

УДК 543.05; 543.422

## СЕЛЕКТИВНА ХЛОРИДОВОЗГОНКА БЛАГОРОДНИХ ТА КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ В АНАЛІЗІ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ

Чмиленко Ф.О., Курганов Д.В., Деркач Т.М.

*Дніпропетровський національний університет  
49625, м. Дніпропетровськ, пр. Науковий, 13*

За останні роки в Україні виявлені численні рудопрояви корінного й розсіпного золота. Це регіони Закарпаття, Карпат, Наддніпрянщини, Донбасу та Приазов'я [1]. І хоча більшість з цих рудопроїв характеризується невеликим вмістом золота, сприятливі геологічні умови країни залишають перспективу розробки його промислових родовищ (у цьому плані особливо перспективні рудопрояви Донбасу).

На цьому фоні різко підвищується роль аналітичного забезпечення відповідних геолого-пошукових і розвідницьких робіт як у плані розвитку й удосконалення вже відомих методів (кислотне розкладання, пробірна плавка), так і в плані створення нових методів розкриття зразків.

Можливі напрямки вдосконалення методик зводяться до: а) зниження експлуатаційних витрат (економія реактивів та ін.); б) прискорення етапу розкладання зразків (інтенсифікація пробопідготовки); в) використання з метою розкладання зразків таких процесів, що можуть бути застосовні до як можна більш широкого класу порід (уніфікація методів пробопідготовки).

Доцільність розвитку нових методів розкладання обумовлюється існуванням недоліків класичних прийомів розкриття золотовмісної сировини: неповним вилученням благородних металів в аналіт і/або досить великою тривалістю аналізу при кислотних методах розкладання і значних експлуатаційних витратах на матеріали у випадку застосування пробірної плавки.

У роботі [2] був запропонований новий метод розкриття золотовмісних матеріалів, який полягає в хлоридовозгончному випалі суміші руди з твердим хлорагентом і відділенні золота у виді леткого  $\text{AuCl}/\text{AuCl}_3$  з наступним атомно-абсорбційним визначенням металу в розчині поглинання. Крім простоти апаратурного оформлення, доступності й економії реактивів, малого часу розкриття зразків, метод характеризується селективним відділенням Au від Fe (основний компонент, що заважає при атомно-абсорбційному визначенні Au) і породи, що аналізується.

Однак золотовмісні руди як правило є комплексною сировиною, що містять крім Au значні кількості кольорових металів і Ag (неодмінного супутника золота у всіх його рудопроявах). Відповідно й аналіз золотовмісної сировини в цьому випадку зводиться не тільки до визначення в ньому основного компонента – Au, але й до визначення супутніх компонентів. У цьому плані окисна хлоридовозгонка має перспективу для визначення в рудах крім Au таких металів, як Ag, Cu і Pb, хлориди яких в умовах процесу переходять у газову фазу [3].

Застосування хлоридовозгонки для визначення вмісту Au, Ag, Cu і Pb у золотовмісних зразках і було метою цієї роботи.

### Експериментальна частина

Для дослідження були обрані кварцові золотоносні руди 2-х вітчизняних родовищ (далі руда 1 і руда 2) зі вмістом Ауруму 7,93

і 5,05 г/т відповідно (за даними пробірного аналізу).

Вміст інших компонентів руд:

руда 1 – вміст Купруму 200 г/т.

руда 2 – вміст Купруму 315 г/т, Плюмбуму 10225 г/т, Аргентуму 30 г/т (за даними, отриманими після кислотного розкладання порід).

Хлоридовозгонку зразків руди проводили на установці, описаної в роботі [2]. Човник із зашихтованою рудою масою 2,5 г і відповідною кількістю твердого хлорагента  $\text{CaCl}_2$  поміщали в попередньо розігріту до  $850\text{-}900^\circ$  трубчасту піч, до виходу якої приєднували систему уловлювання хлоридів. Струм хлоридів в установці забезпечувався водострумним насосом, а також конвекцією, для чого піч розташовували під невеликим кутом ( $8\text{-}10^\circ$ ). Відігнані хлориди поглинали розчином уловлювання (50 мл 1М  $\text{HCl}$ ), вміст кожного металу в якому визначали методом атомної абсорбції.

Тривалість випалу у всіх випадках залишалася постійною і складала 1 годину.

Вимірювання атомно-абсорбційних сигналів елементів проводили на спектрофотометрі С115-ПКС (м. Суми) у полум'ї ацетилен/повітря з застосуванням дейтерійового коректору.

Для визначення оптимального складу шихти була досліджена залежність ступеня відгону хлоридів  $\text{Au}$ ,  $\text{Cu}$ , і  $\text{Pb}$  від масової частки  $\text{CaCl}_2$  у суміші. Вміст  $\text{CaCl}_2$  у шихті варіювався від 10 до 40% (за масою). З даних (див рис.1) видно, що в оптимальному інтервалі варіювання масової частки хлориду кальцію - від 15 до 40% - відбувається кількісний відгін хлоридів  $\text{Au}$ ,  $\text{Cu}$  і  $\text{Pb}$ . Деяке зниження відгону  $\text{Cu}$  і повне припинення відгону  $\text{Au}$  для шихт із масовою часткою  $\text{CaCl}_2 < 15\%$  обумовлюється витратою хлорагента на хлорування  $\text{Pb}$ , кількість якого надлишкова відносно інших компонентів шихти.

Досліди були проведені на руді 2. Результати, отримані при встановленні оптимального складу шихти, були через однотипність руд поширені й на руду 1.

Через рівнозначність середнього вмісту металів при масових частках хлорагента 15, 20 і 40%, остаточний розрахунок вмісту проводився за об'єднаною

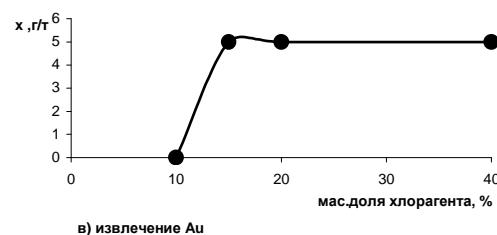
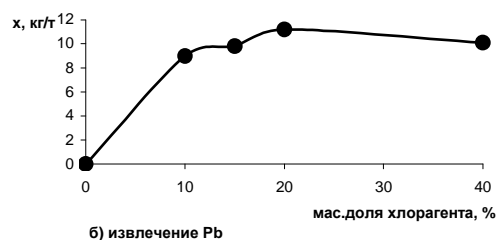
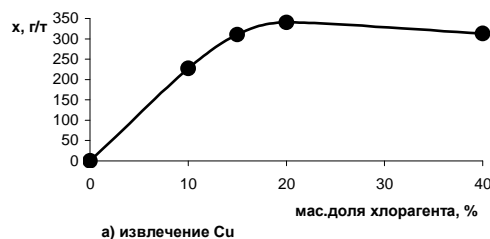


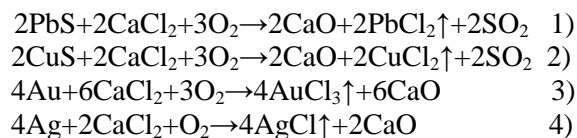
Рис.1 Залежність витягу металів від масової частки  $\text{CaCl}_2$

вибіркою значень, отриманих від дослідів з різними масовими частками  $\text{CaCl}_2$ .

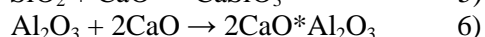
#### Результати та їх обговорення

Механізм хлоридовозгонного випалу в окисному середовищі зводиться до обмінного розкладання сполук кольорових металів хлоридом кальцію (або іншим хлорагентом), до хлорування благородних і кольорових металів хлором, що звільняється при термічному розкладанні хлорагента з переводом хлоридів, що утворюються, у газову фазу.

З огляду на мінералогічний склад випробуваних руд, даний процес можна описати наступними рівняннями:



У присутності в шихті кислотних оксидів:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  і  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  процес прискорюється через зсув рівноваги процесів 1-4 убік утворення продуктів за рахунок зв'язування Ca у відповідні силікати, алюмінати:



та ін.

Останні процеси цікаві тим, що при розкритті кварцу і породоутворюючих мінералів групи алюмосилікатів, вивільняють можливо асоційовані з ними Au і Ag, сприяючи тим самим підвищенню ступеня витягу цих елементів з породи, що аналізується.

Результати, отримані за допомогою запропонованої методики приведені у табл.1. З даних таблиці видно гарна збіжність результатів для Au і Ag з результатами, отриманими раніше з використанням інших методів розкладання порід, а також близькість результатів визначення вмісту Cu і Pb до даних, отриманих після кислотного розкладання зразків (див. вище).

Слід зазначити також практично повне відділення Au від Fe, відгін якого з руд у всіх дослідах не перевищував 5%, що сприятливо позначається на правильності атомно-абсорбційного визначення золота.

### Висновки

Запропоновано методику визначення Au, Ag, Cu і Pb у мінеральній сировині з застосуванням на стадії пробопідготовки хлоридовозгонки. У ході процесу відбувається селективне відділення Au, Ag, Cu і Pb від породи, що аналізується, і супутніх їм елементів з одержанням простих за складом розчинів, у яких вміст металів визначається атомно-абсорбційним методом.

Методика характеризується простотою, експресністю й малими експлуатаційними витратами.

Отримані результати знаходяться в згоді з результатами, отриманими з використанням інших методів розкладання аналізованих зразків.

### Список літератури

1. Квасниця В.М., Латиш І.К. Самородне золото України.- К., 1996.- 152с.
2. Чмиленко Ф.А., Деркач Т.М., Курганов Д.В. Применение хлоридовозгонки в анализе золотосодержащего сырья // Вопросы химии и химической технологии. 2001.-вып.5- с.9-10
3. Масленицкий И.Н. Металлургия благородных металлов.-М., 1987.- 432с.

Таблиця 1. Вміст металів у зразках

елемент	Au		Ag		Cu		Pb	
	$\bar{x} \pm \Delta x, \text{г/т}$	$S_r$	$\bar{x} \pm \Delta x, \text{г/т}$	$S_r$	$\bar{x} \pm \Delta x, \text{г/т}$	$S_r$	$\bar{x} \pm \Delta x, \text{кг/т}$	$S_r$
руда 1*	$8,2 \pm 1,24$	0,09	-	-	$213,0 \pm 13,2$	0,04	-	-
руда 2**	$5,17 \pm 0,22$	0,06	$32,2 \pm 3,87$	0,09	$322,7 \pm 20,3$	0,09	$10,5 \pm 0,71$	0,10

\* n=4, P=0,95

\*\* n=11, P=0,95; для Ag n=5, P=0,95

## SELECTIVE CLORIDE-SABLIMATION OF NOBLE AND NON-FERROUS METALS FOR ANALYSIS OF MINERALS

F.A.Chmilenko, D.V.Kurganov, T.M.Derkach

The technique, which is based on the chlorinating burning of gold sublimation out of ore with  $\text{CaCl}_2$  mixture, have been developed for determination of gold concentration in ores by the atomic absorption method. The plant for realizations chlorinating roast of gold sublimation of geological powder samples has been designed.