

**В.А. Шестакова**

Пермский государственный национальный  
исследовательский университет, г. Пермь

## ЗОЛОТО В СУЛЬФИДАХ ОКВАРЦОВАННЫХ ПОРОД ИВДЕЛЬСКОГО РОССЫПНОГО РАЙОНА

Рассматриваются формы нахождения золота в сульфидах кварцевых пород Ивдельского района (Северный Урал). Приводятся результаты электронно-микроскопического изучения образца кварцевой породы с включениями сульфидов, содержащих золото.

*Ключевые слова:* золото, сульфиды, Ивдельский район.

**DOI: 10.17072/chirvinsky.2022.294**

**Введение.** Золото давно привлекало внимание исследователей в силу своих неординарных свойств и большого практического значения. Значительная масса золота в земной коре относится к категории тонкодисперсного, с размером частиц от долей микрометра до 10 мкм. Тонкодисперсное золото в непромышленном количестве распространено очень широко в различных изверженных, осадочных и метаморфических породах, также оно образует промышленные концентрации в сульфидах и кварце. В некоторых месторождениях его содержание достигало 0,1%. Промышленное значение тонкодисперсного золота резко увеличилось благодаря открытиям в разных районах мира протяженных минерализованных зон, содержащих ультрамелкие вкрапления золота и золотосодержащих минералов. В последнее время всё большую роль приобретают месторождения золото-углеродисто-сульфидной формации, в которых золото находится в тонкодисперсном и "невидимом" состоянии.

Существование тончайших "невидимых" частиц золота в сульфидах предполагалось еще в XIX веке, но интерес к ним усилился лишь в тридцатые годы прошлого столетия в связи со значительными потерями при извлечении золота. Именно из-за больших потерь металла при флотации сульфидных руд появились термины "упорное", или "связанное" золото. Вследствие этого исследователи стали интересоваться его формой нахождения в сульфидах. Главными объектами изучения на первом этапе служили колчеданные руды, в которых основная часть золота "невидима" [1].

Под термином "невидимое золото» подразумевается дисперсная, локально- или полностью равномерно распределенная форма элемента с размерами частиц за пределами возможностей традиционной оптической микроскопии.

Проблема формы нахождения "невидимого" золота в сульфидах продолжает вызывать повышенный интерес исследователей, поскольку видимое золото не отражает действительной картины рудообразования и истинных содержаний элемента. Между тем, несмотря на детальность, многочисленность и высокий уровень исследований в области геохимии золота, до сих пор нет полной ясности как в вопросе о распределении данной формы по отдельным минералам-носителям, так и о самой ее природе. В генетическом аспекте представляется перспективной возможность использования "невидимого" золота в качестве индикатора оруденения. С практической точки зрения, оценка вновь открываемых месторождений, подсчет запасов не могут не учитывать взаимосвязь типа месторождения с формой нахождения золота [1].

**Объект и методика исследования.** Объектом исследования является образец золотоносной окварцованной породы Ивдельского района Северного Урала. Минеральный состав образца представлен кварцем с включениями сульфидов. Среди сульфидов преобладают пирит и арсениопирит, реже присутствует халькопирит. Всего было сделано 5 микрофотографий и 7 микрозондовых анализов.

Изучение золота в сульфидах проведено на сканирующем электронном микроскопе JSM 6390LV (фирмы Jeol, Япония) с энергодисперсионным спектрометром (INCA Energy 350) в Центре коллективного пользования и на кафедре минералогии и петрографии ПГНИУ.

**Результаты исследования.** Зёрна пирита (рис. 1а) обычно неправильной формы, размеры от 40 до 85 мкм. Характерно микропористое строение.

Арсениопирит представлен призматическими зёрнами (рис. 1б-д) размером от 10 до 90 мкм в виде включений в кварце. Часто присутствуют микропоры и микротрещины. Некоторые зёрна арсениопирита образуют сростания с пиритом.

Анализ результатов микрозондового анализа (табл.) свидетельствует о том, что в пирите в качестве примесей присутствуют кобальт, никель и медь, но отсутствует золото.

В арсениопирите содержание золота варьирует от 0,22 до 0,30 мас.%. Из всех включений минералов в кварце, золото было обнаружено только в некоторых зёрнах арсениопирита. Наивысшие концентрации наблюдаются в зёрнах неправильной формы.

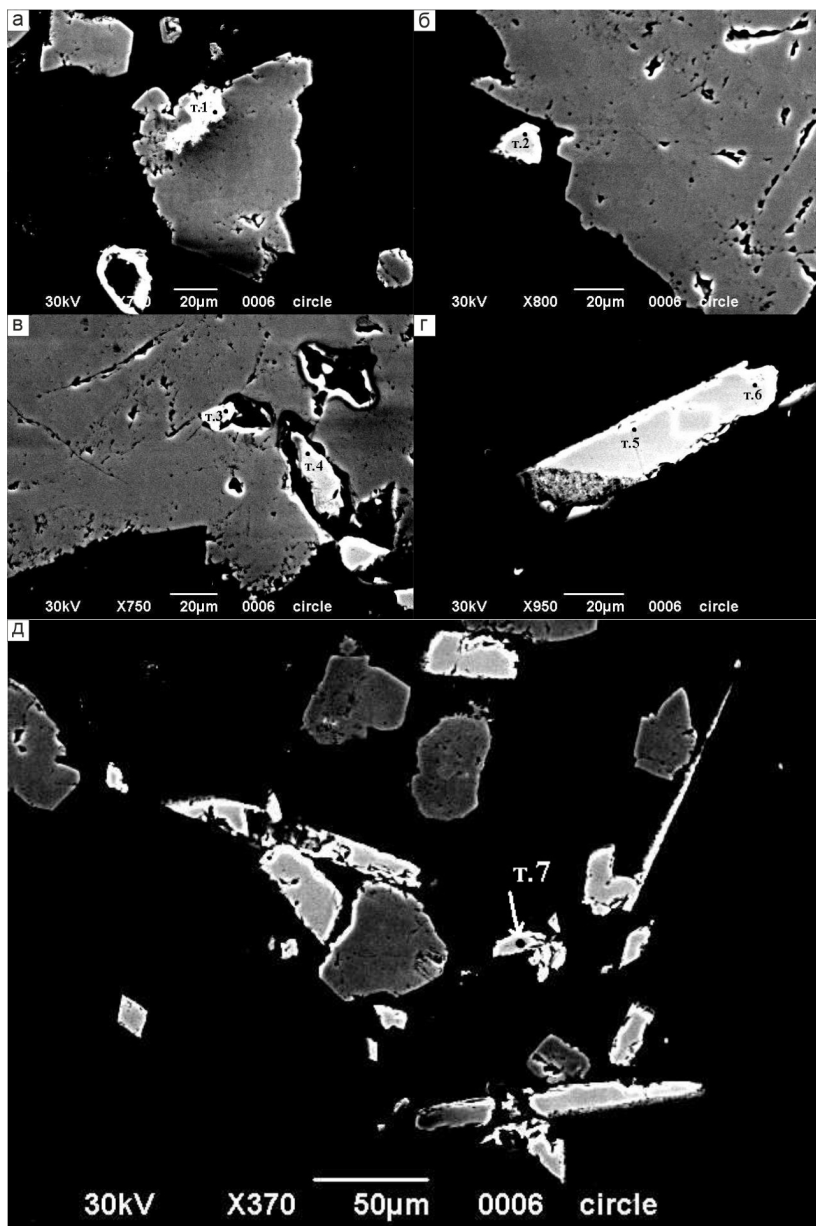


Рис. 1. Микрофотографии зерен сульфидов в изученных пробах; а – пирит, б–д – арсенипирит (светлое) и пирит.

Полученные результаты соответствуют данным литературных источников о том, что наибольшие концентрации золота наблюдаются в арсенипирите. Это делает арсенипирит и в целом сульфиды объектами особого внимания.

Таблица

*Химический состав зёрен, масс. %*

Элемент	Номер анализа						
	1	2	3	4	5	6	7
Fe	44,78	35,99	36,41	36,55	35,62	36,30	35,53
As	2,42	40,03	40,52	39,25	39,97	39,16	41,43
S	52,19	23,59	22,88	23,91	24,17	24,54	22,82
Au	–	0,28	–	0,30	0,24	–	0,22
Ag	–	–	0,09	–	–	–	–
Sb	–	0,10	0,10	–	–	–	–
Co	0,12	–	–	–	–	–	–
Ni	0,26	–	–	–	–	–	–
Cu	0,22	–	–	–	–	–	–

*Библиографический список:*

1. Бугаева Н.Г. Тонкодисперсное («невидимое») золото в сульфидах: экспериментальное исследование механизмов формирования, Ин-т геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН, 2008. 22 с.

**GOLD IN SULFIDES OF QUARTZED ROCKS IN IVDELSKY  
PLACER AREA  
V.A. Shestakova**

The forms of gold occurrence in the sulfides of the Ivdelsky district (the Northern Urals) are considered. The results of electron microscopic examination of a quartz rock sample with sulfide inclusions are presented.

*Keywords: gold, sulfides, Ivdel district.*