

Б. М. Меликсетян

АССОЦИАЦИИ РУДНЫХ АКЦЕССОРНЫХ МИНЕРАЛОВ И ОСОБЕННОСТИ РУДОНОСНОСТИ ИНТРУЗИВОВ ПОРФИРОВИДНЫХ ГРАНИТОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АРМЕНИИ

Акцессорные минералы порфировидных гранитоидов центральной Армении изучены крайне недостаточно. В работах предыдущих исследователей (Котляр, 1958; Багдасарян, 1961 и др.) упоминаются обычные для гранитоидов акцессории: магнетит, сфен, апатит, циркон и весьма характерный для рассматриваемых гранитоидов — ортит.

Автор на протяжении ряда лет занимался изучением акцессорных минералов (Меликсетян, 1961, 1969, 1971) гранитоидов Армянской ССР с целью их использования для решения ряда петрологических вопросов и в особенности потенциальной металлоносности.

Амзачиманская интрузия центральной части Армянской ССР расположена на южных склонах Памбакского хребта и достаточно детально изучена (Котляр, 1958; Багдасарян, 1955; Меликсетян, 1974). Представлена она довольно однообразными порфировидного облика гранитоидами ряда гранит-адамеллит. По возрасту она является наиболее молодой, прорывая щелочные породы Тежсарского щелочного комплекса.

Рудоносность интрузива освещена в работах И. Г. Магакьяна (1969); В. Н. Котляра (1958); Э. М. Мадатяна (1974) и Ш. О. Амиряна (1966). В пространственной связи с гранитоидами известны небольшие рудопоявления ортита, молибденита и золото-сфенитовые кварцевые жилы. В связи с этим интерес представляет вопрос потенциальной рудоносности гранитоидов.

Ассоциации акцессорных минералов Амзачиманского массива приведены в табл. 1. Методика изучения акцессорных минералов изложена в ранних работах В. В. Ляховича (1964) и автора (Меликсетян, 1968).

Ниже приводится характеристика рудных акцессорных минералов, особенности их химизма и количественная оценка, рассчитанная по методу В. В. Ляховича (1964).

Характеристика других акцессорных минералов приводится в монографии автора (Меликсетян, 1976), главнейшие ассоциации которых приведены в табл. 1. В настоящей статье автор делает попытку на

основании количественной оценки рудных аксессуарных минералов и микроэлементов табл. 2,3 выяснить причины скудной металлоносности Амзачиманского интрузива порфировидных гранитов и выявить объективные критерии для оценки рудоносности интрузивных комплексов в зависимости от условий формирования и концентрации редких металлогенных элементов.

Таблица 2

Ассоциации и количественные содержания (г/т) рудных аксессуарных минералов в порфировидных гранитоидах Амзачиманского массива^x.

Фации пород минералы	Порфировидные граниты-ада- мелиты	Миароловые граниты	Аплиты и аплит- пегматиты	Измененные безеитизиро- ванные граниты
Халькопирит	0,17	0,80	5,4	16,2
Пирит	2,80	25,40	53,8	121,4
Сфалерит	0,12	0,16	5,0	21,4
Галенит	0,13	0,45	0,5	41,2
Шеелит	2,1	1,82	16,2	60,6
Молибденит	0,80	2,1	5,2	10,6
Вольфрамит	ед. зн.	1,2	3,2	6,4
Касситерит	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	—
Борнит	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	19,4
Висмутин	ед. зн.	0,6	1,2	1,25
Теллурид $Au - Ag$	—	ед. зн.	ед. зн.	6,2
Реальгар	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	—
Аурипигмент	—	ед. зн.	ед. зн.	—
Киноварь	ед. зн.	ед. зн.	1,4	—
Золото самород.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	0,6
Самородные Pb, Zn	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.

Таблица 3

Средние концентрации рудных компонентов в порфировидных гранитоидах Амзачиманского массива(в %).

Фации пород элементы	Порфировидные граниты-ада- мелиты	Миароловые граниты	Аплиты пегматиты	Измененные граниты
1	2	3	4	5
Медь	0,0008	0,002	0,015	0,80
Молибден	0,0003	0,0005	0,0002	0,0010
Свинец	0,0006	0,0015	0,0005	0,0012
Цинк	0,012	0,005	0,005	0,008
Вольфрам	0,0003	0,0003	0,0005	0,0008
Олово	0,0008	0,0005	0,0002	0,0006

^x По данным количественно-спектральных анализов (Mo, W, Sn, Au) ИМГРЭ (Р. Терехова и Л. Редькина), химических анализов (Cu, Pb) ИГН АН Арм. ССР О. А. Бозоян и приближенно-количественных анализов (Г. М. Мкртчян).

Фации пород Минералы	Граниты глав- ной интрузив- ной фации	Граниты миаролитовые	Кварцевые сиениты	Гибридные эндоконтак- товые фа- ции	Пегматиты и аплит-пе- гматиты	Аплиты и микрогра- ниты	Лампрофиты	Гидротермаль- но изменён- ные граниты
Fe-Ti-Cr	Магнетит, иль- менит, анатаз, гематит, иоцит, пирит	Магнетит, ильменит, рутил, ана- таз, гема- тит, пи- рит	Магнетит, мартит, иль- менит, ана- таз, пирит	Магнетит, мартит, иль- менит, лей- коксен, пи- рит	Магнетит, гематит, рутил, ана- таз, брукит, лейкоксен	Магнетит, ильменит, рутил, ана- таз, брукит, пирит	Титаномагне- тит, хромит, пирит	Мартит, лимо- нит, гётит, рутил, пирит
Ca-TR	Сфен, апатит, ортит, гранат, флюорит	Сфен, апа- тит, ортит, флюорит, туллит	Сфен, апатит, апатит, гранат, флюорит	Сфен, апа- тит, ортит, пъомонит, гранат	Сфен, кейль- гауит, апа- тит, ортит, флюорит	Сфен, апа- тит, ортит, гранат, флюорит	Сфен, апа- тит, ортит	Сфен, каль- цит, апатит
TR-Y-Th	Монацит	Монацит, ксенотим	Монацит	-	Ксенотим, кнопит, чевкинит, монацит	Монацит, кнопит, ксенотим	-	-
Zr-Hf	Циркон, цирто- лит, баделлеит	Циркон, циртолит, велерит	Циркон, баделлеит	Циркон	Циркон, цир- толит, веле- рит, баделле- ит, цирконо- силикаты	Циркон, цирто- лит, баде- ллеит	Циркон	Циркон
Nb-Ta-Ti	Пирохлор	Гаттчето- лит, пиро- хлор	Пирохлор	-	Пирохлор, гаттчетолит, ильменору- тил	Гаттчето- лит, иль- менорутит	-	-
U-Th	Торит, урано- торит	Ураноторит, уранотори- анит, оран- жит	Оранжит, ураноторит	Торит	Торит, гидро- торит, урано- торит	Оранжит, ураното- рианит	-	-
Sn-W-Mo-Au	Шеелит, молибде- нит, касситерит	Шеелит, вольфра- мит, молиб- денит, олово	-	Шеелит	Шеелит, вольфрамит, молибденит, золото	Шеелит, молибде- нит, золо- то, олово	-	Теллуриды, шеелит, молиб- денит
Cu-Pb-Zn-Bi	Халькопирит, висмутин, сфале- рит	Халькопи- рит, сфа- лерит, висмутин, киноварь	Халькопи- рит	Халькопи- рит, сфале- рит	Халькопи- рит, бисму- тит, галенит, реальгар, киноварь	Халькопи- рит, бис- мутит, реальгар, киноварь	Халькопирит, пирит	Пирит, халь- копирит, арсенипирит
Al-B-Ba	Андалузит, корунд, барит	Андалузит, барит, тур- малин	Андалузит, корунд	Андалузит, корунд	Андалузит, корунд, ба- рит, турма- лин	Корунд, барит	-	Андалузит, барит

1	2	3	4	5
Золото	0,000004	0,000005	0,000004	0,000016
Серебро	0,00012	0,00015	0,0002	0,0015
Висмут	0,0003	0,0006	0,0008	0,0010
Ртуть	0,0005	0,0005	0,0008	0,0005
Мышьяк	0,001	0,003	0,006	0,01

Группа самородных элементов

Самородное золото. В единичных знаках золото встречается в гранитах, более часто в аплит-пегматитовых и кварцевых жилах. Более обычно для березитизированных, мусковитизированных гранитов. Самородное золото встречается в виде неправильных ямчатых зерен с плавными очертаниями, на которых нередко можно наблюдать грани октаэдра. Более обычны мелкие чешуйки размером 0,08 – 0,15 мм. Цвет золотисто-желтый. Несколько зерен самородного золота, ассоциирующего с молибденитом, шеелитом и постоянно с киноварью, были подвергнуты спектральному анализу: Au (>10%), Cu (0.005%), Ag (0.03–0.1%), Bi (0.10%), Te (0.3%).

Самородная медь (?) в единичных знаках встречена в гранитах и аплитах. Образует пластинчатые и округлые выделения медно-красного и латунного цвета, с тусклым металлическим. Спектрально установлено: Cu (>5%), Zn (1.0%) Ti (0.05%), Si (0.06%).

Самородный цинк встречается повсеместно в гранитах, аплитах и пегматитах. Содержание самородного цинка варьирует от единичных знаков до 0,3–1,5 г/т. Образует пластинчатые ковкие кристаллические выделения, раскалывающиеся при надавливании на кубические блестящие осколки. Цвет серый, темно-серый. Покрит коркой вторичных продуктов (смитсонит). Спектральный анализ показал: Zn (>10%), Cd (0,01–0,03%), Ga (0,001%), Ag (0,001%), Pb (0,015%), Cu (0,002%), V (0,001%), Ti (0,015%).

Самородный свинец. Сравнительно редок. Встречается в единичных, крючковатых, очень ковких выделениях, размером 0,1–0,2 мм. С поверхности неровные выделения покрыты налетом окисленных минералов (церуссит). Спектральный анализ постоянно показывает высокое содержание свинца в тяжелых фракциях (0,03–0,15%). В самородном свинце обнаружены: Pb (5%), Bi (0,25%), As (0,03%), Zn (0,3–1,0%), Sn (0,008%), Cu (0,3%), Mo (0,003%), Ag (0,03–0,1%), следы Sb, Cd, Ti .

Самородное олово очень редко совместно с цинком и свинцом встречается в гранитах. Образует ковкие оловянные шарики. Очень мягко. Встречается в тяжелых фракциях (0,03–0,07%), Sn , а также в анализах самородных Pb и Zn

Группа металлогенных рудных минералов

Касситерит. Сравнительно редкий рудный аксессуарный минерал. Единичные призматические буро-коричневые кристаллы касситерита

встречены в гранитах, кварцевых жилах и пегматитах в ассоциации с рутилом, молибденитом и шеелитом. Грани призматических кристаллов имеют плохо выраженную штриховку, часто исчерблены. Размеры кристаллов 0,3–0,8 мм. Спектральный анализ провести не удалось. Однако анализы тяжелых неэлектромагнитных фракций (цирконовый и рутиловый) показали постоянно высокое содержание Sn – 0,03–0,15%. Кроме того, встречаются скандий (0,01–0,03%), Ti (0,3–1%), W (0,03–0,1%), Y (0,1%), Nb (0,1%).

Вольфрамит встречается в пегматитах в ассоциации с шеелитом, молибденитом, висмутином и др. Чаше он появляется в пегматитах с мощным кварцевым ядром, кварцевых жилах и редко в самих гранитах. Содержание достигает 1,2 – 3,2 г/т. Образует пластинчатые зерна и радиально-призматические агрегаты с отчетливо заметными внутренними рефlekсами. Цвет красно-бурый до черного. В иммерсии просвечивает красно-бурым, оранжевым цветом. Показатели преломления:

$N_g = 2,3$, $N_p = 2,2$. Рентгенометрический анализ позволяет отнести к марганцевой разности – гюбнериту (табл. 4).

Таблица 4

Рентгенограмма вольфрамитa

№	1	d/n	№	1	d/n
1.	3	4,62	19.	4	1,368
2.	2	3,969	20.	2	1,334
3.	3	3,678	21.	9	1,246
4.	10	3,018	22.	1	1,228
5.	8	2,885	23.	2	1,207
6.	5	2,578	24.	6	1,182
7.	5	2,417	25.	3	1,170
8.	4	2,254	26.	2	1,130
9.	4	2,151	27.	10	1,086
10.	7	1,895	28.	2ш	1,041
11.	2	1,831	29.	3ш	1,015
12.	3	1,752	30.	2ш	0,990
13.	5	1,698	31.	3	0,966
14.	3	1,653	32.	2	0,958
15.	8	1,575	33.	2	0,940
16.	3	1,531	34.	2	0,919
17.	3	1,501	35.	6	0,907
18.	7	1,431	36.	4	0,892

Спектральный анализ показал: Fe (3.01%), Mn (>10%), Ti (0.3%), W (5%), Nb (0.3%), Ag (0.001%), Ba (0.01%), и Sc (0.03%).

Шеелит и молибдошеелит являются довольно распространенными аксессуарными минералами гранитов, аплитов, пегматитов и кварцевых жил. Они встречаются также в кварц-шеелит-золоторудных жи-

в Амзачиманского месторождения. Типоморфные особенности шеелита довольно отчетливы (табл. 5). Он образует неправильные осколки, севдооктаэдрические кристаллы с развитием дипирамидально-тетрагональной грани (111). Редко встречаются друзы серых, бесцветных кристаллов шеелита (фиг. 1, а, б). Содержание его варьирует от 1-2 до 2-16 г/т.

Таблица 5
Рентгенограмма молибдошеелита

№	1	d/n	№	1	d/n
1.	5	4,71	16.	4	1,317
2.	10	3,08	17.	8	1,244
3.	3	2,82	18.	4	1,205
4.	4	2,603	19.	3	1,187
5.	4	2,277	20.	4.	1,171
6.	3	1,974	21.	2	1,126
7.	8	1,911	22.	2	1,106
8.	4	1,894	23.	7	1,082
9.	6	1,675	24.	7	1,010
10.	3	1,621	25.	2	0,964
11.	9	1,585	26.	3	0,953
12.	4	1,548	27.	5	0,938
13.	2	1,432	28.	6	0,902
14.	4	1,367	29.	3	0,887
15.	4	1,340	30.	5	0,880

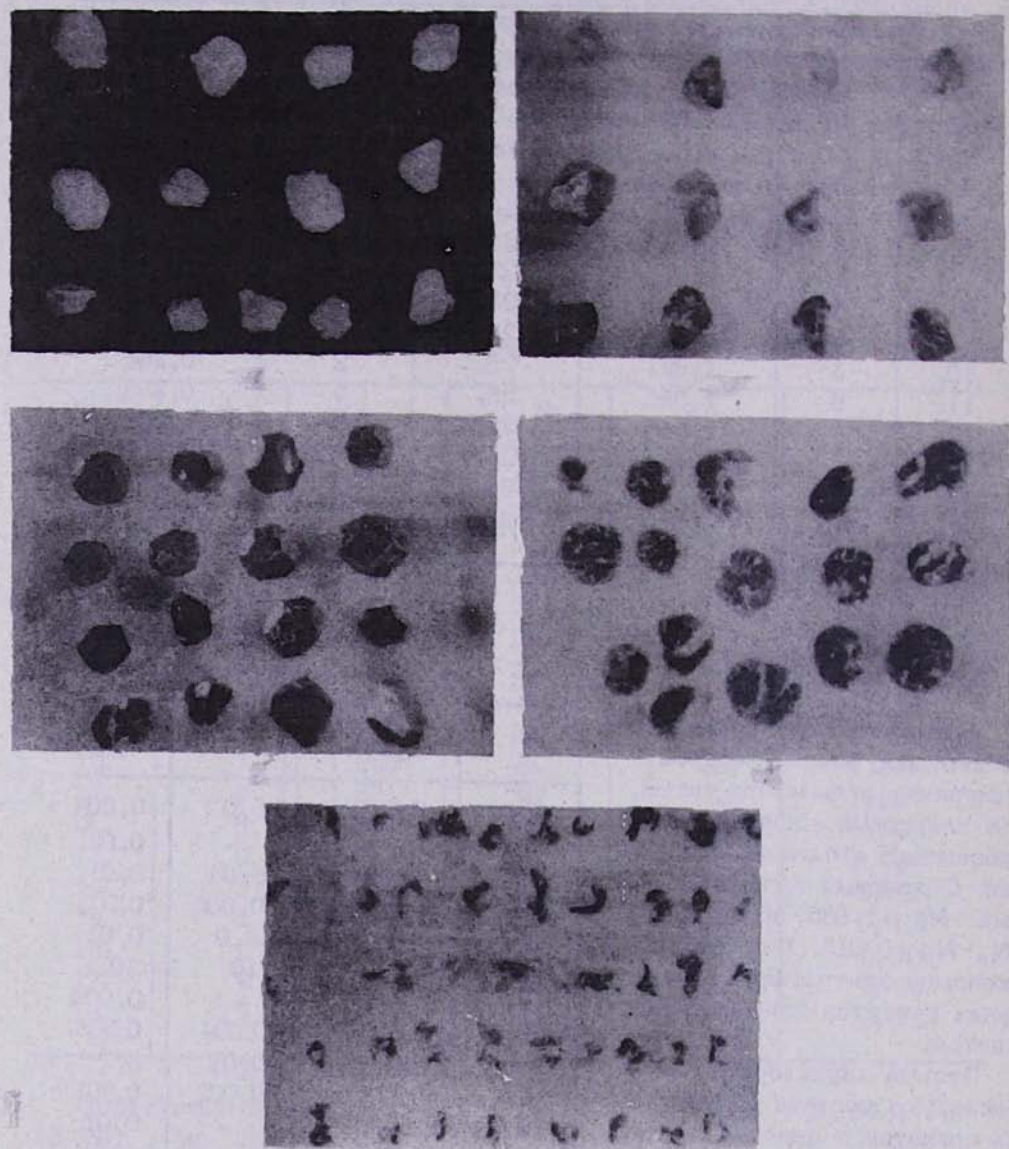
Таблица 6
Состав элементов-примесей
в шеелите

В гранитах шеелит обычно бесцветный, бледно-голубой; в аплитах, пегматитах серый, в кварцевых жилах бледно-розовый. В иммерсии бесцветный. Одноосный положительный. $N_e = 1,935$, $N_o = 1,920$; $N_e - N_o = 0,015$. Под люминископом в ультрафиолетовых лучах светится ярко-голубым светом.

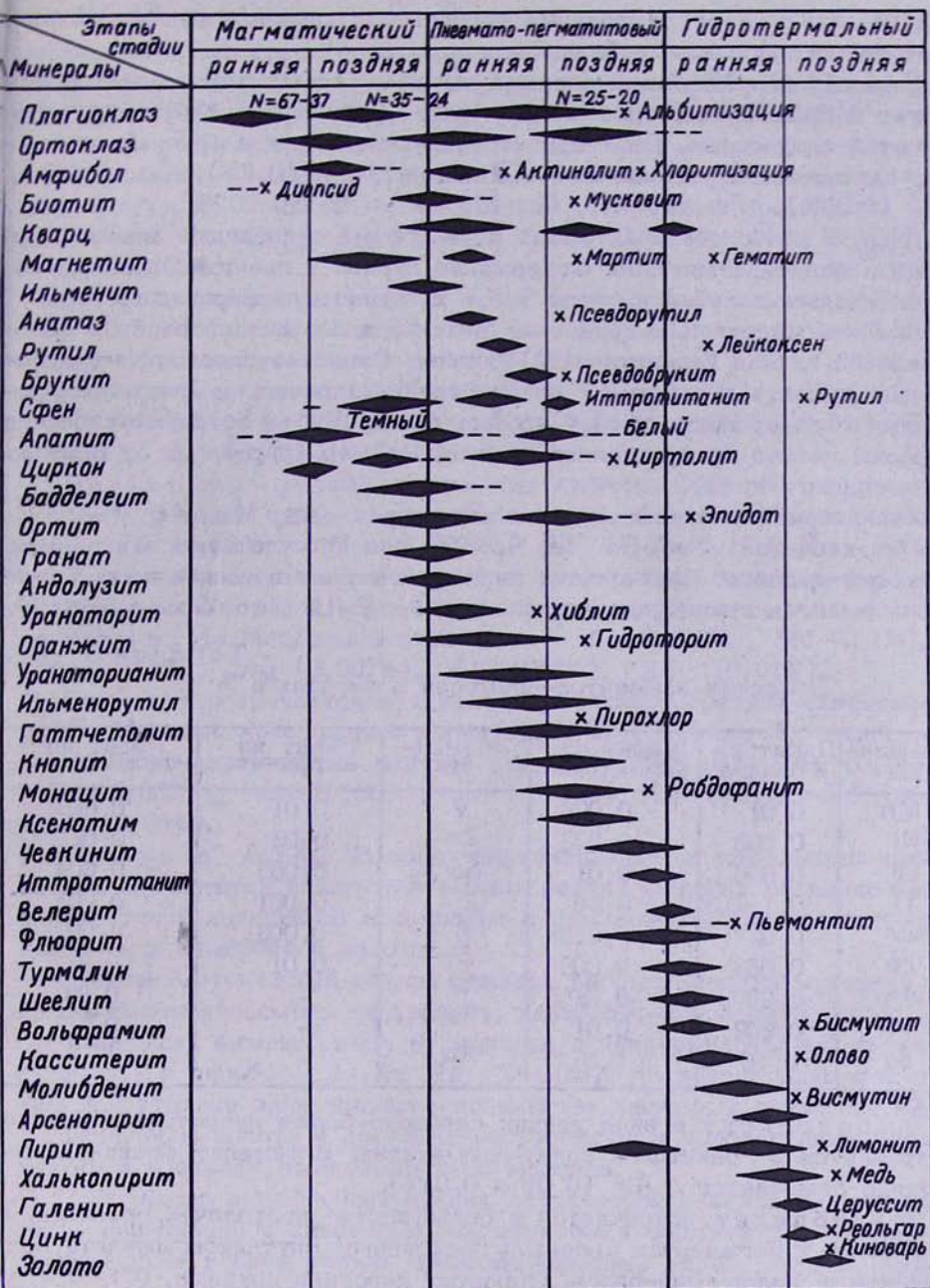
Весьма характерной особенностью состава шеелита в гранитах и аплит-пегматитах является высокое содержание молибдена ($\sim 3,0\%$)

и характерного для шеелита из рудных жил (табл. 6). Кроме того, повышено содержание Mn(0,02%), V (0,03-0,04%), а также Cr,

	Бесцветный	Серый	Красный
Mn	0,02	0,02	0,004
Ti	-	-	0,03
V	0,03	0,04	0,01
Cr	0,005	0,006	0,003
Mo	3,0	3,0	0,01
W	10	10	10
Zr	-	-	0,004
Cu	0,003	0,004	0,005
La	0,3	0,03	0,2
Li	0,001	0,002	0,001
Au	-	-	0,01



Фиг. 1. Типоморфные рудные акцессорные минералы.
 а. Шестиугольные пластинчатые выделения молибденита, б. Выделения молибденита причудливой "иероглифической" формы, в. Пентододекаэдрические кристаллы пирита, г. Кристаллы серого шеелита, д. Кристаллы бесцветного молибдо-шеелита.



Фиг. 2. Парагенетическая диаграмма последовательности выделения породообразующих и акцессорных минералов по этапам формирования порфировидных гранитов.

Cu, La, Li, Ti . Указанные особенности химизма шеелита позволяют отнести его к молибдошеелиту.

Сфалерит редкий акцессорный минерал пегматитов и аплитов. Образует неправильные зерна и кубические кристаллы с характерной ступенчатой спайностью. Цвет буро-коричневый. Блеск алмазный; изотропен. Из примесей установлены: Cd (0,1%), Pb (0,3%), Cu (0,03%), Ti (0,25%), Fe (0,4%), Mn (0,04%), V (0,002%).

Пирит наиболее характерный акцессорный сульфидный минерал гранитов и аплит-пегматитов. Содержание пирита в гранитах подвержено значительным колебаниям – от 1,3 – 2,4 г/т в порфировидных и до 25 г/т – в миароловых гранитах. Максимальные концентрации в пегматитах (53 г/т) и березитах (12146 г/т). Образует идиоморфные кубические, кубоктаэдрические и пентагондодекаэдрические кристаллы, покрытые с поверхности граней побежалостью. Часто встречаются псевдоморфозы гетита по кристаллам пирита. Размер кристаллов от 0,08 до 0,6 мм (фиг. 1, в).

Характерной примесью пиритов являются As, Mo, Ag, Cu, V что же касается W, Bi, Te, Au то они присутствуют в виде механической примеси. Кроме того, пириты содержат повышенное содержание элементов группы железа, а также Y, Li и Ga (табл. 7).

Таблица 7
Состав элементов-примесей в пиритах в %

Элементы	Пирит из гранита	Пирит из пегматита	Элементы	Пирит из гранита	Пирит из пегматита
Mn	0,01	0,006	V	0,01	0,005
Ni	0,003	0,003	Zn	0,03	0,02
Co	0,006	0,01	Ga	0,003	0,004
Ti	0,1–0,3	0,20	Li	0,001	0,001
Cu	0,02	0,015	Y	0,003	0,002
Pb	0,003	0,008	Bi	0,01	0,3
Ag	0,0002	0,020	W	–	0,03
Mo	0,002	0,01	Te	–	0,3
As	0,10	0,3	Au	–	0,5

Арсенопирит в виде редких серовато-белых лучистых агрегатов встречается в гранитах и аплит-пегматитах. В тяжелых фракциях постоянно отмечается As (0,01 – 0,04%).

Молибденит встречается в большинстве протолок гранитов, а в аплитах и пегматитах является постоянным спутником шеелита, вольфрамитов и других минералов. Образует довольно крупные, 0,1–0,5 мм, гексагонально-пластинчатые кристаллы. Редко в миаролох гранитов и пегматитов кристаллы молибденита достигают 1–3 см. В аплитах и аплит-пегматитах, являясь поздним минералом, выделения молибденита приобретают причудливые "иероглифические" формы (фиг. 1, г, д). Рентгенометрические исследования указывают на принадлежность к полимиту 2Н. Химический анализ акцессорного молибденита показал: Re – 0,014%, Se – 0,004%, Te – следы (аналитик Л. Оганисян). Уместно отметить, что акцессорные молибдениты из порфировидных гранитов

Южной Армении почти вдвое обогащены рением (Меликсетян, 1968) чем молибдениты из гранитоидов Центральной Армении; кроме рения и селена, акцессорный молибденит содержит примесь Mn (0,002%), Cu (0,005%), Pb (0,0015%), Ag (0,0006%), Zn (0,02%).

Висмутин встречается редко в гранитах и аплит-пегматитах в виде свинцово-серых, пластинчатых выделений, покрытых толстой коркой бисмутита. Спектральным анализом обнаружены кроме Bi (10%), также Pb (0,15%), Ag (0,02%), Mo (0,04%), As (0,01%) и Cu (0,01%).

Халькопирит в гранитах встречается в небольшом количестве (0,2–0,3 г/т), зато в пегматитах его содержание достигает 5,4 г/т. Образует золотисто-желтые осколки. Спектральный анализ показал присутствие в виде примеси: Mn (0,03%), Y (0,0025%), Ni (0,006%), Mo (0,03%), Pb (0,3–1,0%), Ag (0,03%), Bi (0,3%), Ti (0,15%), As (0,15%), Ga (0,001%).

Борнит очень редкий минерал пегматитов. Образует медно-красного цвета осколки с радужной побежалостью. В виде примеси установлены: Pb (0,03%), Y (0,002%), Bi (0,03–0,1%), Sn (0,001%).

Тенорит, также как и борнит, в виде редких бархатно-черных, окаймленных аморфной коркой хризоколлы, встречается в замещенных пегматитах. Из примесей характерны: V (0,002%), Mo (0,1%), Pb (0,02%), Ag (0,007%), Bi (0,6%), Zn (0,01%).

Галенит встречается в единичных знаках. Образует свинцово-серые кубические кристаллы с характерной спайностью. Постоянно отмечается корочка пушистых налетов церуссита. Примеси: Ag (0,03%), Au (0,003%), Bi (0,06%), Zn (0,1%), As (0,03%), Sb (0,1%), Cu (0,03%).

Теллурид $Au-Ag$ В зонах беризитизации, в измененных окварцованных пегматитах обнаружен весьма редкий минерал оловянно-белого цвета. Очень хрупкий. В ассоциации с ним встречаются шеелит, пирит, киноварь и самородное золото.

Рентгенометрический анализ показал неомогенность минерала, представляющего смесь силванита, калаверит-креннерита (табл. 8). Спектральный анализ (табл. 9) показал принадлежность его к теллуриду золота и серебра ($Au, Ag, Te \gg 10\%$). Из других примесей отметим присутствие значительного количества железа, а также Bi, Pb, Ga

Теллуриды золота и серебра присутствуют в золоторудных проявлениях в пределах Амзачиманского массива.

Реальгар в единичных знаках встречается в аплитах и пегматитах в ассоциации с киноварью, висмутином и бисмутитом. Реальгар присутствует в виде мелких оранжево-красных зерен. Хрупок. Характерны высокие показатели преломления и двупреломления. Плеохроирует. Спектрально фиксируется мышьяк.

Киноварь. Встречается в единичных знаках в аплитах в виде ярко-красных неправильных зерен в постоянной ассоциации с самородным золотом. Показатели преломления очень высокие. Возможно, ассоциация золота с киноварью связана с распадом при более низких температурах неустойчивых золото-ртутных амальгам. Возможно в гранитах золото находится в форме легколетучих соединений типа Au, Hg .

Таблица 8

Рентгенограмма теллурида $Au-Ag$

№	1	d/n	№	1	d/n	№	1	d/n
1.	2	7,60	12.	2	3,23	23.	4	1,771
2.	3	6,06	13.	2	3,16	24.	2	1,680
3.	2	5,74	14.	9	3,013	25.	3	1,628
4.	2	5,20	15.	5	2,930	26.	3	1,495
5.	1	4,43	16.	4	2,470	27.	4	1,464
6.	1.	4,30	17.	3	2,328	28.	2	1,405
7.	1.	3,93	18.	10	2,218	29.	4	1,340
8.	1.	3,76	19.	4	2,104	30.	3	1,316
9.	3.	3,58	20.	2	2,068	31.	3	1,220
10.	1	3,48	21.	3	1,960	32.	3	1,199
11.	4	3,34	22.	3	1,910	33.	3	1,180

Таблица 9

Химический состав
теллурида, золота
и серебра

Этим, вероятно, объясняется значительный фон золота в экзоконтактовом ореоле гранитных интрузий, что многими исследователями принимается за доказательство ассимиляционно-го обогащения гранитных магм.

Группа вторичных акцессорных минералов

Бисмутит довольно частый вторичный акцессорный минерал гранитов и аплит-пегматитов. Встречается в содержаниях 1–2 г/т. в пегматитах и часто в единичных знаках в гранитах. Образуется шестоватые, радиально-лучистые агрегаты бледного зеленовато-желтого цвета, представляющие псевдоморфозы по висмутину. Иногда образует матовые опаловидные агрегаты зеленовато-серого цвета в ассоциации с повеллитом.

В иммерсии бесцветен. Показатели преломления: $N_e = 2,2$, $N_o = 2,0$. Рентгенометрический анализ показал близость к бисмутиту (базобисмутиту); часть линий, по-видимому, принадлежит повеллиту (табл. 10).

Спектральным анализом установлены: Bi (10%), Ca (3–5%), Mo (0,6%), Cu (0,3%), Pb (0,4%), Ag (0,03%), Sb (0,01%), Zn (0,01%), Ge (0,003%), Sn (0,002%), As (0,01%). Эти примеси в основном адсорбционного и механического характера.

Повеллит встречается в виде редких бледно-желтых неправильных зерен тонкозернистого сложения. Образуется за счет молибденита.

Гетит широко распространен в виде псевдоморфоз по пириту. Содержит примеси: Cu (0,3%), Au (0,002%), Ag (0,003%), Zn (0,1%).

Малахит и азурит спорадически отмечаются в протолочках гранитов и пегматитов.

	№ 61
Fe	2,0
Ti	0,06
W	0,01
Nb	0,003
Cu	0,3
Pb	0,1
Ag	> 10
Te	~ 10
Au	> 10
As	0,1
Hg	0,02

Рентгенограмма бисмутита

№	1	d/n	№	1	d/n
1.	5	3,71	18.	1	1,344
2.	3	3,198	19.	4	1,308
3.	10	2,969	20.	5.	1,249
4.	9	2,747	21.	5	1,225
5.	2	2,578	22.	1	1,177
6.	1	2,254	23.	3	1,149
7.	7	2,132	24.	4	1,083
8.	2	2,006	25.	4	1,049
9.	9	1,941	26.	1	1,024
10.	3	1,877	27.	3	0,989
11.	8	1,821	28.	3	0,973
12.	4	1,710	29.	2ш	0,942
13.	1	1,678	30.	2ш	0,920
14.	10	1,621	31.	2ш	0,794
15.	6	1,471	31.	1	0,867
16.	4	1,419	33.	3ш	0,851
17.	5	1,371	34.	1	0,820

Этапы формирования гранитоидов и генезис акцессорных минералов

Совокупность полученных петрографо-петрохимических данных свидетельствует о полигенетичности главнейших породообразующих и акцессорных минералов, кристаллизующихся в широком температурном диапазоне, начиная от магматического этапа до автогидротермальных процессов послемагматического этапа.

Парагенезисы акцессорных минералов, их взаимоотношения с породообразующими минералами различных генераций позволяют выделить ранне- и позднемагматическую стадии, ранние и поздние пегматитопневматолитового и автогидротермального этапов (фиг. 2).

Магматический этап. В раннемагматическую стадию магматического этапа кристаллизации из акцессорных минералов выделяют циркон, темный апатит, отчасти магнетит с высоким содержанием титана, находящиеся в тесных взаимоотношениях с породообразующими минералами и часто включенные в ранние акцессорные минералы.

В позднемагматическую стадию в связи с резким возрастанием щелочности и начавшимися процессами ортоклазизации плагиоклазов, выделением главной массы кварца и биотита, происходит образование главной массы циркона, сфена, апатита, отчасти бадделейта, ортита, а также ильменит и рутил.

Если в раннюю стадию из акцессорных инертных компонентов образуют самостоятельные минералы TiO_2 , P_2O_5 , Fe_2O_3 отчасти CaO и Se_2O_3 то в позднемагматическую стадию указанных акцессорных компонентов в кристаллизацию вовлекаются рассеянные компоненты TR_2O_3 , Y_2O_3 , ThO_2 , ZrO , Nb_2O_5 достигшие насыще-

ния в результате относительного накопления. К тому же исходная гранитная магма, возникшая за счет щелочной магмы, была заметно обогащена редкими и рассеянными элементами.

Подвижность щелочей, особенно калия при некоторой недосыщенности кремнеземом приводит к появлению таких характерных для щелочных пород акцессорных минералов, как велерит, бадделит, корунд, гранат и др.

Пегматито-пневматолитовый этап на ранней стадии характеризуется термодинамическими условиями пегматитовой стадии, когда образуются фации миаролитовых гранитов, фазовые и фациальные пегматиты. Продолжающаяся на этой стадии диффузионная калишпатизация приводит к окончательной кристаллизации вкрапленников ортоклаза-П и кварца-П, к массовому выпадению титановых акцессориев — ортита, ураноториевых, титано-ниобиевых и редкоземельных минералов. Устанавливается тесная связь кристаллизации ортита с процессом калишпатизации, что проявляется в тесных прорастаниях ортоклаза-П и ортита, и наличие их идиоморфных кристаллов в зазорах пегматитов и в миаролах гранитов. Более поздняя пневматолитовая стадия протекает после полной кристаллизации пород и приурочена в основном к интерстициям минералов и проявлена в пегматитах (клевеландит-мусковит). На этой стадии характерны альбитизация и выделение иттриевых и поздних генераций цирконевых минералов, преобразование, растворение ранних минеральных парагенезисов (рутилизация сфена, анатаза, лейкоксенизация ильменита) и обогащение растворов Y_2O_3 , Nb_2O_5 , ZrO_2 , $FeHfO_2$, Ce_2O_3 и др., что приводит к появлению флюорита, ксенотима, чевкинита, иттротитанита, велерита, турмалина, цирколита, пироклора, гартчетолита и шеелита. Последний характеризуется высоким содержанием молибдена (3,0%). Ортит замещается эпидотом.

Автогидротермальный этап. Дальнейшее падение температуры приводит к концентрации рудных компонентов Mo, W, Au, Pb в растворах и образованию жил "рудных пегматитов", кварцевых жил, а в гранитах приурочен к интерстициям породообразующих минералов. Здесь уместно подчеркнуть, что пропаривание закристаллизовавшихся пород происходит в более апикальных участках с миаролитовыми структурами. На ранней высокотемпературной стадии гидротермального этапа происходит выпадение главной массы сульфидов: молибденита, халькопирита, пирита, арсенопирита, галенита, вольфрамита (гюбнерита).

Из низкотемпературной стадии возникает золото-висмут-теллуровая ассоциация минералов (сильванит, висмутит, киноварь, реальгар, сфалерит, барит и самородные цинк, олово, медь, свинец). На поздних конечных стадиях гидротермального этапа происходит образование вторичных минералов (бисмутит, повеллит).

Геохимические условия образования акцессорных минералов

В ходе эволюции щелочной магмы и возникновения на ее поздних этапах насыщенной кремнеземом субщелочной гранитной магмы, как результата длительного воздействия в пределах гранитного субстрата, геохимические условия минералообразования закономерно изменяются.

Исследования последних лет (Павленко, 1967; Ляхович, 1968; Мелик-сетян, 1964, 1968 и др.) позволили установить те основные факторы, которые управляют видовым составом акцессорных минералов. К числу таких факторов следует отнести: а) первичную концентрацию микрокомпонентов в исходной магме; б) петрохимические особенности (кремне-кислотность, известковистость, щелочность и др.); в) явления гибридизма (усвоение CaO , FeO , MgO , TiO_2 и др.); г) интенсивность проявления щелочно-эманационной дифференциации и, наконец, д) кристаллохимические особенности редких и петрогенных элементов.

Как видно из предыдущего рассмотрения условий выделения акцессорных минералов на различных этапах формирования гранитов, главная масса их образуется на поздних и конечных этапах кристаллизации остаточного расплава. Это связано с кристаллохимическими и физико-химическими особенностями микрокомпонентов магмы. Как это было показано нами на примере Мегринского plutона и Тежсарского щелочного комплекса (Меликсетян, 1961, 1964, 1965) среди микрокомпонентов магмы правомерно выделить "акцессорных" и "рассеянных" (по В. С. Соболеву, 1949) и "рудных" (по Л. В. Таусону, 1962), компонентов. Различие их заключается в распределении в породах и формах нахождения.

К числу акцессорных компонентов относятся Zr , Ti , Fe^{3+} , $\text{TR}(\text{Ce})$, Y отчасти Nb , $\text{TR}(\text{Y})$ и Th характерной особенностью которых является свойство даже при незначительных концентрациях становиться насыщающими и выделяться (обособляться) в виде самостоятельной твердой фазы (циркон, сфен, ильменит, апатит, ильменорутит, монацит). В условиях повышенной щелочности расплава такие акцессорные компоненты, как Zr , TR , Nb , Th могут путем комплексных щелочных соединений мигрировать и накапливаться в остаточных растворах, образуя в пегматито-пневматолитовом этапе велерит, бадделейт, гаттчетолит, пироклор, ураноторит, ториянит, бритолит, чевкинит, кейльгауит и другие сложные соединения.

Ко второй группе относятся рассеянные компоненты: Li , Be , Sc , Y , U , Sn , W , Ta , TR отчасти Nb , Ta , Th и др. в основном сидерофильные и литофильные элементы, имеющие склонность к рассеиванию в решетках ранних акцессорных и породообразующих минералов. Однако в зависимости от концентрации их в расплаве, в силу насыщения выделившихся твердых фаз или ввиду ограниченности возможностей изоморфизма они будут накапливаться в остаточном расплаве-растворе, становиться насыщающими и выделяться в виде редких акцессорных минералов: иттротитанит, ураноторит, оранжит, ксенотим, касситерит, шеелит, вольфрамит и ниоботанталиты. Причем, накопление и насыщение остаточного расплава может быть: а) относительным; б) относительным и абсолютным.

Третью группу рудных (или сульфидных) компонентов составляют Mo , Cu , Pb , Zn , As , Au , Ag и др., для которых характерна множественность форм нахождения (изоморфное, сорбционное, рассеяние и субмикроскопическое выделение собственных минералов) и свойство концентрироваться в остаточных растворах ввиду ограниченных возможностей изоморфного рассеяния и способности даже при сравнительно

высоком парциальном давлении серы на различных температурных стадиях послемагматического этапа давать собственные сингенетические рудные акцессорные минералы.

Акцессорные минералы как индикаторы рудоносности порфировидных гранитоидов.

Важность установления объективных и конкретных признаков рудоносности интрузий имеет важное практическое значение. Эими рациональными признаками могут быть следующие.

1. Повышенное содержание в гранитах таких акцессорных минералов, как шеелит, молибденит, халькопирит, висмутит и самородное золото, а также появление вольфрамит, реальгара, арсенопирита, киновари, самородных свинца, цинка и олова и радиоактивных минералов.

2. Высокие концентрации золота в пиритах, в поздних сфенах и шеелите, свинца в магнетитах, сфене, цирконе, вольфрама в цирконе, бадделите, висмута в цирконе и сфене, молибдена в титановых акцессориях, мышьяка в илмените, апатите, ортите.

3. Широкая площадная распространенность в пределах интрузива и неравномерность распределения рудных акцессорных минералов.

Анализ видового состава рудных акцессорных минералов и концентрации рудных элементов в минералах магматической стадии позволяют выделить три устойчивых типа ассоциаций — редкоземельный, ураноториевый, вольфрам — молибдено — золото — висмутовый, отражающих потенциальную металлогеническую специализацию гранитоидов центральной Армении. Выражением этих особенностей является акцессорно-минеральная специализация, являющаяся отражением тех процессов, при которых часть рудного вещества не оказывается связанной в период главной кристаллизации, выделяется в виде самостоятельных акцессорных минералов (шеелита, молибденита, висмутитина, золота, халькопирита, ураноторита, ортита) и может служить источником рудного вещества для месторождений с тождественными минерало-геохимическими особенностями.

Степень реализации указанной акцессорно-минеральной специализации будет зависеть от геолого-структурных особенностей формирования. В частности, явления гибридизма увеличивают перспективы реализации редкоземельной, медной и вольфрамо — золотой специализации и уменьшают ее для молибденовой и радиоэлементной минерализации. В то же время эти явления гибридизма уменьшают и масштабы щелочно-эманационных процессов. Однако, как следствие субвулканических условий кристаллизации, гибридизма и значительной скорости падения температуры, если и не происходит глубоких процессов щелочно-эманационной дифференциации, ведущих к возникновению значительных объемов специализированных послемагматических растворов, то не исключено, что в подобных условиях более благоприятным должно явиться скарнирование с выносом металлов в экзоконтакты, сложенные известняками. Небезынтересно в связи с этим подчеркнуть перспективность северовосточного контакта с сенонскими известняками в отношении оруденения (вольфрамо-молибденового и редкометального), в настоящее время погребенного под аллювиально-делювиальными отложениями.

Таким образом, минералого-геохимический анализ порфировидных гранитов позволяет выделить достаточно отчетливую акцессорно-минеральную специализацию в отношении вольфрама - молибдена - золота. Однако реализация этой специализации возможна лишь при наличии благоприятных геолого-структурных факторов. Количественным показателем этой специализации является коэффициент, учитывающий концентрацию рудогенного элемента в собственных рудных аксессуарах от общего его содержания в гранитах (Меликсетян, 1964). Так, для Амзачиманского массива на ураноторит приходится 15% урана, на шеелит - 35%, вольфрама и далее на молибденит - от 20%, Mo , халькопирит - 10%, Cu , золото - 25%, висмутин - 50%, Bi , ортит - 20-30% от TR

Основные выводы

1. Выявленные ассоциации акцессорных минералов в гранитоидах отражают общую направленность эволюции формирования Амзачиманского массива, интенсивность явлений гибридизма, эманационность дифференциации и метасоматоза ранней щелочной стадии.
2. Рудные акцессорные компоненты порфировидных гранитоидов в ходе кристаллизации накапливаются в остаточных растворах и благодаря различным кристаллохимическим свойствам в автогидротермальную стадию образуют собственные акцессорные минералы.
3. Золото-шеелит-молибденитовая ассоциация рудных акцессорных минералов отражает потенциальную металлогенетическую специализацию массива.
4. Учитывая геохимические, акцессорно-минеральные, геолого-структурные особенности массива следует ожидать возможности нахождения в СВ эндоконтакте с меловыми известняками вольфрам-молибденового скарнового оруденения, в настоящее время скрытого под аллювиально-делювиальными образованиями р. Агстев. Необходима постановка геохимических, геофизических исследований, буровых, поисковых работ.

ЛИТЕРАТУРА

- Амирян Ш. О. К минералогии золоторудной минерализации Гамзачиманского месторождения. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 3, 1966
- Багдасарян Г. П. Петрогенетические особенности порфировидных сиенито-гранитов Амзачиманской интрузии Арм. ССР. Изв. ССР, сер. естеств. и техн. наук, № 8, 1955.
- Ляхович В. В., Радионов Д. А. К методике изучения акцессорных минералов в изверженных породах. Тр. ИМГРЭ, вып. 6, 1964.
- Мадатян Э. М. Геология и рудоносность Севано-Амасийской структурно-металлогенетической зоны. Изд. Айастан, 1974.
- Меликсетян Б. М. Минералогия, геохимия и петрологический особенности Тежсарского щелочного комплекса. В кн. "Интрузивные комплексы важнейших рудных районов Арм. ССР". Изд. АН Арм. ССР, 1971.