

© 2013 Цимбалюк В.В.<sup>1</sup>, Волощук А.Г.<sup>2</sup>, Кобаса І.М.<sup>2</sup>, Шпаргала Н.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

<sup>2</sup>Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

## АДСОРБЦІЯ БАРВНИКІВ НА ТЕРМІЧНО МОДИФІКОВАНИХ ЗРАЗКАХ БАЗАЛЬТОВОГО ТУФУ

*Досліджено адсорбційні властивості термічно модифікованих зразків базальтового туфу по відношенню до барвників: метиленового блакитного та нейтрального червоного. Вивчено кінетику та визначено швидкість адсорбції барвників у залежності від температури модифікування. Показано, що термічне модифікування поверхні базальтового туфу дозволяє отримати матеріал з прогнозованими фізико-хімічними властивостями, кількість і природа адсорбційних центрів, а також адсорбційна активність БТ суттєво залежать від температури модифікування, кислотності адсорбційного середовища, природи барвника.*

**Ключові слова:** базальтовий туф, термічне модифікування, метиленовий блакитний, нейтральний червоний, кінетика адсорбції, швидкість адсорбції.

### Вступ

Суттєве зниження активності промислового комплексу, яке спостерігається в Україні протягом останніх десятиріч призвело до зменшення обсягів використання води. Однак рівень антропогенного навантаження на поверхневі та підземні води залишається високим – частка забруднених зворотних вод у загальному водовідведенні зросла удвічі: від 16 % у 1990 р. до 32 % у 2010 р. [1]. Технології водоочистки та водопідготовки у централізованих системах очистки, що були запроваджені більш ніж 40–50 років тому, не відповідають зростаючому рівню забруднення водних ресурсів та не завжди забезпечують належну якість питної води. Крім цього, майже 80 % населення України забезпечується питною водою з поверхневих джерел. Якість поверхневих вод залишається незадовільною. На сьогодні всі водойми України за рівнем забруднення наблизились до 3-го класу, а існуючі технології підготовки питної води розраховані на доведення природної води до якості питної лише тоді, коли вихідна вода відповідає 1–2 класу. У 2010 році 88 % відібраних проб води з поверхневих джерел хоча б за одним показником не відповідали вимогам СанПіН 4630-88 „Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення”. З вищесказаного однозначно випливає, що важливу роль у розв’язанні гідро-екологічних проблем повинні відігравати сучасні технології очищення води. Відомо [2; 3], що у водопідготовці та водоочищенні активно застосовують адсорбційні процеси, які використовуються на заключних (фініш-

них) стадіях. Вагоме місце серед промислових адсорбентів займають природні мінеральні сорбенти та композиційні мінерали на їх основі [4]. Підвищення вимог до якості питної води, загострення екологічних проблем поверхневих водних об’єктів, забруднення підземних вод вимагають впровадження нових технологій і пошуку ефективних адсорбентів.

Базальтові туфи – природні алюмосилікати цеолітної групи мінералів, поклади яких у надрах України оцінюються в 1 млрд. тонн. На сьогодні базальтові туфи (БТ) є відходами промислового видобутку базальтів і мають перспективу використання у різних галузях промисловості та сільського господарства [5; 6]. Попередні дослідження показали, що базальтові туфи володіють поліфункціональними адсорбційними властивостями й можуть бути використані для очищення вод від йонних і молекулярних забруднень [7].

### Експериментальна частина

У залежності від геологічних умов формування туфи різних родовищ мають відмінні фізико-хімічні властивості та мінералогічний склад. До мінералогічного складу зразків БТ родовища „Полицьке-2”, які використовувалися в експериментах, входять: цеоліти (35–40) %, монтморилоніти (30–40) %, польові шпати (10–15) %, кремнеземи (4–5) %, гематити (3–5) % [6]. Середньостатистичні результати аналізу хімічного складу туфу, виражені через масові відсотки оксидів, наведені в табл. 1. Аналіз зразків БТ проводили методами класичного хімічного аналізу (визначення Si, Al, Fe, Mg, Ca, P і S),

Таблиця 1  
Хімічний склад базальтових туфів родовища  
„Полицьке-2”

Компонент	Вміст, %
SiO <sub>2</sub>	67,44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,82
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,14
MgO	5,02
TiO <sub>2</sub>	1,75
K <sub>2</sub> O	1,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,16
MnO	0,09
CaO	0,46
Na <sub>2</sub> O	0,94
SO <sub>3</sub>	0,11

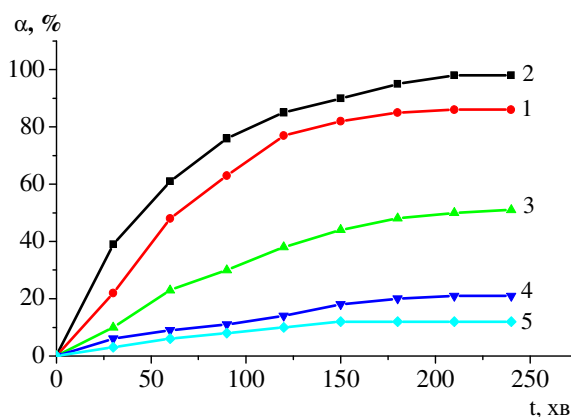
полуменевої фотометрії (визначення Na і К) й атомно-абсорбційної спектроскопії (визначення мікроелементів).

Узагальнення результатів аналізу показує, що БТ є алюмосилікатами з масовим співвідношенням Si/Al = 4,7÷5,9, які містять Ферум у кількості 68÷74 г/кг. Крім елементів, сполуки яких у перерахунку на оксиди наведені у табл. 1, досліджувані туфи містять також мікроелементи Манган, Цинк, Купрум, Нікол, Кобальт у кількостях 0,71÷0,08 г/кг. Методики термічного модифікування базальтового туфу та адсорбційних досліджень викладені в публікаціях [8, 9].

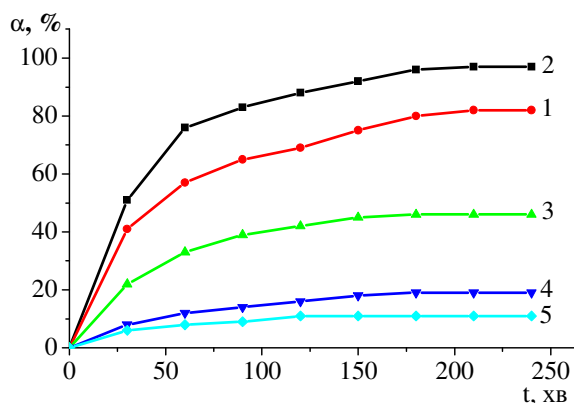
Під час дослідження адсорбційних властивостей БТ використовували водні розчини метиленового блакитного (МБ) та нейтрального червоного (НЧ), які моделюють адсорбцію гетероциклічних органічних речовин. Вибір цих барвників зумовлений тим, що вони подібні за будовою, але суттєво відрізняються за властивостями: у водних розчинах МБ дисоціює з утворенням катіонів, НЧ – з утворенням аніонів [10].

Результати, які відображають кінетику адсорбції МБ та НЧ на зразках БТ, показані на рис. 1.

Проведені дослідження показали (рис. 1), що термічне модифікування БТ виявляє суттєвий вплив на адсорбцію МБ і НЧ. При цьому максимальний ступінь адсорбції ( $\alpha$ ) спостерігається для зразків, термічно оброблених при 250 °С. Для решти модифікацій  $\alpha$  зменшується пропорційно підвищенню температури модифікування. Ступінь адсорбції барвників зростає з часом, досягаючи рівноважних значень. Проте зазначимо, що адсорбція НЧ відбувається інтенсивніше у порівнян-



А



Б

Рис. 1. Кінетика адсорбції метиленового блакитного (А) і нейтрального червоного (Б) на термічно модифікованому базальтовому туфі. Температура модифікування, °С: 1 – 105; 2 – 250; 3 – 500; 4 – 750; 5 – 1000.

Концентрація барвника:  $1,0 \cdot 10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup>

ні з МБ. Таку ж за характером закономірність спостерігали для всіх досліджених концентрацій барвників.

Визначені за кутовим нахилом лінійних ділянок кінетичних кривих швидкості адсорбції барвників наведені у табл. 2.

Аналіз даних табл. 3 дозволяє виділити ряд особливостей адсорбції барвників на зразках БТ:

- з підвищенням концентрації барвника у розчині коефіцієнт адсорбції ( $\alpha$ ) зменшується, а величина адсорбції ( $\Gamma$ ) збільшується, що узгоджується з літературними даними [11; 12];
- незалежно від початкової концентрації МБ у розчині величина його адсорбції на зразках, модифікованих при 250 °С, у середньому в 4,5 рази більша, ніж на зразках, термічно оброблених при 1000 °С;

Таблиця 2  
Відносна швидкість адсорбції барвників на термічно модифікованих зразках базальтового туфу ( $C = 2,0 \cdot 10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup>)

Температура модифікування, °С	Швидкість адсорбції	
	Метиленовий блакитний (мг/хв·г) · 10 <sup>3</sup>	Нейтральний червоний (мг/хв·г) · 10 <sup>3</sup>
105	17	14
250	18	17
500	8,6	8,3
750	4,3	3,1
1000	3,0	2,8

Таблиця 3  
Вплив концентрації барвників на адсорбційні характеристики зразків базальтового туфу (час адсорбції – 240 хв, V = 30 см<sup>3</sup>, m = 0,3 г)

Концентрація барвника, моль/л		Температура модифікування, °С				Г <sub>250</sub> /Г <sub>1000</sub>
		250		1000		
(моль/дм <sup>3</sup> ) · 10 <sup>4</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	α, %	Г, мг/г	α, %	Г, мг/г	
Метиленовий блакитний						
1,0	32,0	95	3,2	22	0,7	4,6
2,0	64,0	69	4,4	17	1,1	4,0
3,0	96,0	65	6,3	14	1,3	4,9
4,0	128,0	50	6,5	11	1,5	4,3
Нейтральний червоний						
1,0	28,9	96	2,8	20	0,6	4,7
2,0	57,8	71	4,1	14	0,8	5,1
3,0	86,7	66	5,8	12	1,1	5,3
4,0	115,6	51	5,9	11	1,3	4,5

– незалежно від початкової концентрації НЧ у розчині величина його адсорбції на зразках, модифікованих при 250 °С, у середньому в 4,9 рази більша, ніж на зразках, термічно оброблених при 1000 °С.

Особливості адсорбції підтверджують домінуючий вплив температури модифікування БТ на величину адсорбції барвників. При цьому попередня термічна обробка зразків БТ більшою мірою виявляє вплив на адсорбцію НЧ, що засвідчують ізотермами адсорбції (рис. 2).

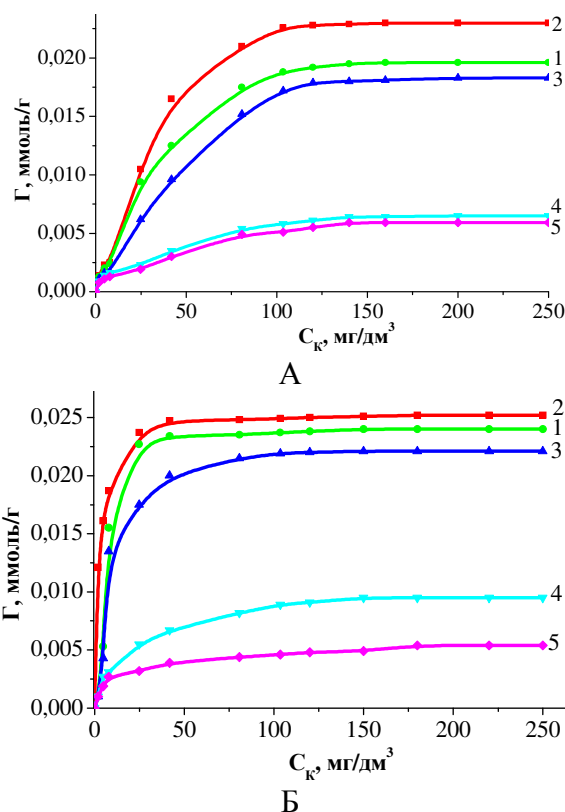


Рис. 2. Ізотерми адсорбції метиленового блакитного (А) та нейтрального червоного (Б) на термічно модифікованих зразках базальтового туфу. Час адсорбції – 240 хв. Температура модифікування, °С: 1–105; 2–250; 3–500; 4–750; 5–1000

Аналіз ізотерм адсорбції барвників (рис. 2) на термічно модифікованих зразках БТ показує, що вони належать до L-типу (ізотерми Ленгмюра), тобто мають форму кривої з насиченням. Такий характер залежностей свідчить про мономолекулярну адсорбцію і дозволяє визначити максимальну сорбційну ємність зразків БТ.

Враховуючи граничні значення адсорбції МБ, а також площу (106 А<sup>2</sup>), яку займає адсорбована молекула МБ [13], нами проведено розрахунки (табл. 4), що дозволили оцінити питому поверхню досліджуваних зразків базальтового туфу.

Отже, одержані експериментальні результати (рис. 2) та зроблені розрахунки (табл. 4) однозначно вказують на те, що зниження величини адсорбції барвників на зразках, модифікованих при температурах 500–1000 °С зумовлене зменшенням питомої поверхні зразків базальтового туфу, яке є наслідком агломерації дисперсних частинок БТ у результаті їх спікання. Підвищення адсорб-

Таблиця 4  
Вплив термічного модифікування на адсорбційну  
ємність та величину питомої поверхні зразків  
базальтового туфу

Температура модифікування, °С	Адсорбційна ємність, моль/г	Кількість адсорбованих молекул барвника, молекул/г	Питома поверхня	
			А <sup>2</sup> /г	м <sup>2</sup> /г
105	21·10 <sup>-6</sup>	13·10 <sup>18</sup>	13·10 <sup>20</sup>	13
250	26·10 <sup>-6</sup>	16·10 <sup>18</sup>	17·10 <sup>20</sup>	16
500	19·10 <sup>-6</sup>	11·10 <sup>18</sup>	12·10 <sup>20</sup>	12
750	6,4·10 <sup>-6</sup>	3,8·10 <sup>18</sup>	4,1·10 <sup>20</sup>	4,1
1000	6,1·10 <sup>-6</sup>	3,7·10 <sup>18</sup>	3,9·10 <sup>20</sup>	3,9

ційної ємності та збільшення питомої поверхні, яке спостерігається для зразків, термічно модифікованих при 250 °С, може бути пов'язане з виділенням гігроскопічної та кристалізаційної води, що супроводжується „розкриттям” пор.

Відомо, що величина та механізм адсорбції органічних і неорганічних речовин у розчинах залежать від рН середовища. Величина рН адсорбційного середовища визначає хімічну форму адсорбату в розчині та стан поверхні адсорбента.

У табл. 5 наведені літературні дані, які відображають вплив рН на величину стандартного потенціалу окиснення МБ і НЧ [10].

Таблиця 5  
Стандартні потенціали окиснення метиленового  
блакитного і нейтрального червоного

Барв- ник	Стандартний потенціал окиснення, В				
	рН 0	рН 5	рН 7	рН 8	рН 9
Метиле новий блакит- ний	0,532	0,135	0,061	0,030	0,00
Ней- траль- ний черво- ний	0,240	-0,170	-0,325	-0,392	-0,450

Важливий чинник, який визначає меха-  
нізм і величину адсорбції з розчинів на  
поверхні дисперсних оксидів, – величина рН

точки нульового заряду поверхні (рН<sub>ТНЗ</sub>) [14]. Остання являє собою характеристичну константу дисперсних адсорбентів, яка залежить від кислотно-основних властивостей поверхні та, відповідно, енергії електронних рівнів і розподілу електронної густини на поверхні твердого тіла [15]. Великою, яка кількісно характеризує взаємозв'язок між рН<sub>ТНЗ</sub> та адсорбційними властивостями оксидів, є резонансний потенціал іонізації оксидів (I<sub>р</sub>) [16]. У табл. 6 наведені значення рН<sub>ТНЗ</sub>, I<sub>р</sub> та граничні значення адсорбції МБ на оксидах, які є основними макрокомпонентами базальтового туфу. Значення цих величин запозичені із праць [17; 18]. У цій же таблиці подано значення рН<sub>ТНЗ</sub> та I<sub>р</sub> для БТ, розраховані нами згідно з правилом адитивності:

$$\begin{aligned}
 pH_{ТНЗ} &= \omega_{SiO_2} \cdot pH_{ТНЗ}(SiO_2) + \\
 &+ \omega_{Al_2O_3} \cdot pH_{ТНЗ}(Al_2O_3) + \\
 &+ \omega_{Fe_2O_3} \cdot pH_{ТНЗ}(Fe_2O_3) \\
 I_p &= \omega_{SiO_2} \cdot I_p(SiO_2) + \omega_{Al_2O_3} \cdot I_p(Al_2O_3) + \\
 &+ \omega_{Fe_2O_3} \cdot I_p(Fe_2O_3)
 \end{aligned}$$

Таблиця 6  
Адсорбційні та енергетичні  
характеристики оксидів і базальтового туфу

№ з/п	Оксид	Масова частка оксиду	рН <sub>ТНЗ</sub>	I <sub>р</sub> , еВ	Г, моль/г
1.	SiO <sub>2</sub>	0,68	1,9	9,2	5,4 · 10 <sup>-5</sup>
2.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,13	7,9	8,0	-
3.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	8,2	6,9	-
4.	Базальто- вий туф	-	3,1	8,4	2,2 · 10 <sup>-5</sup>

Аналіз даних табл. 6 показує, що розра-  
ховані значення рН<sub>ТНЗ</sub> та I<sub>р</sub> для БТ, а також  
експериментально встановлена величина  
максимальної адсорбції МБ за величинами  
найближчі до значень цих параметрів, які  
характерні для SiO<sub>2</sub>. Тобто можна вважати,  
що основний внесок у формування адсорб-  
ційних властивостей БТ робить фаза SiO<sub>2</sub>.

Кількість і природа адсорбційних центрів  
і, відповідно, адсорбційна активність БТ  
суттєво залежать від кислотності адсорб-  
ційного середовища (рис. 3).

Вплив рН середовища на величину  
адсорбції МБ на зразках БТ, модифікованих  
при різних температурах, має різний характер.

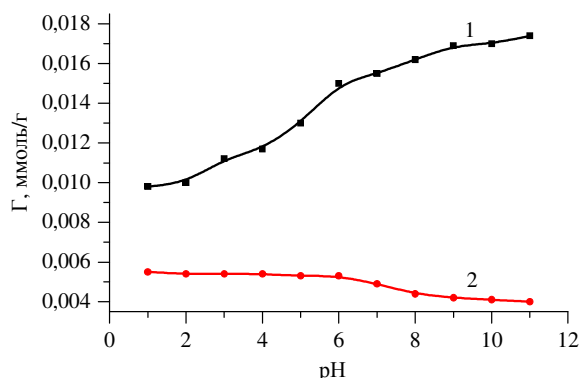
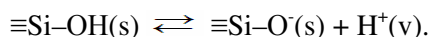


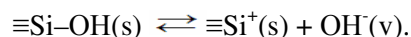
Рис. 3. Вплив рН середовища на величину адсорбції метиленового блакитного на термічно модифікованих зразках базальтового туфу. Температура прожарювання: 1 – 250 °С; 2 – 750 °С ( $C = 3,21 \cdot 10^{-4}$  моль/л;  $t_{\text{адс.}} = 1$  год)

Так, для зразків, модифікованих при 250 °С, величина адсорбції барвника зростає з підвищенням рН середовища (рис. 3, крива 1). Для зразків, модифікованих при 750 °С, зміна величини адсорбції МБ зі зміною рН має протилежний характер: з підвищенням рН величина адсорбції зменшується. Виявлені особливості впливу рН на адсорбцію МБ дозволяють висловити припущення про те, що в результаті прожарювання зразків при 750 °С не лише зменшується питома поверхня зразків БТ, а й змінюється природа адсорбційних центрів.

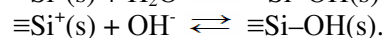
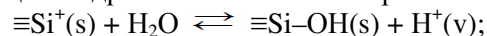
Оскільки у молекулі МБ позитивний заряд локалізований на атомі Нітрогену аміногрупи, то адсорбція МБ можлива на активних центрах, які заряджені негативно. Такі центри на поверхні алюмосилікатів утворюються в результаті дисоціації сіланольних груп у водному середовищі за реакцією [19]:



З підвищенням рН середовища концентрація негативно заряджених центрів на поверхні БТ зростає, в результаті чого підвищується й величина адсорбції МБ. У випадку зразків БТ, прожарених при 750 °С, реалізується протилежна за характером залежність – із підвищенням рН концентрація негативно заряджених центрів на поверхні БТ зменшується, що призводить до зменшення адсорбції барвника (рис. 3, крива 2). Цей факт можна пов'язати зі зменшенням поверхневої концентрації негативно заряджених активних центрів. Відомо [17], що під час прожарювання дисперсних алюмосилікатів відбувається термічна дисоціація поверхневих сіланольних груп:



При контакті дигідроксильованих зразків із водним середовищем активно проходять процеси гідроксилювання їх поверхні:



Отже, на основі одержаних результатів можна зробити припущення про те, що у кислих розчинах адсорбція МБ відбувається на негативно заряджених активних центрах, поверхнева концентрація яких зростає з підвищенням рН. Для підтвердження цієї гіпотези нами була проведена серія експериментів із дослідження адсорбції НЧ на зразках БТ. Для нейтрального червоного потенціал точки еквівалентності ( $E_{\text{TE}}$ ) дорівнює – 0,33 В при рН = 7, тоді як для метиленового блакитного  $E_{\text{TE}} = 0,011$  В (рН = 7) [10]. Це означає, що у водних розчинах молекула НЧ заряджена негативно й адсорбція цього барвника буде відбуватися на позитивно заряджених активних центрах (рис. 4).

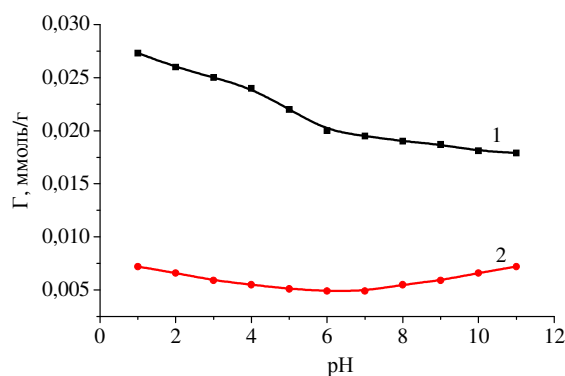


Рис. 4. Вплив рН середовища на величину адсорбції НЧ на термічно модифікованих зразках БТ. Температура прожарювання: 1 – 250 °С; 2 – 750 °С ( $C = 3,21 \cdot 10^{-4}$  моль/л;  $t_{\text{адс.}} = 1$  год)

Аналіз даних (рис. 4) показує, що з підвищенням рН величина адсорбції нейтрального червоного на зразках БТ модифікованих при 250 °С, зменшується. Це, на нашу думку, пов'язано зі зменшенням концентрації позитивно заряджених центрів адсорбції. Для зразків, модифікованих при 750 °С, залежність  $\Gamma=f(\text{pH})$  має складніший характер. Так, при переході до слабокислих і нейтральних розчинів величина адсорбції барвника дещо зменшується, а в лужних спостерігається тенденція до її зростання. Отже, результати адсорбції нейтрального червоного також свідчать про те, що при підвищенні температури модифікації зразків БТ змінюється природа їх адсорбційних центрів.

На основі експериментальних даних з дослідження адсорбції МБ і НЧ можна зробити висновок про те, що в кислих розчинах на поверхні зразків модифікованих при 250 °С, домінують позитивно заряджені активні центри. Не виключено, що такими центрами можуть бути специфічно адсорбовані йони  $H^+$ . З підвищенням рН адсорбційного середовища поверхнева концентрація позитивно заряджених центрів зменшується, а негативно заряджених центрів – збільшується.

### Висновки

Виявлені особливості адсорбції барвників на термічно модифікованих зразках БТ підтверджують домінуючий вплив термічної обробки на величину адсорбції. Максимальний ступінь сорбції спостерігається для зразків БТ, термічно модифікованих при 250 °С. Незалежно від початкової концентрації барвників при цій температурі величина сорбції у 4–5 разів більша, ніж на зразках, термічно оброблених при 1000 °С. Виявлені особливості впливу рН на адсорбцію барвників дозволяють висловити припущення про те, що в результаті прожарювання зразків змінюється не лише їх природа поверхня, але й природа адсорбційних центрів. Термічне модифікування дозволяє управляти поверхневими властивостями БТ і, відповідно, створювати адсорбційні матеріали вибіркової дії до органічних речовин різних типів.

### Список літератури

1. Гончарук В.В. Наука о воде. – К.: Наук. думка, 2010. – 512 с.
2. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А. та ін. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
3. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
4. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. – К.: Наук. думка, 1981. – 302 с.
5. Голяр Н.Г. Туфи: використання в галузях економіки. – Рівне, 2002. – 30 с.
6. Петрюк А.Є., Волощук А.Г., Пастушенко Є.П., Юрійчук М.В. Сорбційні властивості базальтового туфу та можливості його застосування в медицині // Клінічна та експериментальна патологія. – 2010. – Т. IX, №2(32). – С. 78 – 82.
7. Волощук А.Г., Волощук К.О., Пастушенко Є.П., Юрійчук М.В. Шляхи використання базальтових туфів // Хімічна промисловість України. – 2009, №5(88). – С. 63 – 68.
8. Ракитская Т.А., Киосе Т.А., Волощук А.Г., Олексеенко Л.П., Волкова В.Я., Резник Л.И. Влияние кислотного модифицирования базальтового туфа на каталитическую активность закрепленных ацидокомплексов палладия (II) и меди (II) кислородом воздуха // Журн. приклад. химии. – 2009. – Т. 82. – №2. – С. 210 – 215.
9. Волощук А.Г., Цимбалюк В.В., Кобаса І.М. Вплив хіміко-термічного модифікування на фізико-хімічні властивості базальтового туфу // Наук. Вісник ЧНУ.- Вип. 453: Хімія. – Збірник наукових праць. – Чернівці. – Рута. – 2009. – С. 63–68.
10. Индикаторы. /Под. ред. Э. Бишопа. Т. 1. – М.: Мир, 1976. – 496 с.
11. Цимбалюк В.В., Волощук А.Г., Кобаса І.М. Вплив термічної обробки на сорбційні властивості базальтового туфу // Укр. хім. журн. – 2009. – Т. 75. – №12. – С. 85 – 90.
12. Тарасевич Ю.И. Очистка воды от анионных красителей при помощи полусинтетического сорбента на основе монтмориллонита и основных солей алюминия / Ю.И. Тарасевич, В.Е. Сердобольский, В.Е. Дорошенко // Химия и технология воды. – 2004. – Т. 26, №3. – С. 299–305.
13. Ягубов А.И. Сорбционные процессы очистки сточных вод от метилена голубого на Fe(III) бентоните: экспериментальные исследования и моделирование / А.И. Ягубов // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2007. – Т. 9, №2. – С. 177–181.
14. Айлер Р.К. Химия кремнезема. – М.: Мир, 1982. – Т. 2. – 606 с.
15. Чуйко А.А. Химия поверхности кремнезема и механизмы хим. реакций // Изв. АН СССР Сер. хим.– 1990.– №10.– С. 2393–2406.
16. Чуйко А.А. Химия поверхности кремнезема. Строение поверхности, активные центры, механизмы сорбции.– К.: Наук. думка, 1990.– 310 с.
17. Чуйко А.А., Горлов Ю.В. Химия поверхности кремнезема. Строение поверхности, активные центры, механизмы сорбции. – К.: Наук. думка, 1992. – 248 с.

18. Технологія очищення стоків з застосуванням природних дисперсних сорбентів / Р. Петрусь, М. Мальований, Й. Варчол [та ін.] // Хімічна промисловість України. – 2003. – №2. – С.20–22.
19. Torres-Perez J. Sorption and desorption of dye remazol yellow onto a mexican surfactant-modified clinoptilolite-rich tuff and a carbonaceous material from pyrolysis of sewage sludge / J. Torres-Perez, M. Solache-Rios, A. Colin-Cruz // Water, Air, and Soil Pollution. – 2008. – V.187. – №1–4. – P.303–313.

### Summary

Tymbalyuk V. V., Voloschuk A. G., Kobasa I. M., Shpargala N. I.

#### **ADSORPTION OF DYES ON THE THERMALLY MODIFIED BASALT TUFA**

Adsorption characteristics of the thermally modified basalt tufa in relation to some dyes: methylene blue and neutral red have been investigated. Kinetic properties and adsorption rate were found for the different modification temperatures. It was proved that the thermal modification allows synthesizing materials with pre-determined physical-chemical properties, amount and characteristics of the adsorption centers. It was also proved that the adsorption activity of the tufa is basically governed by the modification temperature, acidity of the adsorption media and a nature of the dye.

**Key words:** basalt tufa; thermal modification; methylene blue; neutral red; adsorption kinetics; adsorption rate.