

УДК 553.462/463

В. Б. СЕПРАНЯН

О ПРОЯВЛЕНИИ ВОЛЬФРАМ-МОЛИБДЕНОВОЙ  
МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ШАМЛУГСКОМ  
РУДНОМ ПОЛЕ

Вольфрам-молибденовая минерализация в форме шеелита и гипогенного повеллита установлена в керне буровых скважин, пробуренных на северном фланге Шамлугского медноколчеданного месторождения. Эта находка дополняет сведения о редком в пипогенных условиях минерале—повеллите и позволяет по-новому осветить последовательность минералообразования в исследованном рудном поле.

Минералы вольфрама и молибдена локализируются в карбонатных прожилках, секущих субинтрузивные породы мальма.

Карбонатные прожилки в пределах указанного месторождения встречаются повсеместно. Обычно они ориентированы в различных направлениях, маломощны (0,1—2 см) и обладают малой протяженностью. Среди карбонатов установлены (Н. Я. Монахов) кальцит, анкерит, доломит, сидерит, параанкерит и арагонит. Наиболее распространенными и притом наиболее ранними образованиями среди них являются кальцит и анкерит, прожилки которых пересекают руды и силлы и дайки альбитизированных плагиогранит-порфиров («альбитофиров»), датированных ранним мелом [2,7]. Изотопный состав углерода карбонатов, отобранных из различных прожилков (табл. 1), свидетельствует о гипогенном их происхождении [4].

Таблица 1

Изотопный состав углерода карбонатов<sup>1</sup>

№ образцов	363/5	363/6	316	319
$\delta C^{13}, \%$	-0,40	-1,79	-0,81	-0,90

<sup>1</sup> МГРИ, аналитик О. И. Кропотова.

В прожилках кальцита содержатся также кварц (две генерации), гидрослюда (селадонит), флюорит, цеолиты, шеелит, повеллит, доломит, хлорит, реже—пирит, халькопирит и сфалерит. Количественная роль сульфидов ничтожна (1—5%).

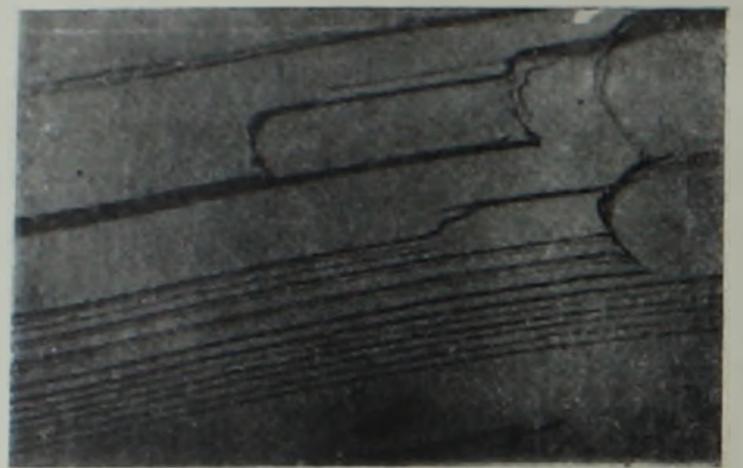
Повеллит встречается в прожилковидных выделениях кальцита, цементирующих слабо катаклазированные плагиогранит-порфиры (фиг. 1). Значительно реже он образует мелкие включения в основной массе породы. Под микроскопом в проходящем свете повеллит диагностирован благодаря высокому показателю преломления ( $>1,8$ ) и резкому плео-

хронизму: по  $N_e$ —светло-зеленый, по  $N_0$ —серо-голубой до бесцветного. В отраженном свете минерал имеет серый цвет и низкую отражательную способность. Значение  $R$  повеллита в воздухе, по данным замеров на приборе ПИОР (лаборатория минераграфии ИГЕМ АН СССР, аналитик Л. А. Вяльсов), равно  $11,7 \pm 0,2\%$ ; в иммерсии отражательная способность падает до 6—7%. Минерал изотропен, внутренние рефлексы сильные, бесцветные. Микротвердость повеллита, измеренная на приборе ПМТ-3 ( $P=5$  г), колеблется от 175 до 205 кг/мм<sup>2</sup>. Принадлежность ис-



Фиг. 1.

Фиг. 1. Брекчированные плагиогранит-порфиры с карбонат (белое)-повеллитовым (темное) цементом. Полир. штуф, нат. вел.



Фиг. 2.

Фиг. 2. Строение кристалла повеллита. Угольная реплика, 11000 $\times$ .

следованного минерала к повеллиту подтверждается данными рентгеноструктурного (табл. 2) и химического (табл. 3) анализов. Исследованные под электронным микроскопом образцы обладают совершенной спайностью (фиг. 2).

Повеллит обычно ассоциирует с кальцитом, гидрослюдой, кварцем и хлоритом. Кальцит корродирует и замещает повеллит, нередко оставляя от него «островные» реликтовые формы (фиг. 3). Тонкочешуйчатые выделения гидрослюды, по-видимому, селадонита (табл. 4) размером от 0,03 до 0,1 мм, чаще приурочены к зальбандам прожилков и как бы отделяют повеллит от слабо окварцованной и карбонатизированной вмещающей породы. В тех случаях, когда в прожилках присутствует кварц, последний слагает идиоморфные по отношению к повеллиту выделения. Местами вдоль контакта зерен кварца и повеллита развивается более поздняя (вторая) генерация мелкозернистого кварца (размером зерен до 0,01 мм), который корродирует повеллит и кварц ранней генерации.

Более раннее образование повеллита по отношению к кальциту, селадониту и кварцу-II, по-видимому, позволяет отнести повеллит к числу пипогенных образований. Косвенным подтверждением пипогенного происхождения повеллита является: а) отсутствие в карбонатных про-

Таблица 2

Рентгенометрические данные повеллита<sup>1</sup>

Образец № 316		Повеллит (Михеев, 1965)		Образец № 316		Повеллит (Михеев, 1965)	
l	d	l	d	l	d	l	d
1	5,31	—	—	8	1,585	9	1,589
3	4,77	6	4,71	3	1,549	8	1,545
1	4,26	—	—	2	1,434	4	1,435
2	3,73	—	—	4	1,385	4	1,382
2	3,47	—	—	1	1,354	4	1,351
5	3,41	4	3,41	1	1,336	4	1,332
5	3,33	—	—	1	1,305	2	1,303
10	3,09	10	3,08	6	1,248	9	1,248
2	2,86	—	—	1	1,228	—	—
2	2,60	4	2,601	2	1,201	6	1,202
2	2,28	4	2,276	2	1,187	6	1,186
2	2,13	3	2,128	2	1,167	6	1,167
1	2,07	1	2,041	1	1,160	—	—
1	1,980	3	1,982	1	1,120	1	1,129
9	1,922	3	1,920	1	1,115	—	—
1	1,859	—	—	2	1,093	1	1,092
3	1,848	6	1,840	3	1,079	8	1,079
1	1,821	—	—	1	1,069	—	—
2	1,752	4	1,753	—	—	2	1,040
—	—	1	1,711	2	1,036	2	1,032
3	1,690	4	1,680	3	1,008	7	1,007
2	1,637	2	1,630	—	—	—	—

<sup>1</sup> МГРИ, аналитик Е. Н. Завьялов.

Таблица 3

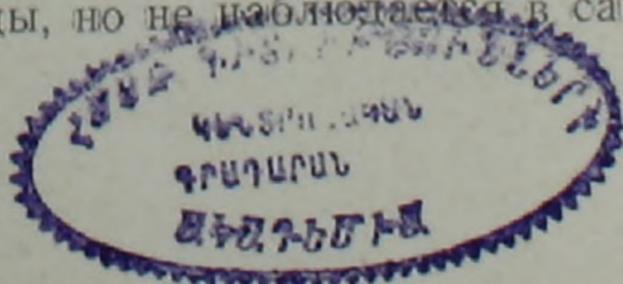
## Химический состав шеелита и повеллита (вес. %)

Минерал	Э л е м е н т ы										
	№ обр.	Ca	W	Mo	Sn	Pb	Zn	Ge	Ag	Mg	Ni
Шеелит	8729	>10	>10	0,1	0,0005	0,02	0,02	—	0,02	0,01	0,000 <sub>1</sub>
Повеллит	316	>10	0,2	>5	—	0,02	0,02	0,003	0,007	0,07	0,000 <sub>1</sub>

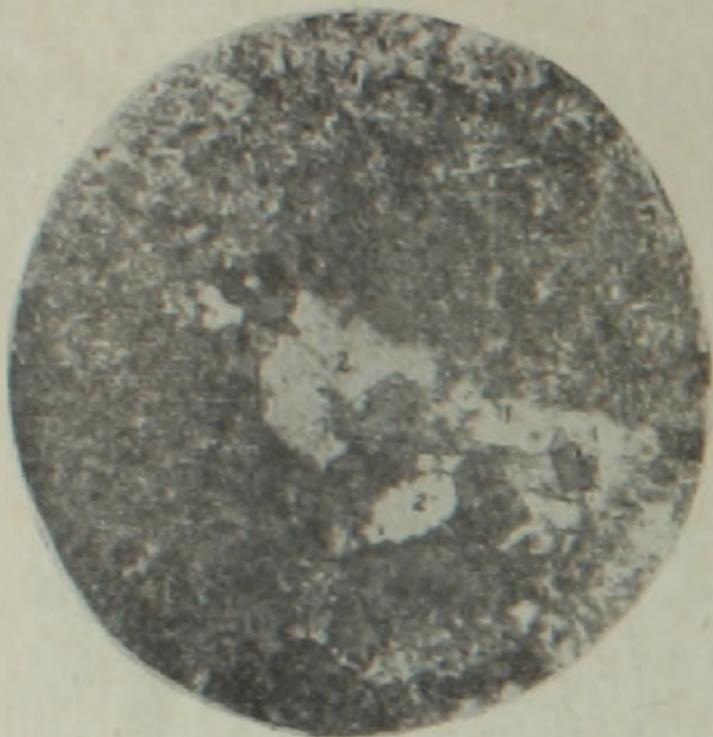
Примечание: Hg, As, Cd, Bi, Cr, Ba, Ti, Se, Te, In в минералах не установлены (ИМГРЭ, аналитик Л. В. Масленкова).

жилках, как и в рудах месторождений, молибденита и неокисленность присутствующих в этих же прожилках сульфидов, б) наличие в кварц-кальцитовых прожилках кристаллов шеелита, в) темно-зеленая до черной окраска; не характерная для пипертовых разновидностей этого минерала.

В кварц-кальцитовых прожилках местами содержится «темное» (непрозрачное в проходящем свете) тонкодисперсное молибденосодержащее вещество (фиг. 4). В других местах «темное» вещество интенсивно пропитывает платиогранит-порфиры в боках кальцитовых прожилков, приводя к заметному потемнению породы, но не наблюдается в самих прожилках.



В местах почернения установлено повышенное (0,5—1,0%) содержание молибдена. Однако о минералогической форме молибдена судить трудно.



Фиг. 3.

Фиг. 3. Корродированные зерна повеллита (1) в кварц (2)—карбонат (3)—хлоритовом (4) прожилке. Прозр. шлиф, ник+, 20X.



Фиг. 4.

Фиг. 4. Неизвестный молибденсодержащий минерал (темное выделение). Прозрачно-полир. шлиф, ник. II, 20X.

Гипогенный повеллит, возможность нахождения которого в природных условиях экспериментально обоснована Н. И. Хитаровым [10], впервые обнаружен Г. П. Барсановым в эгирин-полевошпатовых жилах из сиенитоподобных пегматитов Ильменских гор. Более поздние находки гипогенного повеллита принадлежат В. А. Корнетовой [6], Е. И. Гуриновой и Т. А. Яковлевской [5] (табл. 5).

Таблица 4

Рентгенометрические данные селадонита<sup>1</sup>

Образец № 316/1		Селадонит (Михеев, 1957)		Образец № 316/1		Селадонит (Михеев, 1957)	
l	d	l	d	l	d	l	d
—	—	8	10,00	2	1,823	2	1,82
4	7,33	—	—	1	1,760	—	—
10	6,08	—	—	1	1,703	2	1,71
1	5,04	2	4,99	3	1,668	6	1,65
9	4,53	8	4,52	3	1,592	4	1,59
—	—	6	4,32	2	1,543	—	—
1	4,12	6	4,11	4	1,506	8	1,51
3	3,68	8	3,62	1	1,443	—	—
8	3,37	8	3,31	1	1,383	—	—
2	3,13	8	3,03	1	1,341	4	1,34
1	2,88	4	2,89	2	1,24	4	1,25
1	2,68	6	2,67	1	1,225	—	—
10	2,52	10	2,57	1	1,197	—	—
1	2,49	2	2,48	1	1,152	—	—

<sup>1</sup> МГРИ, аналитик Е. И. Завьялов.

Таблица 5

## Диагностические константы гипогенного повеллита

Диагностические признаки	А в т о р ы		
	В. А. Корнетова [6]	Е. И. Гуринова и Т. А. Яковлевская [5]	В. Б. Сейранян
Вмещающие породы	Траппы	Базальты	Плагиогранит-порфиры
Парагенезис	Хлорит, халцедон, кальцит, цеолиты	Морденит, кальцит, халцедон	Кальцит, кварц-шеелит, флюорит, цеолиты, хлорит
Форма выделений	Кристаллы	Мелкие кристаллы	Мелкие кристаллы
Цвет	Темно-синий, почти черный	Черный	Черный, с зеленоватым оттенком в сколах
Блеск	Стеклянный	Стеклянный, сильный	Стеклянный
Удельный вес	—	4,24	4,15
Оптические константы	$N_o > 1,783$ $2V < 10^\circ$ , (+)	$N_e = 1,985$ $N_o = 1,973$ $N_e - N_o = 0,01$	$N_o > 1,8$ $R = 11,7 \pm 0,2\%$
Элементы-примеси	Al, Si—мало Mg, Fe, W—оч. мало Cu—следы	Sr, Fe, W— $n \cdot 10^{-2}\%$ Mg, Ti— $n \cdot 10^{-3}\%$	W— $0,2\%$ Mg, Pb, Zn— $10^{-2}\%$ Ge, Ag— $10^{-3}\%$
Параметры кристаллической решетки	—	$a_o = 5,33 \text{ \AA}$ $c_o = 11,41 \text{ \AA}$	$a_o = 5,21 \pm 0,02 \text{ \AA}$ $c_o = 11,46 \pm 0,02 \text{ \AA}$

В Шамлугском рудном поле, как и в других местах, минеральная ассоциация, включающая повеллит<sup>1</sup>, характеризуется крайне низким содержанием сульфидов. Отсутствие сульфидов характерно и в тех случаях, когда образование повеллита объясняется процессами вторично-гидротермального переотложения молибдена [3, 10].

На примере всех типов месторождений молибденовых руд можно констатировать, что отлагавшие эти руды молибденоносные растворы характеризовались высокими концентрациями сульфидной серы. В присутствии сероводорода молибдат-ион неустойчив и превращается в гидроксидомолибдаты типа  $[\text{MoO}_n\text{S}_{4-n}]^{-2}$ . Устойчивость таких соединений до  $400^\circ\text{C}$  установлена экспериментально [1]. В растворах могут находиться также более сложные комплексы типа  $[\text{Mo}^{x+}(\text{S}^{2-})_n]^{x-2n}$  или  $[\text{Mo}^{x+}(\text{HS}^-)_{n+1}]^{x-(n+1)}$  [11] и различные сульфидные и гидросульфидные комплексы четырехвалентного молибдена. Нетрудно видеть, что при присутствии в растворе сульфидной серы количественная роль молибдат-или полимолибдат-ионов, необходимых для образования повеллита, по сравнению с другими ионами молибдена будет крайне ничтожна. Сказанное подтверждается экспериментальными данными по

<sup>1</sup> Здесь и далее подразумевается гипогенный повеллит.

растворимости молибденита в содержащих сероводород растворах [9]: при температуре 200° С, с увеличением концентрации сероводорода в два раза концентрация молибдена в растворе возрастает в 1,5 раза. По данным В. И. Рехарского и О. В. Крутецкой [8], молибдат-ионы (окисно-закисные соединения) являются наиболее вероятной формой переноса молибдена в растворах.

Вышеприведенные значения рН и температуры в природных условиях могут быть реализованы, в частности, при циркуляции слабо прогретых магматогенных вод вблизи значительных скоплений сульфидной серы. По Ф. В. Чухрову [12], смешение магматогенных и вадозных вод является одним из наиболее вероятных условий образования некоторых гидротермальных и, в частности, молибденовых и вольфрамовых (шеелитовых) месторождений.

Влияние среды на отложение того или иного минерала представляет определенный интерес. Изложенные факты, очевидно, позволяют предполагать, что благоприятной для отложения повеллита средой являются скорее силикатные породы, но не образования, содержащие повышенное количество кальция, как это предполагают И. Л. Ходаковский и И. В. Мишин. Известные в литературе факты [5,6] также указывают на склонность повеллита отлагаться в силикатных породах.



Фиг. 5. Кристалл шеелита в кварце. Полир. шлиф, 70X.

Шеелит встречается в виде единичных хорошо оспраненных кристаллов в полях кварца [фиг. 5]. Взаимоотношения шеелита с другими минералами не наблюдались. В промытых из искусственных протолочек шлихах шеелит слагает значительную часть (70—90%) тяжелой неэлектромагнитной фракции, где отдельные его зерна достигают в поперечнике 2,5—3,0 мм. В ультрафиолетовых лучах минерал люминесцирует от бело-голубого до розового. Принадлежность исследованного минерала к шеелиту подтверждается данными рентгеноструктурного и химического (табл. 3) анализов.

Шеелит имеет значительно большее распространение по вертикали и установлен не только в плагиогранит-порфирах, но и в песчаниках, вмещающих последние, т. е. при отложении минерал не обнаруживает видимой зависимости от состава вмещающих пород.

В кальцит-повеллит-шеелитовых прожилках установлены значительные концентрации иттрия, церия и лантана. В пересекающих кальцитовые прожилки обособлениях доломита и сидерита (с кварцем, баритом, хлоритом, пиритом, сфалеритом) вольфрам и молибден отсутствуют, а содержание редких земель уступает таковым в кальцитовых прожилках в десятки раз.

Недостаточность фактического материала не позволяет высказать сколько-либо определенные суждения об источнике вольфрама и молибдена. Скорее всего, эти металлы были привнесены ювенильными водами из глубинного источника, ибо известные в районе породы, так же как и колчеданные руды, практически не содержат вольфрама ( $< 3 \cdot 10^{-4} \%$ ) и молибдена (в 2—5 раз меньше кларка).

Вольфрам-молибденовая минерализация отлагалась, скорее всего, в связи с интрузивным магматизмом раннего мела. Установленная в ряде мест тесная связь шеелитовой и повеллитовой минерализации с процессами альбитизации [11] является для описанного случая косвенным свидетельством в пользу связи вольфрам-молибденовой минерализации с процессом альбитизации вмещающих их плагиогранит-порфиров.

Минералого-геохимические особенности ранней карбонатной минерализации и, в частности, связь с нею шеелита и повеллита показывают, насколько химически различны отлагавшие их растворы от тех, которые привели к формированию залежей колчеданных руд. Тем самым карбонатная минерализация не может привлекаться для обоснования «дорудного» возраста пересекаемых ею магматических образований.

Управление геологии  
СМ Армянской ССР

Поступила 26.IV.1972.

Վ. Բ. ՍԵՅՐԱՆՅԱՆ

ՇԱՄԼՈՒՂԻ ՀԱՆՔԱԴԱՇՏՈՒՄ ՎՈԼՖՐԱՄ-ՄՈԼԻԲԴԵՆԱՅԻՆ  
ՄԻՆԵՐԱԼԱՑՄԱՆ ԳՐՍԵՎՈՐՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Շամլուղի հանքադաշտի սահմաններում տարածված կալցիտային երակիկներում, որոնք հատում են սուլֆիդային հանքանյութերն ու մալմի հասակի ապարները, առաջին անգամ հայտնաբերված են շեելիտ և սիպոզիտ պովելլիտ: Այդ միներալները բնորոշված են ինչպես միկրոսկոպիական, այնպես էլ բիմիական ու ռենտգենոգրաֆիական մեթոդներով: Պովելլիտի առկայության փաստը հաստատում է նրա բյուրեղացման մասին եղած կարծիքն այնպիսի լուծույթներից, որոնք ունեն սուլֆիդային ծծմբի շնչին պարունակություն:

Կարբոնատային միներալացման և, մասնավորապես, նրա հետ կապված շեփոտի ու պոլեփոտի առաջացման միներալոգա-գեոքիմիական յուրահատկությունները խոսում են այն մասին, որ նրանց նստեցնող լուծույթներն իրենց քիմիական կազմով տարբերվում են կոլչեղանային հանքանյութերն առաջացնող լուծույթներից:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Арутюнян Л. А. Об устойчивости воднорастворимых форм молибдена в серусодержащих растворах при высокой температуре. «Геохимия», № 4, 1966.
2. Асланян А. Т. Региональная геология Армении. Изд. «Айпетрат», Ереван, 1958.
3. Богомолова Л. К. О парагенезисе минералов молибдена в некоторых пегматитовых и кварцевых жилах. Тр. Горно-геологического ин-та УФ АН СССР, вып. 35, 1956.
4. Виноградов А. П., Кропотова О. И. Об изотопном фракционировании углерода в геологических процессах. Известия АН СССР, сер. геол., № 11, 1967.
5. Гуринова Е. И., Яковлевская Т. А. Повеллит из месторождения исландского шпата на Нижней Тунгуске. Тр. Минер. музея АН СССР, вып. 13, 1962.
6. Корнетова В. А. Повеллит из миндалин в диабазах. Тр. Минер. музея АН СССР, вып. 6, 1954.
7. Магакьян И. Г. Основные черты металлогении Армении. «Советская геология», № 7, 1959.
8. Рехарский В. И., Крутецкая О. В. Экспериментальные данные о составе и условиях образования ильземанита. В кн. «Исследования природного и технического минералообразования». «Наука», 1966.
9. Феодотьев К. М., Терешина И. А. О некоторых внешних факторах миграции молибдена. Тр. ИГЕМ АН СССР, вып. 99, 1963.
10. Хитаров Н. И. Повеллит, минерал только ли зоны окисления? Известия АН Арм. ССР, сер. естеств. наук, № 8, 1947.
11. Ходаковский И. Л., Мишин И. В. О произведении растворимости молибдата и вольфрамата кальция и соотношении повеллитовой и шеелитовой минерализации в гидротермальных условиях. «Геол. рудн. месторождений», № 5, 1968.
12. Чухров Ф. В. О возможном влиянии вадозных вод на минерализацию некоторых гидротермальных месторождений. «Геол. рудн. месторождений», № 1, 1964.