

Г. Н. ГАМЯНИН, Ю. Я. ЖДАНОВ, В. М. СУПЛЕЦОВ,  
З. Г. ДОМБРОВСКАЯ, Н. Н. ОЛЕЙНИКОВА, Л. С. СУКНЕВА

### ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПИРИТА И АРСЕНОПИРИТА ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ<sup>1</sup>

Широкое распространение пирита и арсенопирита в околожильных вмещающих породах и рудных телах подавляющего большинства золоторудных месторождений позволяет использовать их типоморфные особенности для типизации месторождений и выяснения условий их образования [1–5]. Типоморфизм пирита и арсенопирита применительно к минеральным типам и формациям золоторудных месторождений Верхояно-Колымской складчатой области рассматривается впервые.

Ранее уже упоминалось [6] об изменчивости состава пиритов и арсенопиритов золоторудных месторождений, принадлежащих к различным минеральным типам малосульфидной золото-кварцевой формации. Дополнительные анализы этих сульфидов из золото-сурьмяных, золото-серебряных, барит-полиметаллических и золото-кварцевых месторождений подтверждают повсеместную нестехиометрию их состава, выражающуюся преимущественно в избытке или дефиците серы. Микронзондовый анализ показывает вариации состава данных сульфидов в процессе рудообразования. Наиболее ранние выделения пирита и арсенопирита в околожильных измененных породах обогащены серой, по сравнению с поздними выделениями или периферическими зонами метакристаллов. Кроме того, в поздних пиритах появляется мышьяк (до 3%). В рудных телах тенденция обратная. Ранние, крупнозернистые выделения пирита и арсенопирита по особенностям состава схожи с поздними выделениями этих минералов в околожильных породах. Поздние мелкозернистые генерации более сернистые. Подробнее этот вопрос рассмотрен в специальной статье [7]. Ниже мы остановимся, в основном, на элементах-примесях пирита и арсенопирита.

Общепринято считать одной из типоморфных особенностей сульфидов золоторудных месторождений степень их золотоносности. При этом чаще всего рассматривается золотоносность минералов рудных тел и незаслуженно мало внимания уделяется сульфидам околорудных ореолов, являющихся в общем составной частью рудообразующего процесса. Поэтому нами, наряду с изучением пиритов и арсенопиритов рудных тел особое внимание уделялось данным минералов из околорудных ореолов. Многочисленные спектроскопические определения содержания золота в тщательно отобранных монофракциях пиритов и арсенопиритов рудных тел и околорудных ореолов, многократно (3–4 раза) продублированных из одной навески, показывают, что пириты и особенно арсенопириты рудных тел характеризуются значительно большим разбросом содержания золота по сравнению с содержанием золота в этих же минералах из кварц-серицитовых и кварц-серицит-альбитовых околорудных метасоматитов (табл. 1). Это связано, видимо, с наличием в первых микроскопических, а потому и более неравномерно распределенных включений золота, в то время как для вторых более характерна субмикроскопическая ультрадисперсная форма нахождения золота.

Из табл. 1 также следует, что содержания золота в пиритах околорудных ореолов и в рудных телах меньше по сравнению с таковыми в арсенопиритах в несколько раз. Эти аналитические данные подтверждаются также и микроскопическими наблюдениями над взаимоотношениями золота и сульфидов в рудных телах. Наиболее часто золото тяготеет к выделениям арсенопирита, несмотря на совместное присутствие с арсенопиритом близкого по времени образования с ним пирита. В то же время отмечаются и особенности отдельных месторождений. Например, для III-Нж месторождения золотоносность пиритов и арсенопиритов рудных тел близка. И в действительности мы наблюдаем, что в этом месторождении золото столь же охотно ассоциирует с пиритом, как и с арсенопиритом. Однако это касается лишь вторых мелкозернистых генераций данных минералов, передетложенных в процессе внутрирудной перегруппировки вещества. Данные, приведенные в табл. 1, характеризуют золотоносность пирита и арсенопирита без подразделения на генерации. Что касается сопоставления между собой золотоносности однотипных минералов рудных тел и околорудных ореолов, то опре-

<sup>1</sup> Термин месторождение употребляется не в экономическом, а естественно-геологическом смысле.

деленной закономерности здесь не отмечается — в одних случаях сульфиды околорудных ореолов более богаты золотом, в других — менее, в третьих — они близки по содержанию. Следует лишь подчеркнуть, что в целом ряде месторождений на долю сульфидов в околорудных ореолах приходится 70–80% рассеянного золота.

В связи с тем, что в литературе [9] встречаются иногда утверждения, без какого-либо экспериментального подтверждения, о наличии химически связанного золота в сульфидах, не несущих его микроскопической вкрапленности, нами была проведена попытка определения количеств растворимого золота, заключенного в сульфидах. Для опыта были взяты арсенопириты из околорудных ореолов различных месторождений. Содержания золота в них варьируют в широких пределах, но при изучении десятков полированных шлифов микроскопического золота встречено не было. Исследуемые монофракции арсенопиритов были расквартованы на 6 навесок. В трех из них обычным спектрохимическим методом определялось содержание золота. Две оставшиеся (опыт А и Б) растворялись в  $\text{HNO}_3$  (1:1) (проверенной на отсутствие  $\text{Cl}^-$ ) по известной методике [10], а третья (опыт В) вначале прокаливалась ( $t = 500\text{--}600^\circ\text{C}$ ), а затем растворялась по той же методике. После растворения навески в опыте А и В раствор фильтровался через плотный (синяя лента) тройной фильтр. В опыте Б после растворения раствор отстаивался и после декантации отфильтровывался. Во всех трех опытах велось раздельное спектрохимическое определение золота в фильтрате и остатка на фильтре (после озelenения последнего).

Результаты, приведенные в табл. 2, показывают, что общий баланс золота во всех опытах практически не выходит за пределы колебаний содержания золота в исходной пробе и зависит, вероятно, от первичной неравномерности распределения золота. С другой стороны совершенно очевидно, что процент "растворимого" золота в опытах А и Б близок и весьма низок (0,1–3,2%), лишь в двух опытах поднимаясь до 5 и 8%. Некоторое увеличение процента "растворимого" золота в опыте Б, вероятно, зависит от способа фильтрования раствора. Весьма резко возрастает количество растворимого золота в опыте В, достигая в отдельных случаях 96%. В этом же опыте, как правило, наблюдается уменьшение суммарного количества золота в навеске по сравнению с исходным. По всей вероятности, при обжиге сульфидов золото не остается инертным, частично улетучиваясь.

Наличие растворимого золота в опытах А и Б можно объяснить по-разному. Можно стать на точку зрения присутствия его в химически связанной форме, можно допустить наличие ультратонких частиц, проходящих через фильтры. Нам кажется логичнее всего присоединиться к мнению [11], свидетельствующему о роли кислот  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в переводе в раствор  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{4+}$ , которые, в свою очередь, являются окислителями золота. Подтверждением этому является и опыт В, в котором с появлением трехвалентной формы железа при растворении в  $\text{HNO}_3$  1:1 резко возрастает процент растворимого золота. Вариации растворимости золота, вероятно, зависят от размерности его тонкодисперсных частиц. Таким образом, наши данные согласуются с выводами [10], свидетельствующими о преимущественно механической форме нахождения золота в сульфидах.

Качественный состав и количественное содержание других элементов-примесей в сульфидах не менее характерный типоморфный признак, чем их золотоносность. И в этом отношении пирит и арсенопирит околорудных ореолов имеют то преимущество, что они в основной своей массе не загрязнены механической примесью других сульфидов, участвующих в минеральных ассоциациях рудных тел. Тем самым они отражают начальную геохимическую специализацию рудоносных растворов, исключая, естественно, влияние примесных элементов вмещающих пород. В табл. 3 и 4 приведены данные по содержанию элементов-примесей в пирите и арсенопирите лишь некоторых месторождений, из 25 изученных.

Анализ этих таблиц позволяет сделать некоторые выводы о распределении элементов-примесей между пиритом и арсенопиритом околорудных ореолов и рудных тел ряда месторождений.

Арсенопирит (табл. 3) по сравнению с пиритом является концентратом сурьмы и кобальта, в меньшей мере никеля и цинка. Это характерно для арсенопиритов всех месторождений, околорудных ореолов и рудных тел, несмотря на то, что в количественном выражении содержания этих элементов в месторождениях резко меняются. Так, содержание сурьмы в арсенопиритах как минимум в 3 раза (III-Нж в 1,5 раза) выше, чем в пиритах. Причем нередко в арсенопирите околорудных ореолов содер-

Т а б л и ц а 1

Примесь золота ( $n \cdot 10^{-4}, \%$ ) в пиритах и арсенипиритах околорудных ореолов и рудных тел

Минерал	I-Ст		II-Ср	III-Нж
	I	II	I	I
Пирит	<u>1,5–300</u> 26,8 (76)	<u>30–50</u> 42 (11)	<u>1–70</u> 18,8 (19)	<u>1–30</u> 22 (8)
Арсенипирит	<u>30–405</u> 213,7 (45)	<u>100–172</u> 131 (3)	<u>20–427</u> 165 (10)	<u>1–200</u> 51,2 (12)

\* – с использованием данных М.К. Силичева [8]

Пр и м е ч а н и е. I – околорудные ореолы; II – рудные тела. В числителе – пределы колебаний; в знаменателе – средние значения; в скобках – число проб;

жания сурьмы более высокие, по сравнению с арсенипиритами рудных тел. Наиболее высокие содержания сурьмы (до 1,5 %) отмечаются в золото-сурьмяных месторождениях и свойственны арсенипиритам околорудных ореолов. Довольно стабильные содержания, порядка 0,1–0,3%, имеют арсенипириты месторождений малосульфидной золото-кварцевой формации с развитой ассоциацией сульфантимонитов свинца. В целом же для арсенипиритов месторождений Иньяли-Дебинского синклиниория (IV-УТ) по сравнению с таковыми в месторождениях Южно-Верхоянского синклиниория (III-Нж) характерно обогащение сурьмой в 5–10 раз.

Весьма высока изменчивость содержания кобальта и никеля в пирите и арсенипирите различных месторождений (например, арсенипирит месторождений I-Ст и V-Шт). Тем не менее всюду, независимо от их местоположения, устанавливается, с одной стороны, меньшая величина отношения кобальта к никелю в пиритах (исключение I-Ст), а с другой, – намечается тенденция возрастания этого отношения в пиритах и арсенипиритах рудных тел. Причем, по этому показателю золото-сурьмяные месторождения не отличаются от малосульфидных золото-кварцевых.

В отношении содержания свинца распределение прямо противоположное. Пирит (табл. 4) выступает в роли концентратора свинца, содержания которого в пиритах вмещающих пород достигают 900–1000, а в рудных телах 4600 г/т, в то время как максимальные содержания его в арсенипиритах околорудных ореолов составляют 600, в рудных телах 1800 г/т, хотя следует отметить, что в рудных телах, в связи с вероятными микровключениями галенита, этот принцип не всегда выдерживается. Характерна по крайней мере 2–3-кратная обогащенность свинцом пирита и арсенипирита месторождений Южно-Верхоянского синклиниория (III-Нж), по сравнению с таковыми в месторождениях Иньяли-Дебинского синклиниория (IV-Ут, V-Шт). В тех

Т а б л и ц а 2

Результаты раздельного определения золота ( $n \cdot 10^{-4}, \%$ ) в фильтрате и сухом остатке после растворения арсенипирита

№ п/п	Проба	Определение в параллельных навесках	Опыт А		
			сухой остаток	фильтрат	% растворимого Au
1	165-Г-74	5; 1; 2	5	0,1	1,9
2	100-Г-74	0,2; 1; 1	1	0,05	5,0
3	109-Г-74	5; 5; 10	10	0,08	0,8
4	111-Г-74	10; 5; 8	8	0,1	1,2
5	Н-16	10; 10; 10	10	0,05	0,5
6	Н-18	100; 60; 100	100	0,5	0,5
7	Н-20	50; 20; 20	50	0,05	0,1
8	Н-68	20; 10; 10	20	0,08	0,4
9	С-209	30; 30; 10	30	0,05	0,16
10	С-233	20; 20; 30	30	0,1	0,33

Пр и м е ч а н и е: анализы из месторождений: 1 – V-Шт; 2–4 – IV-Ут; 5–8 – III-Нж; 9–10 – II-Ср.

III-Нж		IV-Ут		V-Шт	
II		I	II	I	II
<u>1-70*</u>	<u>6-40</u>	<u>1-50</u>	<u>0,5-10</u>	-	
17,3 (25)	18 (6)	17 (3)	6 (4)		
<u>1-300*</u>	<u>20-100</u>	<u>1-200</u>	<u>20-50</u>	<u>5-200</u>	
35,2 (104)	70 (10)	21 (31)	40 (6)	75 (15)	

месторождениях, где обнаруживается примесь олова (III-Нж), концентратом его выступает пирит (табл. 4), содержащий его на порядок выше арсенопирита.

В распределении остальных компонентов нет столь явных тенденций и закономерностей. Количественная роль их в пирите и арсенопирите близка, а вариации в содержании связаны, по всей вероятности, с локальными специфическими условиями формирования месторождений и требуют в каждом случае конкретной интерпретации.

Изучение различных по морфологии кристаллов пирита показывает, что пириты кубического габитуса (5 проб) по сравнению с пентагондодекаэдрическими (3 пробы) имеют меньший спектр элементов примесей. Они обогащены медью (850 г/т), свинцом (750 г/т), цинком (500 г/т), обеднены мышьяком (250 г/т), серебром (6 г/т) и не содержат (ниже чувствительности анализа) кобальта, никеля и золота. Пентагондодекаэдрические кристаллы пирита содержат эти элементы в следующих количествах (г/т): Cu - 8; Pb - 80; Zn - 230; As - 750; Ag - 15; Co - 350; Ni - 150; Au - 20.

На Нежданинском месторождении наблюдается изменение концентрации элементов-примесей в пиритах и арсенопиритах в вертикальном диапазоне. Наиболее отчетливо это проявляется для кобальта, никеля, висмута и олова. Концентрации никеля и кобальта в них возрастают (усредненные данные) соответственно в пирите верхних уровней (г/т): Ni - 178 в околорудных ореолах; 17 - в рудных телах; Co - 31 - в околорудных ореолах; 3 - в рудных телах до содержаний Ni - 440-36; Co - 180-17 на нижних уровнях; в арсенопирите с содержанием Ni - 140-15; Co - 70-12 до содержаний Ni - 246-46; Co - 130-39. Увеличение содержания с глубиной характерно и для олова в сульфидах рудных тел: арсенопирите с 1,5 до 7,2 г/т; пирите 9-115 г/т. На нижних уровнях месторождения в арсенопирите и пирите рудных тел проявляется также висмут (до 74 г/т), обычно отсутствующий на верхних горизонтах. Для боль-

Опыт Б			Опыт В		
сухой остаток	фильтрат	% растворимого Au	сухой остаток	фильтрат	% растворимого Au
2	0,2	8	2	0,1	4,8
0,8	0,05	5,9	0,2	0,08	31,0
10	0,05	0,5	0,3	8	96,0
3	0,1	3,2	5	0,5	9,1
10	0,08	0,8	5	0,2	3,8
80	1	1,2	100	5	4,9
20	0,02	1,0	30	20	40,0
8	0,2	2,4	3	5	62,5
20	0,5	2,4	5	8	61,6
10	0,08	0,8	5	10	66,6

Таблица 3

Средние содержания ( $n \cdot 10^{-4}, \%$ ) элементов-примесей в арсенипиритах околорудных ореолов и рудных тел

Элемент	I-Ст		II-Ср		III-Нж		IV-Ут		V-Шт	
	I(31)	II(10)	I(12)	I(15)	II(23)	I(3)	II(14)	I(4)	II(9)	
Co	<u>89*</u>	<u>93</u>	<u>300</u>	<u>137</u>	<u>45</u>	<u>123</u>	<u>85</u>	<u>245</u>	<u>66</u>	
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Ni	<u>326,8</u>	<u>356</u>	<u>640</u>	<u>308</u>	<u>43</u>	<u>127</u>	<u>67</u>	<u>480</u>	<u>149</u>	
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	0,27	0,27	0,47	0,36	1,05	0,95	1,27	0,51	0,44	
Sb	<u>3032</u>	<u>1320</u>	<u>1775</u>	<u>108</u>	<u>367</u>	<u>1330</u>	<u>2020</u>	<u>1060</u>	<u>1350</u>	
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pb	<u>28</u>	<u>11</u>	<u>19</u>	<u>217</u>	<u>1390</u>	<u>81</u>	<u>108</u>	<u>222</u>	<u>413</u>	
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Sn	Не обн.	Не обн.	Не обн.	<u>1,6</u>	<u>7,5</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	
				66	83	67	43	100	22	
Cu	<u>18,4</u>	<u>10</u>	<u>41</u>	<u>7</u>	<u>29</u>	<u>2</u>	<u>2,6</u>	<u>4</u>	<u>8</u>	
	100	100	100	100	100	66	100	100	62	
Ag	<u>7</u>	<u>0,4</u>	<u>0,5</u>	<u>10</u>	<u>22</u>	<u>10</u>	<u>7</u>	<u>10</u>	<u>7</u>	
	42	25	30	100	100	33	21	50	60	
Bi	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	<u>12</u>	Не обн.	<u>30</u>	Не обн.	Не обн.	
					57		7			
Zn	<u>280</u>	<u>288</u>	<u>241</u>	<u>83</u>	<u>382</u>	<u>200</u>	<u>170</u>	<u>600</u>	<u>400</u>	
	100	75	15	100	26	100	64	100	75	

Примечание. \*Числитель — среднее содержание; знаменатель — процент встречаемости; I — из околорудных ореолов; II — из рудных тел; в скобках число анализов; анализы Co, Ni, As, Sb, Pb, Sn выполнены количественно-спектральным методом; Cu, Ag, Bi, Zn — приближенно-количественным.

шинства элементов (свинец, сурьма, серебро, золото и др). максимальные или минимальные концентрации отмечаются на одном из уровней месторождения с увеличением или уменьшением их содержания к верхним и нижним частям месторождения.

Представляет определенный интерес использование элементов-примесей в пиритах и арсенипиритах с целью формационного расчленения золоторудных месторождений. В табл. 5 приведены средние содержания элементов-примесей в рассматриваемых минералах месторождений различной формационной принадлежности.

Таблица построена по данным количественного и приближенно-количественного анализа около 300 монофракций пирита и арсенипирита рудных тел и околорудных ореолов. Учитывая в общем одинаковую тенденцию распределения элементов-примесей в анализируемых сульфидах рудных тел и околорудных ореолов, авторы сочли возможным показать формационные различия элементов-примесей по объединенным анализам. При этом только в золото-сурьмяной формации резко преобладающее значение (90%) имеют анализы сульфидов из околорудных ореолов. Как следует из таблицы, формационные различия по элементам-примесям совершенно очевидны. Например, для золото-кварцевой малосульфидной и золото-сурьмяной формации характерны низкие концентрации серебра, олова, меди и достаточно высокие мышьяка по сравнению с пиритами золото-серебряной и барит-полиметаллической золотоносной формации. Для последних характерны, напротив, высокие содержания серебра, свинца, цинка, меди, а для золото-серебряной, кроме того, сурьмы и отсутствие (ниже чувствительности анализа) в пиритах золото-серебряной формации кобальта, а в барит-полиметаллической преобладание кобальта над никелем.

Чрезвычайно редкое присутствие в месторождениях золото-серебряной и барит-полиметаллической формации арсенипирита (единичные анализы) не позволяют провести сопоставление их по данному минералу. Арсенипириты позволяют наилучшим

Таблица 4

Средние содержания ( $n \cdot 10^{-4}$ , %) элементов-примесей в пиритах околорудных ореолов и рудных тел \*

Элемент	I-Ст		II-Ср	III-Нж		IV-Ут		V-Шт	
	I(63)	II(11)	I(14)	I(20)	II(12)	I(7)	II(4)	I(4)	II(3)
Co	$\frac{40,7}{92}$	$\frac{36}{72}$	$\frac{45}{100}$	$\frac{101}{100}$	$\frac{12}{75}$	$\frac{51}{100}$	$\frac{47,8}{100}$	$\frac{101}{100}$	Не обн.
Ni	$\frac{147}{100}$	$\frac{84}{100}$	$\frac{175}{100}$	$\frac{325}{100}$	$\frac{48}{100}$	$\frac{77,5}{86}$	$\frac{53,8}{100}$	$\frac{171}{100}$	$\frac{20}{100}$
	0,28	0,43	0,26	0,3	0,25	0,69	0,89	0,59	—
As	$\frac{9866}{100}$	$\frac{9000}{100}$	$\frac{8270}{100}$	$\frac{7250}{100}$	$\frac{4310}{100}$	$\frac{5800}{100}$	$\frac{7400}{100}$	$\frac{5200}{100}$	$\frac{5300}{100}$
Sb	$\frac{994}{100}$	$\frac{590}{91}$	$\frac{917}{100}$	$\frac{71}{100}$	$\frac{195}{100}$	$\frac{133,8}{57}$	Не обн.	$\frac{59}{50}$	$\frac{45}{100}$
Pb	$\frac{52,4}{100}$	$\frac{87}{100}$	$\frac{25}{14,2}$	$\frac{432}{100}$	$\frac{2385}{100}$	$\frac{237}{100}$	$\frac{247,5}{100}$	$\frac{337}{100}$	$\frac{400}{100}$
Sn	Не обн.	Не обн.	Не обн.	$\frac{9}{65}$	$\frac{92}{100}$	Не обн.	Не обн.	$\frac{3}{25}$	Не обн.
Cu	$\frac{18,6}{100}$	$\frac{10}{100}$	$\frac{38}{100}$	$\frac{11,7}{100}$	$\frac{33,6}{100}$	Сп.	$\frac{3}{100}$	$\frac{5}{100}$	$\frac{12}{100}$
Ag	$\frac{5,8}{31,7}$	$\frac{5}{36}$	Не обн.	$\frac{10,1}{90}$	$\frac{19,6}{100}$	$\frac{4,7}{71}$	$\frac{7,0}{100}$	$\frac{6}{75}$	$\frac{4}{100}$
Bi	Не обн.	Не обн.	"	Не обн.	$\frac{7,1}{30}$	$\frac{4,5}{43}$	$\frac{5}{75}$	Не обн.	$\frac{6}{67}$
Zn	$\frac{162,6}{100}$	$\frac{218}{100}$	$\frac{77}{64}$	$\frac{308,3}{100}$	$\frac{554}{100}$	Не обн.	$\frac{30}{100}$	$\frac{93}{50}$	$\frac{81}{100}$

Примечание. См. табл. 3.

Таблица 5

Средние содержания элементов-примесей ( $n \cdot 10^{-4}$ , %) в пирите и арсенопирите различных формаций

Минерал	Формация	Число анализов	As	Co	Ni	Sb	Pb	Zn	Sn	Ag	Cu
Пирит	Золото-сурьмяная	79	9000	41	120	940	58	183	—	$\frac{5,5}{3,2}$	11
	Малосульфидная золото-кварцевая	56	7200	76	130	95	512	265	$\frac{2,6}{17}$	$\frac{10,5}{76}$	$\frac{6,2}{87}$
	Золото-серебряная	12	5200	—	20	1360	1240	1750	$\frac{6,4}{60}$	750	400
	Барит-полиметаллическая золотоносная	15	2800	81	59	180	2500	2240	$\frac{3,5}{70}$	$\frac{117}{95}$	1250
Арсенопирит	Золото-сурьмяная	38		102	331	3100	28	260	—	$\frac{7}{42}$	18
	Малосульфидная золото-кварцевая	78		170	212	1820	688	215	$\frac{3,1}{54}$	$\frac{8,7}{73}$	$\frac{6,2}{87}$
	Умеренносульфидная золото-кварцевая	17		993	266	764	70	57	33	44	79

Примечание. В графах — Sn, Ag, Cu — в знаменателе процент встречаемости.

образом расчленять месторождения мало- и умеренно-сульфидных золото-кварцевых формаций. Здесь отличия наиболее отчетливы по содержаниям олова, сурьмы, кобальта и никеля. Менее значимые различия малосульфидной золото-кварцевой и золото-сурьмяной формаций. Они касаются прежде всего повышенного содержания в арсенопиритах золото-сурьмяной формации сурьмы (в 3 раза) и пониженного — серебра и свинца.

Таким образом, особенности состава ранних сульфидов и элементов-примесей в них имеют существенное значение при формационном расчленении золоторудных месторождений, выяснении их региональных особенностей и условий рудоотложения, как в целом, так и в отдельных месторождениях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Прохоров В.Г., Титаренко А.Д., Хайретдинов А.В. Особенности пиритов золоторудных месторождений юга Красноярского края. — В кн.: "Материалы геол. конференции Красноярского геол. упр., 1964. Красноярск, 1966.
2. Ли Л.В., Прохоров В.Г. Типоморфные особенности арсенопиритов золоторудных месторождений Енисейского края в связи с условиями их образования. — В кн.: Минералогия и минералог. кристаллография. Свердловск, 1971.
3. Бадалова Р.П. Арсенопирит и пирит из золоторудных формаций Западного Узбекистана. — Научн. тр. Ташкент. ун-та, 1972, вып. 417.
4. Мыслик А.М. Элементы-примеси в пиритах Калбы. — Тр. Ин-та геол. наук АН КазССР, 1973, вып. 33.
5. Бадалов С.Т., Поваренных А.С. Элементы-примеси арсенопиритов. В сб. "Металлогения и геохимия Узбекистана", Ташкент, "ФАН", 1974.
6. Гамянин Г.Н., Соловьев В.И. Золоторудная формация Восточной Якутии. — В кн.: Стрoение земной коры Якутии и закономерности размещения полезных ископаемых. М.: Наука, 1969.
7. Гамянин Г.Н., Лескова Н.В. Состав ранних сульфидов золоторудных проявлений (Верхояно-Колымская складчатая система). — В кн.: Минералогические особенности эндогенных образований Якутии, Якутск, 1979.
8. Силичев М.К., Белозерцева Н.В. Распределение золота в сульфидах и сульфосолях одного из золоторудных месторождений. Геохимия, 1975, № 11.
9. Амузинский В.А., Анисимова Г.В., Москвитин С.Г. Золото в сульфидах эндогенных месторождений и проявлений Восточной Якутии. — В кн.: Минералы эндогенных образований Якутии. Якутск, 1977.
10. Гаврилов А.М., Алышева Э.И., Фролова К.Е., Бернштейн П.С. К вопросу о форме нахождения субмикроскопического золота в сульфидах некоторых золоторудных месторождений. — В кн.: Новое в минералогических исследованиях. М.: ОЭП, ВИМС, 1976.
11. Фишер Э.И. О роли минеральных кислот при определении форм нахождения золота в горных породах. — В кн.: Опыт и методика изучения форм нахождения элементов в горных породах и ореолах рассеяния. Таллин: Изд-во Валгус, 1976.

УДК 553.45:549.08:548.4

Е.И. ДОЛОМАНОВА, Л.П. НОСИК, И.В. РОЖДЕСТВЕНСКАЯ

### ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОЛОВОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ДАННЫМ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ГАЗОВО-ЖИДКИХ ВКЛЮЧЕНИЯХ МИНЕРАЛОВ

Настоящее исследование имело целью получить с помощью изотопного анализа информацию о минералообразующем гидротермальном процессе, источниках, участвующих в нем некоторых элементов, а также уточнить генетические особенности месторождений разных формаций. В 29<sup>1</sup> оловорудных месторождениях разных формаций, из различных регионов — Забайкалье, Хабаровский край, Саяны, Приморье, Чукотка, ГДР [1], Чехословакия, Центральная Африка [2], в вакуолях главных минералов, слагающих рудные тела, были определены количество CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, концентрация в гидротермальном растворе CO<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub> и изотопный состав углерода и кислорода в двуокиси углерода и серы в двуокиси серы. Выделение CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, и H<sub>2</sub>O из

<sup>1</sup>Часть материала (9 месторождений) изложена в сб. "Термобарогеохимия земной коры и рудообразование" в искаженном виде по вине редакции, поэтому пользоваться им нельзя.