

СПОСОБ ОЦЕНКИ ОСНОВНОГО СОСТАВА ТОНКОДИСПЕРСНЫХ
ВКЛЮЧЕНИЙ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА В СУЛЬФИДНЫХ МИНЕРАЛАХ
ПРИ РЕНТГЕНО-СПЕКТРАЛЬНОМ ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВОМ
МИКРОАНАЛИЗЕ

Татаринов В.В. (tatarinov@igc.irk.ru)

Восточно-Сибирское отделение. Институт геохимии СО РАН

THE X-RAY SPECTRAL ELECTRON PROBE MICROANALYSIS AS THE MAIN
COMPOSITION ESTIMATION METHOD FOR FINE-DISPERSED NATIVE
GOLD INCLUSIONS IN SULFIDE MINERALS

Tatarinov V.V.

East-Siberian branch. Institute of Geochemistry Siberian branch of RAS

На некоторых золоторудных месторождениях существенная часть самородного золота находится в виде микро- и тонкодисперсных включений, приуроченных к сульфидным минералам. Значительный интерес в этом отношении представляют минералы арсенопирит и пирит, которые являются основными концентраторами золота. Размерность зёрен, содержащих золото, а также типы минералов, с которыми они ассоциируют, влияют на выбор схемы обогащения руд (Петровская, 1973). Метод рентгеноспектрального электронно-зондового микроанализа (РСМА) позволяет диагностировать эти минералы и находящиеся в ассоциации с ними зёрна, однако существующие в настоящее время методики РСМА не дают возможности уверенно определять содержание Au, Ag и других сопутствующих элементов в объектах анализа, размер которых меньше области генерации рентгеновского излучения (менее 3-5 мкм). Это связано с тем, что часть электронов возбуждает не только элементы микровключения, но и элементы окружающей его матрицы.

Анализ тонкодисперсных включений обычно проводится с использованием минимально возможного диаметра электронного зонда. Эмпирическим путём было установлено, что для микроанализатора JXA-8200 Superprobe (JEOL Ltd., Япония), на котором проводились исследования, минимальный диаметр зонда может варьировать от 0.7 до 1.5 мкм. На рисунке (а) видно, как проходит процесс захвата матрицы в том случае, когда область генерации рентгеновского излучения больше, чем размер микровключения. Квадратное сечение зерна золота в некотором приближении соответствует реальным объектам анализа, на которых проходила апробация работы. Чаще всего такие включения размером около 1 мкм имеют угольную форму, сечение которой в приближении можно рассматривать как квадрат.

Предложенный способ оценки основного состава микровключений самородного золота, размер которых меньше области генерации рентгеновского излучения, в сульфидных минералах основан на экстраполяции линейного тренда зависимости содержания элемента включения в сравнении с содержанием элементов окружающей матрицы. Для обоснования способа были проведены статистические

расчёты траекторий электронов методом Монте-Карло, в основу которых положен двумерный аналог трёхмерной модели (Лав, Кокс, Скотт, 1977). При помощи разработанной модели возбуждения рентгеновского излучения была проведена оценка интенсивности аналитического сигнала и построена её зависимость от размера микровключений.

Экспериментальные исследования образца пирита с напылённым в вакууме слоем чистого золота толщиной около 1 мкм показали, что линейные тренды зависимости содержаний элементов самородного золота и матрицы, определённых методом РСМА, находятся в согласии с расчетными данными. Данный способ позволил оценить основной состав микровключений самородного золота размером менее 1 мкм в матрице арсенопирита Наталкинского золоторудного месторождения, которое расположено в Магаданской области и является одним из крупнейших в России. Арсенопирит является самым распространённым рудным минералом на данном месторождении (Кравцова, Таусон, Никитенко, 2015), поэтому на рисунке (б) приведены линейные тренды, аппроксимирующие зависимость содержания золота $C(\text{Au})$ от содержаний элементов матрицы арсенопирита $C(\text{S})$, $C(\text{Fe})$ и $C(\text{As})$.

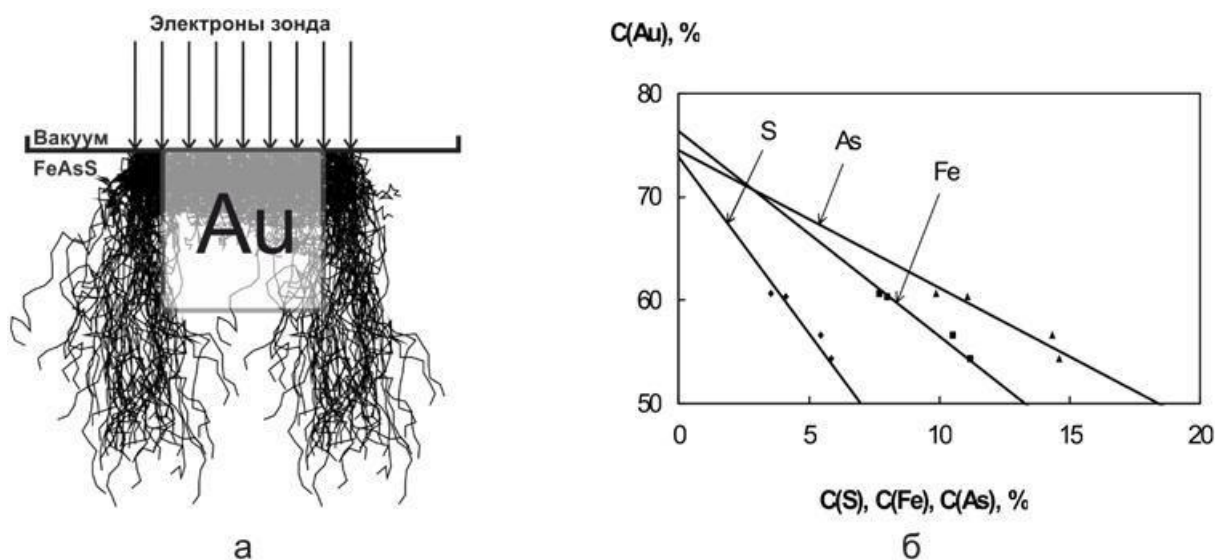


Рис. Модель РСМА микровключения золота в арсенопирите (а) и тренды содержания золота в сравнении с содержаниями серы, железа и мышьяка (б).

Таким образом, определение содержания элементов микровключений золота в сульфидных минералах предлагается проводить при помощи экстраполяции тренда содержаний в область, где концентрация элемента матрицы стремится к нулю.

Исследование проведено при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00095.

Петровская Н.В. Самородное золото. Общая характеристика, типоморфизм, вопросы генезиса. М.: Наука, 1973. 347 с.

Love G., Cox M.G. C., Scott V.D. A simple Monte Carlo method for simulating electron-solid interactions and its application to electron probe microanalysis //Journal of Physics D: Applied Physics. 1977. V. 10, № 1. P. 7-23.

Кравцова Р.Г., Таусон В.Л., Никитенко Е.М. Формы нахождения золота, платины и палладия в арсенопиритах золоторудного месторождения Наталкинского (Северо-Восток России) // Геохимия. 2015. № 11. С. 991-999.