

Л.В. Лозинська, О.С. Тимошук

**5-ГІДРОКСИІМІНО-4-ІМІНО-1,3-ТІАЗОЛІДИН-2-ОН – НОВИЙ РЕАГЕНТ ДЛЯ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ІОНІВ РОДІЮ(III)**

Львівський національний університет ім. Івана Франка

Спектрофотометричним методом досліджено взаємодію іонів Rh(III) з новим реагентом – 5-гідроксиіміно-4-іміно-1,3-тіазолідин-2-оном, який належить до класу азолідонів. Встановлено оптимальні умови фотометрування (рН=5,0;  $t_{\text{нагр.}}=30$  хв;  $\lambda_{\text{max}}=350$  нм) і вплив деяких супутніх іонів, та розроблено методику визначення родію. Інтервал визначуваних концентрацій родію(III) становить 0,4-4,1 мкг/мл. Розроблену методику перевірено при аналізі модельних розчинів.

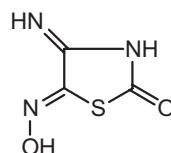
**Вступ**

Одним із сучасних напрямів розвитку аналітичної хімії є пошук і синтез нових органічних реагентів із заданими аналітичними властивостями. Завдяки цілеспрямованому синтезу можна прищеплювати функціональні групи, які забезпечать високу реакційну здатність, та покращать хіміко-аналітичні характеристики нових методик. Відомий реагент роданін, який запропонований для осадження срібла, ртуті та платинових металів [1]. Широкого використання в фотометричному аналізі цей реагент не здобув у зв'язку із поганою розчинністю роданіну та його сполук з іонами металів та невисокою чутливістю визначень. Проте роданін взаємодіє зі сполуками різних класів – альдегідами, кетонами, діазосполуками [2–4]. Це дозволяє отримувати сполуки, які містять хромофорні групи. Тому продукти конденсації роданіну і його аналогів характеризуються кращою контрастністю фотометричних реакцій та чутливістю визначення іонів металів. Їх в основному використовують для визначення деяких важких та благородних металів [1,5–20]. У табл. 1 наведено деякі приклади використання похідних роданіну для фотометричного визначення благородних металів.

Як видно із цієї таблиці більшість реакцій є довготривалими і взаємодія проходить у сильнокислому середовищі. Проте існує ціла низка об'єктів з невеликим вмістом родію та значною матрицею на основі силіцію (керамо-силікатні каталізатори, руди силікатного характеру, польові транзистори тощо). Проведення аналізу за запропонованими методиками або неможливе або пов'язане зі значними труднощами при пробопідготовці.

На кафедрі органічної хімії Львівського національного університету імені Івана Франка було синтезовано новий реагент, який належить

до класу азолідонів – 5-гідроксиіміно-4-іміно-1,3-тіазолідин-2-он (далі ГІТО):



Це кристалічний порошок пісочного кольору, погано розчинний у воді, але добре розчинний в етанолі, метанолі, н-пропанолі, етиленгліколі, гліцерині, диметилформаміді, диметилсульфоксиді.

Оскільки ГІТО є аналогом роданіну, то ми вирішили використати його для спектрофотометричного визначення іонів родію(III).

Більша частина органічних реагентів, що застосовуються для визначення родію(III), відносяться до нітросоамінів бензольного ряду, нітросоафтолів, аліфатичних амінів, гетероциклічних азосполук, S-, O-, N-вмісних гетероциклічних сполук (5-аліловий ефір 5-сульфо-8-меркаптохіноліну) [21]. Синтез нових високоселективних та чутливих реагентів, перш за все, для визначення родію, ірідію, осмію та рутенію розширює область застосування фотометрії, з огляду на доступність та простоту обладнання, і є актуальним завданням. Певні вдаль спроби в цьому напрямку вже зроблені [22]: випробувано і запроваджено в аналітичну практику такі реагенти як натрієва сіль ацетилгідразону піровиноградної кислоти та бензоїлгідразон піровиноградної кислоти. Також як нові реагенти для визначення родію(III) запропоновані O-, N-, S-вмісні гідразони саліцилового альдегіду за умови екстракції їх іонних асоціатів з основним ціаніновим барвником [23].

**Апаратура та реагенти**

Всі водні розчини, які використовували в

Використання роданінових похідних у спектрофотометричному аналізі благородних металів

Реагент	Метал	Умови визначення	Література
5-(п-Амінобензилідено)-роданін	Pd(II)	(1+1) HCl, 2% тритонX-100, $\lambda=475$ нм	[13]
	Ru(III)	(1+10) H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , 2% емульгатор ОП, $\lambda=500$ нм	[13]
Сульфохлорфенолазо-роданін	Pt(IV)	3 М HCl, 4 год, $\lambda=500$ нм; 2 М HCl+2 М H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , аскорбінова кислота, 4 год, $\lambda=500$ нм	[1,6,10,11,14,17]
	Pd(II)	5 М H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +8 М H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , $\lambda=520$ нм; 1 М HCl, 1–2 год, $\lambda=520$ нм; 4 М (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , HNO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), 60 хв (t=50 <sup>0</sup> C), $\lambda=520$ нм	[1,10,12]
	Ir(IV)	10 М H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +6 М CH <sub>3</sub> COOH, 60 хв (t=90 <sup>0</sup> C), $\lambda=510$ нм	[1,10]
	Rh(III)	7 М H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )+6 М CH <sub>3</sub> COOH, 60 хв (t=70 <sup>0</sup> C), $\lambda=510$ нм	[1,10,12,18,19]
Сульфохлорфенолазо-роданін	Pt(II)	3 М HCl+аскорбінова кислота, 20 год (t=20 <sup>0</sup> C), $\lambda=500$ нм; 2 М HCl+2 М H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> +аскорбінова кислота, 4 год (t=20 <sup>0</sup> C), $\lambda=500$ нм	[12,14,17]
	Ru(III), Ru(IV)	2 М HCl+10 М CH <sub>3</sub> COOH, 30 хв (t=80 <sup>0</sup> C), $\lambda=500$ нм	[8,13,20]
	Ag(I)	pH=2–6, $\lambda=480$ нм; pH=6–10, $\lambda=560$ нм; 1–6 М H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ), 30 хв, $\lambda=500$ нм	[1,10–12]
	Au(III)	1 М HCl, 10 хв, $\lambda=530$ нм	[1,10–12]
Сульфобензолазофенолазо-роданін	Pd(II)	pH=1–3, ПАР, 5–10 хв (t=60 <sup>0</sup> C), $\lambda=540$ нм	[9,10,16]
	Au(III)	pH=1–3, ПАР, 5–10 хв (t=50 <sup>0</sup> C), $\lambda=540$ нм	[9,10,16]
	Rh(III)	pH=1–3, ПАР, 5–15 хв (t=70–80 <sup>0</sup> C), $\lambda=540$ нм	[9,10,16]
	Ru(III), Ru(IV)	pH=1–3, ПАР, 5–15 хв (t=70–80 <sup>0</sup> C), $\lambda=540$ нм	[9,10,16]
Сульфохлорфенолазо-тіопропіороданін (тіродин)	Pt(II)	7,6 М H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , 1 год, $\lambda=510$ нм	[12,17]
	Pt(IV)	7,6 М H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> +аскорбінова кислота, 3–4 год (t=20 <sup>0</sup> C), $\lambda=510$ нм; 3 М H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> +5 М CH <sub>3</sub> COOH+аскорбінова кислота, 3–4 год (t=20 <sup>0</sup> C), $\lambda=510$ нм	[10,17]
	Au(III)	3 М H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> +3,5 М CH <sub>3</sub> COOH, 15–30 хв, $\lambda=510$ нм	[12]
	Ag(I)	1 М H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> +10 М CH <sub>3</sub> COOH, $\lambda=535$ нм; Екстракція при pH=5, $\lambda=550–580$ нм	[7,8,12]
м-Сульфобензолазороданін	Pt(IV)	2 М H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , 15 хв (t=80 <sup>0</sup> C), $\lambda=520$ нм	[20]
	Rh(III)	4 М H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> +4 М CH <sub>3</sub> COOH, 20 хв (t=70 <sup>0</sup> C), $\lambda=520$ нм	[20]
	Ir(IV)	4 М H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> +4 М CH <sub>3</sub> COOH, 20 хв (t=70 <sup>0</sup> C), $\lambda=520$ нм	[20]
Сульфонітрофенол М	Pd(II)	2 М H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), 15 хв (t=80 <sup>0</sup> C), $\lambda=640$ нм	[15,20]
Бензолазороданін	Au(III)	pH=7–9, ПАР, $\lambda=570$ нм	[9]

роботі, готували на дистиляті.

Вихідний стандартний розчин Rh(III) ([RhCl<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>) готували спіканням точної наважки металічного родію (99,9%) з окиснювальною сумішшю NaNO<sub>3</sub>+NaOH (у співвідношенні 3:1) впродовж 2 год при 700<sup>0</sup>C з подальшим розчиненням одержаного плаву в 3 М HCl “ч.д.а.” [24]. Форму існування Rh(III) в одержаному розчині встановлювали порівнянням спектрів поглинання одержаного розчину родію(III) зі спектрами, описаними в літературі [25–27]. У зв’язку з можливими втратами родію при спіканні з окиснювальною сумішшю його розчини додатково стандартизувалися за методикою Сирокомського та Прошенкової, побудованою на здатності Rh(III) окиснюватися натрій бісмутатом до Rh(V) у сульфатнокислих розчинах [28]. До аліквотної частини (10,0 мл) хлоридного розчину родію(III) додавали 30 мл H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> і випаровували до утворення парів ангідриду

сульфатної кислоти. Розчин охолоджували, переносили у колбу місткістю 100,0 мл і доводили до мітки дистильованою водою. Відбирали аліквотну частину (10,0 мл) розчину і у сульфатнокислому середовищі (15–20%) додавали натрій бісмутат з розрахунку 1 г NaBiO<sub>3</sub> на 1–12 мг Rh(III). Ставили у темне місце на 2,5 год. Непрореагований залишок NaBiO<sub>3</sub> відфільтровували і промивали декількома порціями H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:10). Фільтрат титрували 0,005 н. розчином солі Мора до послаблення синьо-фіолетового забарвлення розчину. Додавали 2–3 краплі фенілантранілової кислоти і титрували до зміни малиново-вишневого забарвлення на солом’яно-зелене. За даними титрування розраховували вміст Rh(III) у розчині. Робочі розчини Rh(III) готували розведенням точної аліквоти стандартного розчину дистильованою водою та підкислюючи їх хлоридною кислотою до її загальної концентрації 1 М.

Вихідний розчин 5-гідроксиіміно-4-іміно-1,3-тіазолідин-2-ону готували розчиненням точної наважки попередньо очищеного реактиву у 96% етанолі.

Розчини  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{NaCl}$  і  $\text{NaOH}$  готували з наважки, а  $\text{HCl}$  готували розведенням концентрованої  $\text{HCl}$ .  $\text{NaCl}$  використовували для підтримання сталої іонної сили.  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{NaOH}$  і  $\text{HCl}$  використовували для підведення рН розчинів.

Спектрофотометричні вимірювання виконували на спектрофотометрі 108 UV/ULAB у кварцових кюветах з товщиною поглинаючого шару 1,0 см. Спектри поглинання були отримані в діапазоні довжин хвиль 240–600 нм з кроком 2 нм, як розчин порівняння – дистильована вода. Вимірювання рН проводили на рН-метрів рН-150 М з комбінованим скляним електродом (РУП “Гомельський завод вимірювальних приладів”, Білорусь).

#### Експериментальні результати та їх обговорення

Як показали результати досліджень іони  $\text{Rh(III)}$  у слабкокислому середовищі утворюють комплексну сполуку з 5-гідроксиіміно-4-іміно-1,3-тіазолідин-2-оном. На рис. 1 наведені електронні спектри поглинання розчинів барвника і комплексної сполуки  $\text{Rh(III)}-\text{ГІТО}$ .

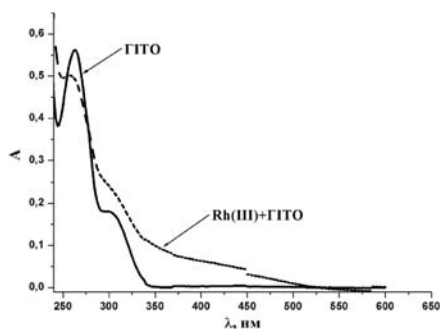


Рис. 1. Електронні спектри поглинання розчинів ГІТО і комплексу  $\text{Rh(III)}$  з реагентом,  $C_{\text{Rh(III)}}=2,0 \cdot 10^{-5}$  М;  $C_{\text{ГІТО}}=4,0 \cdot 10^{-5}$  М; рН=5,0;  $\mu(\text{NaCl})=0,1$  М;  $l=1,0$  см

Максимум поглинання продукту взаємодії  $\text{Rh(III)}$  з ГІТО спостерігається при 260 нм, та характеризується ще плечем в межах довжин хвиль 280–520 нм. Для досліджень обрали довжину хвилі 350 нм, при якій практично відсутнє поглинання реагенту.

На рис. 2 наведені результати досліджень впливу рН на вихід комплексної сполуки  $\text{Rh(III)}-\text{ГІТО}$  на фоні натрій хлориду. Як видно з рис. 2, комплекс родію(III) з ГІТО утворюється в широких межах рН. Дослідження впливу рН на вихід забарвленої сполуки  $\text{Rh(III)}$  з ГІТО у діапазоні рН=6,0–12,0 не здійснювали, оскільки сам реагент нестабільний у цих межах кислотності середовища, що пояснюється гідро-

лізом іміногрупи [29].

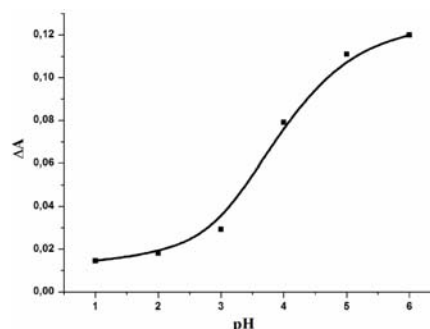


Рис. 2. Вплив кислотності середовища на максимальний вихід забарвленої комплексної сполуки  $\text{Rh(III)}$  з ГІТО.  $(C_{\text{Rh(III)}}=2,0 \cdot 10^{-5}$  М;  $C_{\text{ГІТО}}=4,0 \cdot 10^{-5}$  М;  $\mu(\text{NaCl})=0,1$  М;  $\lambda=350$  нм;  $l=1,0$  см)

Досліджено вплив часу нагрівання та стояння на вихід забарвленої комплексної сполуки. Процес комплексоутворення без нагрівання відбувається повільніше, ніж при нагріванні. Після нагрівання розчинів на киплячій водяній бані максимальний вихід забарвленої сполуки досягається через 30 хв (рис. 3). Максимальне значення оптичних густин без нагрівання досягається більше ніж через добу. Отже, наступні дослідження здійснювали при 30 хв кип'ятіння розчинів на водяній бані.

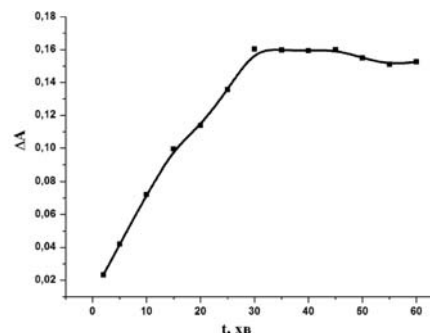


Рис. 3. Вплив часу нагрівання на вихід комплексної сполуки  $\text{Rh(III)}$  з ГІТО,  $C_{\text{ГІТО}}=4,0 \cdot 10^{-5}$  М;  $C_{\text{Rh(III)}}=2,0 \cdot 10^{-5}$  М;  $\mu(\text{NaCl})=0,1$  М; рН=5,0;  $l=1,0$  см;  $\lambda=350$  нм

Співвідношення компонентів у комплексній сполуці родію(III) з ГІТО встановлювали методом насичення та ізомолярних серій (рис. 4, 5).

Ці методи вказують на утворення комплексу зі співвідношенням компонентів  $\text{Rh(III)}:\text{ГІТО}=1:1$ . На основі даних ізомолярних серій обрховано ефективний молярний коефіцієнт світлопоглинання і умовну константу стійкості [30] (табл. 2).

Встановлено, що величина аналітичного сигналу забарвленої сполуки  $\text{Rh(III)}$  з ГІТО лінійно залежить від концентрації металу в розчині. Метрологічні характеристики спектрофо-

мометричного визначення родію(III) з 5-гідроксиіміно-4-іміно-1,3-тіазолідин-2-оном наведені у табл. 3.

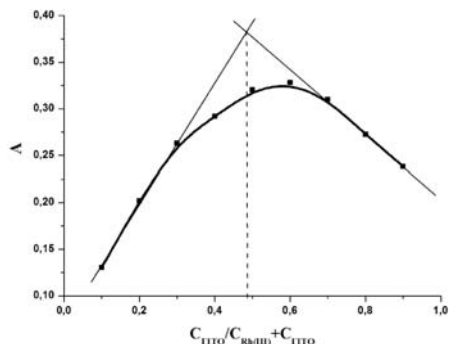


Рис. 4. Визначення складу комплексної сполуки Rh(III) з ГІТО методом ізомоларних серій ( $C_{Rh(III)} + C_{ГІТО} = 1,0 \cdot 10^{-4}$  М;  $\mu(NaCl) = 0,1$  М;  $pH = 5,0$ ;  $l = 1,0$ ;  $\lambda = 350$  нм)

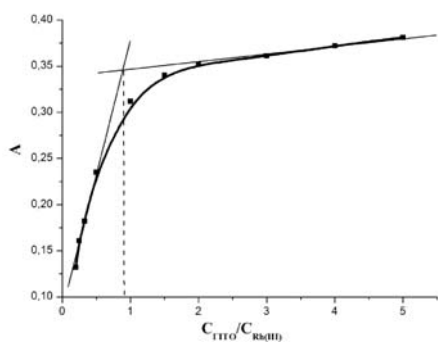


Рис. 5. Визначення складу комплексної сполуки Rh(III) з ГІТО методом насичення ( $C_{Rh(III)} = 5,0 \cdot 10^{-5}$  М;  $C_{ГІТО} = 1,0 \cdot 10^{-5} - 2,5 \cdot 10^{-4}$  М;  $pH = 5,0$ ;  $l = 1,0$  см;  $\lambda = 350$  нм;  $\mu(NaCl) = 0,1$  М)

Таблиця 2

**Спектрофотометричні характеристики сполуки Rh(III) з ГІТО**

$\lambda$ , нм	$pH_{opt}$	$\epsilon_{\lambda} \cdot 10^{-3}$ , $\lambda \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$	Ме:Л	Ig $\beta$	$t_{нар.}$ , хв
350	5,0	6,5	1:1	5,9	30

Методика визначення родію(III) з ГІТО. Відбирали аликвотну частину досліджуваного розчину Rh(III) в межах  $4,0 \cdot 10^{-6} - 4,0 \cdot 10^{-5}$  М у кінцевому розчині, додавали 0,25 мл  $8,0 \cdot 10^{-3}$  М спиртового розчину ГІТО, 2,0 мл 4,0 М розчину натрій ацетату та 1,25 мл 2,0 М розчину натрій хлориду та дистильованої води до загального об'єму  $\sim 20$  мл. Значення  $pH = 5,0$  встановлювали на  $pH$ -метрі за допомогою розчинів ацетат-

ної кислоти або натрій ацетату. Переносили у мірну колбу на 25,0 мл та доводили до мітки дистильованою водою. Вимірювання інтенсивності світлопоглинання досліджуваного розчину відносно розчину порівняння виконували після 30 хв кип'ятіння розчинів на водяній бані при  $l = 350$  нм,  $l = 1,0$  см, де спостерігається максимальна різниця в інтенсивностях світлопоглинання (DA). Концентрацію родію(III) знаходили за градувальним графіком.

Досліджено вибірковість розробленої спектрофотометричної методики визначення Rh(III), а саме: вивчено вплив присутності катіонів платинових, важких, лужноземельних та типових маскуючих аніонів на можливість визначення родію(III) з ГІТО (табл. 4).

Утворенню сполуки Rh(III) з ГІТО не заважають великі надлишки іонів Ca(II), Mg(II), Ba(II), Pb(II), Cd(II), Ni(II), Co(II), Mn(II), Zn(II), але заважають співмірні кількості Al(III) та малі кількості Ir(IV), Ru(IV), Pt(IV), Pd(II), Fe(III), Cu(II). Найбільший заважаючий вплив платиноїдів можна пояснити подібною електронною будовою зовнішніх електронних рівнів елементів платинової групи, які конкурують з іонами родію(III) у процесі утворення забарвленої комплексної сполуки. Заважаючий вплив іонів Fe(III), Cu(II) та Al(III) можна пояснити тим, що при  $pH = 5,0$  вони гідролізують і це дає внесок в оптичну густину поглинання комплексу.

Взаємодія Rh(III) з ГІТО утруднюється в присутності малих кількостей  $PO_4^{3-}$ , ЕДТА, а іони  $SO_4^{2-}$ ,  $C_2O_4^{2-}$ ,  $Cit^{3-}$ ,  $Tart^{2-}$  майже не впливають на вихід продукту навіть за значних надлишків. Отже останні можна буде використати для маскування заважаючих іонів при визначенні Rh(III) з ГІТО.

Правильність спектрофотометричної методики визначення Rh(III) з ГІТО перевіряли при аналізі модельних розчинів способом "введено-знайдено". Результати наведено у табл. 5.

Оскільки, як відомо, основною проблемою фотометричних методик визначення родію є їх недостатня селективність відносно платиноїдів, то до складу модельних розчинів, крім родію(III), реагентів та буферної суміші, було введено іони різних металів платинової групи. Концентрацію родію в досліджуваних розчинах знаходили за попередньо побудованим градувальним графіком. Як видно з отриманих результатів, отримані дані добре корелюють з введеною кількістю родію в модельних розчинах в межах похибки

Таблиця 3

**Метрологічні характеристики спектрофотометричного визначення родію(III) з ГІТО ( $C_{ГІТО} = 8,0 \cdot 10^{-5}$  М;  $\mu(NaCl) = 0,1$  М;  $pH = 5,0$ ;  $l = 1,0$  см;  $\lambda = 350$  нм;  $n = 5$ ;  $P = 0,95$ )**

Лінійність, $C_{Me}$ , мкг/мл	Рівняння графіка, $C_{Me}$ , мкг/мл	Нижня межа визначення, мкг/мл	Коефіцієнт кореляції, R
0,4-4,1	$\Delta A_{350} = 0,019 + 0,046 \times C_{Rh(III)}$	0,4	0,9996

фотометричних методів. Тому ми передбачаємо ефективне використання розробленої методики визначення родію за допомогою ГІТО для аналізу складних промислових і природних об'єктів.

Таблиця 4

**Селективність спектрофотометричного визначення Rh(III) з ГІТО ( $C_{Rh(III)}=2,0 \cdot 10^{-5}$  М;  $C_{ГІТО}=8,0 \cdot 10^{-5}$  М;  $\mu(NaCl)=0,1$  М;  $pH=5,0$ ;  $l=1,0$  см;  $\lambda=350$  нм)**

Іон	$C_{Rh(III)}:C_{Іона}$	Іон	$C_{Rh(III)}:C_{Іона}$
Ru(IV)	1:0,2	Al(III)	1:5
Ir(IV)	1:0,35	Cu(II)	1:0,4
Pd(II)	1:0,15	Pb(II)	1:100
Pt(IV)	1:0,15	Cd(II)	1:75
Ni(II)	1:150	Zn(II)	1:50
Co(II)	1:50	$C_2O_4^{2-}$	1:100
Fe(III)	1:0,3	$SO_4^{2-}$	1:200
Mn(II)	1:200	ЕДТА	1:10
Ca(II)	1:200	Citr <sup>3-</sup>	1:100
Ba(II)	1:25	Tart <sup>2-</sup>	1:100
Mg(II)	1:200	$PO_4^{3-}$	1:10

Підсумувавши, можна стверджувати, що розроблена методика, яка базується на реакції родію(III) з 5-гідроксиіміно-4-іміно-1,3-тіазолідин-2-оном, характеризується достатньо хорошими хіміко-аналітичними характеристиками, а також дозволяє здійснювати визначення у менш агресивних середовищах порівняно з відомими методами.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Саввін С.Б., Гур'єва Р.Ф. Фотометрические методы определения благородных металлов // Журн. аналит. химии. – 1980. – Т.35. – № 9. – С.1880-1830.
2. Гришук А.П., Бариляк И.Р. Получение и некоторые свойства 2-тион-1,3-тиазанона // Журн. общ. химии. – 1963. – Т.33. – № 12. – С.3972-3975.
3. Гришук А.П., Баранов С.Н. Синтез и превращения некоторых производных тиазолидина. I. Получение азороданинов // Журн. общ. химии. – 1958. – Т.28. – № 4. – С.896-901.
4. Гришук А.П., Баранов С.Н. Синтез и превращения некоторых производных тиазолидина. II. Получение азороданинов // Журн. общ. химии. – 1959. – Т.29. – № 5. –

С.1665 1667.

5. Ромашкина Р.Б., Алексеев А.С., Мажуга А.Г. Пиридилзамещенные производные роданина и 2-тиогидантоина – новые органические реагенты для спектрофотометрического определения тяжелых металлов // Фундаментальные науки «Ломоносов-2005». Секция «Химия»: Материалы Международ. конф. студентов и аспирантов. – 2005. – Т.1. – С.41.

6. Саввін С.Б., Прописцова Р.Ф., Розовский Ю.Г. О взаимодействии платиновых элементов и золота(III) с азозамещенными роданина и тиороданина в средах различных кислот // Журн. аналит. химии. – 1972. – Т.27. – № 8. – С.1554-1560.

7. Гур'єва Р.Ф., Трутнева Л.М., Саввін С.Б. Новые реагенты на основе 3-замещенных роданина и тиопропиороданина // Журн. аналит. химии. – 1978. – Т.33. – № 4. – С.632-641.

8. Саввін С.Б., Гур'єва Р.Ф., Трутнева Л.М. Цветная реакция серебра с тиродином в среде уксусной кислоты и некоторых органических растворителей // Журн. аналит. химии. – 1979. – Т.34. – № 8. – С.1493-1499.

9. Гур'єва Р.Ф., Саввін С.Б. Высококочувствительные цветные реакции благородных металлов с модифицированными реагентами на основе азобензолазороданина роданина // Журн. аналит. химии. – 1991. – Т.46. – № 7. – С.1307-1311.

10. Гур'єва Р.Ф., Саввін С.Б. Азороданины, азотиопропиороданины и их аналитическое применение // Успехи химии. – 1998. – Т.67. – № 3. – С.236-251.

11. Прописцова Р.Ф., Саввін С.Б., Розовский Ю.Г. Азосоединения на основе роданина и тиороданина реагенты для фотометрического определения золота, серебра и платиновых элементов // Журн. аналит. химии. – 1971. – Т.26. – № 12. – С.2424-2433.

12. Savvin S.B., Gur'eva R.F. 5-azo derivatives of rhodanine and its analogues in the analytical chemistry of the noble metals // Talanta. – 1987. – Vol.34. – № 1. – P.87-101.

13. Tang E., Yang G., Yin J. Studies on the synthesis of 5-(p-aminobenzylidene)-rhodanine and its properties // Spectrochim. Acta, Part A. – 2003. – Vol.59. – № 3. – P.651-656.

14. Басаргин Н.Н., Розовский Ю.Г., Мерзлякова А.Н. Новые гетероциклические азосоединения как фотометрические реагенты на платину // Заводск. лаборатория. – 1972. – Т.38. – № 3. – С.260-263.

15. Гур'єва Р.Ф., Саввін С.Б. Сорбционно-фотометрическое определение благородных и тяжелых металлов с иммобилизованным азороданинами и сульфонитрофенолом М // Журн. аналит. химии. – 1997. – Т.52. – № 3. – С.247-252.

Таблиця 5

**Спектрофотометричного визначення Rh(III) з ГІТО в модельних розчинах ( $C_{Rh(III)}=2,0 \cdot 10^{-5}$  М;  $C_{ГІТО}=8,0 \cdot 10^{-5}$  М;  $\mu(NaCl)=0,1$  М;  $pH=5,0$ ;  $l=1,0$  см;  $\lambda=350$  нм)**

Система	$C_{Rh}:C_{Іон}$	Введено Rh(III), мкг	Знайдено Rh(III), $\bar{x} \pm \frac{S \cdot t_{\alpha}}{\sqrt{n}}$ , мкг	$S_r$ , %
Rh–Ru–Co	1:0,16:30	52	52,4±1,2	1,6
Rh–Pt–Cd	1:0,1:50	52	53,1±2,5	3,5
Rh–Ir–Pb	1:0,2:75	52	52,8±1,8	2,1

16. Гурьева Р.Ф., Саввин С.Б. Производные азобензолороданина – новые реагенты на благородные и тяжелые металлы в присутствии поверхностно-активных веществ // Журн. аналит. химии. – 1989. – Т.44. – № 12. – С.2165-2170.
17. Состояние ацидокомплексов платины и их реакции с сульфохлорфенолазороданином и тиродином / Р.Ф. Гурьева, С.Б. Саввин, Л.М. Трутнева, Н.Н. Чалисова // Журн. аналит. химии. – 1983. – Т.38. – № 5. – С.881-887.
18. Прописцова Р.Ф., Саввин С.Б. Цветные реакции родия с азозамещенными роданина // Журн. аналит. химии. – 1973. – Т.28. – № 9. – С.1768-1771.
19. Прописцова Р.Ф., Саввин С.Б. Возможности аналитического применения азозамещенных роданина // Журн. аналит. химии. – 1974. – Т.29. – № 11. – С.2097-2103.
20. Гурьева Р.Ф., Саввин С.Б. Дифференциально-фотометрическое определение благородных металлов с использованием высокоизбирательных органических реагентов // Журн. аналит. химии. – 1995. – Т.50. – № 11. – С.1150-1157.
21. Дедков Ю.М., Слотинцева М.Г. Органические реагенты для благородных металлов // Журн. аналит. химии. – 1973. – Т.28. – № 12. – С.2367-2371.
22. Сухарева О.Ю., Сухарев С.Н., Чундак С.Ю. Новые аналитические формы для экстракционно-фотометрического определения родия(III) и иридия(III) // Журн. аналит. химии. – 2005. – Т.60. – № 10. – С.1030-1035.
23. Синтез, будова та перспектива хіміко-аналітичного використання комплексних сполук родію(III) з О-, N-, S-вмісними гідрозонами саліцилового альдегіду / С.І. Орисик, В.І. Пехньо, С.В. Волков, С.Ю. Чундак // Укр. хім. журн. – 2002. – Т.68. – № 3. – С.58-60.
24. Федоров И.А. Родий. – М.: Наука, 1966. – 276 с.
25. Назаренко В.А., Антонович В.П., Невская Е.М. Гидролиз ионов металлов в разбавленных растворах. – М.: Атомиздат, 1974. – 192 с.
26. Forrester J.S., Ayres G.H. Rhodium(III) in aqueous solutions // J. Phys. Chem. – 1959. – Vol.63. – P.1979-1981.
27. Алексеенко С.С., Гуменюк А.П., Муштакова С.П. Изучение состояния родия(III) в растворе хлороводородной кислоты методом капиллярного электрофореза // Журн. аналит. химии. – 2002. – Т.57. – № 3. – С.262-267.
28. Сырокомский В.С., Прошенкова Н.Н. Объемный метод определения родия // Журн. аналит. химии. – 1947. – Т.2. – № 5. – С.247-252.
29. Lozynska L., Tymoshuk O. Spectrophotometric investigation of palladium(II) ions interaction with 5-hydroxyimino-4-imino-1,3-thiazolidin-2-one // Chemistry & Chemical Technology. Chemistry. – 2013. – Vol.7. – № 4. – P.391-395.
30. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. – Л.: Химия, 1986. – 432 с.

Надійшла до редакції 17.10.2013