о чем можно судить по уширению линии  $d = 6,62$  до  $6,45 \text{ \AA}$ . Если учесть, что это основные рефлексы Mo<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (ASTM, 27-319), то превращение можно представить следующим образом:  $6\text{MoS}_2 + 4\text{O}_2 = 2\text{Mo}_3\text{S}_4 + 4\text{SO}_2$ , т.е. обессеривание молибденита происходит при довольно низкой температуре. Однако сульфид Mo<sub>3</sub>S<sub>4</sub> неустойчив, так как при повышении температуры до 450<sup>0</sup>С межплоскостное расстояние основной линии уменьшается до  $6,16 \text{ \AA}$ . Часть минерала окисляется до MoO<sub>3</sub>, на диаграмме фиксируются линии  $d = 6,96; 3,45; 3,31 \text{ \AA}$  и др. При температуре 680<sup>0</sup>С, соответствующей окончанию экзотермы, продукты термической обработки молибденита представлены смесью орторомбической и гексагональной модификации MoO<sub>3</sub>. В случае неактивированного MoS<sub>2</sub> картина резко отличается (см. схему), т.е. сдвиг температур в начальной и окончательной стадиях окисления минерала в меньшую область сопровождается изменением механизма этого процесса.

Ход ДТА-кривых молибденита, предварительно активированного в водном режиме в течение 15 мин, при нагревании в различных условиях несколько отличается. Механоактивация в течение 60 мин заметно влияет на термические характеристики MoS<sub>2</sub>, о чем можно судить по понижению максимума 560...570<sup>0</sup>С (рис.2, кривые 3...7).

Своеобразно проявляет себя при нагревании  $\text{MoS}_2$ , активированный в водном режиме в течение 60 мин (рис.2, кривые 2...8). Если в предыдущем случае отмечено уширение рефлекса молибденита до  $6,45 \text{ \AA}$  с образованием при  $340^\circ\text{C}$   $\text{Mo}_3\text{O}_4$ , то в последнем случае - сужение до  $6,09 \text{ \AA}$  при температуре  $300^\circ\text{C}$ . Кроме того, при указанной температуре имеет место полиморфный переход одной формы  $\text{MoS}_2$  в другую. При продолжительном нагреве до  $440^\circ\text{C}$  кристаллическая структура минерала разрушается, что приводит к существенному уменьшению интенсивностей основных линий, при этом межплоскостное расстояние самого сильного рефлекса вновь несколько расширяется, часть минерала окисляется до молибденита (рис. 2, кривая 8). При  $630^\circ\text{C}$   $\text{MoS}_2$  полностью окисляется до  $\text{MoO}_3$ (орторомб).

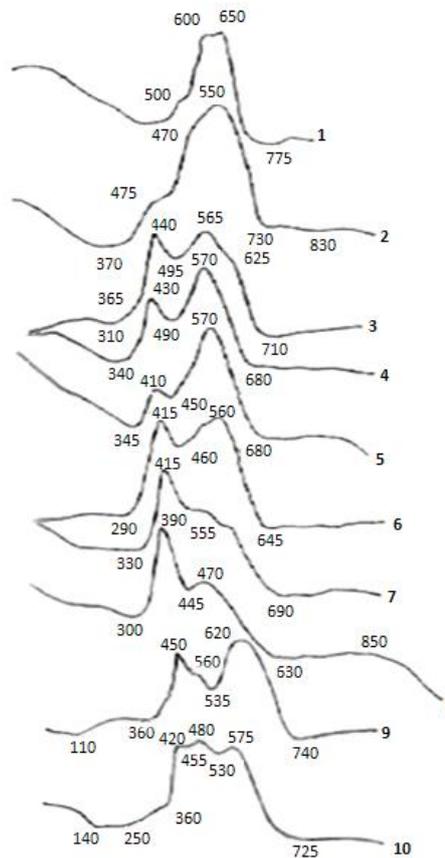


Рис. 2. ДТА-кривые молибденита и продуктов его механической активации: 1 – неактивированного; 2...10 - активированного: 2...8 - в водной среде при продолжительности активации (мин): 2 - 3; 3 - 5; 4 - 7; 5 - 10; 6 - 15; 7 - 30; 8 - 60, 9 – в воздушной; 10 – комбинированной - 60



MoS<sub>2</sub> в процессе нагревания в воздушной среде сильно зависит от режима его предварительной механохимической активации.

Состав фаз минерала, обработанного в комбинированном режиме при нагревании до 450...525<sup>o</sup>C, один и тот же, однако количество окислов молибдена по мере повышения температуры резко возрастает, что подтверждается увеличением интенсивности рефлексов с  $d = 3,44...3,46; 6,87...6,96 \text{ \AA}$  (см. схему).

Таким образом, сравнение результатов поведения MoS<sub>2</sub>, входящего в состав молибденитового концентрата, при механохимической и термической активации показало, что процессы, протекающие при механохимической активации и термической обработке, имеют аналогичный характер. В обоих случаях кристаллический малореакционноспособный минерал MoS<sub>2</sub> подвергается глубоким химическим изменениям, превращаясь в различные соединения молибдена и, в конце концов, в аморфный оксид (MoO<sub>3</sub>). Этот вывод подтверждается данными рентгенофазового и термографического анализов.

**Заключение.** Результаты механохимического и термического анализов подтверждают, что MoS<sub>2</sub> претерпевает в процессе механической активации существенные изменения, что находит отражение на рентгенограммах и термограммах. При этом механохимическая активация MoS<sub>2</sub> при меньших продолжительностях подвергается наименьшим изменениям. Сопоставление результатов рентгеновских исследований исходных и обработанных образцов показывает, что при увеличении продолжительности активации до 60 мин структуры последних значительно разрушаются, образуются новые фазы, которые рентгеноаморфны.

Своеобразно проявляет себя при нагревании MoS<sub>2</sub>, активированный в водном режиме в течение 60 мин. В данном случае при более низких температурах имеют место разные случаи фазообразования MoS<sub>2</sub>, вплоть до полного окисления до MoO<sub>3</sub>(орторм.). То же самое протекает при комбинированном активировании.

Следовательно, протекающие при механохимической активации и термической обработке процессы имеют аналогичный характер. В обоих случаях кристаллический малореакционноспособный минерал MoS<sub>2</sub> подвергается глубоким химическим изменениям, превращаясь в различные соединения молибдена и, в конце концов, в аморфный оксид (MoO<sub>3</sub>). Результаты исследования подтверждены методами рентгенофазового и термографического анализов.

Таким образом, механохимия является эффективным способом для получения аморфного MoO<sub>3</sub> экологически чистыми методами. Полученный активированный оксид MoO<sub>3</sub> может служить сырьем для дальнейшего получения

ферромолибдена методом СВС. В работе решены также экологические вопросы.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке ГКН МОН РА в рамках Армяно-Белорусского совместного научного проекта АБ 16-48.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кулебакин В.Г.** Превращения сульфидов при активировании.- Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1983.- 209 с.
2. **Аввакумов Е.Г., Болдырев В.В., Косовудский И.Д.** Механическая активация твердофазных реакций. Сообщ. 1: О взаимодействии пирита с железом // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук. -1972.- Вып. 4, N9.-С. 45-50.
3. **Зеликман А.Н.** Металлургия тугоплавких редких металлов. -М.: Металлургия, 1986. - 440 с.
4. **Мартirosян В.А., Закарян Э.Г., Сасунцян М.Э.** Получение ферромолибдена методом СВС // XVIII научно-практическая конференция: Российско-китайский журнал “Содружество”.- 2017.- Ч. I, N17.-С. 56-58.
5. **Martirosyan V.A.** Chemical-Metallurgical Processes of Reprocessing the ores of Armenia: Monograph.- Germany: Lap Lambert Academic Publishing, 2015, ISBN: 978-3-659-76299-4.-154 p.
6. **Сасунцян М., Мартirosян В.** Получение ферросилиция методом алюминотермического восстановления отходов Армении: Monograph.- Germany: Lap Lambert Academic Publishing, 2016, ISBN: 978-3-659-96596-8.- 110 p.
7. **Болдырев В.В.** Механохимия и механическая активация твердых веществ // Успехи химии / РАН.- 2006.- Т.75, вып. 3.- С. 203-216.
8. **Бутягин П.Ю.** Разупорядоченные структуры и механохимические реакции в твердых телах // Успехи химии.- М.: Наука, 1984.-Т. 53, N11.- С. 1769-1789.
9. **Торосян А.Р., Данелян Н.Г.** Влияние механической обработки на процесс термического восстановления MoS<sub>2</sub> металлическим магнем // Арм. хим. журнал.-1992.-Т. 45, N1-2.- С. 21-26.
10. **Цветков А.И., Пилюян Г.О.** О термическом анализе тонкодисперсных веществ // В кн.: Физические методы исследования минералов осадочных пород.- М.: Наука, 1966.- С. 294-306.
11. **Ревенко А.Г.** Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ природных материалов.-Новосибирск: Наука, 1994. - 264 с.

Национальный политехнический университет Армении. Материал поступил в редакцию 03.10.2017.

Վ.Հ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Է.Գ. ԶԱՔԱՐՅԱՆ, Մ.Է. ՍԱՍՈՒՆՅՅԱՆ

**ՄՈԼԻԲԴԵՆԻ ԴԻՍՈԻԼՖԻԴԻ ՎԱՐՔԸ ՄՈԼԻԲԴԵՆԻՏՍՍՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԻ  
ՄԵԽԱՆԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ԵՎ ԶԵՐՄԱՅԻՆ ՄՇԱԿՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ**

Քննարկվել են մոլիբդենիտային խտանյութում MoS<sub>2</sub>-ի վարքը մեխանաքիմիական ակտիվացման ընթացքում և ջերմային բնութագրերի պարզաբանումը նրա ակտիվացած վիճակում: Մոլիբդենիտային խտանյութի ակտիվացումը կատարվել է թրթռողացում օդային և ջրային ռեժիմի պայմաններում, իսկ ջերմային մշակումը՝ ջերմածանրաչափական եղանակով: Ցույց է տրվել, որ մեխանաքիմիական ակտիվացման և ջերմային մշակման գործընթացները նման են միմյանց. երկու դեպքում էլ բյուրեղային, փոքր ռեակցիոն ակտիվություն ցուցաբերող MoS<sub>2</sub> միներալը ենթարկվում է խոր քիմիական փոխարկումների՝ առաջացնելով մոլիբդենի տարբեր միացություններ և, ի վերջո, վերածվում է ամորֆ մոլիբդենի օքսիդի (MoO<sub>3</sub>): Ստացված ակտիվացած մոլիբդենի օքսիդը կարող է ծառայել որպես հումք՝ հետագայում ԲԻՄ գործընթացով ֆերոմոլիբդեն ստանալու համար: Ստացված արդյունքները հաստատագրվել են ռենտգենաֆազային և ջերմածանրաչափական վերլուծության եղանակներով: Աշխատանքում լուծվել են նաև բնապահպանական հարցեր:

**Առանցքային բառեր.** մոլիբդենիտային խտանյութ, մեխանաքիմիական ակտիվացում, մանրացում, մոլիբդեն, երկաթ, սիլիցիում, ֆերոմոլիբդեն:

V.A. MARTIROSYAN, E.Z. ZAKARYAN, M.E. SASUNTSYAN

**BEHAVIOR OF MOLYBDENUM DISULPHIDE AT THE MECHANOCHEMICAL AND THERMAL TREATMENT OF THE MOLYBDENITE CONCENTRATE**

The behavior of MoS<sub>2</sub>, forming part of the molybdenum concentrate at mechanochemical activations is discussed and its thermal characteristics in the activated state are studied. The mechanochemical activation of molybdenum concentrate is carried out in a vibratory mill under water and air conditions, and the thermal studies - by the derivational method. It is shown that the processes going on at mechanochemical activation and heat treatment are similar, and in both cases, the low-reactivity mineral MoS<sub>2</sub> undergoes profound chemical changes, turning into various molybdenum compounds and, eventually, converting into an amorphous oxide (MoO<sub>3</sub>). The obtained activated MoO<sub>3</sub> oxide can serve as a raw material for the further production of ferromolybdenum by the SHS method. The results of the study are confirmed by X-ray phase and thermographic analyses. Ecological problems are also solved in the work

**Keywords:** molybdenum concentrate; mechanochemical activation; grinding; molybdenum; iron; silicon; ferromolybdenum.