

Г. В. ШАГИНЯН

О НЕКОТОРЫХ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЯХ ЗОЛОТО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПРИ ПОИСКАХ

(на примере одного золото-полиметаллического месторождения
Армянской ССР)

В статье рассматриваются закономерности метаморфизации химического состава вод в пределах жильных золото-полиметаллических месторождений. Рассматриваются аномальные содержания макро-и микрокомпонентов как гидрохимические показатели оруденения, а также их значение для прогноза жильных золото-полиметаллических руд.

Рудное поле изученного месторождения локализовано в средне-верхнеэоценовых вулканогенно-обломочных образованиях, представленных лавами, лавовыми брекчиями, туфами андезито-базальтов с прослоями туфопесчаников. Отмечаются также и субвулканические тела андезитов и базальтов. Широкое распространение имеет дайковый комплекс, представленный диорит-порфиритами и риолитовыми порфирами (кварцевые порфиры) средне-верхнеэоценового возраста. Этот комплекс пород вместе с субвулканическими телами андезитов и базальтов перекрыт покровами лавовых брекчий и туфов андезитов, андезито-дацитов среднемиоценового возраста (по данным О. П. Гуюмджяна). Рудные тела представлены жилами и жильными зонами, развитыми в пирокластических образованиях. Нередко жилы приурочены к контактам даек с гидротермально измененными породами. В пределах рудного поля рассматриваемого месторождения совмещены продукты рудообразовательных процессов раннеорогенной (собственно золото-полиметаллические руды верхнего эоцена—нижнего олигоцена) и позднеорогенной (реальгар-аурипигментовая минерализация мнплиоценового возраста) стадий развития области [3]. В составе руд участвуют: пирит, галенит, сфалерит, пирротин, блеклая руда, аурипигмент, реальгар, антимонит, буланжерит, геокронит, самородное золото. Жильные минералы представлены кварцем, кальцитом, в небольшом количестве иногда присутствует и барит.

Рельеф участка месторождения характеризуется большой крутизной и интенсивной расчлененностью. На расстоянии одного километра перепад высот составляет 500 м, что в конечном счете и обуславливает отсутствие четко выраженной зоны окисления. В районе месторождения господствует умеренный климат с непродолжительным летом и холодной зимой. Среднегодовая температура воздуха $+2^{\circ}\text{C}$, суммарное количество годовых осадков—700—750 мм.

Анализ биоклиматических, рельефно-морфологических и геолого-литологических факторов позволяет территорию описываемого месторождения отнести к ландшафтам сухих лесов и кустарников с кислым классом водной миграции, развитым на лесных коричневых почвах в условиях интенсивно расчлененного рельефа, сложенного вулканогенными образованиями палеоген-неогена. Река, являющаяся основной водной артерией района, дренирует значительную часть вод зон регионального и местного стоков, циркулирующих в пределах рудного поля. Преобладание вулканогенных образований обуславливает трещинный, грунтово-трещинный тип циркуляции вод, выклинивающихся на поверхность по местным базисам эрозий. Локальной областью питания изученных вод являются склоны южной экспозиции апофизного хребта, в пределах которого формы рельефа обуславливают преобладание наземного стока над подземным. Выходы подземных вод на территории месторождения немногочисленны. Действующие источники в основном носят сезонный характер, что свидетельствует о их принадлежности к водам зоны местного стока. В настоящее время горные выработки тяжелого типа выполняют роль путей разгрузки подземных вод, приводя к осу-

шению источников, оказавшихся в радиусе действия депрессионных воронок. Только небольшая часть подземных вод, движущихся по направлениям основных зон нарушений, разгружается за пределами месторождения. Две штольни, пересекающие нижние горизонты месторождения, вместе дренируют до 15 л воды в секунду, образуя один из наиболее крупных левых притоков основной водной артерии. Воды этого притока формируют свой химический состав под действием окисляющихся рудных тел и по существу являются водами нового химического класса для данного района. Метаморфизации подвергнуты и воды фланговых частей месторождения, что было установлено сравнительным анализом вод. Так, если в бассейне верхнего течения реки воды в большинстве случаев гидрокарбонатного, кальцево-магнево-натриевого класса с минерализацией 110—230 мг/л, а в нижнем течении, после смешивания с рудничными водами—гидрокарбонатные, кальцево-магниево-натриевые с минерализацией до 300 мг/л (табл. 1), на самой территории месторождения, в пределах крайне западного лога, в результате метаморфизации химический состав вод приобрел класс гидрокарбонатно-сульфатный, кальцево-магнево-натриевый с минерализацией 200—240 мг/л. Воды соседнего лога, расположенного ближе к участку известного оруденения, характеризуются сульфатным, кальцево-магниево-натриевым составом с минерализацией до 630 мг/л. В пределах центрального участка месторождения, подвергнутого геологоразведочным работам, величина общей минерализации вод достигает 670 мг/л при сульфатно-гидрокарбонатном, кальцево-магниево-натриевом классе. Наконец, воды лога, расположенного к востоку от центрального участка, характеризуются гидрокарбонатным, кальцево-магниево-натриевым классом с минерализацией до 300 мг/л.

В результате метаморфизации вод под воздействием рудной минерализации произошли существенные изменения и в их микрокомпонентном составе. Сказанное наглядно иллюстрирует график содержания макро- и микрокомпонентного составов вод ручья, дренирующего центральный участок месторождения (рис. 1). По течению ручья отмечается постепенное восстановление фонового характера вод, и этот процесс наиболее отчетливо отражается на микрокомпонентной составляющей, что обусловлено наличием различных геохимических барьеров, приводящих к более интенсивному выпадению из раствора компонентов рудной минерализации. Но в целом ореол аномальных содержаний макрокомпонентов в водах более протяженный, что позволяет уверенно диагностировать воды, подвергшиеся метаморфизации в пределах рудного поля.

Таким образом, намечается ряд компонентов, аномальные содержания которых могут служить критериями для поиска золото-полиметаллического оруденения в аналогичных или сходных природных условиях [2]. Однако, руководствуясь инструкцией гидрохимических методов поисков для масштаба 1:25000 [1] при упомянутых условиях, как будет показано далее, в зависимости от величин ореолов аномальных содержаний компонентов можно пропустить рудопроявление. В настоящей статье сделана попытка выявить наиболее рациональный набор инградиентов, относимых к категории главных и второстепенных и среди них—прямых и косвенных геохимических показателей при проведении гидрохимических поисков в масштабе 1:25000.

Из графика явствует, что из макрокомпонентов к числу главных показателей оруденения относится величина общей минерализации вод. Под влиянием окислительных процессов рудных тел этот показатель превосходит фоновые концентрации более чем в 2,5—3 раза. Поэтому кларк концентрации его может быть использован в качестве надежного

поискового признака оруденения ($K_x = \frac{\text{конц. вблизи рудных тел}}{\text{фоновая концентрация}}$

> 2.5). Но, так как общая минерализация вод может быть повышенной и в зависимости от наличия других типов оруденения или состава

пород, ее надо отнести к числу главных второстепенных показателей оруденения. Среди главных косвенных показателей оруденения является важным и повышение концентрации сульфат-иона, $K_{SO_4} > 3$. Отмеченные инградиенты находятся в тесной взаимосвязи и обладают наиболее протяженными ореолами аномальных значений, что обеспечивает более разряженный шаг опробования (200—220 м для $M_{\text{сш}}$ и 180—200 м для сульфат-иона) при поисках оруденения.

Изучение рудничных вод описываемого месторождения показало, что в результате процесса разложения сульфидов в водном растворе повышается концентрация сульфат-иона, понижается pH до значений 6,6, что соответствует слабокислой среде. Учитывая концентрацию сульфат-иона, можно предполагать о довольно интенсивном проявлении процессов окисления с образованием кислых вод, которые подвергаются, однако, разбавлению околонеutralными водами. В результате действие pH среды ограничивается созданием щелочного барьера, на котором интенсивность аномального проявления быстро затухает (рис. 1).

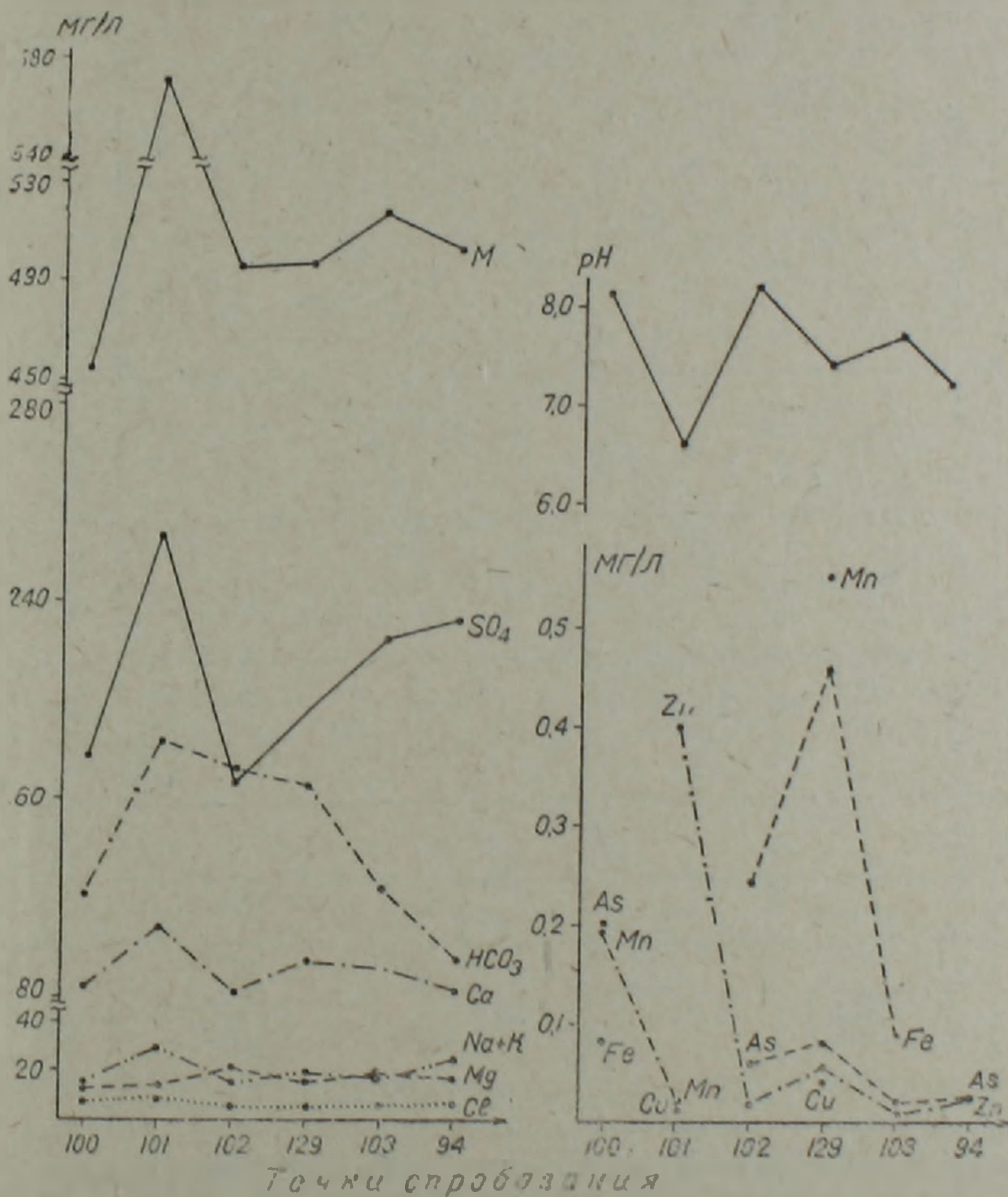


Рис. 1. Графики содержаний макро- и микрокомпонентов в водах центрального участка месторождения.

Тем не менее pH водного раствора в пределах месторождений данного типа может выступать в качестве главного косвенного критерия прогноза оруденения на стадии детальных поисковых работ, направленных на выявление рудных тел.

Анализы микрокомпонентного состава вод показывают, что микрокомпоненты не отличаются большой информативностью. Почти во всех водах зоны окисления месторождения обнаружены сравнительно повы-

Содержания макро- и микрокомпонентов в водах бассейна

Таблица 1

	экв %							мг л							
	рН	М _{общ.}	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe _{общ.}	Cu	Zn	Mn	As		
Верхнее течение	инт. сод.	6,93—8,4	97—231	16—27	37—62	18—40	5—12	9—33	50—84	не обн.—0,16	0,004—0,006	не обн.—0,015	не обн.—0,055	не обн.	
	тип. ан.	7,32	166	22	48	30	6	14	80	не обн.	0,001	не обн.	не обн.	не обн.	
Участок месторождения	кр. зап. лог	инт. сод.	7,77—8,4	203—242	13—17	65—66	17—22	7	23—25	68—75	0,2—0,5	не обн.—0,008	не обн.—0,01	не обн.	не обн.
		тип. ан.	7,7	240	16	65	19	7	23	70	0,2	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
	зап. лог	инт. сод.	4,0	526—630	8—15	58—66	19—31	2—3	86—95	3—11	не обн.	не обн.—0,012	0,02—0,03	не обн.—11,0	не обн.—0,02
		тип. ан.	4,0	610	14	60	26	3	90	7	не обн.	0,012	0,02	не обн.	0,02
	центр. уч-к	инт. сод.	6,6—8,19	455—670	10—16	63—71	13—26	2—3	54—73	24—44	0,08—1,8	0,016—0,04	0,01—0,4	0,02—0,55	0,02—0,2
		тип. ан.	7,44	515	12	66	22	3	63	34	0,08	0,04	0,02	0,19	0,06
	вост. лог	инт. сод.	7,84—8,06	292—305	8—12	69—78	11—23	3—5	9—10	85—88	не обн.—0,12	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.—0,1
		тип. ан.	7,98	306	12	72	16	4	9	87	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,04
Нижнее течение	инт. сод.	8,18—8,28	178—315	13—21	53—65	21—26	4—7	5—36	57—86	не обн.	не обн.—0,004	не обн.	не обн.	не обн.	
	тип. ан.	8,19	312	14	65	21	6	10	84	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	

шенные концентрации цинка, марганца, железа, мышьяка, в единичных пробах зафиксированы золото, медь.

Поставщиком меди являются халькопирит и другие минералы меди. Их разложение происходит по схеме: $\text{CuFeS}_2 + 4\text{O}_2 = \text{CuSO}_4 + \text{FeSO}_4$. Растворимость CuSO_4 в воде при $T=25^\circ\text{C}$ составляет 205 г/кг [4], поэтому медь легко переходит в раствор. Однако, вследствие большой зависимости миграции элементов от кислотно-щелочных условий раствора протяженность ореола меди в условиях околосейтральных вод, как показано на карте (рис. 2), весьма ограниченная (~60 м), что позволяет относить этот показатель к числу второстепенных прямых.

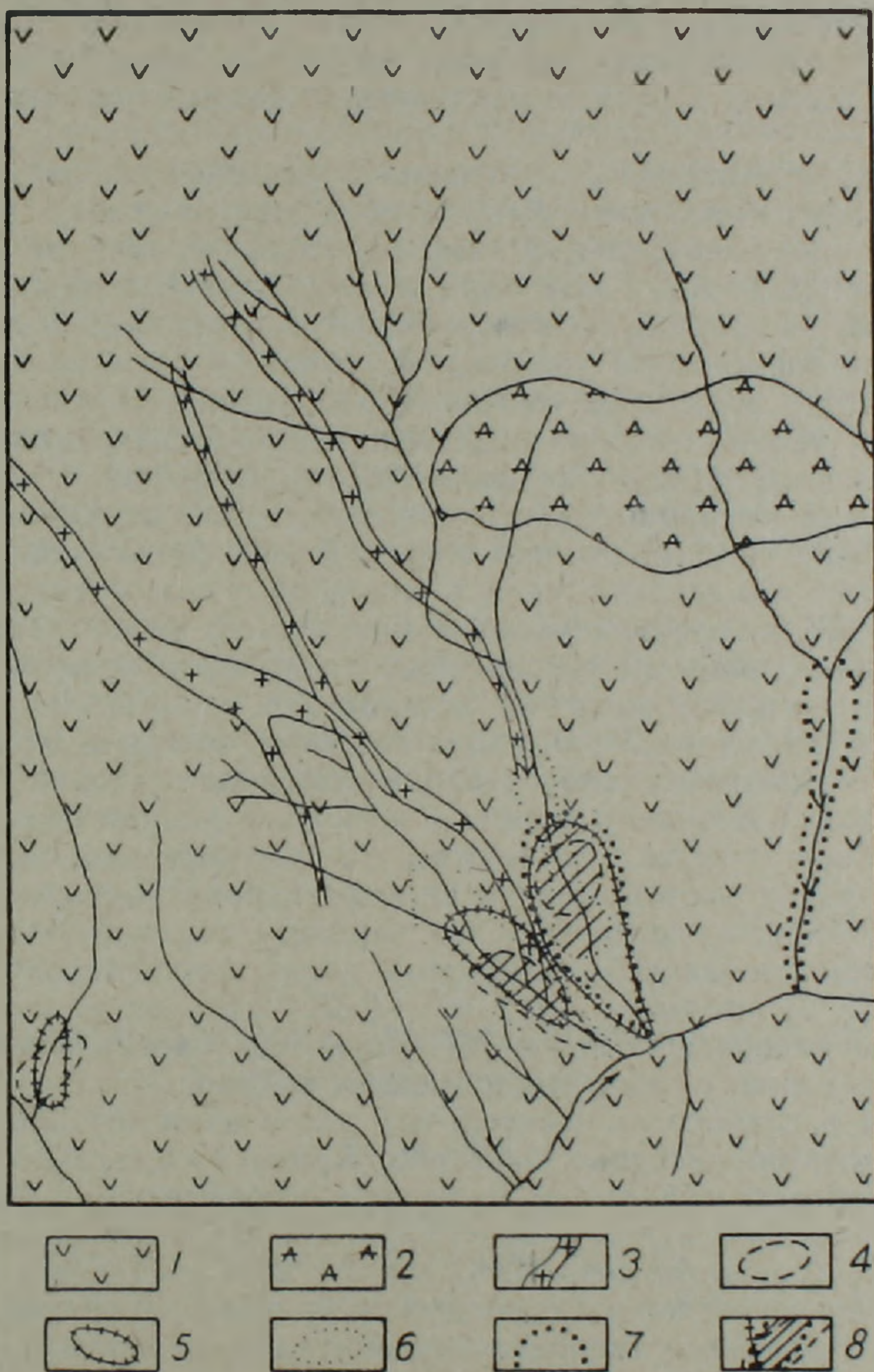


Рис. 2. Схематическая карта гидрохимических аномалий участка месторождения. 1—средне-верхнеэоценовые туфобрекчии, андезитовые порфириды, туффиты; 2—среднемиоценовые андезито-дациты, дациты; 3—средне-верхнеэоценовые диорит-порфириновые и гранодиорит-порфириновые дайкы; 4—ореолы аномальных содержаний Cu; 5—ореолы аномальных содержаний Zn; 6—ореолы аномальных содержаний Mn; 7—ореолы аномальных содержаний As; 8—известные и перспективные участки оруденения.

Содержание цинка в водах месторождения достигает от 0,01 до 0,4 мг/л. Поставщиком его в основном является сфалерит: $\text{ZnS} + 2\text{O}_2 = \text{ZnSO}_4$. Растворимость ZnSO_4 составляет 541 г/кг [4]. Поскольку в водной среде цинк меньше подвержен действию щелочного геохимического барьера, чем медь, его концентрации и величина ореола аномальных содержаний достигают сравнительно больших размеров (160—170 м,

рис. 2), что позволяет считать цикл главным прямым поисковым признаком оруденения. Благоприятная ландшафтно-геохимическая обстановка способствует удержанию этого компонента в поверхностных водах при значениях pH среды, отвечающих нейтральной или слабощелочной среде.

Интенсивнее происходит окисление пирита, который разлагается по схеме: $\text{FeS}_2 + 7\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$. Растворимость FeSO_4 составляет 263 г/кг [4], но железо в гипергенных условиях очень быстро переходит в трехвалентное состояние $\text{Fe}(\text{OH})_3$, которое является его самой трудноподвижной формой при слабокислых или околонейтральных значениях pH среды, и потому протяженность его водного ореола на месторождении составляет всего 60—70 м. Это дает основание отнести железо к ряду второстепенных прямых показателей оруденения.

В целом небольшие концентрации перечисленных металлов в водах, связанных с окислением руд месторождения, являются результатом циркуляции околонейтральных или слабокислых вод со значениями pH среды от 6,8 до 8,2. Такие воды не обладают большой агрессивной способностью по отношению к первичным сульфидам и не способствуют миграции элементов в упомянутой среде. Та часть металлов, которая переходит в подвижное состояние, при изменении щелочно-кислотных условий среды, снова осаждается, давая весьма ограниченные и слабоконтрастные ореолы аномальных концентраций.

В процессе миграции меди и частично цинка немаловажную роль играют органические соединения и в частности фульвокислоты. В присутствии этого компонента медь в растворе почти полностью бывает представленной медь-органическими формами. В водах месторождения обнаружены органические соединения, однако их влияние на поведение упомянутых металлов пока не исследовано.

В водах центрального и западного логов месторождения установлены резко аномальные концентрации марганца, среднее содержание которого в водах западного фланга в несколько раз превышает таковое на центральном участке, где ведутся разведочные работы. Минералы марганца в рудах месторождения не зафиксированы, однако, по нашему мнению, могут существовать два варианта перехода Mn в воды. В процессе существования в подземных водах бескислородной глеевой обстановки с Eh среды от $-0,2$ до $-0,3\text{В}$ марганец может поступать в раствор из вмещающих пород [5]. Поведение марганца в зоне гипергенеза очень схоже с поведением железа, но марганец быстрее восстанавливается в слабовосстановительных условиях и меньше подвержен влиянию кислотно-щелочных барьеров. Кроме того, сульфат марганца (MnSO_4), который образуется даже при сравнительно небольших содержаниях этого элемента, в присутствии H_2SO_4 очень легко и быстро растворяется (растворимость MnS_4 при $T = 25^\circ\text{C}$ составляет 393 г/л [4]) и может в глеевых растворах свободно мигрировать в пределах зоны гипергенеза. Но поскольку такие условия могут существовать только в зоне окисления и то на очень небольших участках интенсивного бескислородного процесса, в большинстве случаев в зоне циркуляции кислородных вод марганец встречается в основном в труднорастворимых и трудноподвижных формах. По-видимому, отмеченные условия обусловили образование высоких содержаний марганца в водах зоны окисления и его отсутствие в водах фоновых. Таким образом концентрация марганца может быть связана и с процессом окисления руд и поэтому он может выступать в качестве второстепенного косвенного показателя оруденения. Величина его водного ореола на месторождении составляет примерно 80 м (рис. 2).

Поставщиком мышьяка в воды месторождения являются энаргит, теннантит, аурипигмент, реальгар, которые в зоне гипергенеза неустойчивы и, разлагаясь, приводят слагающий их мышьяк в подвижное состояние. По С. С. Смирнову [6], в условиях зоны окисления реальгар

быстро окисляется по схеме: $12AsS + 3O_2 = 4As_2S_3 + 2As_2O_3$; образуя хорошо растворимый арсенолит.

Также легко разлагается и аурипигмент: $As_2S_3 + 3H_2O + 6O = As_2O_3 + 3H_2SO_4$. Образованный арсенолит $-As_2O_3$ обладает большой способностью растворяться. Анионогенность мышьяка обуславливает его переход в подземные воды и в результате действия на его сульфиды различных анионов [4]: $As_2S_3 + 6OH^- = AsO_3^{3-} + AsS_3^{3-} + 3H_2O$; $As_2S_3 + 3CO_3^{2-} = AsO_3^{3-} + AsS_3^{3-} + 3CO_2$; $As_2S_3 + 3HS^- = 2AsS_3^{3-} + 3H^+$.

Протяженность ореолов аномальных значений мышьяка (150—200 м. рис. 2) для данного месторождения значительная. В подобных условиях мышьяк может служить в качестве главного косвенного показателя для прогноза оруденения.

Анализ главных и второстепенных показателей аномальных концентраций показывает, что они не представлены широкими ореолами, а обладают локальными, иногда совмещенными, а местами разорванными в пространстве вышефоновыми концентрациями¹.

Исходя из вышеизложенного и учитывая различную информативность рассмотренных компонентов (частота встречаемости данного компонента в рудничных водах, абсолютное его содержание, протяженность водного ореола и т. д.), можно наметить определенную взаимосвязь между перечисленными факторами и отмеченные компоненты сгруппировать в качестве геохимических показателей в следующем порядке: главный прямой—Zn, главный косвенный— $M_{общ.} SO_4$, As, pH, класс воды, второстепенный прямой—Cu, Fe, второстепенный косвенный—Mn.

Интерпретация инградиентов позволяет говорить о том, что контрастность аномалий западного ущелья месторождения более высокая, чем на центральном участке, где ныне проводятся геологоразведочные работы. Эта контрастность связана либо с более интенсивным протеканием процессов окисления руд, либо с наличием здесь более богатого оруденения.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 18.II.1986.

Հ. Վ. ՇԱՀԻՆՅԱՆ

ՈՍԿԻ-ԲԱԶՄԱՄԵՏԱՂԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՅՆԱՑՄԱՆ ՈՐՈՆՄԱՆ ՈՐՈՇ ԶՐԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ՑՈՒՑԻՉՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում քննարկվում և պարզաբանվում են Հայկական ՍՍՀ երակային տիպի ոսկի-բազմամետաղային հանքավայրերից մեկի բնատարածքում շրջապատույտ կատարող ջրերի քիմիական կազմի փոփոխություններն ու դրանց առաջացման պատճառները: Ցույց է տրված, որ քիմիական բաղադրիչների երկրորդային ջրաքիմիական եզրապսակների տարածման շեղումնային արժեքների օգնությամբ կարելի է կանխագուշակել տվյալ տիպի հանքայնացման գոյությունը: Նույն նպատակին է ծառայեցված նաև քիմիական բաղադրիչների դասակարգումն ըստ նրանց տեղեկատվության աստիճանի: Առանձնացվել են հանքայնացման ջրաքիմիական ցուցիչների երկու խումբ՝ գլխավոր և երկրորդական, ըստ որում յուրաքանչյուր խմբում անջատված են ուղղակի և անուղղակի ցուցիչները: Դրանից բացի, ելնելով տեղանքի ունիվերսալ առանձնահատկություններից և հանքավայրի տիպից, ոսկի-բազմամետաղային հանքայնացման ջրաքիմիական որոնողական աշխատանքների մեթոդիկայում լրացումներ են առաջարկվել:

¹ Содержания свинца в водах месторождения не были определены, но данные аналогичных работ [2] позволяют полагать, что если свинец и может служить показателем оруденения, то лишь в качестве второстепенного прямого.

SOME SEARCHING HYDROCHEMICAL INDICES OF THE
GOLD-POLYMETALLIC MINERALIZATION

A b s t r a c t

The circulating underground waters chemical composition alteration is considered in the limits of a veined type gold-polymetallic ore deposit. The anomalous contents of macro- and micro-components are considered as indices of mineralization as well as their significance for prognostication the veined type gold-polymetallic ores is outlined.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1983, 188 с.
2. Капелян П. М. Основные гидрохимические показатели Айоцзорского рудного района.—Изв. АН АрмССР, сер. геол. и географ. науки, 1962, т. 15, № 3, с. 45—60.
3. Карапетян А. И. Эндогенные рудные формации Памбак-Зангезурской металлогенической зоны Малого Кавказа. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1982, 348 с.
4. Колотов Б. А., Крайнов С. Р., Рубейкин В. З., Самсонов Г. Б., Соколов И. Ю., Эленбоген А. М. Основы гидрохимических поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1983, 195 с.
5. Перельман А. И. Геохимия эпигенетических процессов. М.: Недра, 1968, 316 с.
6. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. М.—Л.: Изд. АН СССР, 1955, 320 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XXXIX, № 4, 36—41, 1986
УДК 552.22:537.63(479.25)

Г. М. АВЧЯН, В. В. НАГАПЕТЯН, Г. Г. МАРКОСЯН

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ
 V_p ОТ ДИНАМИЧЕСКОЙ И СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ В
ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Исследовано влияние магнитного поля на зависимость скорости V_p от динамической и статической нагрузки в горных породах. Установлено, что после наложения постоянного магнитного поля время вступления продольной волны при одинаковых давлениях уменьшается, а ее амплитуда увеличивается. Среднее увеличение скорости V_p составляет от 5 до 15% по сравнению со скоростью V_p при заданном давлении в поле $H=0,5$ э. При динамическом же ударе внешнее магнитное поле способствует образованию микротрещин, т. е. наблюдается «смягчение» породы, приводящее к ее разрушению.

На основании приведенных результатов установлено уменьшение сопротивления породы сжатию под действием магнитного поля и, следовательно, разрушению.

Как известно, упругие модули ферромагнетиков и различных сплавов являются функцией внешнего магнитного поля. Согласно К. П. Белову [2], модуль Юнга E никеля с увеличением магнитного поля увеличивается. Аналогично для сплава типа пермоллой E в диапазоне температур от 0 до 600°C увеличивается с ростом магнитного поля. В работах Р. Труэлла, Е. Эльбаума и Б. Чика [4], В. П. Сизова [3] и др. рассматривается зависимость скорости продольных волн V_p в никеле от магнитной индукции B . С ростом индукции повышается V_p . Величина роста определяется частотой ультразвуковых колебаний и температурой. С повышением магнитной индукции заметно уменьшается затухание. Последнее в значительной степени зависит от частоты. Указанные результаты предопределили цель настоящей работы, а именно, исследовать наличие зависимости упругих параметров горных пород, содержащих ферромагнитные минералы от магнитного поля, а также исследовать характер изменения упругих параметров пород при воздейст-