

УДК 54.128.13:541.124:542.943.7:546.262.3-31:546.92'284

**Т. Л. Ракитська, Т. О. Кіосе, В. Я. Волкова, О. Л. Барбул**

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
кафедра неорганічної хімії та хімічної екології,  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна; e-mail: TLR@onu.edu.ua

### ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ КАТАЛІЗАТОРА НА ОСНОВІ Pd(II), Cu(II) І БАЗАЛЬТОВОГО ТУФУ ДЛЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОКИСНЕННЯ МОНООКСИДУ ВУГЛЕЦЮ КИСНЕМ

Вивчено вплив способів попередньої обробки базальтового туфу і нанесення компонентів на активність каталізатора низькотемпературного окиснення монооксиду вуглецю киснем.

**Ключові слова:** каталізатор, базальтовий туф, монооксид вуглецю, окиснення, нанесені палладій(II), купрум(II).

Протягом приблизно 50 років склад каталізатора, спочатку запропонований для Вакер-процесу, зазнав істотних змін. В даний час на його основі розроблені нанесені системи, що складаються з ацидо- або гідроксоацидокомплексів металу платинової групи (найчастіше паладію або платини), а також ацидокомплексів купруму(II) і/або заліза(III), а в деяких випадках — гетерополікомплексів (ГПК). В якості носіїв запропоновані різноманітні неорганічні оксиди, активоване вугілля, алюмосилікати, природні діатоміти та ін. Активність таких систем залежить не тільки від концентрацій іонів перехідних металів і їхнього співвідношення, але і від концентрацій галогенід-іонів, кисневмісних аніонів, кислотності поверхні носія, активності адсорбованої води, вмісту в газоповітряній суміші CO і O<sub>2</sub>. Наші дослідження дозволили не тільки розробити нові каталітичні композиції, але і зробити деякі теоретичні висновки щодо факторів, що впливають на активність нанесених металокомплексних каталізаторів (НМКК), і можливості прогнозування активності НМКК при використанні в якості носіїв неорганічних оксидів зі слабо вираженими іонообмінними властивостями [1].

Завдання ускладнюється, якщо в якості носія металокомплексів використовуються цеоліти (природні і синтетичні). На реакційну (каталітичну) здатність іонів перехідних металів впливають багато чинників [2—4]: цеолітна структура (топологія цеолітного каркасу; геометричні розміри вхідних вікон, каналів); співвідношення nSi/nAl; умови сорбції іонів перехідних металів; форма їх знаходження; топографічні місця локалізації M<sup>n+</sup> і можливість їхньої координації з іншими лігандами; кислотні властивості цеолітів; можливість доступу інших реагентів, наприклад, газоподібних молекул, до місць локалізації іона M<sup>n+</sup>; наявність інших катіонів і аніонів, які впливають не тільки на локалізацію іонів M<sup>n+</sup> і їхнє координаційне оточення, але і на рухомість іонів взагалі і, особливо, іонів водню.

Завдання ще більш ускладнюється, якщо використовуються саме природні цеоліти, які відрізняються від синтетичних тим, що мають, як правило, перемінний фазовий склад.

### Методики експерименту

В якості носія металокомплексного каталізатора використовували природний (П-БТ) і кислотномодифікований (Н-БТ) базальтовий туф (родовища у Ровенській області), який у середньому містить у мас. %: клиноптилоліт і морденіт — 35—40, монтмориллоніт — 30—40, польовий шпат, кремнезем і гематит — решта.

В роботі використовували зразки П-БТ, які відрізняються своїм походженням: родовище Полоцьке ІІ, глибина залягання — 50-70 м (П-БТ(1), Н-БТ(1)); родовище Полоцьке ІІ, глибина залягання — 20—30 м (П-БТ(1)\*, Н-БТ(1)\*).

Модифікування зразків туфу здійснювали за наступною методикою: 50 г первинного туфу фракції 0,5—3,0 мм поміщали в колбу зі зворотним холодильником, заливали 100 мл розчину модифікатора (азотна кислота, луг, етиловий спирт або вода) і кип'ятили протягом 3 годин. У разі кислотного модифікування зразки промивали водою до  $\text{pH} \cong 5$ . В інших випадках зразки промивали до сталого значення  $\text{pH}$ .

Зразки сушили в повітряному середовищі при 110 °С до постійної маси і використовували в якості носія металокомплексів.

Зразки каталізатора окиснення монооксиду вуглецю отримували методом імпрегнування: 10 г носія, середній розмір зерен — 0,75 мм (фракція 0,5—1,0 мм), просочували 4 мл водного розчину, що містить у заданих співвідношеннях хлорид паладію(ІІ), нітрат або хлорид купруму(ІІ) і бромід калію. Оскільки активність таких каталізаторів істотно залежить від вмісту води [1], для оптимізації їхнього складу і відтворюваності результатів отриманий вологий зразок сушили в повітряному середовищі при температурі 110 °С до постійної маси, а потім витримували в ексикаторі над розчином сірчаної кислоти (30—35 %) протягом 1 години так, щоб зразок адсорбував 0,03 г  $\text{H}_2\text{O}$  на 1 г носія. При такому вмісті води забезпечувалася динамічна рівновага за парою води при пропущенні скрізь шар каталізатора газоповітряної суміші (ГПС) з постійною відносною вологістю ( $\varphi_{\text{ГПС}}$ ) 76 %. Вміст компонентів каталізатора розраховували на одиницю маси сухого носія.

Кінетику каталітичного окиснення СО киснем вивчали на проточній по газу установці з термостатованим реактором вертикального типу з нерухомим шаром каталізатора. В газоповітряній суміші концентрацію монооксиду вуглецю варіювали від 100—300  $\text{мг/м}^3$  (5—20 ГДК $_{\text{CO}}$ ), концентрація кисню — 20 об.%. Початкову ( $C_{\text{CO}}^n$ ) та кінцеву ( $C_{\text{CO}}^k$ ) концентрації СО визначали за допомогою приладу “Газоаналізатор 621ЭХ04” (“Аналітприлад”, Україна), чутливість якого — 2  $\text{мг/м}^3$ .

Швидкість реакції ( $W$ ), константу першого порядку ( $k_1$ ), ступінь перетворення CO ( $\eta_{cm}$ ) розраховували за формулами:

$$W = \frac{\omega(C_{CO}^n - C_{CO}^k)}{m_k}, \text{ моль/Г·с}, \quad (1)$$

де  $\omega = 1,67 \cdot 10^{-2}$  — об'ємна витрата ГПС, л/с;  $C_{CO}^n, C_{CO}^k$  — початкова і кінцева концентрації CO, моль/л;  $m_k$  — маса зразка каталізатора,

$$k_1 = \frac{1}{\tau'} \ln \frac{C_{CO}^n}{C_{CO}^k}, \text{ с}^{-1}, \quad (2)$$

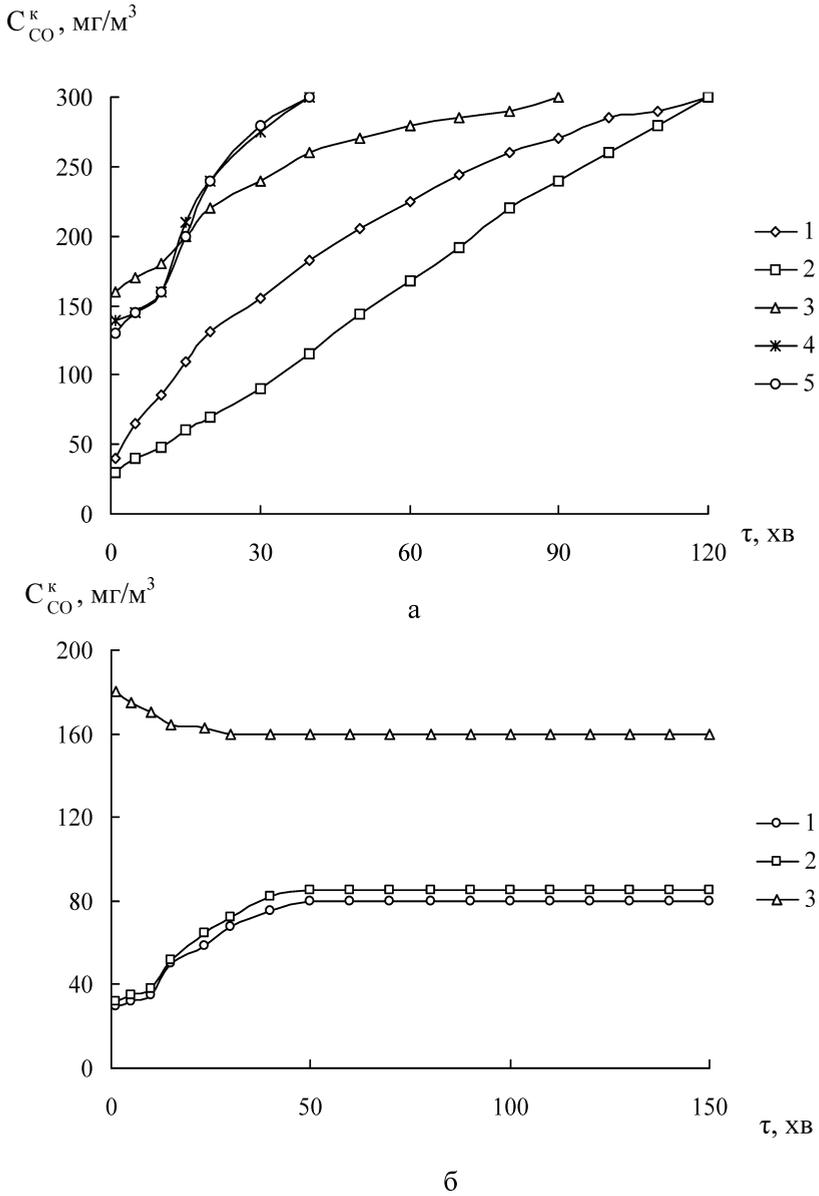
де  $\tau'$  — фіктивний час контакту,

$$\eta_{cm} = \frac{(C_{CO}^n - C_{CO}^k)}{C_{CO}^n} \cdot 100, \%. \quad (3)$$

### Результати та їх обговорення

**Вплив способу попередньої обробки базальтового туфу на активність каталізатора.** Попередні дослідження [5] показали, що імпрегнуванням природного базальтового туфу водним розчином, що містить  $K_2PdCl_4, CuX_2$  ( $X = Cl, NO_3^-$ ) і  $KBr$ , не вдається одержати каталізатор, який забезпечував би стаціонарне протікання реакції і високий ступінь окиснення монооксиду вуглецю киснем повітря. Вивчено вплив різних способів обробки базальтового туфу (сушіння при різних температурах, обробка водою, етиловим спиртом (для видалення органічних залишків), лугом і кислотою) на активність каталізатора (табл. 1). Як оцінні критерії в табл. 1 наведені дані про кінцеву концентрацію монооксиду вуглецю ( $C_{CO}^k$ ) через 10 хв. від початку подачі ГПС і в стаціонарному режимі, а також про ступінь перетворення CO у стаціонарному режимі ( $\eta_{ct}$ ).

Кінетика окиснення CO у присутності каталізатора  $K_2PdCl_4-Cu(NO_3)_2-KBr-H_2O/БТ$  при різних способах попередньої обробки базальтового туфу представлена на рис.1а і 1б. З отриманих даних можна прийти до висновку, що тільки при кислотній обробці базальтового туфу досягаються умови формування  $Pd(II)-Cu(II)/БТ$ -каталізатора, що забезпечує окиснення CO киснем у стаціонарному режимі, коли на виході з реактора  $C_{CO}^k = const$ . Необхідно звернути увагу на наступні моменти. Природа кислоти ( $HCl$  або  $HNO_3$ ) не впливає на кінцевий результат (рис.1б), однак надалі для кислотного модифікування БТ використовували азотну кислоту, тому що  $NO_3^-$ -іони адсорбуються носієм набагато слабкіше, ніж  $Cl^-$ -іони, і легко відмиваються водою при кімнатній температурі. Кращий результат досягається при кислотно-термальній обробці БТ азотною кислотою. У випадку модифікування БТ 12M  $HNO_3$  при кімнатній температурі протягом 24 год. каталізатор забезпечує стаціонарний перебіг реакції, але при цьому ступінь окиснення CO ( $\eta_{ct} = 47\%$ ) менше, ніж у випадку каталізатора  $Pd(II)-Cu(II)/H-БТ(1)^*-6$  (табл. 1).



**Рис. 1.** Зміна  $C_{CO}^k$  у часі при окисненні CO киснем у присутності каталізатора  $K_2PdCl_4-Cu(NO_3)_2-KBr-H_2O/БТ$  при різних способах попередньої обробки БТ. Умови а: 1 — сушка при 110 °С; 2 — сушка при 300 °С; Обробка: 3 — гарячою водою; 4 — розчином 3М NaOH; 5 — розчином 6М NaOH; Умови б: кип'ятіння протягом 6 годин (Н-БТ(1)\*-6): 1 — 3М HNO<sub>3</sub>, 2 — 3М HCl; Т = 293 К, 24 години (Н-БТ(1)\*-12М): 3 — 12М HNO<sub>3</sub>

Таблиця 1

Вплив способу попередньої обробки базальтового туфу на активність каталізатора  $K_2PdCl_4-Cu(NO_3)_2-KBr-H_2O/БТ$  у реакції окиснення  $CO$  киснем

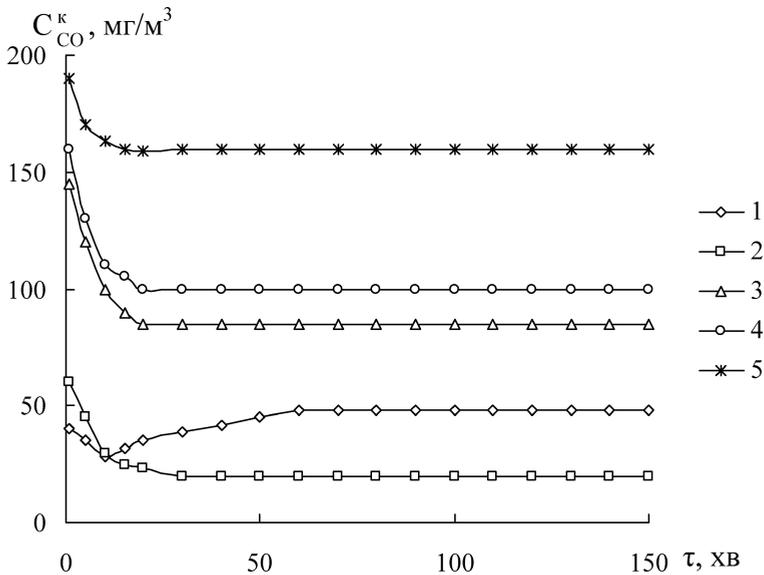
$$C_{PdCl_2} = 1,36 \cdot 10^{-5}; C_{Cu(NO_3)_2} = 2,9 \cdot 10^{-5}; C_{KBr} = 1,02 \cdot 10^{-4} \text{ моль/г}; C_{CO}^n = 300 \text{ мг/м}^3;$$

$$U = 4,2 \text{ см/с}; T = 293 \text{ К}; m_{H_2O} = 0,03 \text{ г/г}; d_3 = 1,5 \text{ мм}$$

Каталізатор	Умови попередньої обробки	$C_{CO}^k$ , мг/м <sup>3</sup>		$\eta_{ст}$ , %
		через 10 хв	у стац. режимі.	
Pd(II)-Cu(II)/П-БТ(1)* — (110°C)	П-БТ сушили при 110 °С протягом 3 годин	85	—	—
Pd(II)-Cu(II)/П-БТ(1)* — (300°C)	П-БТ прожарювали при 300 °С протягом 3 годин	48	—	—
Pd(II)-Cu(II)/П-БТ(1) — (вода)	П-БТ кип'ятили 3 години у дистильованій воді, а потім промивали гарячою водою і сушили при 110 °С протягом 3 годин	180	—	—
Pd(II)-Cu(II)/П-БТ(1)* — (спирт)	П-БТ заливали на 24 години етиловим спиртом у співвідношенні спирт : вода = 1:1, а потім промивали гарячою водою і сушили при 110 °С протягом 3 годин	70	—	—
Pd(II)-Cu(II)/П-БТ(1) — (луг)	П-БТ кип'ятили 3 години безперервно у 3М NaOH, а потім відмивали до постійного значення рН і сушили при 110 °С протягом 3 годин	160	—	—
	П-БТ кип'ятили 3 години безперервно у 6М NaOH, а потім відмивали до постійного значення рН і сушили при 110 °С протягом 3 годин	160	—	—
Pd(II)-Cu(II)/Н-БТ(1)*	П-БТ заливали на 24 години 12М $HNO_3$ , а потім відмивали до рН $\approx 5,0$ і сушили при 110 °С протягом 3 годин	165	160	47
Pd(II)-Cu(II)/Н-БТ(1)*-6	П-БТ кип'ятили 6 годин безперервно у 3М $HNO_3$ , а потім відмивали до рН $\approx 5,0$ і сушили при 110 °С протягом 3 годин	35	80	73
	П-БТ кип'ятили 6 годин безперервно у 3М $HCl$ , а потім відмивали до рН $\approx 5,0$ і сушили при 110 °С протягом 3 годин	38	82	73

**Вплив модифікування БТ при різній концентрації азотної кислоти на активність катализатора.** Найбільш діючим способом зміни фізико-хімічних властивостей природних цеолітів є обробка їх мінеральними кислотами ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HClO}_4$ ), у результаті чого відбуваються декатіонування і деалюмініування, що приводить до «розширення вхідних вікон» у канали, зміни кислотних і іонообмінних властивостей природних цеолітів [6—8].

На активність катализатора  $\text{Pd(II)-Cu(II)/BT}$  впливає не тільки тривалість попередньої кислотної обробки базальтового туфу [5], але і концентрація застосовуваної для цього кислоти. Дані рис. 2 і табл. 2 демонструють зміну активності катализатора  $\text{K}_2\text{PdCl}_4\text{-Cu(NO}_3)_2\text{-KBr-H}_2\text{O/H-BT(1)}$  у залежності від концентрації азотної кислоти, узятій для попередньої обробки носія. Концентрацію азотної кислоти варіювали від 3 до 10 моль/л, і зразки БТ кип'ятили в ній протягом трьох годин. Видно, що в усіх випадках окиснення  $\text{CO}$  відбувалося в стаціонарному режимі, але найкращі кінетичні характеристики ( $W_{\text{ст}}$ ,  $k_1$  і  $\eta_{\text{ст}}$ ) досягалися у випадку катализатора на  $\text{H-BT(1)-6M}$  ( $C_{\text{CO}}^k = 20 \text{ мг/м}^3$ ).



**Рис. 2.** Зміна  $C_{\text{CO}}^k$  у часі при окисненні  $\text{CO}$  киснем у присутності катализатора  $\text{K}_2\text{PdCl}_4\text{-Cu(NO}_3)_2\text{-KBr-H}_2\text{O/BT(1)}$ . Носій оброблений кислотою різної концентрації:  $C_{\text{HNO}_3}$ , М: 1 — 3; 2 — 6; 3 — 8; 4 — 10; 5 — 12

( $T = 293 \text{ К}$ ; 24 год)

( $C_{\text{PdCl}_2} = 1,36 \cdot 10^{-5}$ ;  $C_{\text{Cu(NO}_3)_2} = 2,9 \cdot 10^{-5}$ ;  $C_{\text{KBr}} = 1,02 \cdot 10^{-4}$  моль/г;

$C_{\text{CO}}^n = 300 \text{ мг/м}^3$ ;  $U = 4,2 \text{ см/с}$ ;  $T = 293 \text{ К}$ ;  $m_{\text{H}_2\text{O}} = 0,03 \text{ г/г}$ ;  $d_3 = 0,75 \text{ мм}$ )

Таблиця 2

**Каталітична активність ацидокомплексів Pd(II) і Cu(II), закріплених на кислот-  
но-модифікованому базальтовому туфі, у реакції низькотемпературного окиснен-  
ня монооксиду вуглецю киснем**

$$C_{\text{PdCl}_2} = 1,36 \cdot 10^{-5}; C_{\text{Cu(NO}_3)_2} = 2,9 \cdot 10^{-5}; C_{\text{КВг}} = 1,02 \cdot 10^{-4} \text{ моль/г};$$

$$C_{\text{CO}}^n = 300 \text{ мг/м}^3; U = 4,2 \text{ см/с}; T = 293 \text{ К}; \varphi = 76 \% ; m_{\text{H}_2\text{O}} = 0,03 \text{ г/г}; d_s = 0,75 \text{ мм}$$

Носій	$W_{\text{ст}} \cdot 10^9$ , моль/(г·с) по (1)	$C_{\text{CO}}^k$ , мг/м <sup>3</sup> (стаціонарний режим)	$k_1$ , с <sup>-1</sup> по (2)	$\eta_{\text{ст}}$ , % по (3)
Н-БТ(1)-3М	15,1	48	2,6	84
Н-БТ(1)-6М	16,8	20	3,8	93
Н-БТ(1)-8М	12,9	85	1,8	72
Н-БТ(1)-10М	12,0	100	1,6	67
Н-БТ(1)-12М ( $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 24 год.)	8,4	160	0,9	47

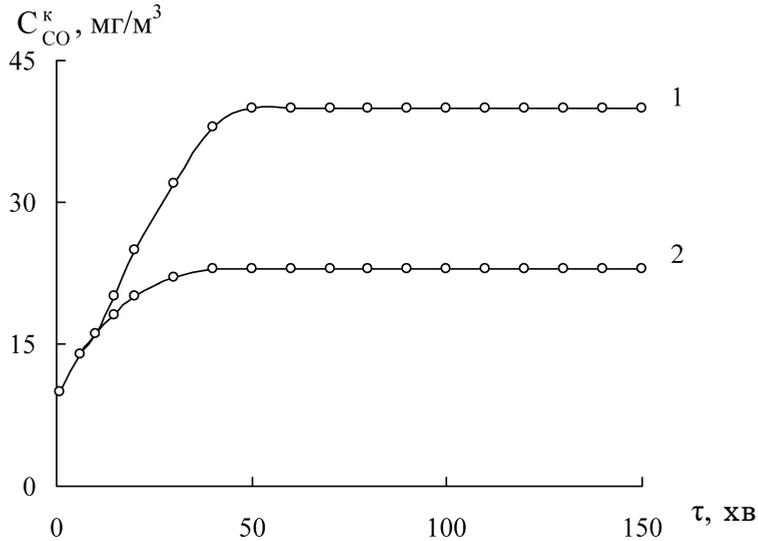
На підставі отриманих результатів нами оптимізовані умови попереднього кислотного модифікування базальтового туфу, використаного для нанесення ацидокомплексів Pd(II), Cu(II) і інших компонентів, що формують каталізатор окиснення СО. Такими умовами є: однократне чи багаторазове кип'ятіння базальтового туфу в 3М HNO<sub>3</sub> протягом трьох годин з наступним відмиванням до постійного значення рН ~ 5,0. При цьому, навіть у випадку кратності таких обробок, рівної п'яти (сумарна тривалість обробки 15 год.), відповідно до даних РФА [9] цеолітна структура зберігається. Істотної аморфізації зазнає тільки фаза монтмориллоніту при 9-тигодинній кислотній обробці базальтового туфу.

**Вплив способу нанесення компонентів на активність каталізатора.** Каталізатори на основі металокомплексів і носіїв звичайно одержують методами адсорбції або імпрегнування. Показано [10], що зі змішаного розчину, який містить K<sub>2</sub>PdCl<sub>4</sub> і CuX<sub>2</sub> (X = Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), зразки П-БТ і Н-БТ вибірково адсорбують купрум(II). Більш того, відомо [11-13], що сорбція Pd(II) із хлоридних і нітратних розчинів природними цеолітами (морденіт, клиноптилоліт) відбувається складним чином, наприклад, при рН 2-6 і C<sub>ст</sub> = 2,0·10<sup>-2</sup> моль/л паладій(II) зовсім не адсорбується клиноптилолітом. Застосування адсорбційного методу ускладнюється ще і тим, що до складу каталізатора входять бромід-іони, що здатні впливати на адсорбцію як Cu(II), так і Pd(II). На підставі наведених результатів застосування адсорбційного методу одержання Pd(II)-Cu(II)-каталізатора можна вважати недоцільним.

Імпрегнування носія з урахуванням його вологоємності здійснювали в одну стадію, тому що порядок нанесення компонентів каталітичної композиції не впливав на активність каталізатора. Беручи до уваги структурні і фізико-хімічні особливості цеолітів, слід зазначити, що найбільш істотним

фактором, який впливає на активність каталізатора, є досягнення рівномірного розподілу компонентів, що особливо утрудняється зі збільшенням розміру зерен носія. У цьому зв'язку зразки після їх імпрегнування витримували в закритих чашках Петрі протягом 20 год. Після «дозрівання» каталізатор сушили до постійної маси.

На прикладі даних рис. 3 видно, що каталізатор  $K_2PdCl_4-Cu(NO_3)_2-KBr-H_2O/H-BT(1)^*-12$  після «дозрівання» протягом 20 год. забезпечував майже дворазове зниження  $C_{CO}^k$  у стаціонарному режимі в порівнянні з каталізатором такого ж складу, висушеним відразу після імпрегнування.



**Рис. 3.** Зміна  $C_{CO}^k$  у часі при окисненні CO киснем у присутності каталізатора  $K_2PdCl_4-Cu(NO_3)_2-KBr-H_2O/H-BT(1)^*-12$

1 — каталізатор, висушений відразу після імпрегнування;

2 — каталізатор перед сушкою «дозрівав» протягом 20 годин

( $C_{PdCl_2} = 2,72 \cdot 10^{-5}$ ;  $C_{Cu(NO_3)_2} = 2,9 \cdot 10^{-5}$ ;  $C_{KBr} = 1,02 \cdot 10^{-4}$  моль/г;

$C_{CO}^n = 300$  мг/м<sup>3</sup>;  $U = 4,2$  см/с;

$T = 293$  К;  $m_{H_2O} = 0,03$  г/г;  $d_3 = 1,5$  мм;  $\varphi = 76$  %)

Результати з оптимізації способів попереднього модифікування базального туфу та одержання каталізаторів з добре відтворюваними властивостями були використані при розробці технічних умов на каталізатор низькотемпературного окиснення монооксиду вуглецю киснем КНО-СО/БТ (ТУ У 24.6-02071091-001:2008).

## Література

1. *Ракитская Т. Л., Эннан А. А., Волкова В. Я.* Низкотемпературная каталитическая очистка воздуха от монооксида углерода. — Одесса: Экология, 2005. — 191 с.
2. *Tagiev L. B., Minaev X. M.* Каталитические свойства цеолитов в реакции окисления // Успехи химии. — 1981. — Т. 50, вып. 11. — С. 1933—1959.
3. *Berthomieu D., Delahay G.* Recent advanced in Cu<sup>1/II</sup>Y: experiments and modeling // Catal. Reviews. — 2006. — Vol. 48, N 2. — P. 269—313.
4. *Frising T., Leflaive P.* Extraframework cation distribution in X and Y faujasite zeolites: A review // Micropor. Mezopor. Mater. — 2008. — Vol. 114, Iss. 1—3. — P. 27—63.
5. *Ракитская Т. Л., Киосе Т. А., Волкова В. Я.* Влияние dealюминирования природного цеолита на активность Pd(II)-Cu(II)-катализатора окисления монооксида углерода кислородом // Вісн. Одеськ. нац. ун-ту. — 2005. — Т. 10, вип. 2. — С. 184—191.
6. *Тарасевич Ю. И.* Природные сорбенты в процессе очистки вод. — К.: Наукова думка, — 1981. — 208 с.
7. *Structural and physicochemical properties of natural zeolites: clinoptilolite and mordenite / O. Korkuna, R. Leboda, J. Skubiszewska-Zięba, T. Vrublewska, V.M. Gun'ko, J. Ryczkowski // Micropor. Mezopor. Mater. — 2006. — Vol.87, Iss.1-3. — P.243—254.*
8. *Природные цеолиты / Г. В. Цицишвили, Т. Г. Андроникашвили, Г. Н. Киров, Л. Д. Филозова — М.: Химия, 1985. — 396 с.*
9. *Ракитская Т. Л., Киосе Т. А., Резник Л. И., Эннан А. А., Хитрич В. Ф.* Рентгенофазовое исследование Pd(II)-Cu(II) — катализатора, закрепленного на базальтовом туфе // Вісн. Одеськ. нац. ун-ту. Хімія. — 2007. — Т. 12, №. 2. — С. 87—98.
10. *Ракитская Т. Л., Киосе Т. А., Волкова В. Я.* Адсорбционные свойства базальтового туфа и каталитическая активность закрепленных на нем ацидокомплексов Pd(II) и Cu(II) в реакции окисления монооксида углерода // Укр. хим. журн. — 2008. — Т. 74, № 4. — С. 28—33.
11. *Коркуна О., Врублевська Т.* Вплив різних факторів на сорбцію паладію(II) природним клиноптилолітом у динамічних умовах // Вісник Львів. ун-ту. Серія хім. — 2002. — Вип. 41. — С. 134—138.
12. *Коркуна О., Врублевська Т., Тепла Н.* Вплив різних факторів на сорбцію паладію(II) Н-морденітом у статичних умовах // Вісник Львів. ун-ту. Серія хім. — 2004. — Вип. 44. — С. 120—126.
13. *Сорбция ионов палладия из водных растворов клиноптилолитом / Т. Ф. Врублевская, Л. В. Вронская, Н. М. Матвийчук, О. Я. Коркуна // Химия и технология воды. — 1999. — Т. 21, № 4. — С. 414—418.*

**Т. Л. Ракитская, Т. А. Киосе, В. Я. Волкова, О. Л. Барбул**  
Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, кафедра неорганической химии и химической экологии,  
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина; e-mail: TLR@onu.edu.ua

## ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ Pd(II), Cu(II) И БАЗАЛЬТОВОГО ТУФА ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОКИСЛЕНИЯ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА КИСЛОРОДОМ

### Резюме

Изучено влияние способов предварительной обработки базальтового туфа и нанесения компонентов на активность катализатора низкотемпературного окисления монооксида углерода кислородом.

**Ключевые слова:** катализатор, базальтовый туф, монооксид углерода, окисление, способы нанесения, палладий(II), медь(II).

**T. L. Rakitskaya, T. O. Kiose, V. Ya. Volkova, O. L. Barbul**

Odessa I. I. Mechnikov National University,

Department of Inorganic Chemistry and Chemical Ecology,

Dvoryanskaya St., 2, Odessa, 65082, Ukraine; e-mail: TLR@onu.edu.ua

**SUBSTANTIATION OF THE METHOD FOR OBTAINING A  
CATALYST BASED ON Pd(II), Cu(II), AND BASALT TUFF FOR LOW-  
TEMPERATURE CARBON MONOXIDE OXIDATION BY OXYGEN**

**Summary**

The influence of methods for basalt tuff pretreatment and for component deposition on the activity of a thereby obtained catalyst for low-temperature carbon monoxide oxidation by oxygen have been studied.

**Key words:** catalyst, basalt tuff, carbon monoxide, oxidation, deposition, palladium(II), copper(II).