

УДК 543.070

**Ф.А. Чмиленко, Г.Н. Романенко, Л.А. Носова, Т.М. Деркач**

*Днепропетровский госуниверситет*

**ОСОБЕННОСТИ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОГО  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА  
В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ УКРАИНЫ**

Описаны особенности растворения сульфидно-кварцевых и осадочных золото-содержащих горных пород Украины, предложены варианты полного и частичного их разложения. Разработаны пламенный и непламенный варианты атомно-абсорбционного и экстракционно-атомно-абсорбционного определения золота и серебра.

Выявление в последние годы на территории Украины ряда месторождений и проявлений золота обусловило теоретическую возможность формирования минерально-ресурсной базы этого полезного ископаемого. Создание национальной золотодобывающей промышленности - задача актуальная, трудная и дорогостоящая [3]. Значительная часть средств в процессы поисков и разведки месторождений расходуется на определение золота в рудах и содержащих его горных породах. Методика определения золота должна отличаться высокой точностью, особенно в случаях, когда содержание его в пробах не превышает 1 г/т.,

Общеизвестна зависимость выбора методики определения золота от вещественного состава анализируемых проб, а также от содержания в них элемента. Некоторые исследователи высказывают мнение, согласно которому при выборе методики определения золота необходимо учитывать формационную принадлежность золотосодержащих объектов.

При разработке рациональных методов анализа все многообразие золотосодержащих горных пород целесообразно объединить в определенные типы с учетом особенностей геологических формаций месторождений Украины. Можно выделить 4 основных типа золотосодержащих горных пород.

1. Наибольший интерес представляют месторождения и проявления, локализующиеся в кристаллических породах Украинского щита (УЩ), относящиеся к метаморфогенному типу золотого оруденения [4]. Такие месторождения являются основными объектами мировой золотодобычи (2/3 мировых запасов). Масштабы оруденения и его генетические типы обнаруживают достаточно четкое его происхождение в конкретные геотектонические эпохи [5], из которых наиболее продуктивными для УЩ являются каледонская (архей) и

**Чмиленко Ф.А., Романенко Г.Н., Носова Л.А., Деркач Т.М., 1998**

сконцентрированности золота способствовала толща зеленокаменного метаморфизма, во втором - некоторые горизонты железистых кварцитов.

2. Несмотря на относительно слабое развитие вулканоплутоно-тектонических структур, гидротермальную и метасоматическую деятельность в Карпатах и Закарпатье, промышленная реальность золоторудных объектов этих регионов очевидна.

3. Выявление в последние годы золото-сульфидного оруденения, залегающего на значительных глубинах во флишеидных отложениях карбона складчатого Донбасса, позволяет ставить вопрос о принципиальной переоценке его золотоносности [1].

4. Оценивая потенциальные возможности установленных на Украине генетических типов золоторудных месторождений, Е.А.Кулиш [3] выделяет 7 наиболее перспективных, к которым относит месторождения как гипогенного, гидротермального, так и гипергенного генезиса. В отдельный тип он выделяет хвосты обогащения железных руд, содержание золота в которых может достигать 0,1 г/т.

Основываясь на сведениях о вещественном составе золотосодержащих пород, развитых на территориях Украины, последние объединяют в 6 групп (табл.1), в которые вошли геологические объекты, близкие по петрографическим особенностям. Для каждой из групп пород выполняются исследования, направленные на разработку рациональных методов извлечения золота и режимов атомно-абсорбционного определения.

Нами изучены особенности растворения сульфидно-кварцевых и осадочных пород, разработаны варианты полного и частичного разложения. Для разложения проб использовали смесь кислот хлористоводородной и азотной в соотношении 3:1.

Сульфидно-кварцевые породы перед кислотным разложением подвергали окислительному обжигу. При растворении необожженных сульфидно-кварцевых проб в «царской водке» возможной причиной потерь золота является недостаток окислителя, выделение элементарной серы, служащей коллектором для золота. При обжиге в течение 1,5 - 2 ч при  $t=500-600^{\circ}\text{C}$  удаляются сера и углистое вещество, разрушаются некоторые золотосодержащие минералы [6].

Пробы осадочных пород предварительного обжига не требуют. При разложении пробы в анализируемый раствор переходят большие количества сопутствующих элементов, мешающих выполнению анализа, поэтому золото отделяли от основной массы элементов с использованием экстракционного концентрирования хлоридных комплексов золота в метилизобутилкетон (МИБК) из 1-3 М солянокислого раствора в соотношении органической и водной фаз 1:10. Условия экстракции позволяют добиться высокой селективности извлечения следов элемента.

## Петрографические группы золотосодержащих пород

№ п/п	Группа по петрографическому составу	Главные породообразующие минералы	Второстепенные породообразующие минералы, в т.ч. акцессорные	Основные формы выделения золота
1	Сульфидно-кварцевые жильные образования	Кварц, пирит	Карбонат, хлорит, серицит, магнетит, ильменит, сфалерит, галенит и др.	Индивидуализированные выделения, включения в сульфидах
2	Сульфидно-кварцевые карбонатные жильные образования	Кварц, анкерит-доломит, пирит	Кальцит, полевой шпат, серицит, хлорит, магнетит, сфалерит, халькопирит, галенит и др.	Индивидуализированные выделения, включения в пирите, сростки с теллуридами серебра
3	Породы межпрожилкового пространства основного состава	Хлорит, кварц, биотит, плагиоклаз, амфибол	Серицит, цоизит, эпидот, пирит, пирротин, магнетит, сфалерит, галенит и др.	Вкрапленность в пирите, рассеянном в породе, включения в кварце
4	Породы межпрожилкового пространства кислого и среднего состава	Кварц, плагиоклаз, серицит, хлорит	Хлорит, эпидот, магнетит, пирит, халькопирит и др.	Сростки с кварцем и сульфидами
5	Охристо-глинистые образования кор выветривания	Глинистые минералы, тонкодисперсный гетит, гидрогетит	Вторичные: сидерит, пирит. Реликты материнских пород	Форма нахождения достоверно не установлена
6	Железисто-кварцевые породы (в т.ч. хвосты манитного обогащения)	Силикат, алюмосиликаты, магнетит, кварц	Карбонаты, пирит, мартит, амфиболы, хлорит	Приурочено к пириту, в меньшей степени к магнетиту

Процент экстракции МИБК других элементов (Na, Fe, Al, Cu, Ni, Co, Ca, Mg, Zn) при такой кислотности раствора минимален [2].

В целях полного разложения пробы осадочных пород, в которых золото связано с кварцем, использовали фтористоводородную кислоту и "царскую водку" с последующей экстракцией хлораурата МИБК.

Концентрацию золота определяли методом атомно-абсорбционной (АА) спектроскопии с пламенным и непламенным источником атомизации и дейтериевым корректором фона (спектрофотометры ААБ-1, "Сатурн-ЗП-1" с комплексом "Графит-2"). Оптимизированы условия АА определения золота серебра (табл. 2).

**ТАБЛИЦА 2**  
**условия атомно-абсорбционного определения золота и серебра**

Элемент	Прибор	Длина волны $\lambda$ , нм	Ток лампы, мА	Щель монохроматора, мм	Расход, л/ч		
					$C_2H_2$	Пропан-бутан	Воздух
	Сатурн ЗП-1	328,1	10	0,1	82	-	920
Ag	AAS-1	328,1'	5	0,01	-	20	560
Au (в.ф.) •	Сатурн ЗП-1	242,8	8	0,1	80.	--	980
Au (МИБК)	Сатурн ЗП-1	242,8	8	0,1	82	-	1210

Определение серебра проводилось в окислительном пламени ацетилен-воздух, пропан-бутан-воздух. Распыление экстрактов в обедненное пламя ацетилен-воздух приводит к повышению атомного поглощения золота в несколько раз по сравнению с водной средой, что значительно снижает предел обнаружения.

Линейность градуировочных графиков сохранялась в диапазонах: для серебра - 0,1-7,0 мкг/мл, для золота - 0,5 - 10,0 мкг/мл. Характеристическая концентрация ( $C_x$ ) серебра - 0,05 мкг/мл, золота - 0,2 мкг/мл.

Были исследованы также различные способы электротермической атомизации (ЭТА) при определении микроколичеств серебра и золота. Использование платформы из графита марки МПГ позволило достичь максимальных аналитических сигналов серебра и золота и устранить депрессирующее влияние основы.

Режим атомизации золота и серебра в электротермическом атомизаторе "Графит-2" с платформой представлен в табл. 3 .

**Таблица 3**  
**Режим атомизации золота и серебра в ЭТА "Графит-2" с платформой**

Стадия	Температура, °С		Время выдержки, с		Скорость подъема T, °С/с		Режим
	Ag	Au	Ag	Au	Ag	Au	
Сушка I	70	60	20	25	70,0	60,0	
Сушка II	80	80	25	25	3,2	3,2	
Озоление I	450	300	10	15	45,0	20,0	
Озоление II	1200	500	5	5	600,0	60,0	"Газ-стоп"
Атомизация	2500	2400	5	5	1300,0	1900,0	

Предел обнаружения экстракционно-атомно-абсорбционного анализа Au - 0,05 г/т, Ag - 0,01 г/т с относительным стандартным отклонением 0,10.

Методики определения золота и серебра разработаны на стандартных образцах горных пород СЗХ-3, СЗХ-4 и СЗК-3, правильность метода контролировалась согласно методу добавок.

#### Библиографические ссылки

1. Артеменко В.М., Артеменко О.В. Геологическая структура и минерала геохимические закономерности золото-мышьяковисто-сульфидного оруденения флишоидных отложений карбона // Геол. журн. 1994. N 2. С. 86 - 94.
2. Золотов Ю.А., Иоффе Б.З., Чучалин Л.К. Экстракция галогенидных комплексов металлов. М.,1973.
3. Кулиш Е.А. Экономические аспекты добычи, использования золота и торговли // Там же, 1994. N 2. С. 73 - 79. \*
4. Кулиш Е.А. Главные черты эволюции метаморфогенного золоторудного оруденения // Там же, 1993. N 5. С. 16 - 26.