

пичные величины, различающиеся в последнем знаке на 1–2 единицы для разных образцов. В табл. 1 представлены атомные параметры, в табл. 2 — некоторые межатомные расстояния для исходного  $\text{Sr}_5(\text{VO}_4)_3\text{OH}$  и для твердого раствора с  $x=0.14$ . Установлено, что замещение стронция празеодимом происходит преимущественно в девятивершинниках по позициям Sr(1). Направление изменения межатомных расстояний аналогично результатам работ [9, 10]. Как видно из табл. 2, несмотря на небольшие пределы замещения ( $x=0.14$  соответствует замещению всего 2.8 % мол. стронция) отмечается уменьшение средних расстояний Sr(2)—OH(O) с 2.620 до 2.595 Å и Sr(2)—Sr(2) с 4.381 до 4.363 Å, а также V—O с 1.720 до 1.701 Å. Это происходит вследствие замещения  $\text{OH}^-$  на  $\text{O}^{2-}$  в каналах структуры и вызванного этим возрастания электростатического взаимодействия их с катионами [9]. Как и следовало ожидать, поскольку ионы  $\text{Pr}^{3+}$  занимают позиции ионов  $\text{Sr}^{2+}$  в положении (1), происходит некоторое уменьшение расстояния Sr(1)—O, но изменение это незначительно, так как невелика и область гомогенности в исследуемой системе.

**РЕЗЮМЕ.** Методами рентгенофазового аналізу та ІЧ-спектроскопії досліджено ізоморфне заміщення йонів стронцію йонами празеодиму згідно зі схемою  $\text{Sr}^{2+} + \text{OH}^- \rightarrow \text{Pr}^{3+} + \text{O}^{2-}$  у синтетичному гідроксиапатиті, що відповідає складу системи  $\text{Sr}_{5-x}\text{Pr}_x(\text{VO}_4)_3(\text{OH})_{1-x}\text{O}_x$  ( $0 \leq x \leq 0.40$ ). Встановлено, що тверді розчини на основі гідроксиапатиту стронцію, синтезовані при температурі 800 °С, утворюються в межах  $x=0-0.14$ . Кристалохімічні характеристики деяких зразків уточнювали за допомогою алгоритму Рітвельда. Встановлено, що йони  $\text{Pr}^{3+}$  знаходяться переважно в позиції Sr(1). Незважаючи на невелике значення інтервалу заміщення, спостерігається деяке зменшення відстаней Sr(2)—OH(O),

Sr(2)—Sr(2) та V—O, що пов'язано зі збільшенням електростатичної взаємодії йонів у каналах структури.

**SUMMARY.** Occurring under the  $\text{Sr}^{2+} + \text{OH}^- \rightarrow \text{Pr}^{3+} + \text{O}^{2-}$  scheme, isomorphous substitution in the structure of hydroxyapatite has been investigated by X-ray powder diffraction and IR spectroscopy. The composition of the studied system corresponds to the following formula:  $\text{Sr}_{5-x}\text{Pr}_x(\text{VO}_4)_3(\text{OH})_{1-x}\text{O}_x$  ( $0 \leq x \leq 0.40$ ). The samples were synthesized at temperature of 800 °C. It was shown that the solid solutions of strontium hydroxyapatite modified by praseodymium are formed in the range of  $x=0-0.14$ . The structure features of some obtained samples were refined by Rietveld method. It was shown that there is preferential substitution of praseodymium for strontium in the Sr(1) site. The Sr(2)—OH(O), Sr(2)—Sr(2) and V—O distances decreases slightly, in spite of small value of interval of substitution. It is due to increase of electrostatic interaction of ions in the channels of structure.

1. Орловский В.П., Суханова Г.Е., Ежова Ж.А., Родищева Г.В. // Журн. Всес. хим. общ-ва им. Д.И. Менделеева. -1991. -69, № 12. -С. 70—74.
2. Фотиев А.А., Шульгин Б.В., Москвин А.С., Гаврилов Ф.Ф. Ванадиевые кристаллофосфоры. -М.: Наука, 1976.
3. DeLoach L.D., Payne S.A., Chai B.H.T., Loutts G. // Appl. Phys. Lett. -1994. -№ 10. -P. 1208—1210.
4. Payne S.A., DeLoach L.D., Smith L.K. et al. // J. Appl. Phys. -1994. -№ 1. -P. 497—503.
5. Shannon R.D. // Acta Cryst. -A32. -1976. -P. 752, 753.
6. Плюснина И.И. Инфракрасные спектры минералов. -М.: МГУ, 1977.
7. Engel G., Klee W.E. // J. Solid State Chem. -1972. -№ 5. -P. 28—34.
8. Wilson R.M., Elliot J.C., Dowker S.E.P. // Amer. Mineralogist. -1999. -84. -P. 1406.
9. Serret A., Cabanas M.V., Vallet-Regi M. // Chem. Mater. -2000. -12. -P. 3836—3841.
10. Getman E.I., Loboda S.N., Tkachenko T.V. et al. // Functional Materials. -2005. -№ 1. -P. 6—10.

Донецкий национальный университет

Поступила 14.04.2006

УДК 541.183:546.98

**А.К. Трохимчук, І.М. Бойченко, В.М. Лещенко**

## **КОМПЛЕКСОУТВОРЕННЯ Pd(II) НА ПОВЕРХНІ СИЛКАГЕЛЮ, АКТИВОВАНОГО N-(5-МЕРКАПТО-1,3,4-ТІОДІАЗОЛ-2-ІЛ)-N'-ПРОПІЛСЕЧОВИННИМИ ГРУПАМИ**

Досліджено процеси сорбції паладію (II) на поверхні силкагелю, хімічно модифікованого N-(5-меркапто-1,3,4-тіодіазол-2-іл)-N'-пропілсечовинними групами (МТПСС). Цей силкагель кількісно вилучає паладій у широкому діапазоні кислотності від 4 M HCl до pH 4 за рахунок комплексоутворення з поверхневими

© А.К. Трохимчук, І.М. Бойченко, В.М. Лещенко, 2007

групами з коефіцієнтами розподілу на рівні  $n \cdot 10^5 \text{ см}^3/\text{г}$ . Показано можливість використання МТПСС для сорбційно-десорбційно-фотометричного та сорбційно-фотометричного визначення паладію з використанням спектроскопії дифузного відбиття.

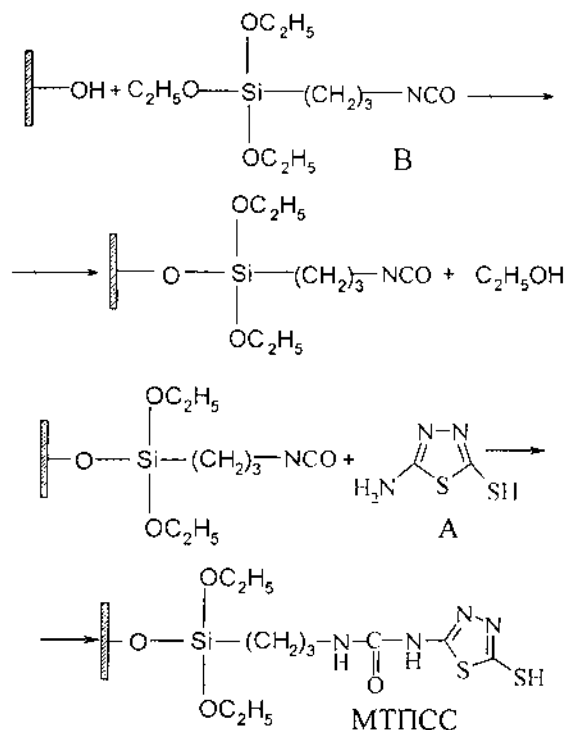
Дослідження процесів комплексоутворення на поверхні твердих носіїв є одним із провідних напрямків сучасної координаційної хімії. Ці дослідження сприяють, з одного боку, розширенню наукових поглядів в цій галузі, а з другого, — збільшенню областей практичного застосування комплексоутворюючих сорбентів.

Численні роботи останніх років присвячені вивченню комплексоутворення на хімічно модифікованих кремнеземах у зв'язку з широкими можливостями ковалентного зв'язування з поверхнею органічних сполук, здатних до комплексоутворення, і можливістю співставлення процесів комплексоутворення на поверхні з подібними процесами в гомогенних системах. Проте до поверхні кремнеземів можна прищеплювати і хімічні комплексоутворюючі сполуки, які внаслідок нерозчинності не можна використовувати у вигляді гомогенних систем.

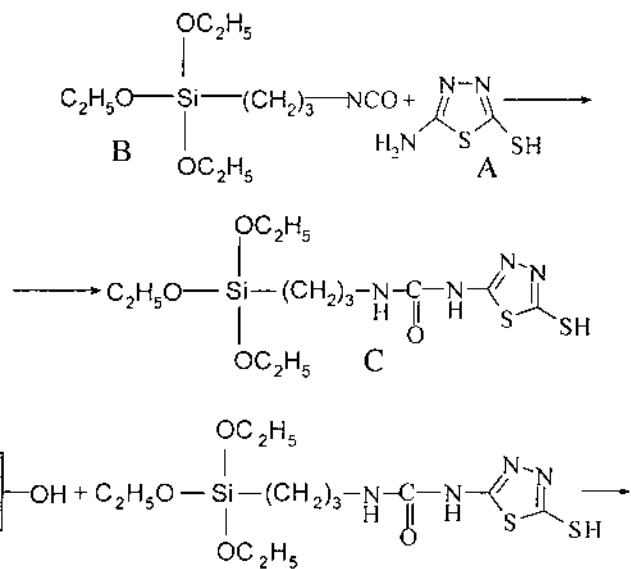
У даній роботі здійснено ковалентне зв'язування з поверхнею 1,3,4-тіодіазол-2-тіольної групи, з якою комплексоутворення в розчині не вивчалось, проте її будова свідчить про наявність у ній донорних атомів, здатних до комплексоутворення чи йонного обміну. Відомо, що хімічні сполуки, які мають у своєму складі донорні атоми сірки, утворюють міцні комплекси перш за все з благородними металами. У роботі розглянуті процеси комплексоутворення паладію на синтезованому нами силікагелі з хімічно зв'язаними з поверхнею N-(5-меркапто-1,3,4-тіодіазол-2-іл)-N'-пропілсечовинними групами та можливість його наступного визначення безпосередньо в фазі сорбенту чи після його елювання.

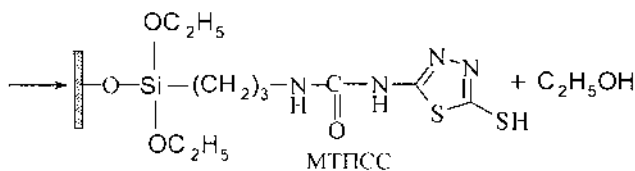
Хімічне модифікування поверхні  $\text{SiO}_2$  проводили на силікагелі Silika Gel 60 фірми Merck, фракційні параметри якого описані в роботі [1]. Згідно з [1] питома площа поверхні, визначена за низькотемпературною сорбцією азоту по BET, складає  $\sim 260 \text{ м}^2/\text{г}$ , середній діаметр пор 12 нм. Для синтезу використано фракцію 0.06—0.16 мм. Як модифікатори застосовували 2-аміно-1,3,4-тіодіазол-2-тіол (реактив фірми Fluka, речовина А) та 3-(триетоксисиліл)пропілізоціанат (реактив фірми Aldrich, речовина В).

Ковалентне закріплення N-(5-меркапто-1,3,4-тіодіазол-2-іл)-N'-пропілсечовинних груп на поверхні силікагелю можна здійснити за допомогою методу „поверхневої збірки” у дві стадії:



Проте внаслідок високої реакційної здатності ізоціанатних груп речовини В вони також можуть реагувати з силанольними групами поверхні силікагелю. Тому синтез МТПСС проводили шляхом попередньої взаємодії реактивів А та В і наступної взаємодії утвореного продукту С з поверхнею силікагелю:





Синтез МТПСС здійснювали в абсолютизованому ацетонітрилі, який сушили і переганяли над  $P_2O_5$ , а потім для видалення слідів фосфору повторно переганяли над поташем. Наважку силікагелю (20 г) попередньо прожарювали при  $200^\circ C$  протягом 6 год. Силікагель переносили у колбу об'ємом  $0.5 \text{ дм}^3$ , яка була оснащена мішалкою і зворотнім холодильником із хлоркальцієвою трубкою. До силікагелю приливали 100 мл абсолютного ацетонітрилу, суміш перемішували. Далі при постійному перемішуванні додавали 0.03 моль речовини В та гарячий розчин речовини А ( $0.0315$  моль) в ацетонітрилі. Суміш кип'ятили протягом 12 год. Синтезований МТПСС відділяли від розчину фільтруванням та промивали ацетонітрилом в апараті Сокслета протягом доби. Промитий продукт сушили при температурі  $80^\circ C$  під вакуумом водострумного насосу. Модифікований таким чином силікагель не має забарвлення.

ІЧ-спектри пропускання та відбиття одержували відповідно на Nicolet 5PC FT і Thermo Nicolet Nexus FT-IR. Порівняння ІЧ-спектрів немодифікованого силікагелю та МТПСС показує наявність у спектрі останнього нових смуг поглинання порівняно зі спектром чистого силікагелю. Смуги поглинання при  $2900$ ,  $2939$ ,  $2977 \text{ см}^{-1}$  можна віднести до валентних коливань  $\text{CH}_2$ -груп,  $1693 \text{ см}^{-1}$  — до коливань карбонільної групи,  $1560 \text{ см}^{-1}$  — до деформаційних коливань  $\text{NH}$ -груп. Співпадання частот смуг поглинання в області  $400\text{—}1100 \text{ см}^{-1}$  свідчить про незмінність складу та структури матриці силікагелю.

Концентрацію прищеплених поверхневих груп визначали за допомогою гравіметричного елементного аналізу на вміст сірки. Точну наважку сорбенту розчиняли у концентрованому лузі, окиснювали бромною водою прищеплені групи, відокремлювали кремнієву кислоту, а потім осаджували сірку у вигляді сульфату барію. За результатами гравіметричного аналізу концентрація прищеплених  $N$ -(5-меркапто-1,3,4-тіодіазол-2-іл)- $N'$ -пропілсечовинних груп становить  $9.22 \cdot 10^{-2} \pm 1.55 \cdot 10^{-2}$  ммоль/г. Ці експериментальні дані підтверджують факт хімічного модифікування поверхні силікагелю.

Вихідний розчин паладію (II) ( $1.26 \text{ мг/мл}$ ) готували, розчиняючи точну наважку  $\text{PdCl}_2$  ква-

ліфікації х.ч. в  $2 \text{ М НСІ}$ . Точну концентрацію розчину встановлювали гравіметрично з диметилгліоксимом та фотометрично за стандартним розчином  $\text{PdCl}_2$  [2]. Робочі розчини з меншими концентраціями  $\text{Pd (II)}$  готували розведенням вихідного розчину  $\text{Pd (II)}$   $2 \text{ М НСІ}$ .

Рівноважну концентрацію паладію в розчинах з концентрацією більшою, ніж  $2 \text{ мкг/мл}$ , визначали фотометрично, використовуючи реакцію утворення забарвленого комплексу  $\text{Pd (II)}$  з тіосечовиною [2], на колориметрі КФК-1 при  $400 \text{ нм}$ . Розчин тіосечовини готували, розчиняючи точну наважку попередньо перекристалізованої тіосечовини у  $1 \text{ М НСІ}$ . Якщо концентрація паладію становила менше  $2 \text{ мкг/мл}$ , то визначення здійснювали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі Сатурн-3 з термічним атомізатором.

Спектри дифузного відбиття (СДВ) сорбатів  $\text{Pd}$  на МТПСС знімали на спектрофотометрі UV-VIS Specord M 40.

Сорбція  $\text{Pd (II)}$  на МТПСС при кімнатній температурі вивчалася при різних об'ємах водної фази в межах  $25\text{—}250 \text{ см}^3$  при постійній масі МТПСС, рівній  $0.1 \text{ г}$ . Встановлено, що за цих умов  $\text{Pd (II)}$  сорбується кількісно при об'ємі розчину  $25 \text{ мл}$  за  $5 \text{ хв}$ , а при об'ємі розчину  $250 \text{ мл}$  — за  $30 \text{ хв}$ . Коefіцієнт розподілу становить  $n \cdot 10^5 \text{ см}^3/\text{г}$ . Вищевказане дозволяє зробити висновки про можливість кількісного вилучення та визначення  $\text{Pd (II)}$  з розчинів великих об'ємів у статичних умовах.

При контакті розчинів  $\text{H}_2\text{PdCl}_4$  з МТПСС сорбент набуває інтенсивного жовто-оранжевого забарвлення. Спектри дифузного відбиття сорбатів

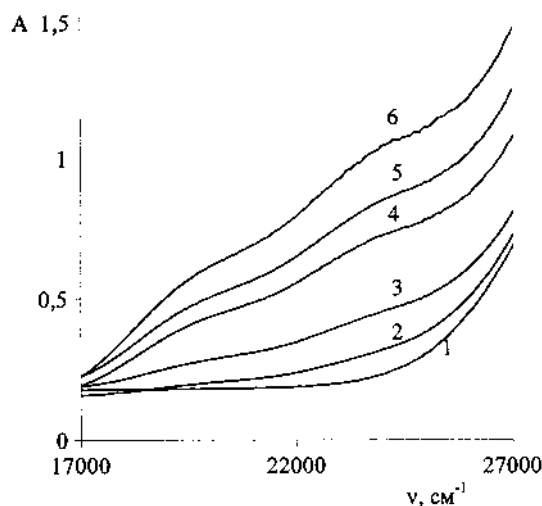


Рис. 1. Спектри дифузного відбиття повітряно-сухих сорбатів МТПСС. 1 — чистий МТПСС, з вмістом  $\text{Pd}$ , мкг: 2 — 2.5; 3 — 5; 4 — 12.5; 5 — 18.8; 6 — 25.  $m_{\text{сорб}} = 0.1 \text{ г}$ .

паладію (II) на МТПСС представлені на рис. 1. Як видно з рис. 2, при  $25000\text{ см}^{-1}$  (400 нм) інтенсивність забарвлення сорбатів є прямо пропорційною вмісту паладію, що дає змогу його визначення сорбційно-спектроscopicним методом. При цьому межа виявлення паладію становить 1 мкг на 0.1 г сорбенту.

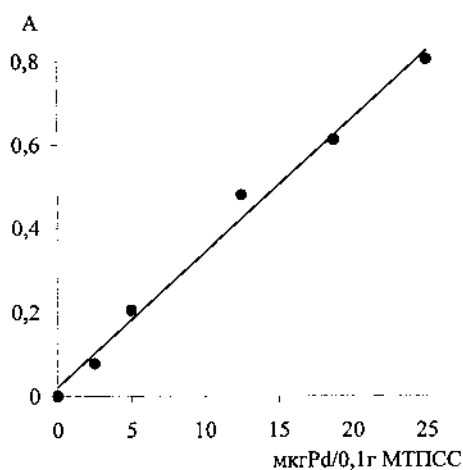


Рис. 2. Калібрувальний графік залежності оптичної густини сорбатів паладію при  $25000\text{ см}^{-1}$  (400 нм) на МТПСС від вмісту металу в фазі сорбенту.

Характер спектру дифузного відбиття сорбатів паладію на МТПСС не змінюється зі збільшенням кількості сорбованого металу, що свідчить про однаковий тип координації паладію до прищепленого органічного ліганду при різних ступенях заповнення поверхні сорбенту металом. Слід зазначити, що забарвлення сорбатів не змінюється при тривалому зберіганні.

Розкладанням спектру на гаусові складові виділено окремі смуги поглинання (рис. 3):  $19000\text{--}20000\text{ см}^{-1}$ , характерна для  $d-d$  переходів паладію у координаційних сполуках, смуги переносу заряду метал—ліганд при  $25000\text{--}26000$  та  $31000\text{--}32000\text{ см}^{-1}$  [5].

На рис. 4 (крива 1) наведено ізотерму сорбції паладію на МТПСС. Максимальна ємність ( $a_{\text{max}}$ ) становить 0.13 ммоль/г. Максимальний ступінь заповнення поверхні паладієм, розрахований із залежності  $C_{\text{Pd}}^{\text{коорд}}/C_{\text{ліганда}} = f(C_{\text{Pd}}^0/C_{\text{ліганда}})$ , досягається при мольному співвідношенні паладію до груп поверхні МТПСС як 1.4:1. Більшу сорбційну ємність даного ХМС відносно кількості прищеплених до його поверхні лігандів можна пояснити утворенням на основі поверхневих комплексів паладію полімерних ланцюжків хлориду паладію,

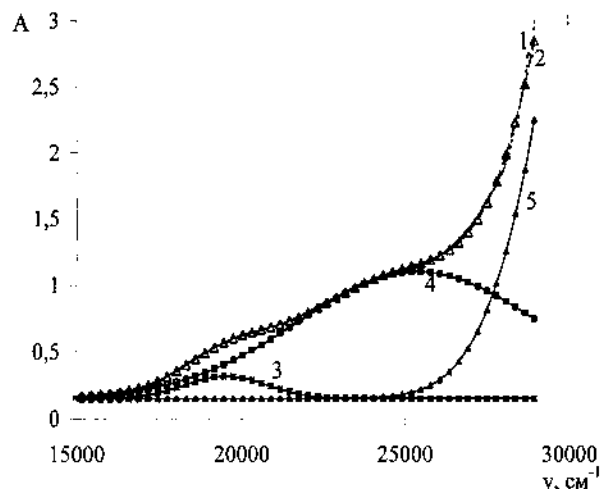


Рис. 3. СДВ сорбату паладію на МТПСС: 1 — експериментальний спектр (25 мкг Pd/0.1 г МТПСС); 2 — інтегральна крива після диференціювання експериментального спектру; 3,4,5 — диференціальні складові спектру.

аналогічних існуючим у розчині. Як видно з рис. 4, кількісна сорбція Pd (II) (99.9 %) з розчинів 2 М HCl проходить до його вмісту в сорбаті 0.06 ммоль/г, що свідчить про перспективність використання МТПСС для аналітичних цілей.

Практична цінність сорбентів значною мірою обумовлена вилученням іонів паладію з кислих розчинів для повного усунення або зменшення сорбції кольорових металів. Нами вивчено залежність впливу концентрації гідрохлоридної кислоти на повноту вилучення паладію (II) МТПСС. Як видно з рис. 5 (крива 1), ступінь сорбції паладію (II) на МТПСС практично не залежить від кислотно-

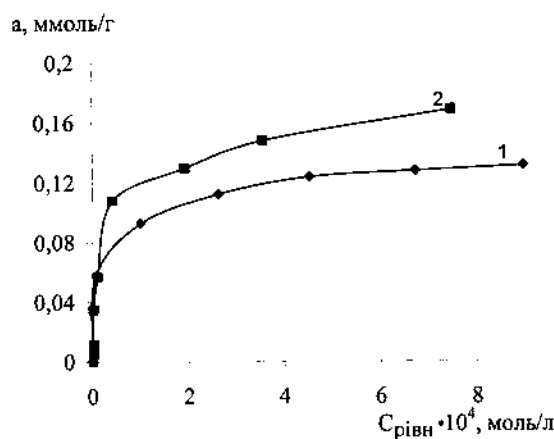


Рис. 4. Ізотерма сорбції паладію (II) (1) та оловохлоридного комплексу паладію (II) (2) на МТПСС.  $V = 25$  мл; 2 н. HCl;  $m_{\text{сорб}} = 0.1$  г.

сті середовища у досліджуваних межах концентрації HCl (до 2.5 моль/л), що свідчить про міцність утвореного поверхневого комплексу паладію. Повнота вилучення паладію МТПСС також практично не залежить від концентрації NaCl у розчині у досліджуваному діапазоні до концентрації 4 моль/л.

Оскільки кількісне вилучення паладію синтезованим силікагелем з N-(5-меркапто-1,3,4-тіодіазол-2-іл)-N'-пропілсечовинними групами відбувається у кислому середовищі, то його визначенню не заважає присутність у розчині, що аналізується, інших металів (рис. 5 (криві 2—8)), сорбція яких не відбувається при  $\text{pH} < 1$ .

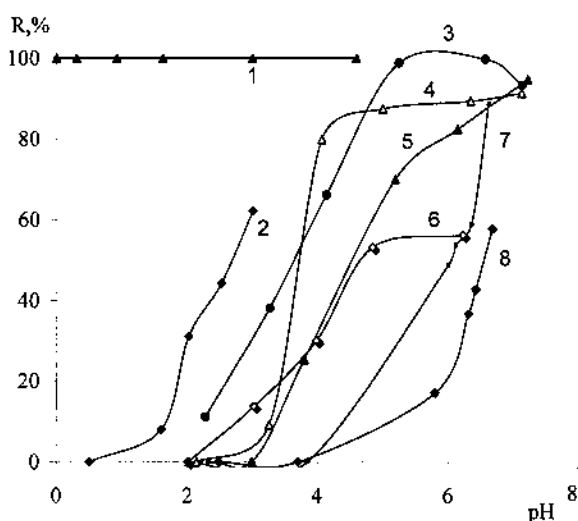


Рис. 5. Залежність ступеня сорбції Pd (II) (1); Fe (III) (2); Pb (II) (3); Mn (II) (4); Cd (II) (5); Zn (II) (6); Ni (II) (7); Co (II) (8) від pH на МТПСС.

Досліджено можливість сорбційно-десорбційно-спектрофотометричного визначення паладію за допомогою МТПСС у динамічному режимі. Сорбцію у динамічному режимі проводили, пропускаючи відповідні розчини через скляні колонки висотою  $h=150$  мм та внутрішнім діаметром  $d=50$  мм з закріпленими на них насадками для автоматичних піпеток об'ємом  $1 \text{ см}^3$ , в яких розміщувалася наважка сорбенту (0.1 г). Швидкість пропускання розчину становила  $1\text{—}5 \text{ см}^3/\text{хв}$ . Як елюент використовували 10 %-й розчин тіосечовини (десорбція паладію з поверхні МТПСС відбувається на 94—97 %), об'єм елюату становив 5 мл.

Встановлено, що залежність кількості десорбованого паладію від об'єму пропущеного через колонку розчину з фіксованою концентрацією Pd (II) має лінійний характер у межах 25—500 мл.

Слід зазначити, що вже при вмісті паладію у фазі сорбенту на рівні 5 мкг Pd/0.1 г МТПСС забарвлення було помітним візуально. Межа визначення паладію таким методом становить  $5 \cdot 10^{-3}$  мкг/мл.

Поверхневі групи МТПСС здатні протонуватися у сильнокислих розчинах й відігравати роль аніонообмінників поряд з комплексоутворюючою функцією. Тобто можливим є початкова сорбція йону  $[\text{PdCl}_4]^{2-}$  за аніонообмінним механізмом з наступним поступовим перебігом комплексоутворення у фазі сорбенту за участю атомів сірки органічного ліганду.

Для вивчення механізмів сорбції обрано оловохлоридний комплекс паладію. У водних розчинах утворюється широкий набір комплексів паладію (II) з хлоридом олова (II). Механізм взаємодії хлоридів паладію та олова досить складний і остаточно не з'ясований, утворення тих чи інших комплексів залежить від концентрації компонентів (паладію (II), хлориду олова (II), хлорид-йонів) і кислотності середовища [6]. Дослідження умов утворення комплексних сполук паладію (II) з хлоридом олова (II) у розчинах показало існування якнайменше трьох комплексних форм в залежності від концентраційних умов. Найбільший інтерес представляє смарагдово-зелений оловохлоридний комплекс паладію, що характеризується вираженим максимумом поглинання при 640 нм ( $15600 \text{ см}^{-1}$ ) (рис. 6, крива 1), є достатньо стійким у водних розчинах і використовується в ана-

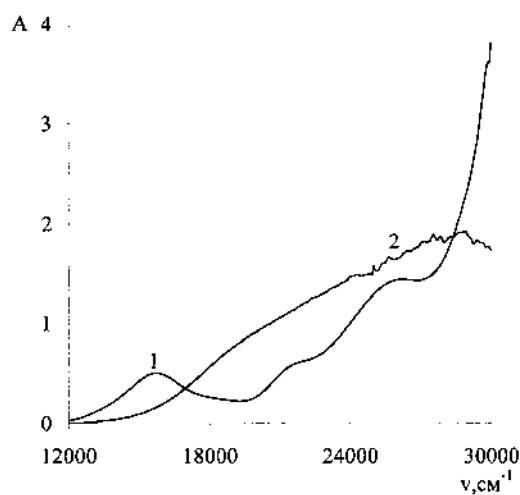


Рис. 6. Електронний спектр поглинання водного розчину оловохлоридного комплексу паладію (II) ( $C_{\text{Pd}}=25$  мкг/мл) (1); спектр дифузного відбиття вологого сорбату оловохлоридного комплексу паладію (II) на МТПСС через 1 хв після сорбції ( $C_{\text{Pd}} = 125 \text{ мкг Pd}/0.2 \text{ г МТПСС}$ ) (2).

літичній практиці для визначення мікрокількостей паладію [4].

Розчин смарагдово-зеленого оловохлоридного комплексу паладію з концентрацією 25 мкг/мл готували змішуванням відповідних об'ємів розчину хлориду паладію (II) у 2 М НСІ та свіжоприготованого розчину хлориду олова (II) у 2 М НСІ при мольному співвідношенні Pd:Sn = 1:90 [3] і доводили до мітки 2 М НСІ. При цьому важливим є порядок зливання реагентів: спочатку розчин паладію, кислота, а потім розчин хлориду олова (II) [4]. Спостерігали утворення відповідного смарагдового комплексу паладію через яскравожовту стадію. При сорбції оловохлоридного комплексу паладію на МТПСС контроль за розподілом металу здійснювали методом ААС з термічною атомізацією.

Час встановлення сорбційної рівноваги при сорбції оловохлоридного комплексу паладію (II) на МТПСС з 2 М НСІ складає 5—7 хв при перемішуванні на магнітній мішалці, ступінь вилучення у діапазоні 1—4 М НСІ становить 99—100 %. При цьому сорбент одразу набуває забарвлення, яке є характерним для сорбатів хлорокомплексів Pd (II) на МТПСС (рис. 6, крива 2). Цей факт є додатковим доказом сорбції паладію за комплексотворюючим механізмом за рахунок прищепленого ліганду.

На рис. 4 (крива 2) подано ізотерму сорбції оловохлоридного комплексу паладію на МТПСС з 2 М НСІ. Збільшення сорбційної ємності ХМС у даному випадку порівняно з сорбцією хлоридного комплексу паладію пов'язано, ймовірно, з утворенням на основі поверхневих комплексів паладію з прищепленими органічними лігандами його поліядерних місткових комплексів, в яких роль містків одночасно відіграють як хлорид-йони, так і додатково  $\text{SnCl}_3^-$ -йони.

Таким чином, досліджено сорбційні характеристики синтезованого силікагелю з ковалентно прищепленими N-(5-меркапто-1,3,4-тіодіазол-2-іл)-N'-пропілсечовинними групами по відношенню до йонів паладію (II). Встановлено, що кількісне вилучення паладію відбувається в широкому інтервалі кислотності в статичному та динаміч-

ному режимах за рахунок утворення міцних поверхневих комплексів. На основі проведених досліджень показано перспективність використання МТПСС для сорбційно-десорбційно-спектрофотометричного та сорбційно-фотометричного визначення паладію з використанням спектроскопії дифузного відбиття.

**РЕЗЮМЕ.** Исследованы процессы сорбции палладия (II) на поверхности силикагеля, химически модифицированного N-(5-меркапто-1,3,4-тиодиазол-2-ил)-N'-пропилмочевинными группами (МТПМС). Этот силикагель количественно извлекает палладий в широком диапазоне кислотности от 4 М НСІ до рН 4 за счет комплексообразования с поверхностными группами с коэффициентами распределения на уровне  $n \cdot 10^5 \text{ см}^3/\text{г}$ . Показана возможность использования МТПМС для сорбционно-десорбционно-фотометрического и сорбционно-фотометрического определения палладия с использованием спектроскопии диффузного отражения.

**SUMMARY.** The processes of sorption of palladium (II) on the silica surface, chemically modified with N-(5-mercapto-1,3,4-thiadiazol-2-yl)-N'-propylurea groups (MTPUS) were studied. This silica gel extracts palladium at the acidity from 4 M HCl to pH 4 due to complex formation with surface groups with distribution ratios at a level of  $n \cdot 10^5 \text{ cm}^3/\text{g}$ . The possibility of using of MTPUS for adsorption-desorption-photometric and adsorption-photometric determination of palladium using diffuse reflectance spectroscopy was shown.

1. Тарасевич Ю.И., Трофимчук А.К., Легенчук А.В., Иванова З.Г. // Коллоид. журн. -2004. -66, № 1. -С. 88—94.
2. Бимшиш Ф. Аналитическая химия благородных металлов, в 2ч. -М.: Мир, 1969.
3. Лосев В.Н., Кудрина Ю.В., Трофимчук А.К. // Журн. неорганич. химии. -2003. -48, № 6. -С. 923—930.
4. Гинзбург С.И., Езерская Н.А., Прокофьева И.В. и др. Аналитическая химия платиновых металлов. -М.: Наука, 1972.
5. Ливер Э. Электронная спектроскопия неорганических соединений. -М.: Мир, 1987. -Ч. 2.
6. Шленская В.И., Бирюков А.А., Морякова Л.Н. // Журн. неорганич. химии. -1969. -14, № 2. -С. 496—501.