

УДК 543.422.3-76: 546.922:546.924

О. Б. ВОЛОВЕНКО, О. А. ЗАПОРОЖЕЦЬ

## СОРБЦІЙНО-СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛАТИНИ У РІЗНИХ СТУПЕНЯХ ОКИСНЕННЯ

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

Досліджено сорбцію платини(II, IV) силікагелем, модифікованим тетрадециламоній нітратом і встановлено оптимальні умови кількісного вилучення її у формі хлоридних ацидокомплексів. Вивчено вплив сторонніх іонів на вилучення платини(II, IV). Коефіцієнт розподілу становить  $1,0 \cdot 10^4$  мл/г для платини(II) та платини(IV) при  $V/m=500$  та  $1000$  мл/г відповідно. Межа виявлення Pt(II) і Pt(IV) при вимірюванні світлопоглинання іммобілізованих у формі іонних асоціатів  $(\text{TДАН})_2\text{PtCl}_4$  і  $(\text{TДАН})_2\text{PtCl}_6$  твердофазно-спектрофотометричним методом становить  $0,07$  та  $0,1$  мг/л відповідно.

### Вступ

Платинові метали застосовуються у різних галузях промисловості та медицини. Платина, зокрема, використовується, для виробництва каталізаторів в автомобільній індустрії, хімії та нафтохімії [1]. Викиди шкідливих газів двигунів автомобілів спричинюють накопичення цих елементів у природних зонах і повітрі, що сприяє збільшенню концентрації платинових металів у навколишньому середовищі, зокрема у стічних водах, та виникненню нової групи ксенобіотиків — групи платинових елементів [2,3]. Комплексні сполуки Pt є одними з найкращих препаратів для хіміотерапії онкологічних захворювань [4,5]. Втім надмірний вміст платини в організмі людини призводить до такого захворювання як платиноз [6]. Тому контроль вмісту платинових металів у різноманітних об'єктах є актуальною задачею аналітичної хімії.

Платинові метали у природних об'єктах містяться у мікрокількостях, що передбачає застосування для контролю їх вмісту високочутливих методів детектування у поєднанні із попереднім концентруванням, а у низці випадків, відділенням від матричних компонентів зразка [7]. Комбіно-

вані методи аналізу такі, як екстракційно-атомно-емісійний, сорбційно-рентгенофлуоресцентний, твердофазно-спектрофотометричний та інші широко застосовуються для визначення мікрокількостей платини у різноманітних зразках [8]. Для сорбційного вилучення та концентрування платинових металів з розчинів найчастіше застосовують неорганічні та синтетичні аніонообмінники, вуглецеві матеріали та силікагелі, модифіковані різноманітними реагентами, що містять донорні атоми, переважно, нітрогену чи сульфору [8–11]. Перспективними матрицями для вилучення платини у формі ацидокомплексів виявились синтетичні та органічно-мінеральні аніонообмінники. Перевагами останніх є висока сорбційна ємність, невисока вартість і відсутність власного поглинання, що відкриває можливості детектування аналізу безпосередньо у фазі концентрату [12].

Аніонообмінні властивості сорбентів, модифікованих четвертинними амонійними солями (ЧАС), раніше було успішно застосовано для визначення аніонних поверхнево-активних речовин, а також кобальту, феруму, вісмуту у формі ацидокомплексів [13,14]. Однак, відомості щодо застосу-

вання таких сорбентів для визначення платини у літературі відсутні. Тому метою даної роботи було розробити просту, експресну методику вилучення та визначення платини(II, IV) у формі ацидокомплексів силікагелем, модифікованим ЧАС, з наступним ТСФ детектуванням у фазі концентрату. Як твердофазний реагент було обрано силікагель, модифікований тетрадециламоній нітратом (ТДАН-СГ), який характеризується фізичною та хімічною стійкістю, високою швидкістю седиментації та ма-кообміну [15].

### Експериментальна частина

#### Реагенти та розчини

В роботі використовували гексан, хлороформ, 5-(4-диметиламінобензиліден)-роданін (ДМАБР), кваліфікації „ч.д.а.”; оцтову кислоту, кваліфікації „х.ч.”; HCl, NaOH, кваліфікації „ос.ч.”; мезопоруватий силікагель (СГ) SG-60 (Merck, Німеччина) з характеристиками:  $S_{\text{пит}}=490$  м<sup>2</sup>/г;  $d_{\text{пор}}=6,0$  нм; рН суспензії=6,5–7,5, тетрадециламоній нітрат (ТДАН) кваліфікації „ч.д.а.” (99,0% чистоти, Білорусь). Модифікацію сорбенту ТДАН здійснювали адсорбцією з хлороформно-гексанової суміші відповідно до [15]. Ємність сорбенту (ТДАН-СГ) за модифікатором становила 25 мкмоль/г. Воду очищали, як описано в [16]. Вихідний розчин платини(II) з концентрацією 2,0 мг/мл готували розчиненням точної навжки  $K_2PtCl_4$  в 2М HCl. Розчин платини(IV) готували згідно з [17]. Сорбцію солей платини(II, IV), виконували у статичному режимі. Для цього 10,0–100,0 мл водного розчину солі металу певної концентрації та кислотності, 0,1 М відносно натрію хлориду, перемішували магнітною мішалкою впродовж 1–30 хв з 0,05–0,10 г сорбенту, відділяли центрифугуванням, висушували на повітрі. Рівноважну концентрацію платини(IV) у розчині визначали за власним поглинанням гексахлороплатинату (IV) при  $\lambda=260$  нм [18], а у випадку платини(II) спектрофотометрично за поглинанням при 545 нм комплексної сполуки з ДМАБР відповідно до [19]. Аналітичний відгук СГ і ТДАН-СГ, не обробленого та обробленого розчинами платини у різних ступенях окиснення, вимірювали методом спектроскопії дифузного відбиття (СДВ).

#### Апаратура та обладнання

Спектри поглинання розчинів реєстрували за допомогою спектрофотометра UNICO UV-VIS 2800 (США). Спектри поглинання сухих сорбентів вимірювали методом спектроскопії дифузного відбиття за допомогою спектрофотометра SPECORD M 40 (Carl Zeiss, Німеччина). Кислотність розчинів контролювали скляним електродом за допомогою „Иономера лабораторного И-160 М” (Беларусь). Зважування виконували на аналітичних терезах ABS 80-4 (Kern & Sohn GmbH, Німеччина). Розчини перемішували магнітною мішалкою ММ-5 (Україна).

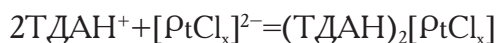
### Результати та обговорення

Відомо [20], що у більшості випадків при визначенні платини у різноманітних об'єктах прободготовка включає переведення її у хлоридні комплекси. З огляду на аніонообмінні властивості ТДАН-СГ [15] платину (II, IV) попередньо переводили у хлоридні ацидокомплекси. Концентрацію хлориду, що є необхідною для утворення у розчині  $[PtCl_6]^{2-}$  та  $[PtCl_4]^{2-}$  при певному рН розчину, розраховували на основі констант утворення хлоридних і гідроксокомплексів [8]. За даними розрахунків при  $pH \leq 3,0$   $[PtCl_6]^{2-}$  домінує у розчині при концентрації хлориду  $\geq 0,01$  моль/л. Для переведення платини(II) в  $[PtCl_4]^{2-}$  необхідно створити концентрацію хлориду у 10 разів вищу, а саме – 0,1 моль/л [8,21]. Тому, подальші дослідження здійснювали при концентрації хлориду 0,1 моль/л.

Для встановлення оптимальних умов сорбції досліджували взаємодію платини (II) та платини (IV) залежно від кислотності розчину, часу контакту фаз, концентрації металу у розчині, співвідношення об'єму проби до маси сорбента.

Дослідження ступеня вилучення металів залежно від кислотності розчину показали, що за оптимальних умов  $[PtCl_4]^{2-}$  та  $[PtCl_6]^{2-}$  кількісно вилучаються у діапазоні рН 0–6,0 та 2,5–6,0 відповідно. З огляду на те, що при  $pH > 4,0$  платина гідролізує [21], подальші дослідження сорбції Pt(II) та Pt(IV) здійснювали при рН розчину 2,0 і 2,9 відповідно. За цих умов сорбційна рівновага встановлюється відповідно впродовж 3 та 15 хв.

З рис. 1 видно, що ізотерми сорбції хлоридних комплексів платини належать до Н1 (Pt(IV)) та Н3 (Pt(II)) – типів [22], що вказує на хімічну взаємодію на межі розділу фаз. Виходячи з того, що насичення на кривій досягається при співвідношенні  $a_{\text{ТДАН}}:a_{\text{Pt}}=2:1$ , можна припустити, що вилучення платини модифікованим силікагелем відбувається за наступною схемою:



де  $x=4$  і  $6$  для Pt(II) та Pt(IV) відповідно.

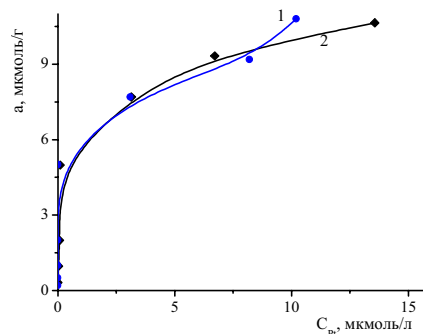


Рис. 1. Ізотерми сорбції платини(II) (1), платини(IV) (2) ТДАН-СГ.  $a_{\text{ТДАН-СГ}}=25$  мкмоль/г;  $V/m=100$  мл/г; рН=2,0 (1), 3,0 (2);  $C_{\text{NaCl}}=0,1$  моль/л;  $T=285 \pm 1$  К

Ізотерми сорбції Pt(II) і Pt(IV) формально лінеаризуються у координатах Ленгмюра в межах 0,2–2,0 та 2–10 мкмоль/л платини з  $a_{\max}=9,9$  та 11,3 мкмоль/г ( $a_{\text{ТДАН-СГ}}=25$  мкмоль/л) та константами сорбції  $10^5$  л/моль: 10 та 6,8 відповідно.

Дослідження ступеня вилучення платини(II) та платини(IV) залежно від співвідношення об'єму проби до маси сорбенту наведено на рис. 2. Видно, що кількісне вилучення  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$  ( $\Gamma > 90\%$ ) досягається при співвідношенні  $V/m=500$ , а  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$  при 1000 мл/г. За цих умов максимальний коефіцієнт розподілу для платини в обох ступенях окиснення становить  $1,0 \cdot 10^4$  мл/г. Тому для подальших досліджень було обрано масу сорбенту 0,1 г та об'єм проби 50 і 100 мл та для Pt(II) та Pt(IV) відповідно.

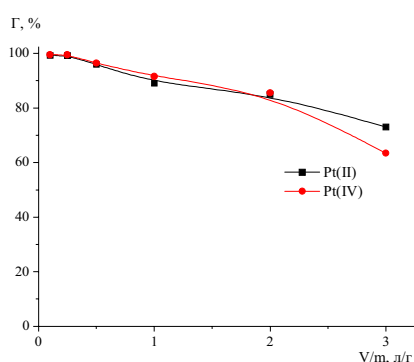


Рис. 2 Ступінь вилучення 5 мкмоль/л платини(II) та платини(IV) залежно від об'єму проби та маси сорбенту.  $C_{\text{NaCl}}=0,1$  моль/л. Pt(II): рН: 2,0,  $t_c$ , хв: 3; Pt(IV): рН: 3,0,  $t_c$ , хв: 15

На рис. 3 наведено нормовані та оброблені за методом гетерохроматичної екстраполяції спектри поглинання іонних асоціатів  $(\text{ТДАН})_2[\text{PtCl}_4]$  (крива 1) і  $(\text{ТДАН})_2[\text{PtCl}_6]$  (крива 2) у хлороформ-гексановій суміші та спектри дифузного відбиття не модифікованого СГ (криві 3, 4) та ТДАН-СГ (криві 5, 6), оброблених розчинами  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$  та  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$ . Максимум спектрів поглинання ТДАН-СГ, оброблених розчинами платини(II) та платини(IV) (рис. 3, криві 5 і 6), співпадає з відповідними максимумами поглинання хлороформ-гексанових (1:4) екстрактів іонних асоціатів ТДАН з  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$  та  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$ , що свідчить на користь припущення, що платина закріплюється на поверхні іммобілізованого ТДАН кремнезему у формі відповідних іонних асоціатів  $(\text{ТДАН})_2[\text{PtCl}_4]$  і  $(\text{ТДАН})_2[\text{PtCl}_6]$ . В обох випадках в спектрах

поглинання сорбентів спостерігається поява у більш довгохвильовій області двох і трьох менш інтенсивних смуг поглинання (рис. 3, криві 5, 6), які можуть бути обумовлені взаємодією ацидокомплексів платини із протонованими при рН 2,0 Si–ОН групами силікагелю [23], що підтверджують спектри поглинання немодифікованого силікагелю, обробленого розчинами платини (рис. 3, криві 3, 4).

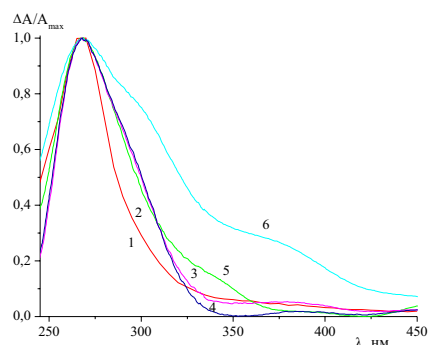


Рис. 3. Нормовані спектри поглинання іонних асоціатів Pt(II) (1), Pt(IV) (2) з ТДАН у хлороформ-гексановій суміші (1:4), спектри дифузного відбиття немодифікованого силікагелю (3, 4) та ТДАН-СГ (5, 6), оброблених розчинами  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$  (3, 5)  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$  (4, 6); рН: 2,0 (1, 3, 5), 3,0 (2, 4, 6);  $V/m$ , мл/г: 500 (3), 1000 (4), 250 (5, 6);  $t_c$ , хв: 2 (3, 5), 15 (4, 6)

На рис. 4 наведено спектри дифузного відбиття ТДАН-СГ, оброблених розчинами платини(II) та платини(IV) різної концентрації. Видно, що за оптимальних умов поглинання при 268 нм зростає зі збільшенням концентрації металу (рис. 4, криві 1–5) у розчині, що може бути покладено в основу визначення платини(II) та платини(IV) комбінованим методом спектроскопії дифузного відбиття з попереднім сорбційним концентруванням.

Рівняння градувальних графіків сорбційно-СДВ визначення та межі виявлення платини (II, IV), розраховані за  $3s$ -критерієм, наведено у табл. 1.

Для встановлення можливості застосування розробленої методики для визначення платини у різноманітних об'єктах було вивчено вплив заважаючих іонів на вилучення з розчину за оптимальних умов сорбції. Встановлено, що при концентрації платини 5 мкмоль/л вилученню не заважають (кратні кількості): Hg(II) (1), Pd(II), Ag(I), Au(III) (2), Fe(III) (10), Cu(II) (100),  $\text{NO}_3^-$  та

Таблиця 1

Параметри градувальних графіків(ГГ)  $\Delta A_{268}=(a \pm \Delta a)+(b \pm \Delta b)C$ , мг/л сорбційно-СДВ визначення платини (II, IV).  $\lambda=268, 370^*$  нм,  $n=6$ .  $R=0,95$

| Аналіт                  | рН            | $(a \pm \Delta a)$ | $b \pm \Delta b$  | $R^2$ | Діапазон лінійності ГГ, мг/л | $V/m$ , мл/г | МВ ( $3s$ ), мг/л |
|-------------------------|---------------|--------------------|-------------------|-------|------------------------------|--------------|-------------------|
| $[\text{PtCl}_4]^{2-}$  | $2,0 \pm 0,1$ | $-0,007 \pm 0,007$ | $0,29 \pm 0,03$   | 0,984 | 0,1–1,0                      | 500          | 0,07              |
| $[\text{PtCl}_6]^{2-}$  | $3,0 \pm 0,1$ | $0,03 \pm 0,01$    | $0,29 \pm 0,02$   | 0,972 | 0,15–1,3                     | 1000         | 0,1               |
| $[\text{PtCl}_6]^{2-*}$ | $3,0 \pm 0,1$ | $0,056 \pm 0,02$   | $0,065 \pm 0,003$ | 0,99  | 0,15–1,3                     | 1000         | 0,1               |

Таблиця 2

## Співставлення розробленої методики з кращими аналогами з літератури

| Сорбент                         | Модифікатор (аналітична форма)  | Умови вилучення   | Час сорбції, хв | Метод детектування   | МВ (діапазон лінійності ГГ)          | Література          |
|---------------------------------|---|---|-----------------|--|--------------------------------------|---------------------|
| Силохром С-80                   | N-аліл-N'-пропілтіосечовина (Pt(II)-N-аліл-N'-пропілтіосечовина)                | 2M HCl, 1 мл 1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                 | 15              | Твердофазна низько-температурна люмінесценція                          | 0,1 мкг/0,1 г                        | 24                  |
| Силохром С-80*                  | N-феніл-N'-пропілтіосечовина (Pt(II)-N-феніл-N'-пропілтіосечовина)              | 2M HCl, 1 мл 1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , T=50°C        | 20              | Твердофазна низько-температурна люмінесценція                          | 0,07 мкг/0,1 г сорбенту              | 24                  |
| Мембранний диск C <sub>18</sub> | (Комплекс Pt(IV)-N-(3,5-диметилфеніл)-N'-(4-амінобензен сульфонат)-тіосечовина) | pH=3,8 в присутності цетилтриметиламоній броміду                | 10              | Спектро-фотометрія, після елюювання ДМФА                               | 0,02 мкг/мл                          | 25                  |
| Поліорг-XXVII                   | –   | 1 M HCl   | 60              | Електротермічна атомна абсорбція, після розчинення в 1 M HCl, при 80°C | 0,004 мкг/л                          | 26                  |
| Поліамідна мембрана             | Комплекс платини з тиродином  | 0,01–0,1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , аскорбінова кислота | –               | Твердофазна спектро-фотометрія   | 11,1 мкг/1 г                         | 27                  |
| Силікагель Merck 60             | Тетрадециламоній нітрат   | 0,1 M NaCl, pH=2,0M   | 3               | Твердофазна спектро-фотометрія   | 0,04 мкг/г (0,05–0,50 мкг/г ТДАН-СГ) | Розроблена методика |
| Силікагель* Merck 60            | Тетрадециламоній нітрат   | 0,1 M NaCl, pH=3,0  | 15              | Твердофазна спектро-фотометрія   | 0,1 мкг/г (0,15–1,30 мкг/г ТДАН-СГ)  | Розроблена методика |

Примітка: \* – Pt(IV).

$\text{SO}_4^{2-}$  (500). Заважаючий вплив  $\text{Fe(III)}$  усували додаванням розчину аскорбінової кислоти. Методика визначення платини не вирізняється вибірковістю щодо іонів перехідних металів, однак вона може бути придатною для визначення платини у об'єктах з низьким вмістом феруму, наприклад, для контролю вмісту платини у протиракових препаратах (цисплатині, карбоплатині, оксаліплатині). З рис. 4 видно, що іммобілізований іонний асоціат платини (IV) має смугу поглинання при 370 нм, адсорбований ацидокомплекс платини(II) за цих умов не поглинає. Цей ефект може бути використано для сорбційно-СДВ визначення  $\text{Pt(IV)}$  у присутності  $\text{Pt(II)}$ . Рівняння градувального графіка наведено в табл. 1.

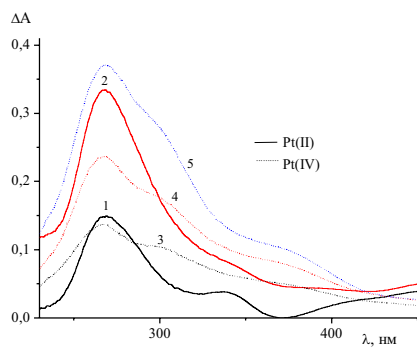


Рис. 4. Спектри дифузного відбиття ТДАН-СГ, обробленого розчинами  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$  (1, 2) та  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$  (3–5) різної концентрації.  $C_{\text{Pt}}$ , мкмоль/л: 2,0 (1), 5,0 (2), 2 (3), 4(4), 6(5); pH: 2,0 (1,2), 3,0 (3–5);  $V/m$ , мл/г: 500 (1, 2), 1000 (3–5);  $t_c$ , хв: 2 (1, 2), 15 (3–5);  $C_{\text{NaCl}}=0,1$  моль/л.  $DA=A_i-A_{600}$

У табл. 2 співставлено основні метрологічні параметри розроблених сорбційно-СДВ методик визначення платини (II, IV) у формі ацидокомплексів та відомих аналогів з літератури. Видно, що розроблена методика поступається за чутливістю методиці твердофазно-низькотемпературно-люмінесцентного визначення платини(II) [24], однак, вона є більш експресною і не передбачає нагрівання розчину та застосування додаткового обладнання для проведення люмінесцентного визначення при 77 К. Порівняно зі спектрофотометричною та ЕТААС методиками [25,26] розроблена методика є менш трудомісткою через відсутність стадії десорбції, оскільки детектування здійснюється безпосередньо у фазі сорбату. На відміну від [25] методика не передбачає використання органічних розчинників і є більш екологічно безпечною. Суттєвими перевагами методики є можливість визначення платини(IV) у присутності платини(II) у формі хлоридних комплексів, що утворюються при проведенні пробопідготовки більшості об'єктів. Вона є придатною для вилучення, концентрування, та подальшого визначення  $\text{Pt(II)}$  і  $\text{Pt(IV)}$  в об'єктах з низьким вмістом феруму, таких як цисплатин,

оксаліплатин та інші, що застосовуються для протиракової терапії, а також в каталізаторах, промислових розчинах та інших. Збільшення чутливості та вибіркової визначення платини у різних ступенях окиснення може бути досягнуто за рахунок застосування більш чутливих методів детектування таких, як рентено-флуоресцентний та люмінесцентний.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Dubiella-Jackowska A., Polkowska Z., Namięnik J.* Platinum Group Elements: A Challenge for Environmental Analytics // Polish J. of Environ. Stud. – 2007. – Vol.16. – № 3. – P.329-345.
2. *Крючина Ю.Г.* Влияние металлов платиновой группы на уровень нуклеотидов и активность ферментов углеводного обмена ротовой жидкости у здоровых и больных пародонитом: Автореф. дис. канд. мед. наук: 03.00.04 / Биохимия. Ростов-на-Дону. – 2005. – 20 с.
3. *Khairwal Ravindra, Larszlor BencsI, Renner Van Grieken.* Platinum group elements in the environment and their health risk // The Science of the Total Environment. – 2004. – Vol.318. – № 1-3. – P.1-43.
4. *Anthropogenic Emission of Platinum-group Elements into the Environment Concentration, Distribution and Geochemical Behaviour in Soils / Fadli Zereini, Bernd Skerstupp, Kai Rankenburg, Friso Dirksen, Jörg-Magnus Beyer, Torsten Claus and Hans Urban // J. Soils & Sediments. – 2001. – Vol.1. – № 1. – P.44-49.*
5. *Стеценко А.И., Яковлев К.И., Дьяченко С.Л.* Комплексные соединения платины(II) с пуриновыми и пиримидиновыми основаниями и их нуклеозидами // Успехи химии. – 1987. – Т.46. – Вып.9. – С.1533-1563.
6. *Determination of oxaliplatin in human plasma and plasma ultrafiltrate by graphite-furnace atomic-absorption spectrometry / Brouwers E.E.M., Tibben J.M.M., Joerger J.M., van Tellingen O., Rosing J.H., Schellens J.H.M., Beijnen J.H. // Anal Bioanal Chem. – 2005. – Vol.382. – № 7. – P.1484-1490.*
7. *Barefoot R.R., Van Loon J.C.* Recent advances in the determination of the platinum group elements and gold // Talanta. – 1999. – Vol.49. – № 1. – P.1-14.
8. *Золотов Ю.А., Варшал Г.М., Иванов В.М.* Аналитическая химия металлов платиновой группы: Сборник обзорных статей. – М.: Едиториал УРСС. – 2003. – 592 с.
9. *Волокнистые сорбенты для концентрирования платиновых металлов / Щербинина Н.И., Мясоедова Г.В., Колобов С.С., Дружинина Т.В., Александрыйский А.С., Назарьина Л.А. // Журн. аналит. химии. – 1995. – Т.50. – № 57. – С.795-798.*
10. *Тарковская И.А., Тихонова Л.П., Кулик Н.В.* Сорбция ионов платиновых металлов из водных растворов неорганическими и синтетическими ионообменными материалами // Химия и технология воды. – 1997. – Т.19. – № 3. – С.227-241.
11. *Сорбция ионов платиновых металлов из водных растворов углеродными материалами / И.А. Тарковская,*

- Л.П. Тихонова, С.В. Росоха, Н.В. Кулик. // Химия и технология воды. — 2001. — Т.23. — № 6. — С.565-582.
12. *Вода*. Индикаторные системы / В.М. Островская, О.А. Запорожец, Г.К. Будников, Н.М. Чернавская. — Москва. — 2002. — 266 с.
13. *Silica gel and cellulose loaded with bis-quaternary ammonium salts as sensitive reagents for iron, bismuth and anionic surfactants determination in water* / Zaporozhets O.A., Nadzhafova O.Yu., Verba V.V., Zinchenko N.M., Sukhan V.V. // Intern. J. Environ. Anal. Chem. — 1999. — Vol.74. — № 1-4. — С.243-254.
14. *Застосування високомолекулярної четвертинної амонійної солі для концентрування важких металів у вигляді ацидокомплексів* / Запорожець О.А., Наджафова О.Ю., Зубенко О.І., Іщенко В.Б., Трачевський В.В., Сухан В.В. // Укр. хім. журн. — 1995. — Т.61. — № 9. — С.64-69.
15. *Запорожец О.А., Зинько Л.С., Качан И.А.* Твердофазно-спектрофотометрическое и тест-определение существующих форм фосфора в воде // Журн. аналит. химии. 2007. — Т.62. — № 12. — С.1271-1275.
16. *Методы анализа чистых химических реактивов* / Чупахин Н.С., Сухановская А.И., Красильщик В.З. и др. — М.: Химия. — 1984. — 280 с.
17. Коростылев П.П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. — М.: Наука. — 1964. — 399 с.
18. *Georgieva M., Andonovski B.* Determination of platinum(IV) by UV spectrophotometry // Analytical and Bioanalytical Chemistry. — 2003. — Vol.375. — № 6. — P.836-839.
19. *Frances E. Piercy, D.E. Ryan.* The Colorimetric Determination of Platinum with 5-(*p*-dimethylaminobenzylidene)-rhodanine // Canadian J. of Chemistry. — 1963. — Vol.41. — P.667-670.
20. *Аналитическая химия платиновых металлов* / Гинзбург С.И., Езерская Н.А., Прокофьева И.В., Федоренко Н.В., Шленская В.И., Бельский Н.К. — М.: Изд-во Наука, 1972. — 615 с.
21. *Solubility of platinum in aqueous at 25°C and pHs 4 to 10 under oxidizing conditions* / Azaroual M., Romand B., Freyssinet P., Disnar J.-R. // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2001. Vol. 65. № 24. P. 4453-4466.
22. *Парфит Г., Рочестер К.* Адсорбция из растворов на поверхностях твердых тел: Пер. с англ. — М.: Мир, 1986. — 475 с.
23. *Айлер Р.* Химия кремнезема. — Изд-во. Мир, 1982. — Ч.2. — 712 с.
24. *Низкотемпературное сорбционно-люминесцентное определение платины с применением кремнеземов, химически модифицированных N-аллил-N'-пропилтиомочвиной и N-фенил-N'-пропилтиомочвиной* / В.Н. Лосев, В.Н. Барцев, И.А. Кравцов, А.К. Трофимчук // Журн. аналит. химии. — 2001. — Т.56. — № 5. — С.491-495.
25. *Study of Solid Phase Extraction Prior to Spectrophotometric Determination of Platinum with N-(3,5-Dimethylphenyl)-N'-(4-Aminobenzenesulfonate)-Thiourea* / Xin Z., Yuanqing Z., Huang Z., Hu Q., Chen J., Yang G. // Microchim Acta. — 2006. — Vol.153. — P.187-191.
26. *Концентрирование платины, палладия и родия на сорбенте ПОЛИОРГС- XXVII и их последующее электротермическое атомно-абсорбционное определение* / Ставниченко Е.Б., Кубракова И.В., Щербинина Н.И., Мясоедова Г.В., Кузьмин Н.М. // Журн. аналит. химии. — 1995. — Т.50. — № 12. — С.1243-1246.
27. *Гурьева Р.Ф., Саввин С.Б.* Концентрирование благородных металлов в виде комплексов с органическими реагентами на полимерном носителе и последующее определение их в твердой фазе // Журн. аналит. химии. — 2000. — Т.55. — № 3 — С.280-285.

Надійшла до редакції 11.07.2012