

## АНАЛІЗ БЛАГОРОДНИХ МЕТАЛІВ НА МІКРОТРОНІ М-30

1В.М. Мазур, 1М.В.Стець, 2В.М.Бузаш, 1О.Б.Шпеник

<sup>1</sup>Інститут електронної фізики НАН У, 294016, вул.Університетська, 21,

<sup>2</sup>Ужгородський державний університет, 294000, вул. Другетів, 46

На гальмівному гамма-пучку мікротрону М-30 показані можливості аналізу поліметалічних руд Закарпаття на визначення вмісту благородних металів - золота, срібла. Чутливість аналізу на вміст золота складала  $\sim 2 \cdot 10^{-4}\%$  у випадку використання  $(\gamma, \gamma')^m$  реакції і  $1,3 \cdot 5 \cdot 10^{-5}\%$  для  $(n, \gamma)$  реакцій.

В зв'язку з розробкою на Закарпатті родовищ золотомістких поліметалічних руд з'явилась потреба в значній кількості аналізів на наявність в них благородних металів (золота, срібла). Не дивлячись на наявність багатьох методів визначення вмісту золота та інших елементів в рудах, була показана доцільність використання активаційного аналізу на мікротроні М-30 Інституту електронної фізики НАН України. Це викликано, з одного боку, його високою чутливістю і відносною дешевизною, а з іншого - надійністю і апробованістю наявних методик. Використання прискорювача з широким діапазоном регулювання енергії дозволяє використовувати для аналізу різноманітні реакції  $(\gamma, \gamma')^m$ ,  $(\gamma, n)$ ,  $(n, \gamma)$ . Нами були використані дві реакції-непружне розсіювання гамма-квантів із збудженням ізомерних станів та радіаційне захоплення нейтронів. На золоті і сріблі в реакції непружного розсіювання збуджуються короткоживучі ізомери  $^{197m}\text{Au}$ ,  $^{107m}\text{Ag}$  та  $^{109m}\text{Ag}$  з періодами напіврозпаду ( $T_{1/2}$ ) відповідно 7,8с; 44,3с; 39,6с. Це дозволяє використати достатньо чутливий експресний і селективний метод, що ґрунтується на реакціях:  $^{197}\text{Au}(\gamma, \gamma')^{197m}\text{Au}$ ;  $^{109}\text{Ag}(\gamma, \gamma')^{109m}\text{Ag}$ ;  $^{107}\text{Ag}(\gamma, \gamma')^{107m}\text{Ag}$ .

Була використана максимальна енергія гальмівного випромінювання 9,0 МеВ. Середній струм прискорених електронів, котрі падали на гальмівну мішень, складав

12 мкА. В якості критерія чутливості приймався критерій  $N_p = 3\sqrt{N_{tm}}$ , де  $N_p$  - кількість імпульсів під фотопіком,  $N_{\phi}$  - кількість імпульсів фону. Статистична точність дозволяла забезпечити надійність аналізу в межах 96%. Оптимальні розміри досліджуваних зразків визначалися з умов самопоглинання випромінювання в матеріалі проби і складали 50 г і більше. Зразки опромінювалися в пучку гальмівного випромінювання на віддалі 4 см від гальмівної мішені. Тривалість доставки зразка до вимірювальної установки складала 2с. Тривалість опромінення при аналізі на золото складала 30с, виміру - 20с, при аналізі на срібло, відповідно 3хв. і 2хв. Для реєстрації гамма-випромінювання використовувався спектрометр з Ge-детектором об'ємом 175 см<sup>3</sup>, а в окремих випадках - спектрометр з детектором на базі кристалу NaJ(Tl). В якості аналітичних ліній використовувалися: лінія 0.279 кеВ в гамма-спектрі від розпаду  $^{197m}\text{Au}$ , 0.093 кеВ -  $^{107m}\text{Ag}$  і 0.088 -  $^{109m}\text{Ag}$ . В пробах були основні металічні домішки - цинк і свинець, які не являлись тими, що заважають при використанні реакції  $(\gamma, \gamma')^m$ . На даній установці, при умові одноразового опромінення, межа чутливості визначення золота складала 10-3%. При цьому час аналізу вмісту золота в приготіваній пробі складав  $\sim 1$  хв. При десятикратному опроміненні і сумуванні спектрів чутливість зростала і

складала  $2 \cdot 10^{-4}\%$ . Статистична похибка вимірювань залежить від концентрації золота і знаходиться в межах  $+7\%$  до  $+25\%$  при зміні концентрації від  $2.5 \cdot 10^{-3}\%$  до  $5.9 \cdot 10^{-4}\%$ . При аналізі на вміст срібла чутливість на порядок нижча, що зв'язано з меншою інтенсивністю аналітичних ліній срібла.

Більш висока чутливість аналізу була досягнута при використанні реакції  $^{197}\text{Au}(n,\gamma)^{198}\text{Au}$ , переріз якої для теплових нейтронів складає 98 барн, для резонансних нейтронів - 1560 барн. Для аналізу використовувалась лінія 412 кеВ в гамма-спектрі від розпаду  $^{198}\text{Au}$  ( $T_{1/2} = 2,7$  діб). В якості фотонейтронних конверторів використовувалися комбіновані берилій-уран-берилієві мішені. При цьому була можливість при потребі одночасно визначати більшу кількість елементів. Опромінення здійснювалося при енергії та струмі електронів, прискорених в мікротроні, відповідно 15,5 МеВ і 10 мкА. Тривалість опромінення складала 5 годин. В якості сповільнювача використовувався куб із реакторного графіту розмірами  $1.2 \times 1.2 \times 1.2$  м<sup>3</sup>, в середині якого і розташовувався фотонейтронний конвертор. Значні розміри куба дозволяли одночасно розміщувати навколо конвертора декілька кілограмів зразків. Для аналізу

використовувалися зразки руди вагою від 0.1 до 100 г. В якості еталонів використовувалася золота фольга, а також зразки руди із відомим вмістом золота. Виміри проводилися неодноразово, при різних тривалостях охолодження.

Вимірювання наведеної гамма-активності 412 кеВ відбувалася на фоні матриці, що містила As(459,5 кеВ, 657 кеВ,  $T_{1/2} = 26,8$  год.),  $^{24}\text{Na}$  (1368 кеВ, 275 кеВ,  $T_{1/2} = 15,0$  г),  $^{69}\text{Zn}$  (318 кеВ,  $T_{1/2} = 55,6$  хв.),  $^{65}\text{Zn}$  (1115 кеВ, 0,511 кеВ,  $T_{1/2} = 244$  дн.) та інші нукліди. Знання елементного складу матриці дозволило визначити часові параметри аналізу (тривалість опромінення  $T_{\text{опр}}$ , час виміру,  $T_{\text{вим}}$  і тривалість охолодження активної проби  $T_{\text{ох}}$ ). Для активаційного аналізу на мікротроні М-30 в найбільш широких межах можна змінювати  $T_{\text{ох}}$ . Виявилось, що найбільш оптимальна  $T_{\text{ох}} = 100-160$  годин. При такому охолодженні і  $T_{\text{вим}} = 30$  хв., чутливість активаційного аналізу на золото складала  $(1,3-5) \cdot 10^{-5}\%$ . Продуктивність одного каналу вимірювань складала 10-15 аналізів за зміну.

Таким чином, проведені дослідження показали перспективність активаційного аналізу з використанням мікротрону М30 ІЕФ НАН України для визначення вмісту благородних металів в золотомістких поліметалічних рудах Закарпаття.

## THE ANALYSIS OF NOBLE METALS ON THE MICROTROTON- M-30

V.M.Mazur<sup>1</sup>, M.V.Stets<sup>1</sup>, V.M.Buzash<sup>2</sup> and O.B.Shpenik<sup>1</sup>

1. Institute of Electron Physics Ukrainian National Academy of Sciences, 21 Universitetska St., Uzhgorod, 294016, 2. Uzhgorod State University, 46 Drugetiv St., Uzhgorod, 294000, Ukraine

Using gamma-photons bremsstrahlung beams of M-30 microtron the possibility of analysis of polymetallic ores in Transcarpatia to determine the content of noble metals (Au, Ag) is shown. The analysis sensitivity was limited to  $2 \cdot 10^{-4}\%$  in case of  $(\gamma,\gamma)^m$  and  $1,3-5 \cdot 10^{-5}\%$  for the  $(n,\gamma)$  reactions at the analysis of gold content.