ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Երկրար. և աշխարհագր. գիտ. XVI, № 6, 1963 Геологич. и географич. науки

ГЕОХИМИЯ

В. О. ПАРОНИКЯН

К ВОПРОСУ О КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ СОДЕРЖАНИЙ РУДООБРАЗУЮЩИХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОДНОМ ИЗ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЯНСКОЙ ССР

В настоящей статье обобщены результаты исследований по вещественному составу руд, проведенных автором в течение 1960—1961 гг. на одном из полиметаллических месторождений Армянской ССР. В основном была изучена рудная линза № 11, которая сейчас находится в стадии эксплуатации. По вещественному составу она идентична линзе № 10*, и поэтому выведенные корреляционные связи между содержаниями рудообразующих компонентов линзы № 11 в определенной степени можно отнести к линзе № 10 и другим полиметаллическим рудным телам месторождения. Зависимости концентраций рудообразующих элементов изучены методом вариационной статистики, причем были использованы многочисленные химические и спектральные анализы рядовых и сборных проб, рудных концентратов, штуфных проб и мономинералов**.

При составлении корреляционных кривых, классовые промежутки содержания одного компонента, по которым вычисляется содержание второго—коррелируемого компонента, выбирались исходя из степени изменчивости содержания первого компонента с учетом того, что количество проб в каждом классе было бы свыше определенного минимума (во избежание случайных ошибок).

Автор пришел к выводу, что применение метода вариационной статистики в сочетании с минералогическими, геохимическими и дру-

---

* Некоторые исследователи справедливо считают, что линза № 11 является сброшенной частью линзы № 10.

** Приведенные в этой статье корреляционные кривые зависимости содержаний отдельных рудообразующих химических элементов друг от друга составлены на основании 434 химических анализов на Pb, Zn и Cu (данные рудника); 224 количественных спектральных анализов на Ge (из этого количества 60—сборные, 49—рядовые и 115 штуфные богатые пробы и рудные концентраты), 108 количественно-спектральных анализов на Te (60—сборных и 49 рядовых проб), а также полуколичественных спектральных анализов этих же проб на Ag, Sb и As. Анализы выполнялись в спектральной лаборатории Управления Геологии и Охраны недр при СМ АрмССР. Использованы также результаты 110 полуколичественных спектральных анализов штуфных проб и рудных концентратов на Ag, As, Sb, и акцессорный Ge, выполненных в спектральной лаборатории ИГН АН АрмССР.

гими методами исследования может привести к более обоснованному решению ряда геохимических вопросов.

В геологическом строении участка исследуемого месторождения принимают участие кварцевые порфириты, их туфы и туфобрекчии, перекрывающиеся «покровными» порфиритами, их туфами, туфобрекчиями и серией туфогенно-осадочных пород среднеюрского возраста.

Рудные тела в виде линз, и, реже, зон с вкрапленно-прожилковым оруденением локально приурочены к кварцевым порфиритам и залегают в их приконтактовых частях с «покровными» порфиритами. Минеральный состав гипогенных руд, по данным предыдущих исследователей, представлен сфалеритом, галенитом, халькопиритом, пиритом, теннантитом-тетраэдритом, борнитом, халькозином, марказитом, касситеритом, самородным золотом, аргентитом и бетехтинитом. Автором в этих рудах дополнительно установлены: миллерит, штромейерит, ялпаит, стефанит, полибазит (?), самородное серебро и электрум. Жильными являются кварц, барит, каолинит, карбонаты и реже гипс.

На месторождении выделяется ряд парагенетических ассоциаций минералов, принадлежащих, по-видимому, к разным стадиям минерализации. К ним в порядке последовательности их образования относятся: I—пиритовая, II—пирит-халькопиритовая, III—полиметаллическая, IV—борнит-теннантитовая, V—баритовая и VI—карбонатная.

Руды указанных стадий обычно пространственно совмещены и реже обособлены. Особенно четко отделяется барит от полиметаллических руд, что позволяет производить их селективную добычу. Главное промышленное значение для месторождения имеют руды полиметаллической и баритовой стадий; роль остальных стадий незначительна. Приведенные здесь корреляционные графики относятся главным образом к рудам полиметаллической стадии. Ниже приводится краткое изложение результатов по исследованию корреляционных связей содержаний некоторых рудообразующих компонентов.

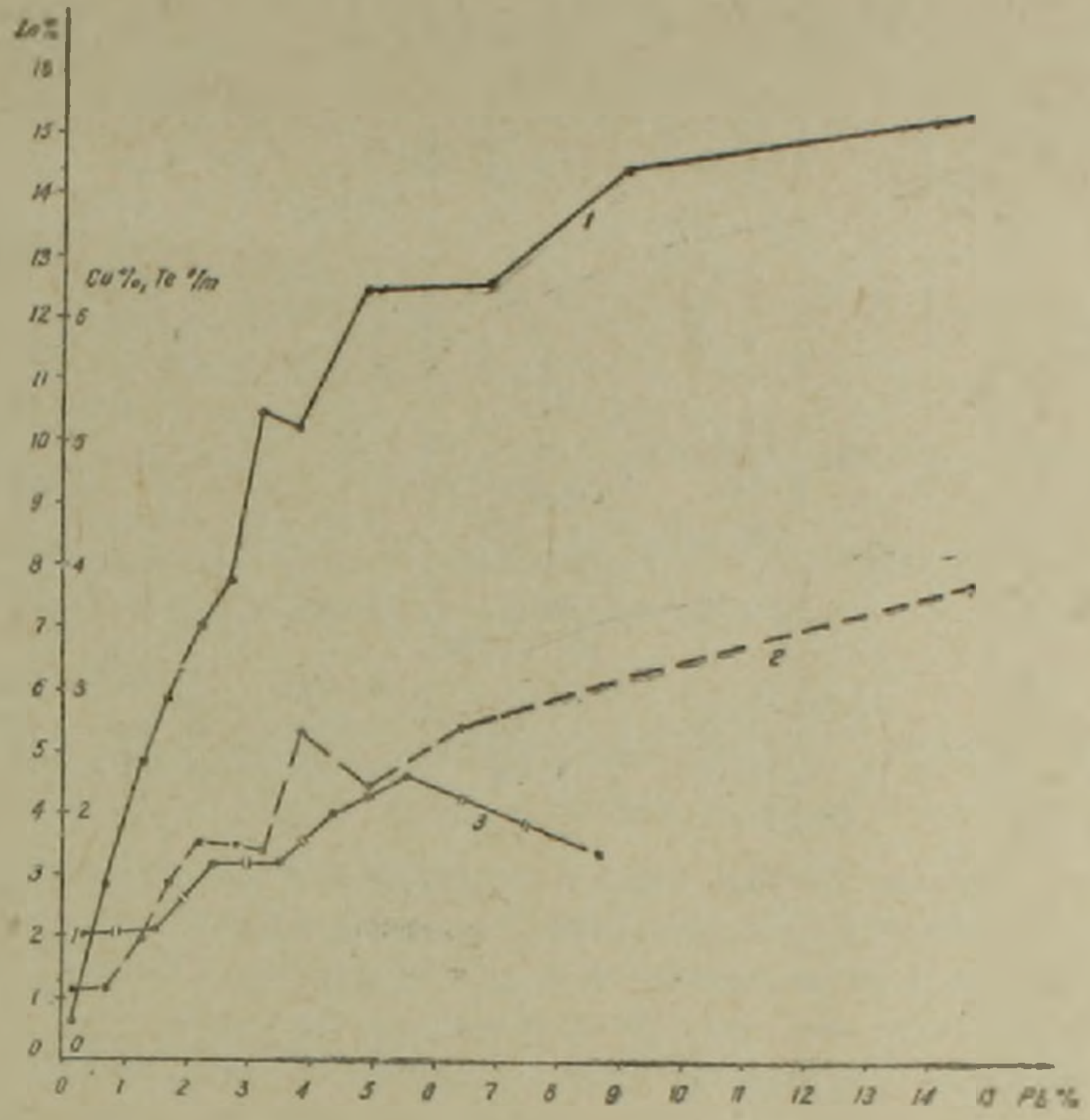
Зависимости содержаний главных рудообразующих элементов

По принципу вариационной статистики составлены кривые зависимости содержаний Zn от Pb и Cu от Pb. Как видно из приведенной диаграммы (фиг. 1) зависимости содержаний этих компонентов друг от друга выражены в виде кривых. Несмотря на несколько случаев отклонения, в общем устанавливаются положительные корреляционные связи содержаний этих компонентов, т. е. увеличение или уменьшение концентрации одного компонента в определенной степени связано с соответственным изменением концентраций остальных двух компонентов.

Положительные корреляционные связи содержаний указанных главных компонентов объясняется специализацией рудообразующих гидротермальных растворов с точки зрения их первичной обогащенности этими компонентами, преобладанием руд полиметаллической стадии и сла-

бой дифференциацией гидротермальных рудообразующих растворов в горизонтальном и вертикальном направлениях.

На приведенной диаграмме отмечается изменение углового коэффициента кривых на разных их отрезках, а также случаи обратной зависи-



Фиг. 1. Кривые зависимости содержаний: 1. Zn от Pb (434); 2. Cu от Pb (424); 3. Te от Pb (104).

Примечание: Заключенные в скобки цифры указывают число проб, на основании которых составлены эти кривые.

мости концентраций указанных компонентов, которые связаны со сменой полиметаллической минерализации в целом, существенно свинцовой, цинковой или же медной.

Зависимости содержаний акцессорных и главных рудообразующих элементов

Руды исследуемого месторождения характеризуются наличием целого ряда ценных акцессорных элементов, содержания которых находятся в сложной зависимости как с главными рудообразующими компонентами, так и друг с другом. Методом вариационной статистики изучены зависимости содержаний следующих элементов: Ag—Pb, Ag—Cu, Te—Pb, Ge—Zn.

Каждая из перечисленных пар элементов, характеризуется определенной корреляционной зависимостью, отличной от других и связанной с геохимическими особенностями указанных элементов в процессе рудообразования.

Как видно из приведенной диаграммы (фиг. 2), содержания серебра и свинца, находятся в положительной корреляционной зависимости друг с другом и выражаются в виде кривой, проходящей в диагональном

Таблица 1

Минералы	Стадии минерализации	Содержание элементов 1,2					
		Au *г/т* [%]	Ag *г/т* [%]	Te %	Se %	Ge %	Ag:Au
Пирит	I	2,0	5,49	—	—	(не обн.)	2,75
"	II	не обн.	7,80	0,028	0,0080	(не обн.)	>7,8
"	III	следы	15,0			(не обн.)	>15,0
"	V	3,37	297,5	0,005	0,0040	(не обн.)	88,3
Сфалерит	III	0,25	29,1	0,0171	0,0044	0,00130	116,4
Халькопирит	II	следы	23,4	0,0075	0,0045	0,00013	>23,4
"	III	4,55	39,5	0,0080	0,0020	0,0012	8,7
"	IV	(0,0020)	112,8	—	—	0,0029	5,6
"	VI	—	(0,0003)	—	—	(0,0 01)	—
Блеклая руда 3	III	(0,0010)	(0,30)	0,0140	0,0045	0,0030	300,0
"	IV	—	(0,3—10)	0,011	0,010	0,0018	—
Галенит	III	1,25	280,0	0,035	0,0035	0,00014	224,0
"	IV	—	(0,1—10)	—	—	(0,0006)	—
Борнит	IV	242,5	16095,1	0,0164	0,0032	0,0023	16,3
Штромейерит	IV	(0,0020)	(>10)	0,088	0,014	(0,0025)	25000,0
Барит	V	0,24	9,02	не обн.	не обн.	(0,00002)	37,6

1. Химические (на Se, Ge, Te) и спектральные анализы выполнены в лабораториях ИГН АН Армянской ССР. Пробирные анализы на Au и Ag произведены в лабораториях Алавердского медно-химического комбината и НИГМИ.
3. В скобки заключены данные спектральных анализов.
4. Концентраты, где блеклая руда составляет 10—30% массы.

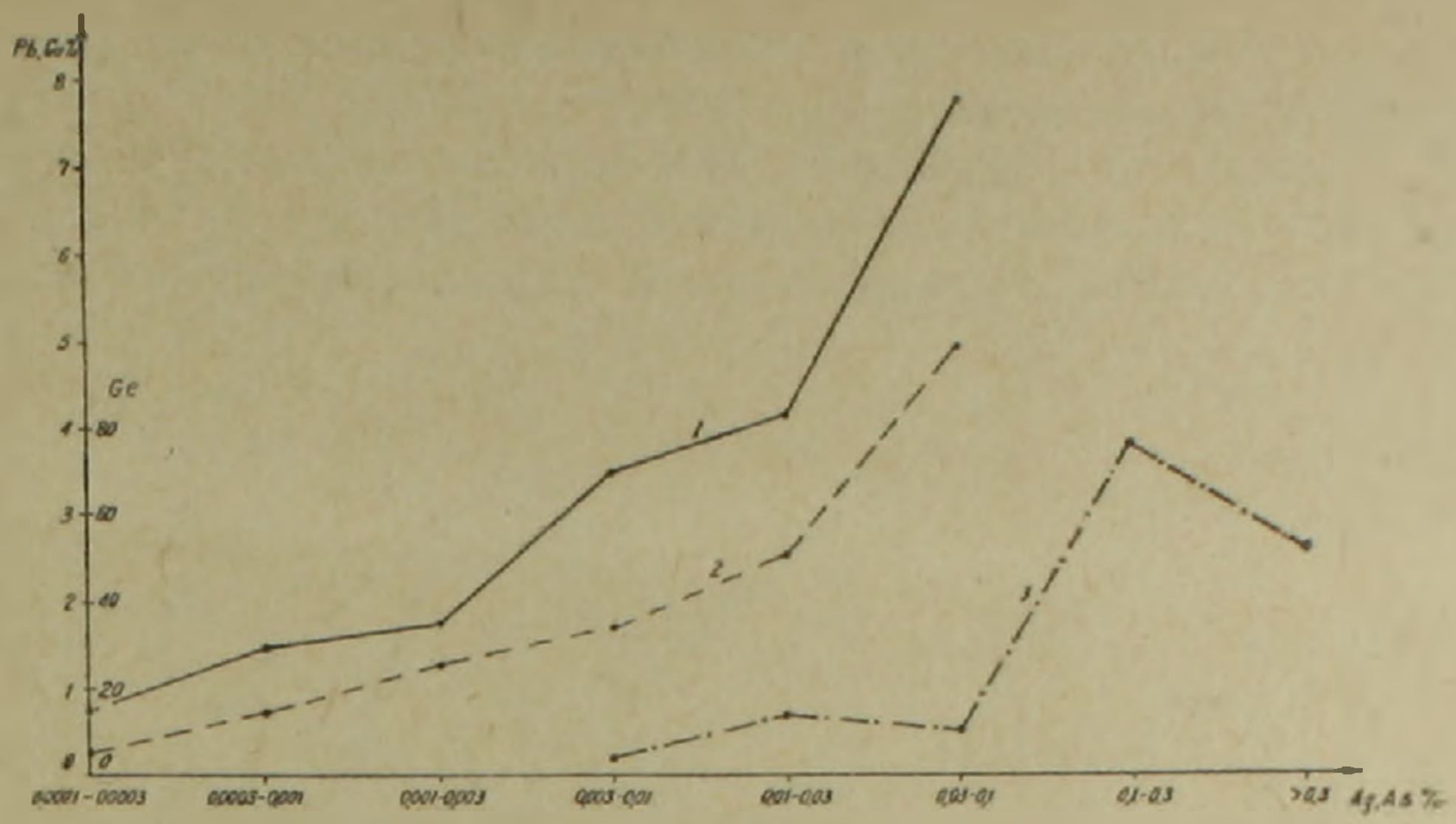
направлении. Следует, однако, оговориться, что указанная корреляционная зависимость имеет место лишь в случае ограниченных содержаний серебра, связанных с ограниченностью изоморфизма серебра в галените*. В борнит-теннантитовых рудах такой корреляционной связи не обнаруживается.

Кривая зависимости содержаний серебра и меди, как и в предыдущем примере, также указывает на наличие положительной корреляционной связи, причем содержание серебра, коррелируемое с медью, значительно выше установленного в главном сульфиде меди — халькопирите. Положительные корреляционные связи в этих случаях могут быть вызваны с одной стороны присутствием блеклой руды, в которой серебро отмечается в значительных количествах (0,05—0,3%), и с другой стороны положительной взаимосвязью содержаний меди и свинца.

Положительная корреляционная зависимость содержаний Te и Pb устанавливается при низких содержаниях последнего и переходит в отрицательную при высоких содержаниях (фиг. 1).

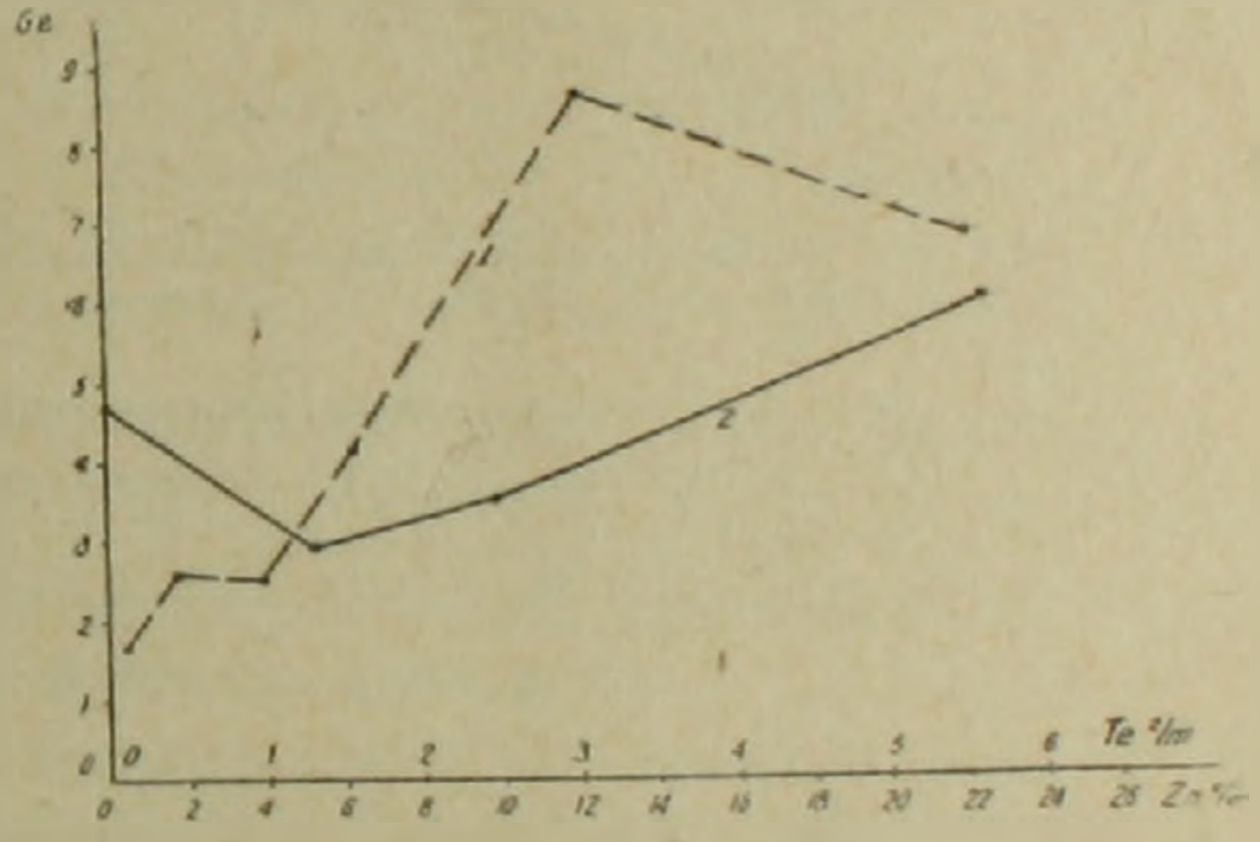
---

* Содержание Ag в мономинеральном галените полиметаллической стадии доходит до 312,5 *г/т*. Галенит из борнит-теннантитовой ассоциации содержит больше Ag (0,1—10%), но в этом случае в полях галенита часто устанавливаются собственные минералы серебра.



Фиг. 2. Кривые зависимости содержаний: 1. Pb—Ag (105); 2. Cu—Ag (104); 3. Ge—As (50) — для борнитовых руд.

Таким же образом выражена зависимость содержаний Ge и Zn (фиг. 3). В сульфиде цинка возможен изоморфизм между Zn и Ge. в связи с близкими ионными радиусами обоих элементов в двухвалентном состоянии (ионные радиусы: Zn^{2+} =0,83; Ge^{2+} ~ 0.80Å), чем и объясняется значительная концентрация германия в сфалерите исследуемых руд.



Фиг. 3. Кривые зависимости содержаний: 1. Ge от Zn (105); 2. Ge от Te (109).

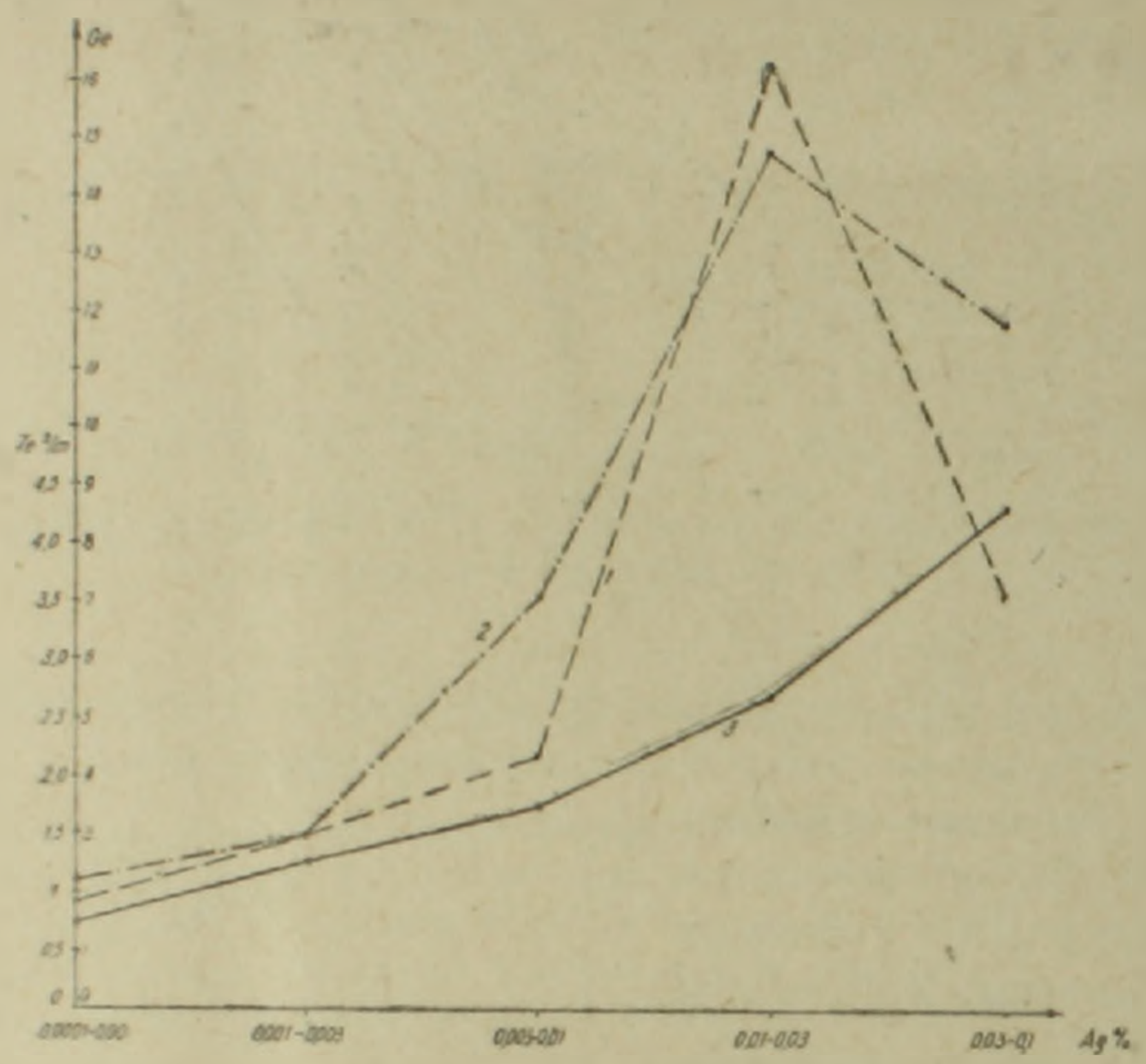
Наличие отрезков кривой с отрицательной корреляционной связью между содержанием этих двух элементов указывает на то, что в рудах только некоторая часть германия кристаллохимически связана со сфалеритом. Нарушение положительных корреляционных связей содержаний Ge и Zn связано с присутствием блеклой руды, в которой отмечено значительно больше германия, чем в сфалерите, а также руд борнит-тенантитовой ассоциации.

Зависимость содержаний между акцессорными элементами

Из вышеизложенного вытекает, что содержания акцессорных элементов в рудах контролируются, главным образом, концентрацией основных рудообразующих компонентов, что в определенной степени отража-

ется и на корреляционные связи между содержаниями самих акцессорных элементов.

Содержания Ge и Ag, Ge и Te, Te и Ag в большинстве случаев находятся в положительной корреляционной связи (фиг. 3 и 4). Имеющиеся отклонения вызваны, очевидно, с одной стороны присутствием в рудах



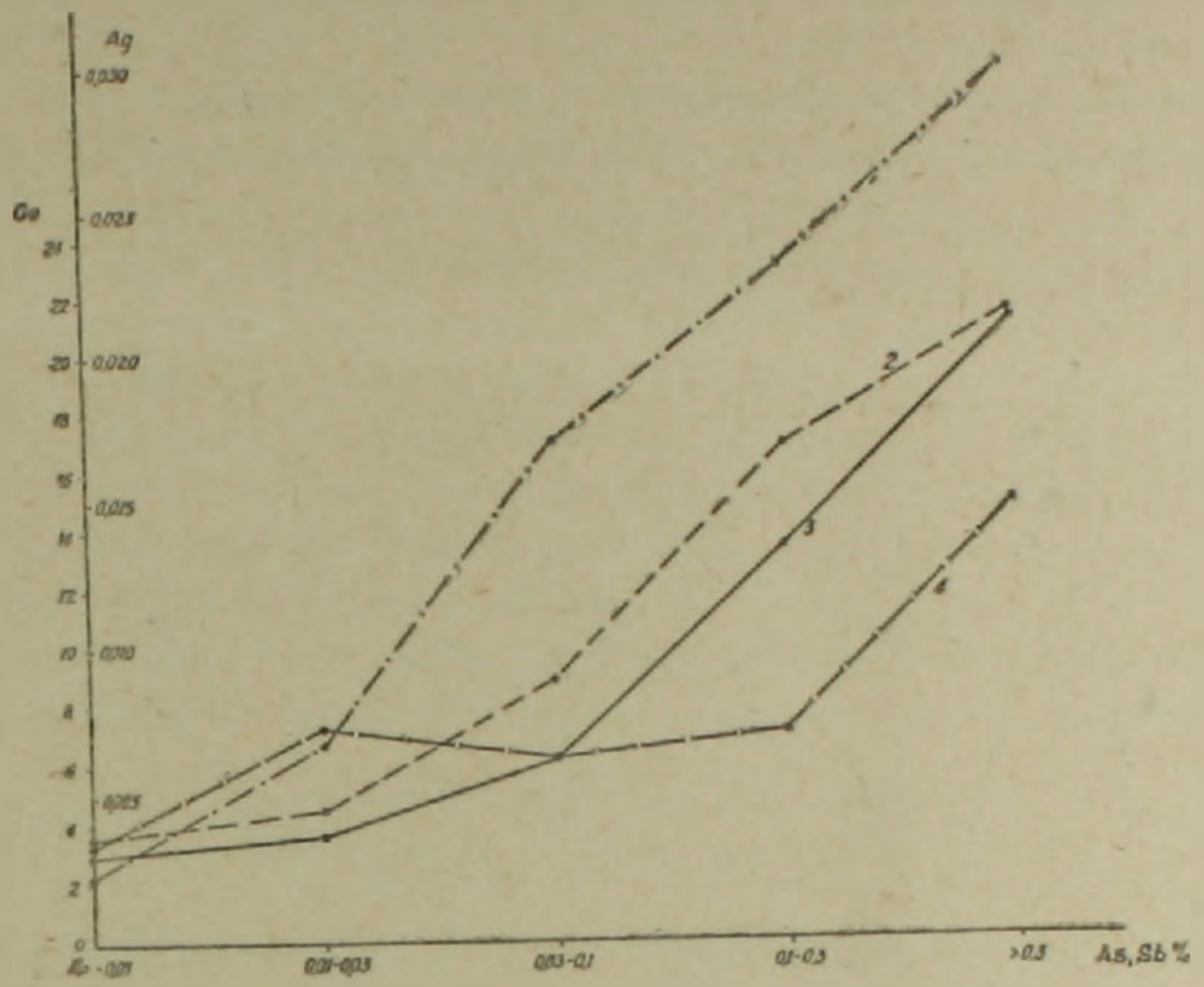
Фиг. 4. Кривые зависимости содержаний: 1. Ge от Ag (109) — Ge определен количественным спектральным способом в сборных и рядовых пробах. 2. Ge от Ag (93) — содержания германия по данным полуколичественных спектральных анализов штуфных проб. 3. Te от Ag (109).

иногда их собственных минералов в различных количественных соотношениях и с другой стороны нескольким различием их поведений в гидротермальном процессе. Так, серебро накапливается преимущественно в наиболее поздних минералах (блеклая руда, галенит), германий — в промежуточных по времени образования (сфалерит, халькопирит) и в поздних (блеклая руда). Для теллура, в исследуемых рудах, такие тенденции проявляются в меньшей степени.

Указанные различия в поведении Ge, Ag и Te отражаются на корреляционных связях, однако, гораздо слабее, чем можно было ожидать. Это обусловлено наличием в рудах определенных положительных корреляционных связей между содержаниями главных рудообразующих компонентов.

Содержание германия находится в положительной корреляционной зависимости от содержания мышьяка (фиг. 5), что связано с геохимическим родством этих элементов, приводящим к накоплению германия в блеклой руде. Однако эта зависимость представлена в несколько ином

виде в борнитовых рудах (фиг. 2). Здесь резко меняется отношение As:Ge и далее отмечается частое нарушение положительных связей.



Фиг. 5 Кривые зависимости содержаний: 1. Ag от Sb (202); 2. Ag от As (202); 3. Ge от As (193) — содержание Ge по данным количественных спектральных анализов; 4. Ge от As (93) — содержание Ge по данным полуколичественных спектральных анализов.

Тесные корреляционные связи германия с составными компонентами сульфидных минералов являются признаком преобладания его халькофильных свойств над сидерофильными и литофильными в гидротермальном процессе минерализации.

Положительные взаимосвязи содержаний отмечаются для Ag и Sb, Ag и As (фиг. 5). Последние обусловлены сходными их поведениями в гидротермальных процессах. Низкие значения энергетических показателей иона Ag^{1+} и комплексных анионов типа $[Sb_2S_4]^{-}$ и $[As_2S_4]^{2-}$ (эки: $Ag^{1+} = 0{,}60$; $[Sb_2S_4]^{2-}$ и $[As_2S_4]^{2-} = 0{,}7—0{,}8$) определяют их совместное накопление в поздних и относительно низкотемпературных продуктах гидрогермальных растворов* (например, в блеклой руде).

Заслуживает внимания также зависимость содержания серебра и сурьмы в мономинеральном галените и в свинцовых концентратах

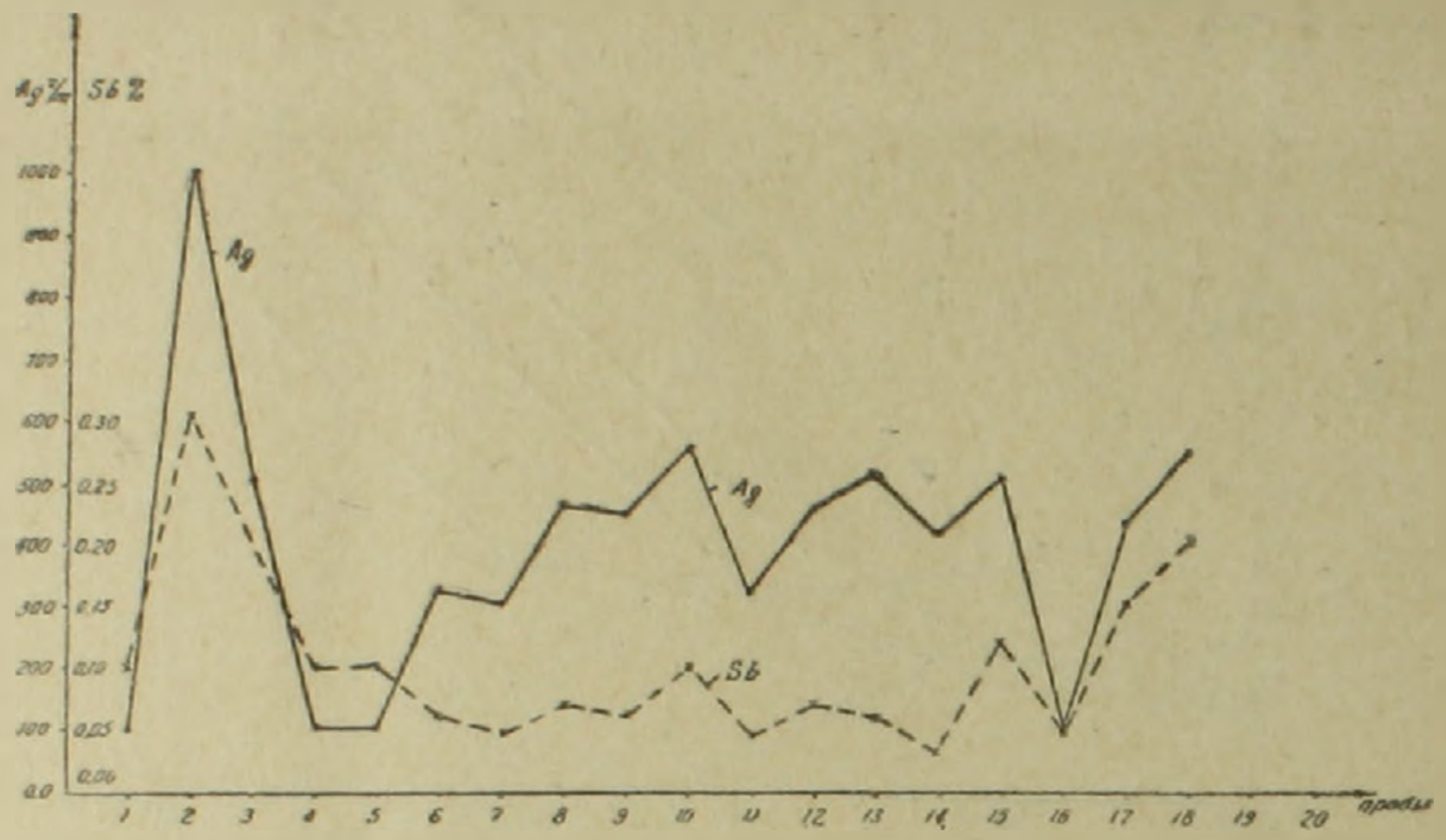
---

* Помимо вышеуказанных комплексных анионов, амфотерные As и Sb в гидротермальных процессах могут выступать также в виде простых ионов (аниона или катиона), которые характеризуются несравненно большими эками, чем их комплексные анионы и могут поэтому отлагаться также и в более высокотемпературной области (например некоторые арсениды), тем самым их поведение в этих условиях значительно отличается от поведения серебра.

** Положительные корреляционные связи между содержаниями серебра и сурьмы в галенитах, как показывают исследования автора, имеют более общее значение и отмеча-

(фиг. 6). Известно, что галенит является минералом—носителем не только серебра, но и ряда других ценных халькофильных элементов-примесей и поэтому установление их формы нахождения в галените является важным вопросом.

Исследования показывают, что в чистом галените серебро, как составная часть решетки, может присутствовать лишь в ограниченном ко-



Фиг. 6. Зависимость содержания серебра от содержаний сурьмы в галенитах (№№ 1—5, по данным спектральных анализов) и свинцовых концентратах (№№ 6—18; Ag по данным пробирных, Sb — химических анализов).

личестве, что зависит от температуры образования галенита и др. факторов. Ниссен и Гойт [8] экспериментально установили растворимость 0,6% Ag_2S и PbS при 800°С. Рамдор [9] на основании исследований многочисленных природных образцов дает более низкое значение растворимости—0,1% для высокотемпературных и 0,01% для низкотемпературных галенитов. Ограниченная растворимость Ag_2S в PbS экспериментально подтверждена также Вен Гуком [10], который наряду с этим показал, что в присутствии висмута предел растворимости Ag_2S в PbS значительно расширяется.

Если считать, что замещение свинца серебром сопровождается понижением энергии решетки галенита (эки· Ag^{1+}—0,60; Pb^{2+}—1,65), становится очевидным, что это замещение может совершаться только лишь в ограниченных пределах. Следует отметить, что в значительной степени отличаются также величины параметров решетки кубического Ag_2S ($a_0 = 4,89$) и галенита ($a_0 = 5,936$).

Естественно, что предел растворимости серебра в галените может значительно расширяться при внесении в решетку галенита наряду с серебром дополнительных ионов с большими эками (ионы Bi или Sb).

ются для руд различных формаций АрмССР. В галенитах из полиметаллических руд, приуроченных к медно-молибденовым рудным полям, помимо этого, наблюдается также аналогичная зависимость между содержаниями серебра и висмута.

Это комплексное замещение элементов происходит с увеличением энергии решетки и поэтому охватывает большой предел.

Роль висмута при таком замещении подробно исследована Рамдором [9] и Вен Гуком [10]. В случае присутствия сурьмы возможно замещение PbS высокотемпературным псевдокубическим миаргиритом — $AgSbS_2$ и арамайоитом — Ag (Sb, Bi) S_2, которые характеризуются очень близкими к галениту параметрами решетки (для миаргирита $a_0 = 5{,}829$, $b_0 = 5{,}829$; $c_0 = 5\,482$; для арамайоита $a_0 = 5{,}68$; $b_0 = 5{,}68$; $c_0 = 5{,}631$). Электростатическое равновесие при таком замещении достигается, очевидно, по схеме $Ag^{1+} + Sb^{3+}\ (Bi^{3+}) \rightarrow 2Pb^{2+}$. Следует отметить, что это замещение может происходить лишь при высоких температурах, поскольку указанные выше соединения при низких температурах претерпевают полиморфные превращения в моноклинную (миаргирит) и триклинную (арамайоит) модификации.

Представляется возможным также замещение свинца серебром и одновременное вхождение сурьмы в анионную часть галенита по схеме:

$$2Ag^{1+} \cdot 2Sb^{3-} \rightarrow Pb^{2+} \cdot 3S^{2-}$$

$$(\Sigma EK = 5{,}8) \quad (\Sigma EK = 5{,}1).$$

Хотя это замещение энергетически выгодно, однако может совершаться в ограниченных пределах и при высоких температурах, так как ионные радиусы Sb^{3-} (2.10 Å) и S^{2-} (1.74Å) несколько различные.

Помимо изоморфных форм, часть серебра в галените связана с блеклой рудой, мелкие бесформенные и каплевидные включения которой довольно часто отмечаются под микроскопом в полях галенита.

Вышеприведенными обстоятельствами очевидно объясняются тесные положительные корреляционные связи между содержаниями Ag и Sb в галените и свинцовых концентратах, а также довольно узкие пределы вариации отношений их содержаний.

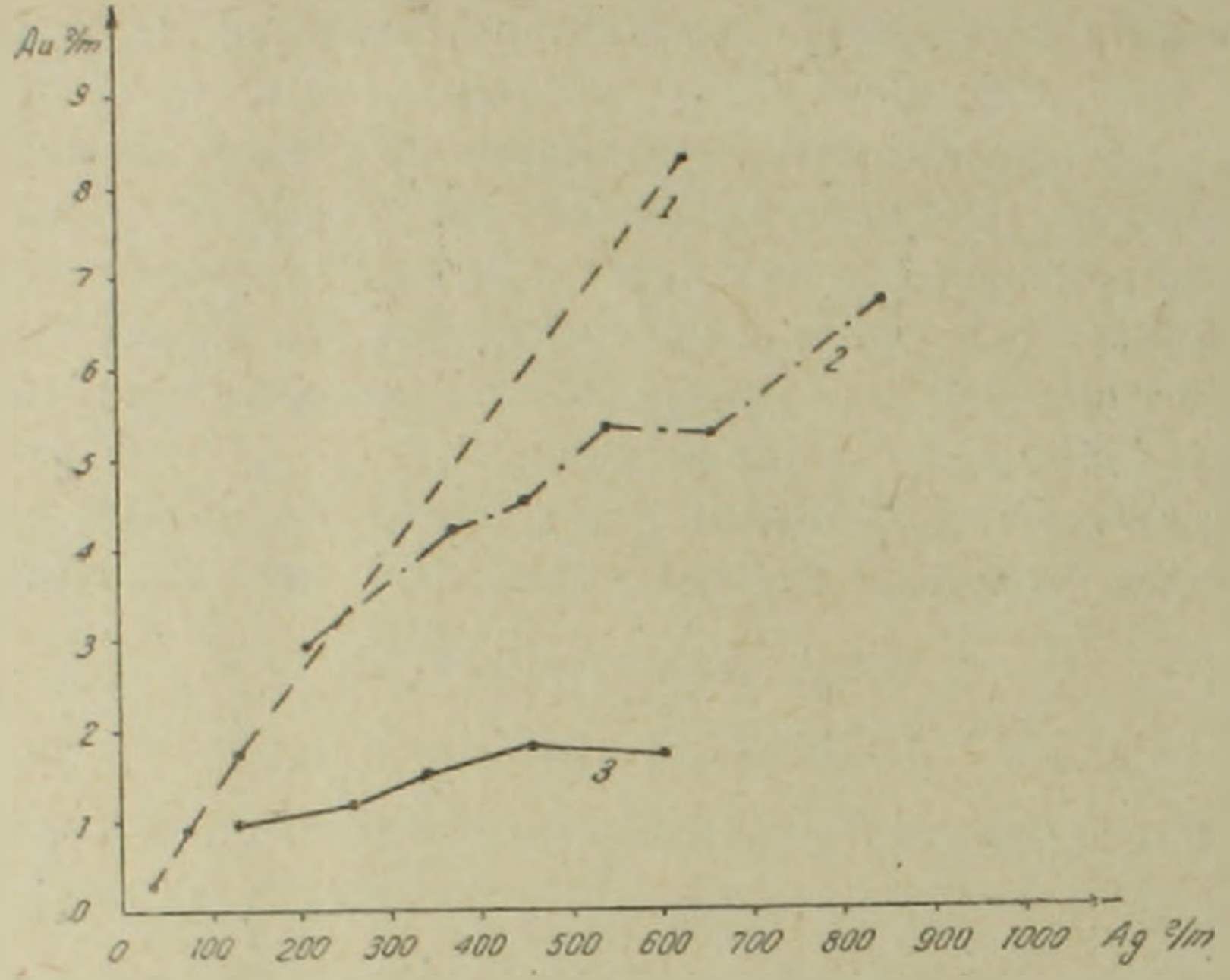
Зависимости содержаний золота и серебра изучены в рядовых рудах, медных и свинцовых концентратах*. Содержание этих элементов, как видно из приведенной диаграммы (фиг. 7). во всех случаях находятся в положительной зависимости друг от друга.

Зависимость содержания Au и Ag в рудах выражается прямой линией, что является признаком высокой степени корреляционной связи. В медных и свинцовых концентратах она выражается в виде кривых, проходящих на разных уровнях от оси абсцисс. Это связано с разностью отношений Ag : Au в свинцовых (в среднем = 250) и в медных (=110) концентратах. Интересно, что медные концентраты обогатительной фабрики обычно содержат больше серебра (в среднем 550 *г/т*), чем свинцовые (в среднем 370 *г/т*). Как показывают микроскопические исследования, это обусловлено переходом, при обогащении, в медный концентрат

---

* Кривые зависимости содержаний Au и Ag составлены на основании пробирных анализов (данные рудника).

серебросодержащей блеклой руды, которая, как отмечено выше, содержит большое количество серебра (и золота), чем галенит и халькопирит. Помимо этого, возможен переход в медный концентрат и минералов борнит-теннантитовой ассоциации, где содержание серебра достигает нескольких процентов.



Фиг. 7. Кривые зависимости содержания Au от содержания Ag: 1. в рудах (37). 2. в медных концентратах (56); 3. в свинцовых концентратах (71).

Любопытно, что положительные корреляционные связи между содержаниями серебра и золота устанавливаются в том случае, когда эти два элемента выступают в резко различных формах.

Золото в исследуемых рудах встречается в основном в виде самородных частиц, обнаруживаемых под микроскопом даже при его очень низких содержаниях (несколько *г/т*). Серебро химически тесно связано с сульфидами (блеклая руда, галенит, халькопирит и др.) и в меньшей степени с собственными минералами (штромейерит, аргентит, ялпаит и др.), которые обнаруживаются под микроскопом при довольно высоких содержаниях серебра*.

Наличие положительных корреляционных связей содержаний этих элементов в исследуемых рудах объясняется сходностью их поведений

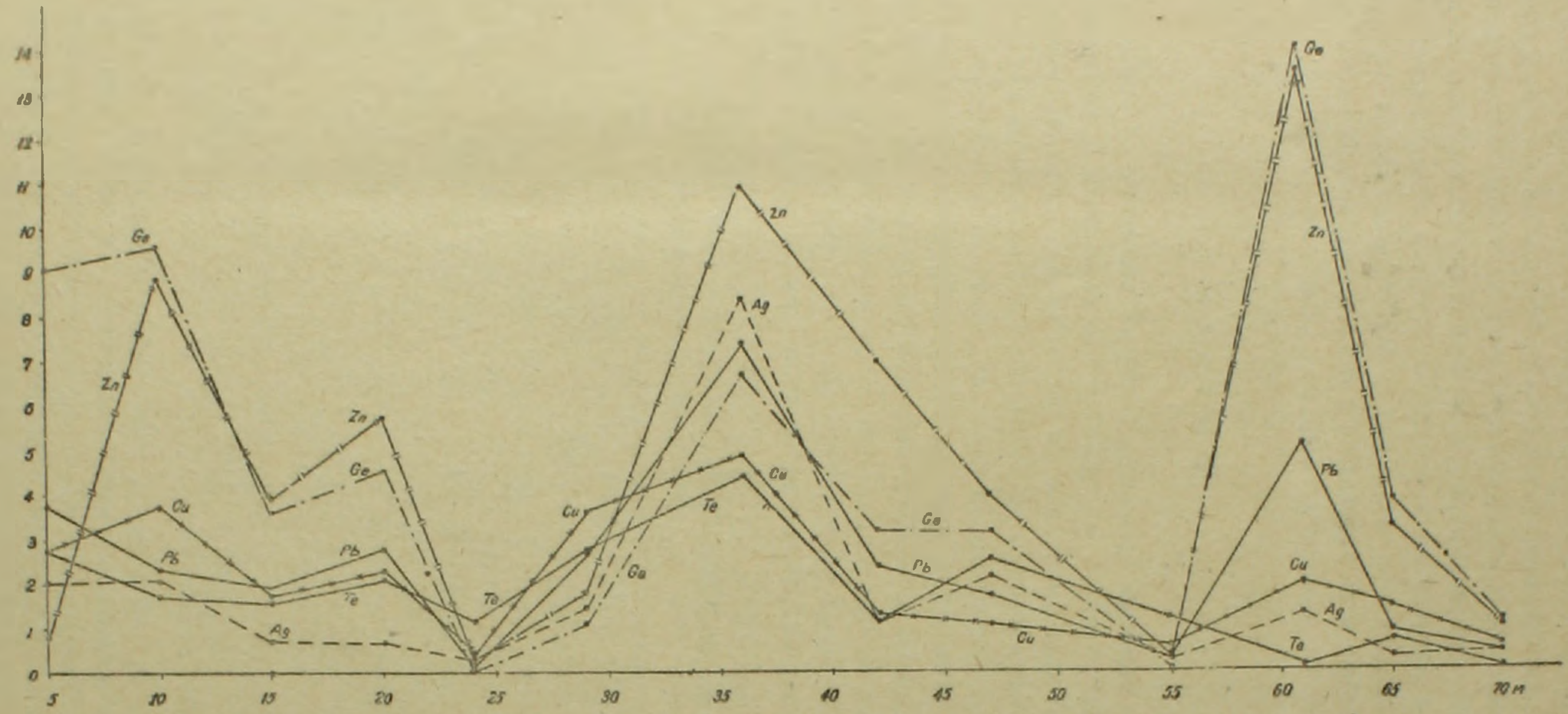
* Те содержания, при которых возможно обнаружить в тех или иных сульфидах собственные минералы серебра или же минералы-носители, зависят от свойств решеток сульфидных минералов, температуры их образования, а также от парагенезиса элементов. В ряду пирит, сфалерит, халькопирит, галенит и блеклая руда наблюдается заметное возрастание содержания серебра. В этом ряду каждый правостоящий минерал при определенных условиях может являться минералом-носителем серебра для левостоящего. В полях пирита и сфалерита обычно носители обнаруживаются при его содержании меньше 0,001%, в халькопирите—0,005%, в галените—0,01%, в блеклой руде исследуемого месторождения—0,3—1,0% и т. д.

в гидротермальных процессах, в результате чего обогащенные серебром участки руд в определенной степени обогащены также золотом. Характерной особенностью в поведении обоих этих элементов является общее возрастание их содержаний в рудах более поздних стадий минерализации. Однако в направлении развития рудного процесса тенденции накопления в поздних образованиях у золота проявлены несколько слабее, чем у серебра и выражаются в общем возрастании серебряно-золотого отношения от ранних к поздним сульфидам (табл. 1).

Выводы

Наиболее важным выводом, который вытекает из анализа вышеизложенного фактического материала—это взаимосвязь концентраций рудообразующих компонентов и согласованность их изменения, т. е. наличие в исследуемых рудах определенных положительных корреляционных связей между содержаниями главных, главных и акцессорных, а также между содержаниями акцессорных рудообразующих компонентов. Все это в совокупности, очевидно, вызвано специализацией рудоносных растворов с точки зрения их первичной обогащенности указанными элементами в определенных количественных соотношениях: слабо выраженной зональностью размещения разных типов руд в вертикальном и горизонтальном направлениях; преобладанием руд полиметаллической стадии минерализации; специфичными условиями рудообразования (быстрое падение температуры и давления); геохимическим родством ряда химических элементов, обусловливающим их сходные поведения в гидротермальном процессе и приводящим к совместному их накоплению. Эта взаимосвязанность концентраций рудообразующих компонентов наглядно представлена также на приведенной диаграмме вариации содержаний элементов (фиг. 8). Здесь содержания участвующих в диаграмме главных (Pb, Zn, Cu) и акцессорных (Ag, Te, Ge) компонентов за исключением нескольких случаев, находятся в положительной корреляционной зависимости друг с другом, что выражется в совпадении минимумов и максимумов вариационных кривых содержаний этих элементов.

Из вышеизложенного вытекает, что концентрации акцессорных элементов в исследуемых рудах контролируются главным образом содержанием основных рудообразующих компонентов и находятся в различных корреляционных взаимосвязях друг с другом. Содержание элементов Ag—Pb, Ag—Sb, Ge—As, Au—Ag характеризуюся более высокой степенью положительных корреляционных связей, чем содержания Ge—Zn, Te—Pb, Ge—Te, Ge—Ag. Особенности корреляционных связей перечисленных элементов рассматривались выше и наглядно иллюстрированы на приведенных диаграммах. Здесь только необходимо отметить, что степень положительности корреляционных связей между содержаниями указанных элементов находится в функциональной зависимости от их физико-химических свойств, причем наиболее вы-



Фиг 8. Вариационные кривые содержаний Pb, Cu, Zn, Ag, Ge и Te по штр. №№ 12 и 4, год 24, шт. № 16.
Примечание. Каждое деление оси ординат означает для Pb, Cu и Zn—1%; Te—1 *г/т*; Ag—0,01%; Ge—усл. ед.

сокая степень корреляционных связей отмечается у элементов, характеризующихся близкими кристалло-химическими свойствами (Ag—Pb, Ge—As. отчасти Ge—Zn) и сходными геохимическими поведениями в процессе рудообразования (Ag—Sb, Au—Ag, отчасти Ge—Ag и Te—Ag).

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 21.V. 1962

Վ. Հ. ՊԱՐՈՆԿՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ-Ի ԲԱԶՄԱՄԵՏԱՂԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻՑ ՄԵԿՈՒՄ ՀԱՆՔ ԱՌԱՋԱՑՆՈՂ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԷԼԵՄԵՆՏՆԵՐԻ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՐԱԲԵՐԱԿՑԱԿԱՆ ԿԱՊԵՐԻ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՋԸ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Ուսումնասիրվող հանքավայրի երկրաբանական կառուցվածքում մասնակցում են կվարցային պորֆիրիտները, որոնք ծածկվում են պորֆիրիտներով, տուֆերով և տուֆոբրեկչիաներով և ապա տուֆոգեն նստվածքային տիպի ապարների մի սերիայով։

Հանքային մարմինները ներկայացված են ոսպնյակներով, բներով և հրակիկա-ցանային տիպի հանքայնացված զոնաներով, որոնք տեղադրված են կվարցային պորֆիրիտների մեջ և հարում են նրանց և պորֆիրիտների կոնտակտային տեղամասերին։ Հիպոգեն հանքանյութերի միներալային կազմում մասնակցում են՝ սֆալերիտ, գալենիտ, խալկոպիրիտ, տեննանտիտ-տետրաէդրիտ, բորնիտ, խալկոզին, մարկազիտ, կասիտերիտ, բնածին ոսկի, արգենտիտ և բեռնխտինիտ։ Հեղինակի կողմից հայտնաբերվել են նաև մլլերիտ, շտորմեյներիտ, յալպաիտ, ստեֆանիտ, պոլիբազիտ, բնածին արծաթ և էլեկտրում։ Երակային միներալներ են հանդիսանում կվարցը, բարիտը, կաոլինիտը, կարբոնատները և, շատ հազվադեպ, գիպսը։

Հանքանյութերը կազմող քիմիական էլեմենտների հարաբերակցական կապերի ուսումնասիրությունները կատարվել են վարիացիոն ստատիստիկ եղանակով, որն ուղեկցվել է միներալոգիական, դեոքիմիական և այլն ուսումնասիրության մեթոդներով։ Այդ նպատակով այստեղ օգտագործվել են հանքանյութերի շարքային նմուշների, հանքային կոնցենտրատների, ինչպես նաև մոնոմիներալ նմուշների բազմաթիվ քիմիական, քանակական և կիսաքանակական սպեկտրալ անալիզների տվյալները։

Ամենակարևոր եզրահանգությունը, որը բխում է վերը շարադրված փաստական տվյալների վերլուծությունից, դա տվյալ հանքավայրի հանքանյութերը կազմող քիմիական էլեմենտների պարունակությունների փոխադարձ կապն ու պայմանավորվածությունն է։ Հանքառաջացնող կոմպոնենտների պարունակությունները մեծ մասամբ միմյանց նկատմամբ գտնվում են ուղղակի, դրական հարաբերակցական կապերի մեջ, որոնք էլեմենտների տարբեր զույգերի համար արտահայտվում են տարբեր տեսքի մեծ մասամբ վերընթաց կորերով։ Նշված կապերը բնորոշ են ինչպես հանքանյութերը կազմող գլխավոր (Pb, Cu, Zn), այնպես էլ ակցեսոր էլեմենտներին (Ag, Au, Ge,

Te)։ *Այդ հավանաբար պայմանավորված է հանքառաջացնող լուծույթների մասնագիտացմամբ, այսինքն նրանցում վիրը նշված էլեմենտների սկզբնական առկայությամբ՝ որոշակի քանակական հարաբերություններով, տարբեր տիպի հանքանյութերի շատ թույլ կերպով արտահայտված զոնալ տեղադրմամբ, որոշ էլեմենտների գեոքիմիական նման առանձնահատկություններով, որը հանգեցնում է նրանց միատեղ և միաժամանակյա կուտակմանը։*

*Հոդվածում շարադրվածից բխում է նաև, որ ակցեսոր էլեմենտների հանքանյութերում կուտակման աստիճանը հիմնականում պայմանավորված է գլխավոր հանքառաջացնող էլեմենտների պարունակություններով և որ ակցեսոր էլեմենտները գտնվում են տարբեր հարաբերակցական կապերի մեջ ինչպես միմյանց, այնպես էլ գլխավոր էլեմենտների նկատմամբ։ Նշվում են էլեմենտներ, որոնց պարունակությունները միմյանց նկատմամբ զրոնվում են բարձր աստիճանի հարաբերակցական կապերի մեջ (*Ag—Pb, Ag—Sb, Ge—As, Au—Ag*) և էլեմենտներ, որոնց պարունակությունների հարաբերակցական կապերը արտահայտվում են դրականության համեմատաբար ավելի ցածր աստիճանով (*Ge—Zn, Te—Pb, Ge—Te, Ge—Ag*)։ Այդ կապերի մանրամասն շարադրանքը բերված է հոդվածում։ Անհրաժեշտ է այստեղ նշել, որ հարաբերակցական կապերի դրականության աստիճանը գտնվում է ֆունկցիոնալ կախման մեջ այդ էլեմենտների գեոքիմիական առանձնահատկություններից, ընդ որում ամենարարձր աստիճանի հարաբերակցական կապեր նկատվում են այն էլեմենտների մոտ, որոնք բնորոշվում են նման կրիստալլոքիմիական հատկություններով (*Ag—Pb, Ge—As, Ge—Zn*), *ինչպես նաև համանման վարքով հիդրոտերմալ հանքառաջացնող պրոցեսներում (*Ag—Sb, Au—Ag, *մասամբ* Ge—Ag *և* Te—Ag)։

ЛИТЕРАТУРА

1. **Гинзбург И. И.** Опыт разработки теоретических основ геохимических методов поисков. Госгеолтехиздат, М., 1957.
2. **Гоганов В. А., Кропачев А. М.** Применение корреляционного анализа при решении некоторых геохимических вопросов на примере молибденового месторождения в Восточном Забайкалье. «Геохимия», № 2, 1962.
3. **Литвинович А. Н.** Методика изучения редких рассеянных элементов в полиметаллических рудах. Изд. АН Казахской ССР, Алма-Ата, 1961.
4. **Магакьян И. Г., Мкртчян С. С.** Взаимосвязь структуры, магматизма и металлогении на примере Малого Кавказа. Изв. АН АрмССР, № 4, 1957.
5. **Ферсман А. Е.** Избранные труды. Т. V. Изд. АН СССР, М., 1959.
6. **Хачатурян Э. А., Коджоян А. А.** Об обнаружении реньерита на одном из полиметаллических месторождений АрмССР, Изв. АН АрмССР, № 3—4, 1960.
7. **Goldschmidt V. M** Geochemistry. Oxford. Univ. press, 1954.
8. **Nissen A. P. and Hoyt S. L.** On the occurences of silver in argentiferous galena ores. Econ. Geol., v. 10, 1915.
9. **Ramdohr P.** Die Erzmineralien und ihre Verwachsungen. Akademie-Verlag, Berlin, 1955.
10. **Van Hook H. I.** The ternary system $Ag_2S—Bi_2S_3—PbS$. Econ. Geol., № 4, 1960.