

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА В РУДАХ КАДЖАРАНСКОГО МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**© 2018г. М.А. Арутюнян, А.Е. Оганесян**

*Институт геологических наук НАН РА,  
Ереван 0019, пр. Маршала Баграмяна, 24а,*

*e-mail: arshavir.h@geology.am*

*e-mail: marah@geology.am*

*Поступила в редакцию 09.11.2017г.*

Месторождения медно-молибден-порфировой формации Армении, крупнейшим среди которых является Каджаранское месторождение, содержат в рудах, кроме основных металлов, также золото и серебро. За период исследований с 1985 по 2012г.г. был получен материал по содержаниям золота и серебра в главных сульфидах месторождения, что позволило выявить закономерности поведения золота и серебра в медно-молибден-порфировой системе и дать прогнозную оценку золото-сереброносности нижних горизонтов месторождения.

**Ключевые слова:** *золото, серебро, распределение, руда, медно-молибденовое месторождение.*

**Введение.** В публикациях последнего периода, посвященных выяснению геодинамических обстановок, с которыми связано формирование медно-молибден-порфирических месторождений Зангезурского рудного района, был поднят вопрос об эпиптермальном характере золота на Каджаранском месторождении (Novakimyan et al., 2015, 2016<sub>1</sub>, 2016<sub>2</sub>) и времени его отложения относительно медно-молибден-порфирической системы (Moritz et al., 2016). Если для медно-порфирических и золото-медно-порфирических месторождений эпиптермальный характер золота и субвулканический уровень его формирования – вопрос давно решенный (Sillitoe, 1993; Кривцов и др., 1985; Коробейников и др., 2003), то для месторождений медно-молибден-порфирического типа ярчайшим представителем которого является Каджаранское медно-молибденовое месторождение, отсутствие данных прямых наблюдений по всему возможному вертикальному размаху оруденения не позволяет дать однозначный ответ.

Настоящая статья, написанная на базе неопубликованных аналитических данных К.А.Карамяна (1981-1986г.г.) и Р.Н.Таяна (1986-2010г.г.) по содержаниям золота и серебра в основных сульфидах месторождения, а также данных авторов, имеет целью дать представление о закономерностях распределения золота и серебра в рудах Каджаранского штокверка и способствовать выяснению места золота в медно-молибден-порфирической системе.

Сведения о золотоносности руд месторождений медно-молибден-порфирической формации РА долгое время в связи с диктуемыми при советском

строе условиями секретности по комплексу благородных, редких и рассеянных элементов, не отражались в научной литературе. Обобщение ранее проводимых исследований по распределению редких и благородных элементов в рудных формациях Армянской ССР под руководством И.Г.Магакьяна (1972) показало, что золото и серебро неравномерно распределены не только по отдельным месторождениям медно-молибденовой формации, но и рудным концентратам разных стадий; в качестве промышленных минералов-носителей были выделены халькопирит и борнит. Рекомендовалось организовать извлечение благородных металлов из медных концентратов. Практическая ценность Агаракского и Каджаранского месторождений в отношении благородных металлов, несмотря на незначительные количества золота и серебра, обосновывалась большими запасами медных руд, в которых они содержались.

Запасы медно-молибденовых руд Каджаранского месторождения, как и сопутствующих элементов, переутверждались неоднократно. Имеющиеся в литературе сведения по золото- и сереброносности руд Каджаранского медно-молибден-порфирового месторождения относились к верхним горизонтам Центрального участка (Магакьян и др., 1972; Фармазян, 1974; Пиджян, 1975; Карамян, 1978; Акмаева и др., 1981). По мере эксплуатации карьера в отработку вводились Северо-Восточный, Мяканский и Шлоркутский участки, которые различаются прежде всего интенсивностью и морфологическим типом оруденения, а также вещественным составом руд и соответственно сопутствующих им элементов-спутников.

Генподсчет запасов по Центральному, Северо-Восточному, Мяканскому и Шлоркутскому участкам (Зильман и др., 1962) – по условиям 1959г., установленным Госпланом СССР, основывался на средних содержаниях золота в руде 0,085г/т, серебра – 3,137г/т. Среднегодовая добыча благородных металлов по разрабатываемому в этот период Центральному участку была стабильна, отклонения отмечались лишь в сторону больших показателей, что связывалось с обогащенностью верхних горизонтов месторождения гипергенным борнитом. Согласно генподсчету 1985г. (Агамирян и др., 1985), объединяющему все участки в единый штокверк, кондиции по золоту снизились до 0,027г/т, серебра – до 1,58г/т, при выходе Au в медный концентрат 2,6г/т, Ag – 44г/т.

Тем не менее, согласно П.Г.Алояну, в рудах Каджаранского месторождения в пределах контура первой отработки сосредоточено 49т золота и 2749т серебра, причем содержание последнего в 1,3 раза превышает запасы серебра подсчитанные во всех золоторудных месторождениях РА в целом (Алоян и др., 2003). По последнему пересчету запасов по состоянию на 01.01.2007г. (Шехян и др., 2007) в рудах штокверка, подсчитанных по категориям В+С<sub>1</sub>, запасы золота составляют 59т, серебра – 3314,07т, при прогнозируемом выходе Au в медный концентрат 3,5г/т, Ag – 75г/т.

**Геологическое строение Каджаранского месторождения.** Детальные геологические исследования на Каджаранском месторождении, с тех пор как оно было рекомендовано к разведке В.Г.Грушевым в 1929г.,

связаны с именами М.П. Русакова, С.А. Мовсисяна, С.С. Мкртчяна, И.Г. Магакьяна, П.С. Саакяна, А.Б. Каждана, А.В. Пэка, М.П. Исаенко, Т.А. Аревшатян, Г.О. Пиджяна, А.С. Фарамазяна, А.Е. Акопян, К.А. Карамяна, Р.Н. Таяна, а также геологов-разведчиков и рудничных геологов – Е.П. Зильмана, А.Г. Исаханяна и многих других.

Штокверк медно-молибденовых руд Каджаранского месторождения локализован в монцонитах всячего (восточного) бока Таштунского разлома и вытянут в субмеридиональном направлении на 6,5 км при ширине около 2 км (Шехян и др., 2007). Разлом проходит по контактовой плоскости порфировидных гранитоидов нижнего миоцена (Таян, 1969) с монцонитами, возраст которых по последним данным отнесен к раннему олигоцену (Melkonyan et al., 2013; Мелконян и др., 2014; Rezeau et al., 2014, 2015; Moritz et al., 2015; Moritz et al., 2016). Пояса невадитовых и полифировых гранодиорит-порфиров ограничивают руды месторождения с восточного фланга; мегафировые гранодиорит-порфиры раннего миоцена (Арутюнян и др., 2002). На территории месторождения они имеют субширотное и северо-западное простирание, контролируя оруденение и прослеживаясь как в монцонитах, так и порфировидных гранитоидах. Кроме них, в пределах собственно месторождения, встречаются довольно протяженные дайки керсантитов и минетт северо-восточного простирания (Аревшатян, 1961).

Рудный штокверк сформирован прожилково-жилковыми и вкрапленными образованиями кварц-магнетитовой, кварц-полевошпатовой, кварц-молибденитовой, кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-халькопиритовой, кварц-пиритовой, кварц-полиметаллической стадий; последующие кварц-карбонатная, халцедонозная, ангидрит-гипсовая – безрудны (Карамян, Фарамазян, 1960; Мкртчян и др. 1969). Медно-молибденовое оруденение по пересечениям мегафировых гранодиорит-порфиров, а также хронометрическим исследованиям серицитов в околорудных породах промышленных стадий минерализации, было отнесено к нижнему миоцену (Мовсисян, 1941; Мкртчян и др. 1969; Пиджян, 1975; Карамян, 1978). Определения возраста молибденитов месторождения спектрографическим Re-Os методом, проведенные в этот период, подтверждали нижнемиоценовый возраст оруденения –  $23,5 \pm 1,2 Ma$  (Фарамазян и др., 1974). Поздние определения –  $26,43-27,2 \pm 0,11 Ma$  по 4 молибденитам позволили авторам выделить олигоценый этап оруденения (Moritz et al., 2013, 2015, 2016), что шло вразрез с фактическими геологическими данными, приведенными многими исследователями (Мовсисян, 1941; Мкртчян и др., 1969; Мовсисян и др., 1974; Пиджян 1975; Карамян, 1978; и др.).

Штокверк характеризуется неоднородным строением; по латерали медь относительно молибденового оруденения "отжимается" на периферию, что особенно четко отмечается в восточном от Таштунского разлома направлении. В этом же направлении наблюдается увеличение мощности кварц-полиметаллических жил. Внутри штокверка выделяются линейно вытянутые зоны с прожилково-вкрапленным оруденением,

обогащенные медью (Мкртчян и др., 1969; Карамян, 1978). С глубиной вертикальная зональность выражается в последовательном увеличении молибдена и уменьшении содержания меди. На верхних горизонтах соотношение их содержаний составляло 9:1 – 7:1 (горизонты 2175-2085м), с глубиной (горизонты 2040-1965м) оно снижается до 5 - 4,8:1 (Гаян и др., 2003). Кварц-полиметаллические жилы мощностью до 1,2м на юго-восточном фланге прослежены до горизонта 1900м.

**Золото и серебро в рудах штокверка.** До 70-ых годов данные по содержанию золота и серебра в концентратах меди и молибдена, а также в рудных минералах базировались на результатах пробирного, позднее – атомно-абсорбционного и спектрохимического анализов. Считалось, что золото и серебро Каджаранского месторождения встречаются главным образом в виде тонкодисперсных включений в сульфидах или мельчайших выделений теллуридов кварц-полиметаллической стадии – гессита, петцита, креннерита (Магакьян и др., 1972; Фарамазян, 1974; Пиджян, 1975; Карамян, 1978). Самородное золото вне зоны окисления (Пиджян, 1960), по А.С. Фарамазяну (1958, 1974) отмечалось в рудах кварц-пиритовой и кварц-полиметаллической стадий минерализации. Г.О.Пиджяном было установлено самородное золото и в составе кварц-халькопиритовой стадии (1975). Позднее К.А. Карамян самородное золото было установлено в рудах всех главнейших минеральных ассоциаций; мелкие выделения золота размером до 5мкм были обнаружены в рудах кварц-молибденит-халькопиритовой стадии в тесном сростании не только с халькопиритом, но и с энаргитом; в кварц-халькопиритовых рудах – в интерстициях зерен халькопирита и блеклой руды; в кварц-пиритовых рудах – в виде включений до 10 мкм в полях пирита; в рудах кварц-полиметаллической стадии в сростаниях с пиритом, сфалеритом, халькопиритом, блеклыми рудами и более всего с галенитом (Акмаева и др., 1981). Таким образом, золото отмечалось во всех стадиях минерализации за исключением кварц-молибденитовой.

Самородное серебро отмечалось Г.О.Пиджяном (1975), в составе минеральных ассоциаций кварц-пиритовой, кварц-халькопиритовой и кварц-полиметаллической стадий, о наличии серебра в составе кварц-молибденит-халькопиритовой стадии свидетельствовали высокие содержания его в медных концентратах этой стадии (Фарамазян, 1974). Присутствие серебра во всех породообразующих минералах монзонитов в виде изоморфной примеси, кроме наличия его в некоторых сульфидах, обуславливало формирование геохимического фона пород до 1г/т, что сказывалось на показателе потерь серебра в хвостах (Акмаева и др., 1981).

Для характеристики ориентировочного представления о связи золота и серебра с основными металлами внутри минеральных ассоциаций разных стадий были проанализированы штучные пробы разного состава, а также наиболее распространенные на месторождении сульфиды (Акмаева и др., 1981). Данные по последним обобщены в табл.1.

Таблица 1

Содержание Au и Ag (г/т) в сульфидах Каджаранского месторождения

	Au		Ag		Кол.проб
		Среднее		Среднее	
Молибденит	Не об.- сл.	–	1,6-2,4	1,92	5
Халькопирит	Сл.-5,2	2,43	4,6-34	17,5	6
Пирит	Не об.-1,0	0,45	Не об.– 3,2	1,8	4
Сфалерит	1,6	1,6	132,0	132,0	1
Галенит	0 – 1,2	0,7	401-620	495,5	3
Борнит	45,0	45,0	409,1	409,1	1

Содержание Au в медных концентратах по данным этих исследователей в среднем составляло – 1,68г/т, Ag – 44,71г/т (92опр); отмечалось отсутствие золота в чистых образцах молибденита и низкие содержания серебра – до 2г/т. Заметные содержания Au в молибденовых концентратах – в среднем 0,71г/т, Ag – 22,45г/т (47опр.), при отсутствии его в мономинералах, связывались с примесью флотоактивных минералов – галенита и теллуридов.

В 70-ых годах в пределах Центрального участка на горизонте 2130м было выявлено дайковое тело олигоклаз-кварц диоритового состава (Пашков и др., 1975; Шипулин и др. 1975) или кварцевого сиенит-порфира (Карамян и др., 1976), которое характеризовалось насыщенностью кластическим материалом и импрегнированностью микрокристаллическим пиритом. Особенности минерального состава дайки позволили отнести это образование к эруптивно-брекчиевым телам гипабиссального уровня формирования (Таян, и др., 2002). Позднее юго-восточнее дайки на участке Шлоркут были выявлены еще два тела взрывно-брекчиевого характера (Арутюнян и др., 2004). Время формирования брекчий Центрального участка по наличию в них рудокластов кварц-молибденитовой стадии и пересечения их, как и самого брекчиевого тела кварц-халькопиритовыми прожилками, было отнесено к интервалу между кварц-молибденитовой и кварц-халькопиритовой стадиями.

Необычным оказались обогащенность рудокластовых молибденитов золотом – до 0,7г/т (табл.2) при предельно низких содержаниях Ag.

Поскольку рудокласты брекчиевых тел не могли быть захвачены выше уровня формирования брекчий (2100-2130м), получалось что с глубиной содержание золота в молибденитах кварц-молибденитовой стадии возрастает, а серебра значительно снижается до полного исчезновения. Это вызывало определенные сомнения в достоверности данных. Вместе с тем, обогащенность Au обнаружилась и в взрывно-брекчиевых телах Шлоркутского участка; в цементирующем литокласты гидротермально-хлоритовом матриксе взрывов содержания Au варьировали в пределах

0,3-0,8г/т, Ag – 0,29-0,57г/т (содержания Au в рудах верхних горизонтов месторождения, включающих зону окисления – 0,08г/т).

Таблица 2

Содержания золота и серебра (г/т) в сульфидах взрыво-брекчиевых образований

Центральный участок									Участок Шлоркут					
N проб	Молибденит						Пирит			Молибденит				
	14	17	19	20	23	24	12	16	22	27	28	29	30	31
Au	0,299	0,334	0,30	0,217	0,623	0,428	–	0,06	–	0,276	0,648	0,700	0,599	0,400
Ag	–	–	–	0,120	0,008	–	–	–	–	0,006	–	–	–	–

Примечание: данные микрозондового определения, проведенного в Департаменте морской геологии IFREMER, Брест, Франция, при содействии профессора Роджера Экиняна.

Характер распределения Au и Ag в наиболее распространенных минералах месторождения в интервале горизонтов 2150-2050м был проведен по мономинеральным отборам из коллекции К.А.Карамяна. Исследованиями были охвачены Центральный и Северо-Восточный участки месторождения (табл.3).

Таблица 3

Содержания Au и Ag (г/т) в рудных минералах Каджаранского месторождения (горизонты 2150-2050м).

Стадии минерализации	Минералы	Кол. ан.	Au			Ag		
			X	S	V	X	S	V
Кварц-магнетитовая	Магнетит	31	0,016	0,019	118,7	2,09	5,36	256,4
Кварц-молибденитовая	Молибденит	10	0,08	0,07	87	3,49	2,60	74,5
Кварц-молибденит-халькопиритовая	Молибденит	29	0,32	0,03	93,7	4,14	4,81	116,2
	Халькопирит	29	1,92	1,49	77,6	23,9	27,56	115,3
Кварц-халькопиритовая	Халькопирит	8	2,10	1,60	76,2	22,9	25,3	110,5
Кварц-пиритовая	Пирит	39	1,20	0,61	50,8	13,1	16,1	123
Кварц-сфалерит-галенитовая	Сфалерит	3	6,36			69,25		
	Галенит	5	4,28			394,7		

Примечание: X – среднее содержание; S – среднеквадратическое отклонение; V – коэффициент вариации. (Хим. лаборатория ИГН АН АрмССР, атомно-абсорбционный метод, исполнитель Ж. Меликян).

В этом интервале глубинности золото и серебро крайне неравномерно распределены в рудных минералах (табл.3). Среднеквадратическое отклонение содержаний золота превышает среднее содержание элемента, а

коэффициенты вариации Au в минералах обнаруживают разброс от 50,8 до 118,7. Последнее значение характеризует распределение золота в магнетитах при его минимальном содержании. В сульфидах разброс содержания Au значительно меньше ( $V=50,8-93,7$ ). Коэффициенты вариации халькопиритов разных стадий разнятся в незначительной мере при том, что халькопириты кварц-халькопиритовой стадии более обогащены Au – 2,10г/т в сравнении с халькопиритами кварц-молибденит-халькопиритовой стадии – 1,92г/т. То же можно сказать и о молибденитах. Наиболее стабильно распределено золото в пиритах.

Более значительный разброс –  $V=70-256,4$  обнаруживает содержание серебра в минералах, причем наибольшие значения коэффициента вариации характерны для магнетитов при среднем содержании 2,1г/т. Относительно низкий  $V_{Ag}$  характерен для молибденитов кварц-молибденитовой стадии ( $V=70$ ). Среднеквадратическое отклонение Ag превышает средние значения содержания элемента за исключением молибденитов кварц-молибденитовой стадии. Халькопириты разных стадий как по средним содержаниям Ag, так и статистическим параметрам его распределения почти одинаковы. Пириты этого интервала глубинности при значительном разбросе содержания характеризуются большей аккумуляцией серебра – 13,1г/т по сравнению с содержаниями Ag в пиритах верхних горизонтов.

Значительный разброс статистических параметров распределения благородных металлов в основных рудных минералах, возможно, обусловлен неравномерностью точек отбора проб как по горизонтам, так и участкам месторождения; исследованиями охвачен большой интервал глубинности, основная часть молибденитов характеризует западный фланг месторождения, тогда как халькопириты – Центральный и Северо-Восточный участки.

Интервал горизонтов 2050-1985м охвачен меньшим количеством образцов. Поскольку средние содержания, а также статистические параметры распределения благородных элементов в сульфидах разных парагенетических ассоциаций – халькопиритах и молибденитах, значительных расхождений не обнаружили, они были объединены в одних выборках (табл. 4).

Таблица 4

Содержания Au и Ag (г/т) в сульфидах Каджаранского месторождения по горизонтам 2050-1985м

	Кол. ан.	<i>Au</i>			<i>Ag</i>		
		<i>X</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>X</i>	<i>S</i>	<i>V</i>
Молибденит	19	1,10	0,47	43	5,3	2,5	47
Халькопирит	15	2,17	1,15	52	32,8	11,8	35,9
Пирит	11	0,78	0,43	55	8,5	2,7	32

Примечание: (Хим. лаб. ИГН НАН РА, атомно-абсорбционный метод, аналитик А. Апресян).

Коэффициент вариации содержаний благородных элементов в сульфидах обнаруживает незначительный разброс, что характерно большей частью для серебра ( $V_{Ag} = 32-47$ ) и в меньшей мере для золота ( $V_{Au} = 43-55$ ). Среднеквадратические отклонения гораздо ниже средних содержаний, что отмечается как для Au, так и Ag.

Среднее содержания Au в молибденитах – 1,1г/т и при значительном превышении в сравнении с молибденитами верхних горизонтов они характеризуются более монотонным его распределением ( $V = 43$ ); кроме того характерно отсутствие стерильных от золота молибденитов. В выборку не включены данные микронзондового анализа молибденитов вкрапленного типа. Содержание Au в молибденитах, образующих вкрапленность по гранодиорит-порфировой дайке Северо-Восточного участка на горизонте 2025м вблизи взрывного тела, по двум определениям составляет 0,55-0,6г/т, Ag – 0 и 0,047г/т; в молибдените лампрофировой дайки участка Шлоркут содержание Au – 0,52г/т, Ag – 0,005г/т.

Пирит этого интервала глубинности обнаруживает несколько пониженные содержания золота – 0,78г/т по сравнению с пиритом верхних горизонтов – 1,20г/т. Вместе с тем, при почти равных значениях среднеквадратического отклонения Au в молибдените и пирите разброс коэффициента вариаций в последнем несколько выше, что указывает на значительные превышения над средними значениями.

Среднее содержание золота в халькопирите этого интервала глубинности – 2,17г/т несколько выше в сравнении с содержаниями его в халькопиритах верхних горизонтов (1,92 и 2,10г/т, разброс содержаний менее значителен – коэффициент вариации равен 52 (табл. 3).

Серебро в молибдените характеризуется относительно небольшим содержанием 5,3г/т при коэффициенте вариации 47, превышающим этот параметр для халькопирита и пирита. Низкие значения коэффициента вариации содержаний Ag в халькопиритах –  $V = 35,9$  и в пиритах  $V = 32$  свидетельствуют о стабильном распределении металла в этих сульфидах.

Тенденция накопления с глубиной золота в молибденитах подтверждается данными по горизонту 1965м, молибдениты которого характеризуются более повышенным содержанием Au от 1,33г/т до 2,67г/т, в среднем составляя 1,40г/т ( $n=7$ ). Для них характерны пониженные содержания Ag – 1,66-4,98 г/т, в среднем – 2,63г/т.

Имеющиеся данные по содержанию благородных металлов в среднегодовых медных концентратах с 1985г. достаточно переменны. Низкие содержания благородных металлов в медных концентратах Au – 0,1-0,5г/т, Ag – 15-35г/т, за вычетом лет (1990-1999г.г.), характеризующиеся известным падением производительности комбината, большей частью связаны с направлением расширения карьера. Во всех случаях при продвижении карьера в восточном направлении, где сконцентрированы медные и полиметаллические руды, в медных концентратах наблюдается увеличение содержаний благородных металлов, что отражается в месячных показателях: Au – 4,5-5г/т; серебро 45-76г/т.

## Обсуждение и выводы

Обзор опубликованных материалов по месторождениям медно-порфировой, золото-медно-порфировой и медно-молибден-порфировой формации показал, что в рудах последнего типа средние содержания золота чаще всего находятся в пределах 0,005-0,01г/т, редко доходя до 0,03г/т (Кривцов и др., 1985, Коробейников и др., 2003), что вполне сопоставимо со средним содержанием Au 0,027г/т на Каджаранском месторождении. Минералогические исследования показали, что основной объем благородных металлов, как и для месторождений медно-порфирового типа в виде тонкой дисперсной примеси сосредоточен в сульфидах месторождения – борните и халькопирите (Фарамазян, 1974; Пиджян, 1975; Карамян, 1978; Акмаева и др., 1981). Это подтверждалось сбалансированностью содержания Au, в меньшей мере Ag, в медных концентратах и хвостах обогащения (Акмаева и др., 1981).

Анализ статистических параметров распределения золота и серебра в основном промышленном минерале-носителе – халькопирите на верхних горизонтах (2175-2075м) указывает на неравномерность распределения их не только в минералах разных стадий, но и в халькопиритах одной и той же парагенетической ассоциации. Коэффициент вариации золота в халькопиритах кварц-молибденит-халькопиритовой стадии  $V_{Au} = 77,6$  при среднем содержании Au 1,9г/т,  $V_{Ag} = 115,3$  при содержании Ag 23,9г/т. В халькопиритах кварц-халькопиритовой стадии  $V_{Au} = 76,2$  при среднем содержании Au 2,1г/т,  $V_{Ag} = 110,5$  при среднем Ag 22,9г/т. По мере углубления наблюдается тенденция к сглаживанию неоднородности распределения благородных металлов в халькопиритах. Так, в интервале горизонтов 2085 – 1985м коэффициент вариации  $V_{Au} = 52$ , Au – 2,17г/т,  $V_{Ag} = 35,9$ , при среднем содержании Ag – 32,8г/т.

Неравномерность в распределении Au, в меньшей мере Ag, наблюдается и в молибденитах разных стадий: нулевые значения на верхних горизонтах сменяются в интервале горизонтов 2175-2075м минимальными содержаниями при значительном разбросе статистических параметров. Так, в молибденитах кварц-молибденитовой стадии при  $V_{Au} = 87,5$  содержание Au составляет 0,08г/т, при  $V_{Ag} = 74,5$  содержание Ag 3,49г/т. В молибденитах кварц-молибденит-халькопиритовой стадии того же уровня при  $V_{Au} = 93,7$  содержание Au 0,32г/т, при  $V_{Ag} = 116,2$  содержание Ag 4,14г/т. Молибдениты горизонтов 2050-1985м характеризуются более монотонным распределением благородных элементов:  $V_{Au} = 43$ , содержание Au 1,1г/т,  $V_{Ag} = 47$ , Ag – 5,3г/т. На 1965 горизонте среднее содержание Au 1,4г/т.

В пиритах в интервале горизонтов 2175-2075м,  $V_{Au} = 50,8$ , Au – 1,20г/т,  $V_{Ag} = 123$ , Ag – 13,1г/т. В интервале горизонтов 2050-1965м  $V_{Au} = 55$ , Au – 0,78г/т,  $V_{Ag} = 32$  при среднем содержании Ag 8,5г/т.

Проведенные исследования по распределению Au и Ag в главных промышленных сульфидах Каджаранского медно-молибденового месторождения дали возможность выделить основные закономерности их распределения.

1. Золото и серебро, судя по их распределению в сульфидах, неравномерно распределены в вертикальном диапазоне горизонтов 2175-1965м. На верхних горизонтах (выше 2175 горизонта) Au и Ag обнаруживают избирательное накопление в халькопирите (Акмаева и др., 1981), на нижних горизонтах (2150-2050м) кроме халькопирита они аккумулируются также в пирите и молибдените; причем с глубиной (2050-1985м) накопительная способность молибденита и халькопирита продолжает возрастать. Стабильное уменьшение статистических параметров в этом же направлении позволяет утверждать, что наблюдаемое распределение Au и Ag носит закономерный характер и зафиксированные на верхнем уровне геохимические связи этих элементов с халькопиритом не являются постоянной характеристикой руд месторождения.

2. О присутствии Au в рудообразующем флюиде с начала продуктивных стадий свидетельствуют повышенные содержания его в “глубинных” молибденитах кварц-молибденитовой стадии, а закономерности распределения Au и Ag в сульфидах указывают на ограничение миграционной подвижности благородных металлов в растворах по мере продвижения их к дневной поверхности. Вместе с тем, характер поведения Au и Ag в сульфидах отражает постепенное повышение роли Au, в меньшей мере Ag в рудообразующих растворах не только на глубину, но и во времени, от ранних стадий к поздним. На это указывает и обогащенность Au гидротермального матрикса взрывных брекчий, время образования которых связывается с постпродуктивными стадиями минерализации (Арутюнян и др., 2004).

3. Отложение медно-молибденовых штокверковых руд происходило в температурном интервале 420-250<sup>0</sup>С (Novakimyan et al., 2015, 2016<sub>1</sub>, 2016<sub>2</sub>) на гипабиссальном уровне глубинности. Это устанавливается по факту прорывания молибденовых руд внутриминерализационной дайкой, гипабиссальный уровень формирования которой установлен на основании ряда минералогических критериев (Таян и др., 2002; Арутюнян и др., 2004). Отмеченные условия локализации руд наряду с характером распределения благородных металлов в сульфидах отражают специфику формирования рудно-метасоматической колонки медно-молибден-порфирирового типа, в которой нет места золоторудной минерализации эпитептермального типа.

4. Значительного обогащения нижних горизонтов штокверка (ниже горизонта 1965м) Au и Ag трудно ожидать, поскольку (при том же, если не меньшем развитии минералов кварц-полиметаллической стадии) содержания их в значительной мере лимитированы концентрациями медных руд, отношение которых к молибденовым неуклонно понижается с глубиной. Вместе с тем, стойкое возрастание содержаний Au и Ag в молибденитах с глубиной наряду с понижением значений статистических параметров в

этом же направлении позволяет утверждать, что эта тенденция носит устойчивый характер, а возрастающая золотоносность молибденита до 1,4г/т Au. (среднее по горизонту 1965м) позволяет рассматривать его в качестве минерала-носителя уже с горизонта 2050м.

## Литература

- Агамирян К.А., Цамерян П.П., Карамян К.А.** 1985, Подсчет запасов Каджаранского медно-молибденового месторождения по состоянию на 01.04.1985г. (отчет о детальных разведочных работах Каджаранской ГРП Капанской ГРЭ за 1976-1985гг.). Армгеолфонды.
- Алоян Г.П., Алоян П.Г., Амирян Ш.О.** 2003, Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы золоторудной промышленности Армении. Изв. НАН РА, Науки о Земле, №1, с.9-15.
- Акмаева С.С., Акопян А.О., Карамян К.А., Луценко В.И.** 1981, К вопросу об оценке благородных металлов Каджаранского медно-молибденового месторождения. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, №3, с.54-63.
- Аревшатын Т.А.** 1961, Лампрофиры Мегринского плутона. Изв. АН АрмССР, геология и географ. Науки, №2, с.3-10.
- Арутюнян М. А., Таян Р.Н., Саркисян С.П.** 2002, Порфиновые дайки Каджаранского месторождения. Материалы Научной сессии посв. 90-летию С.А.Мовсисяна. Ереван, с.45-58.
- Арутюнян М. А., Мнацаканян А. Х., Таян Р.Н.** 2004, Эксплозивные брекчиевые тела Каджаранского рудного поля и условия их формирования. Изв. НАН РА, Науки о Земле, № 2, с.9-17.
- Магакьян И.Г., Пиджян Г.О., Фарамазян А.С., Амирян Ш.О., Карапетян А.И., Пароникян В.О., Зарьян Р.Н., Меликсетян Б.М., Акопян А.Г.** 1972, Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР. Ереван, Изд. АН АрмССР, 393с.
- Мелконян Р.Л., Моритц Р., Таян Р.Н., Селби Д., Гукасян Р.Х., Овакимян С.Э.** 2014, Главнейшие медно-порфиновые системы Малого Кавказа. Изв.НАН РА, Науки о Земле, № 1, с.3-29.
- Мкртчян С.С., К.А.Карамян, Т.А.Аревшатын.** 1969, Каджаранское медно-молибденовое месторождение. Ереван, изд.-во АН АрмССР, 330с.
- Мовсисян С.А., Исаенко М.П.** 1974, Комплексные медно-молибденовые месторождения. М., Недра, 345с.
- Мовсисян С.А.** 1941, Пирдоуданское медно-молибденовое месторождение. Ереван, Изд. Арм. ФАНа 145с.
- Карамян К.А., Фарамазян А.С.** 1960, Стадии минерализации Каджаранского медно-молибденового месторождения. Изв. АН АрмССР, №3-4, с.65-88.
- Карамян К.А., Таян Р.Н., Арутюнян М.А. и др.** 1976, О взаимоотношениях даек и оруденения на Каджаранском месторождении и природе внутриминерализационной дайки. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, № 4, с.46-56.
- Карамян К.А.** 1978, Геологическое строение, структура и условия образования медно-молибденовых месторождений Зангезурского рудного района. Ереван. Изд.-во АН АрмССР, 178с.
- Коробейников А.Ф., Грабежев А.И.** 2003, Золото и платиновые металлы в медно-молибден-порфиновых месторождениях. Известия Томского Политехнического университета, т.30, с.24-30.
- Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Минкина О.В.** 1985, Зональность и золотоносность руд медно-порфиновых месторождений. М., ВИЭМС. Геология, методы поисков, разведки и оценка месторождений полезных ископаемых. Обзор, 47с.
- Пашков Ю.И., Ефремова С.В., Аветисян Г.Г.** 1975, О месте молибденового и медного оруденения в интрузивном процессе (на примере Каджаранского медно-молибденового месторождения). Магматизм и полезные ископаемые. М, Наука, с.156-162.
- Пиджян Г.О.** 1960, К минералогии руд Каджаранского медно-молибденового месторождения. Изв. АН АрмССР, серия геол., № 2, с.31-50.

- Пиджян Г.О.** 1975, Медно-молибденовая формация руд Армянской ССР. Ереван, Изд. АН АрмССР, 310с.
- Таян Р.Н., Арутюнян М.А., Мнацаканян А.Х.** 2002, Особенности проявления эксплозивного брекчирования в гипабиссальных условиях. (на примере Каджаранского медно-молибденового месторождения. Изв. НАН РА, Науки о Земле, №1-3, с.24-27.
- Таян Р. Н.** 1984, Особенности развития разрывных структур Каджаранского рудного поля. Изв. АН Арм ССР, Науки о Земле, № 3, с.21-29.
- Таян Р.Н., Саркисян С.П., Арутюнян М. А.** 2003, Особенности локализации медно-молибденового оруденения Южного Зангезура. Изв. НАН РА, Науки о Земле, №3, с.24-29.
- Фарамазян А.С.** 1958, К минералогии полиметаллических руд Каджаранского медно-молибденового месторождения. Изв. АН АрмССР, сер. геол.-географ. Наук, № 6, с.41-47.
- Фарамазян А.С., Калинин С.К., Егизбаева К.Е., Файн Э.Е.** 1974, Об абсолютном возрасте медно-молибденового оруденения Зангезура. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, № 1, с.43-53.
- Фарамазян А.С.** 1974, Каджаранское медно-молибденовое месторождение. В кн. Минералогия, геохимия и условия образования рудных месторождений Армянской ССР. Ереван, Изд. АН АрмССР. с.145-250.
- Шехян Г.Г., Мартикян К.М., Амазаспян Г.С.** 2001, Геолого-экономическая переоценка участка первоочередной разработки Каджаранского медно-молибденового месторождения с ТЭО кондиций для подсчета запасов). Министерство охраны природы РА. Управление Геологии, ГАОЗТ, "Геоэкономика", Ереван.
- Шипулин Ф.К., Рехарский В.И., Розбианская А.А.** и др. 1975, Интрузии, гидротермально-метасоматические образования и медно-молибденовое оруденение. М., Наука, 232с.
- Guilbert J.M., Lowell J.D.** 1974, Variations in zoning patterns in porphyry ore deposits: Canadian Inst. Mining Metall. Bull., v. 67, p.90-109.
- Hovakimyan S., Moritz R., Tayan R., Harutyunyan M., Rezeau H.** 24- 27 August 2015, The world-class Kadjaran Mo-Cu-porphyry deposit, Southern Armenia, Lesser Caucasus: structural controls, mineral paragenesis and fluid evolution. In: Anne-Sylvie Andre-Mayer et al. (eds.), Mineral resources in a sustainable world, 13th SGA Biennial Meeting, France, Nancy v.1, p.295-298.
- Hovakimyan S., Moritz R., Tayan R., Melkonyan R. and Harutyunyan M.** 18th March 2016. Structural controls of major porphyry Cu-Mo and epithermal Au-polymetallic deposits during subduction to post-collisional evolution of the southernmost Lesser Caucasus, Armenia, Tethyan metallogenic belt. "Journée Métallogénique: Annual Meeting of Swiss Ore Deposit Geoscientists", University of Bern, Switzerland; Abstract volume, p.11.
- Hovakimyan S., Moritz R., Tayan R., Melkonyan R., Harutyunyan M.** 18- 19 November 2016, Regional strike-slip tectonics and porphyry Cu-Mo and epithermal ore deposit formation during Cenozoic subduction to post-collisional evolution of the southernmost Lesser Caucasus, Tethyan belt. 14th Swiss Geoscience Meeting, Geneva, Switzerland, abstract volume, p.61-62.
- Melkonyan R., Moritz R., Tayan R., Selby D., Hovakimyan S.** 2013, Copper-molybdenum porphyry ore-magmatic systems in the Lesser Caucasus. Conference on Recent Research Activities and New Results about the Regional Geology, the Geodynamics and the Metallogeny of the Lesser Caucasus. A SCOPES meeting. Georgia April 16-18, p.5.
- Moritz R., Rezeau H., Ovtcharova M., Hovakimyan S., Chiaradia M., Tayan R., Melkonyan R., Ramazanov V., Ulianov A., Putlitz B.** 24- 27 August 2015, Tethyan subduction to post-subduction magmatic evolution and pulsed porphyry Cu-Mo deposit emplacement in the southernmost Lesser Caucasus. In: Anne-Sylvie André-Mayer et al. (eds), "Mineral resources in a sustainable world", 13th SGA Biennial Meeting, France, Nancy, v.1, p.145-148.
- Moritz R., Rezeau H., Ovtcharova M., Tayan R., Melkonyan R., Hovakimyan S., Ramazanov V., Selby D., Ulianov A., Chiaradia M., Putlitz B.** 2016, Long-lived, stationary magmatism and pulsed porphyry systems during Tethyan subduction to post-collision evolution in the southernmost Lesser Caucasus, Armenia and Nakhitchevan. Gondwana Research v. 37, p.465-503.
- Rezeau H, Moritz R, Ovtcharova M, Ulianov A, Melkonyan R, Tayan R, Hovakimyan S, and Chiaradia M.** 24-26 September 2014, Magmatism associated with porphyry Cu-Mo

deposits of the composite Tertiary Meghri-Ordubad pluton, Southern Armenia, Lesser Caucasus. Proceedings XX Congress of the Carpathian Balkan Geological Association, Tirana, Albania, abstract volume, p.177. (<http://www.cbga2014.org/doc/PCBGASSAV1.pdf>)

**Rezeau H., Moritz R., Wotzlaw J-F., Hovakimyan S., Tayan R. and Selby D.** 24- 27 August 2015, Pulsed porphyry Cu-Mo formation during protracted pluton emplacement in Southern Armenia, Lesser Caucasus: the potential role of crustal melting for ore recycling. In: Anne-Sylvie André-Mayer et al. (eds), "Mineral resources in a sustainable world", 13th SGA Biennial Meeting, France, Nancy, v.1, p.343-346.

**Sillitoe R.H.** 1993, Epitermal models: Genetic types, geometrical controls and shallow features. Geol Assoc Can Spec Pap 40, p.403-417.

*Рецензент Р.Мовсесян*

## **ՈՍԿՈՒ ԵՎ ԱՐԾԱԹԻ ԲԱՇԽՈՒՄԸ ՔԱՋԱՐԱՆԻ ՊՂԻՆԶ-ՄՈՒԻԲԴԵՆԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐՈՒՄ**

**Մ.Ա. Հարությունյան, Ա.Ե. Հովհաննիսյան**

### **Ամփոփում**

Պղինձ-մոլիբդեն-պորֆիրային ֆորմացիայի հանքավայրերի հանքաքարում բացի հիմնական մետաղներից պարունակվում են նաև ոսկի և արծաթ: Այդ ֆորմացիայի խոշորագույն ներկայացուցիչներից է Քաջարանի հանքավայրը: 1985-2010թ.թ. ընթացքում բացահայտվել է հանքավայրի փաստագրմամբ իրականացված ուսումնասիրությունների արդյունքները՝ համաձայն հանքանյութում ոսկու և արծաթի պարունակությունների, թույլ են տալիս հստակեցնել նրանց տեղաբաշխման առանձնահատկությունները և գնահատել առանձին միներալների ոսկեբերությունը ու արծաթաբերությունը ըստ խորության:

## **DISTRIBUTION OF GOLD AND SILVER IN KADJARAN COPPER-MOLYBDENUM DEPOSIT ORES**

**M. A. Harutyunyan, A.E. Hovhannisyan**

### **Abstract**

The deposits of copper-molybdenum porphyritic formations of Armenia, the biggest of which is Kajaran deposit, contain gold and silver, together with other basic metals. During the research period from 1985 to 2012, materials on the content of gold and silver in the main sulfides of the deposit were acquired, which allowed to reveal behavior regularities of gold and silver in copper-molybdenum system, as well as to assess the gold-silver bearing of sulfides in the lower horizons of the deposit.