

слоев, и лишена ее, если образована торцами смежных граней, т. е. является «гранью торможения» (фиг. 1).



Фиг. а—грань октаэдра (грань торможения), образуемая торцами граней куба; б—грань октаэдра, растущая последовательным нарастанием слоев.

Таким образом, становится ясно, что для выяснения связи морфологии кристалла с содержанием примесей совершенно недостаточно сравнивать кристаллы, различающиеся по форме. Необходимо, чтобы это различие сохранялось на всех этапах роста сравниваемых кристаллов. Точно так же отождествление кристаллов одинаковой формы допустимо лишь при одинаковой эволюции их формы в процессе роста. На фиг. 2 изображены срезы кубических кристаллов, которые, несмотря на одинаковую конечную огранку, в процессе роста были огранены различными простыми формами и поэтому не могут быть отождествлены при исследовании вопроса о примесях.

Ниже приводятся результаты наших исследований по вопросу связи морфологии кристаллов и содержания в них примесей, проведенных с учетом вышеотмеченного.

Анализы исследованных пиритов производились в спектральной лаборатории ИГН по методике приближенного количественного спектрального анализа, предложенной М. М. Клером (*).^{**} Указанная методика применена нами с некоторыми изменениями, позволяющими повысить точность метода.

Для элементов Ni, Co, Mn были проведены повторные анализы с применением следующих дополнительных мер, сводящих ошибку анализа до минимума.

1. Использование спектрографа ДФС-13 (решетка 600 штрихов на 1 мм, 1 порядок), позволившее выбрать чувствительные аналитические линии, свободные от наложений линий железа.

2. Для каждой аналитической линии в качестве линии сравнения (внутреннего стандарта) подбиралась наиболее гомологичная линия основного элемента пробы — железа.

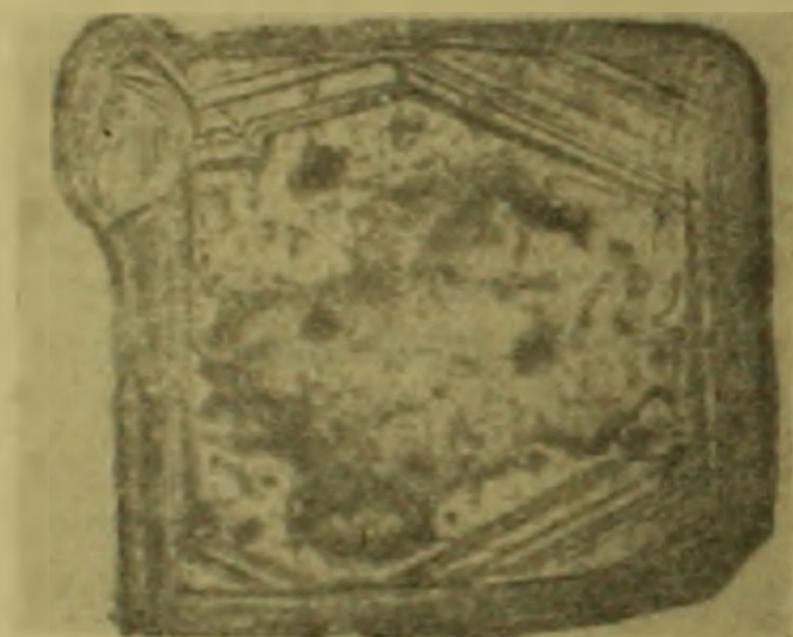
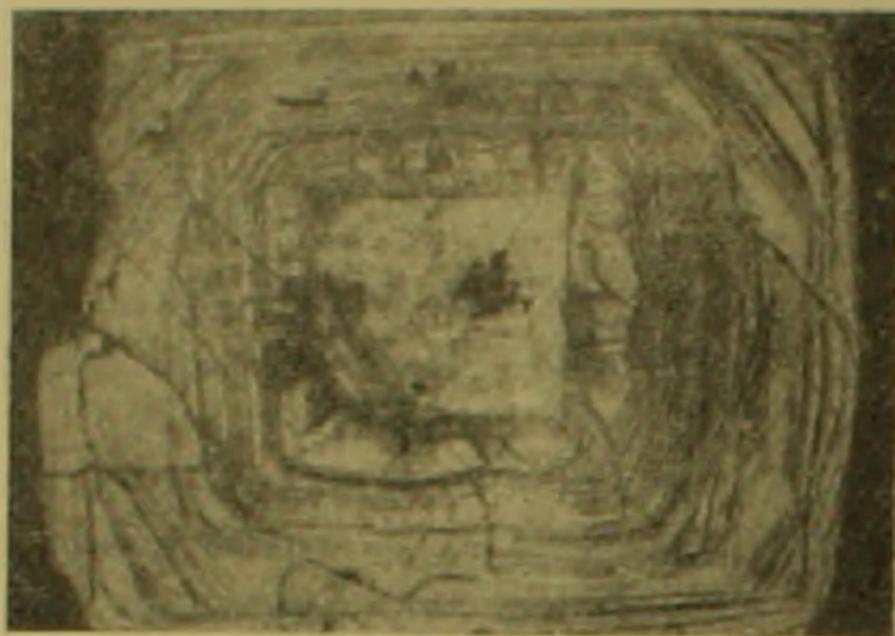
3. Смещение пробы с угольным порошком (соотношение 2:1) и использование электродов с меньшим диаметром заточенной части обеспе-

* Термин «грань торможения» заимствован у Г. Г. Леммлейна (5).

** Анализы произведены аналитиком Г. М. Мкртчяном, ему же принадлежит описание методики анализов в настоящей статье.

чивало стабильность горения и устраняло разбрызгивание пробы в процессе сжигания.

В качестве величины эквивалентной концентрации элемента нами использовалась разность почернений (ΔS) аналитических пар линий, полученная на микрофотометре МФ-2. В табл. 1 приведены для Ni, Co, Mn эквиваленты концентраций (содержаний) элементов-примесей.



Фиг. а—Кубический кристалл, обладавший в средние этапы роста кубооктаэдрической огранкой; б—кубический кристалл, обладавший в средние этапы роста пентагонально-дodeкаэдрической огранкой.

Срезы кристаллов перпендикулярны одной из L_2 . Внутреннее строение обнаружено травлением.

Одинаковыми номерами в таблице обозначены пробы, составленные из кристаллов пирита, находящихся в одинаковых геологических условиях (пирит одной генерации, отобранный из одного образца). Индексами при номере отмечены их различные морфологические особенности. При сравнении содержаний элементов-примесей в приведенных в таблице пробах обнаруживается следующее.

Октаэдрические кристаллы содержат больше Mn и меньше Ni и Co, чем кубические (ср. 97-а с 97-в и 162 с 162/1). То же наблюдается для кристаллов с небольшим различием габитусов, выражающемся в различной степени развития $\{111\}$, ограничивающего кристалл в комбинации с $\{100\}$ (ср. 110-а, 110-в, 110-с). Кристаллы, составляющие указанные пробы, сохраняют различия в морфологии на всем протяжении роста.

Пробы 924-а и 924-в не обнаруживают вышеприведенной зависимости между степенью развития $\{111\}$ и содержанием примесей. При рассмотрении эволюции морфологии обнаружилось, что грани октаэдра в последнем случае появляются лишь в конце роста кристалла в качестве граней торможения. В другом случае (в пробах 100-а и 100-в) подобное несоответствие не объяснимо также и при учете эволюции морфологии.

Кубические кристаллы по сравнению с пентагонально-додекаэдрическими содержат больше примесей Ni и Co (ср. 781-а и 781-с), а в одном случае и Mn (ср. 753-п и 753-к). Эволюция кристаллографических форм, ограничивающих кристаллы с высоким содержанием примесей, в данном случае выражается в смене $\{hko\}$ на $\{100\}$ по мере роста кристалла. Повышенное содержание примесей, видимо, связано с огрубением поверхности граней $\{hko\}$, которым обычно сопровождается смена $\{hko\}$ на $\{100\}$. Об этом же свидетельствует сравнение проб 922-а и 922-в. Кристаллы, составляющие эти пробы, огранены кубом и отличаются лишь скульптурой. Кристаллы с грубой интенсивной штриховкой (922-в) содержат больше примесей Ni, Co, Mn.

В связи с тем, что при анализе не удалось одновременно с линиями высокой чувствительности Ni, Co, Mn охватить и такие же линии мышьяка, чувствительность метода оказалась недостаточной для обнаружения различия содержания мышьяка в кристаллах различной морфологии, находящихся в одинаковых геологических условиях (табл. 1).

Для этой цели пришлось прибегнуть к сравнению большого числа (примерно 150) приближенных количественных анализов проб пиритов, составленных из кристаллов различного габитуса, но образованных в менее близких условиях, чем кристаллы, составляющие пробы, приведенные в табл. 1.

В результате такого сравнения оказалось, что наиболее высокими содержаниями As (больше 0,1%) обладают кристаллы, ограненные кубом, пентагональным додекаэдром и их комбинацией. В кристаллах, ограненных комбинацией $\{100\}$ и $\{111\}$, содержание As меньше 0,1%, лишь изредка достигая этой величины. Однако в последнем случае грани октаэдра развиты незначительно.

Из вышеуказанного следует, что высокие содержания мышьяка не связаны с октаэдрическими гранями, на что указывают и другие авторы⁽²⁾. Содержание Mn выше в октаэдрических, а Ni и Co—в кубических кристаллах.

Кубические кристаллы и кристаллы с грубой скульптурой содержат больше примесей, чем соответственно пентагонально-додекаэдрические и кристаллы без скульптуры.

Таблица 1

Результаты спектрального анализа. Содержание Ni, Co, Mn представлено эквивалентными величинами, содержание As — в процентах

№ № проб	Морфологические особенности кристаллов	Содержание элементов-примесей			
		Ni	Co	Mn	As
753 н	Пентагон-додекаэдр	62	136	116	0,2
753 к	Куб	35	160	172	0,2
781 а	Пентагон-додекаэдр с плоскими гранями	10,5	70	175	—
781 с	Куб с выпуклыми гранями	28	120	205	0,01
922 а	Куб с плоскими гранями без штриховки	9,5	5	30	0,1
922 н	Куб с интенсивной штриховкой	24,5	47	179	0,1
924 а	Куб	—	7	152	0,01
924 в	Кубооктаэдр	28	190	230	0,01
97 а	Куб	29,5	—	135	—
97 в	Октаэдр	39	—	16	—
100 а	Октаэдр	21	—	87	—
100 в	Октаэдр с {hko}	11	—	77	—
110 н	Куб	23	11	240	—
110 с	Кубооктаэдр	31	10	235	—
110 а	Октаэдр в комбинации с неразвитым кубом	34	8	220	—
162	Куб	28	—	148	—
162/1	Октаэдр	68	—	74	—

Однако содержание примесей не всегда находится в строгой зависимости от какого-либо из приведенных морфологических факторов. В связи с этим допустимо предположить, что морфологические особенности кристаллов и содержание в них примесей не являются взаимообуславливающими факторами, а связаны друг с другом условиями образования кристалла.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Ա. Ա. ԱՂԱԳՅԱՆ, Լ. Ն. Մ. ՄԿԿՏԶԱՆ

ԾՃՁՐԻ ԿԱՂԵՂԱՆԻ ՆԱՏՐԻՆԵ ՄԱՐՖՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԲՅՈՒՆԵՆԵՐԻ ԽՈՒՆՈՒՐԳՆԵՐԻ ԱՄՐՈՆՈՒԿՈՒՄՔՐԱՆԻ ՄԱՍԻՆ

ԾՃՁՐԻ ԿԱՂԵՂԱՆԻ ԲՅՈՒՆԵՆԵՐԻ ՄԱՐՖՈԼՈԳԻԱԿԱՆ և ԵՐԱՆԿՈՒՄ ԽՈՒՆՈՒՐԳՆԵՐԻ ԱՄՐՈՆՈՒԿՈՒՄՔՐԱՆԻ ԿԱՂԵՂԱՆԻ ՈՍՈՒՄՆԱՏՐՈՒԹՅԱՆԵՐ ԵՎԻՐՈՒՄ ՀԵՄԱԳՈՒՄՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐՈՒՄ ՀԱՂՎԻ չԻ ՄՈՆԻՏՈՐԻՆԳ ԲՅՈՒՆԵՆԵՐ ՄԱՐՖՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆԵՐ ԵՐԱ ՄԵՐ ԲԵՐՄԱՅՐՈՒՄ: ԲՅՈՒՐԿԵՆԵՐՈՒՄ ԽՈՒՆՈՒՐԳՆԵՐԻ ԱՄՐՈՆՈՒԿՈՒՄՔՐԱՆԻ ԿԱՂԵՂԱՆԻ և ԽՈՒՆՈՒՐԳՐ ԿՐԱՆՈՎ ԵՐԱՄԻ ՄԵՐ ՄԵՐՄԱՆԻՐՈՒՄ և ՉԱՐԳԱՑՄԱՆ ՄԱՍԻՆՆԵՐԻ ՀԵՄԱՐՔԱՐ ԵՂՎԱՆ ՀԱՐՑԻ ՈՍՈՒՄՆԱՏՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՐ ԲԱՎԱԿԱՆ չԻ ՂԵՂԱՎԱՐՎԵԼԻ ՄԻՋՅԻ ԲՅՈՒՆԵՆԵՐ ՎԵՐՐԵՆՎԱՆ ԺԵՎ, ՄՅՍ ԱՂԱՍՐ և ԼԻՆԵԼԻ ԵՐԱ ՄԵՐ ԱՐԳՅԵՆՈՒՄ ՈՒՆԵՑՄԱՆ ԺԵՐ ՉԱՐԳԱՑՈՒՄԻՑ:

Հաշվի առնելով վերահիշյալը փոքրացված սխալով կատարված ձեռքի կուլեզանի բյուրեղների սպեկտրալ մոտափոր բանակական անալիզների հիման վրա կարելի է հանգել հետևյալին՝

Օկտաէդրիկ բյուրեղներում Mn-ի պարունակությունը ավելին է, քան խորանարդային բյուրեղներում: Մինչդեռ Ni և Co հակառակը: Խորանարդային բյուրեղներում և կոպիտ սկուլպտուրա ունեցող նիստերով սահմանափակված բյուրեղներում Ni, Co և Mn պարունակությունը համապատասխանորին ավելին է, քան պիննազոնալ—դոդեկաէդրիկ և հարթ նիստերով սահմանափակված բյուրեղներում: As պարունակությունը ավելի քիչ է այն բյուրեղներում, օրոնք ունեն զարգացած օկտաէդրիկ նիստեր:

Սակայն հազվադեպ նկատվում է նշված օրինաչափությունների բացառություն:

Այդ հանգամանքը հետաքննություն է տալիս ենթադրել, որ ինչպես բյուրեղի մորֆոլոգիան, այնպես էլ նրանում խառնուրդների պարունակությունը կախված են մի երրորդ գործոնից և պայմանավորված չեն միմյանցով:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Ի Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Ք Յ Ո Ւ Ն

¹ Б. Ф. Куликов, В. А. Мажневский, ЗВМО, ч. 89, вып. 3, 1960. ² И. Сунагава, Cosmops pro miner. a geol., Roc. VI, Cis. 4, 1961. ³ Ч. Д. Джафаров, Автореферат диссертации, Баку, 1963. ⁴ П. Очер, Есопом. geology, 36, № 4, 1941. ⁵ Г. Г. Леммлейн, Секториальное строение кристаллов. Изд. АН СССР, М.—Л., 1949. ⁶ М. М. Клер, Приближенный количественный спектральный анализ минерального сырья, основанный на ослаблении интенсивности спектральных линий на три порядка, М., 1959.