

*Досліджено ефективність сорбції різних класів барвників на магнетиті та використання модифікованого сорбенту, а саме бентоніту. Виявлено, що використання таких сорбентів замість магнетиту підвищує ефективність видалення забруднень*

*Ключові слова: сорбент, барвник, магнетит, модифікований бентоніт*

*Исследована эффективность сорбции различных классов красителей на магнетите и использования модифицированного сорбента, а именно бентонита. Выявлено, что использование таких сорбентов вместо магнетита повышает эффективность удаления загрязнений*

*Ключевые слова: сорбент, краситель, магнетит, модифицированный бентонит*

*Investigational efficiency of sorption of different classes of dyes on magnetite and using the modified sorbent, such as bentonite. Revealed that using such sorbents in place of magnetite increases the efficiency of removal contaminants*

*Key words: sorbent, dye, magnetite, the modified bentonite*

# ВИКОРИСТАННЯ МАГНІТНИХ СОРБЕНТІВ ПРИ ВИДАЛЕННІ СИНТЕТИЧНИХ БАРВНИКІВ ІЗ СТІЧНИХ ВОД

**О.І. Іваненко**

Кандидат технічних наук, доцент\*

Контактний тел.: (044) 454-90-01, 098-111-61-11

E-mail: m.gomelya@kpi.ua

**Ю.М. Греськів\***

Контактний тел. : 097 -711-59-81

E-mail: yuliya\_greskiv@mail.ru

\*Кафедра екології та технології рослинних полімерів  
Національний технічний університет України «Київський  
політехнічний інститут»  
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

## 1. Вступ

Значну частку забруднювачів, що скидаються підприємствами у промислову каналізацію, складають продукти органічного синтезу. Серед таких забруднювачів чільне місце займають органічні барвники, які широко застосовують у різних галузях промисловості та в побуті. На сьогодні відомо понад 5 тис. різних барвників. В Україні їх виробництвом і використанням займається близько 480 підприємств, на яких утворюється велика кількість забарвлених стічних вод. У випадку потрапляння їх до водойм вони спричиняють згубну кумулятивну дію на живі організми та мають негативний вплив на органолептичні властивості води.

## 2. Постановка задачі

Традиційні сорбційні технології очистки води від синтетичних барвників в переважній більшості випадків потребують будівництва значної кількості високооб'ємних споруд, великої витрати хімічних реагентів та відрізняються значною тривалістю технологічного циклу [1,2,3].

Тому як варіант нового та перспективного методу пропонується магніто-сорбційний метод [4], суть якого полягає в використанні синтетичного магнетиту в якості ефективного сорбенту. З огляду на можливість отримання магнетиту з використаних травильних розчинів можна говорити про високу екологічну спрямованість даного методу.

Метою даної роботи було дослідження ефективності сорбції різних класів барвників на магнетиті та дослідження можливості використання модифікованих мінеральних сорбентів з магнітними властивостями для очистки стічних вод процесів виробництва та використання барвників.

## 3. Експериментальні дослідження

Дослідження сорбції проводились для наступних водорозчинних класів барвників: основних (малахітовий зелений), дисперсних (дисперсний синє-зелений), прямих (прямий коричневий, прямий рожевий), кислотних (легкозмиваємий червоний) та активних (активний яскраво блакитний). При розчиненні у воді основні та дисперсні барвники утворюють забарвлений катіон, а всі інші - аніони.

На першому етапі досліджень було встановлено, що найбільш суттєвий вплив на процес сорбції виявляє співвідношення іонів двох- та трьохвалентного заліза в вихідних розчинах ( $K = [Fe^{2+}]/[Fe^{3+}]$ ) при отриманні магнетиту. Виявилось, що для кожного класу барвників існують свої закономірності сорбції на магнетиті з різним співвідношення іонів двох- та трьохвалентного заліза. Так, сорбція прямих барвників краще проходить на магнетиті з невеликими значеннями  $K = 0,33; 1$ , близькими до значення  $K = 0,5$  в природному магнетиті. А основні, кислотні, активні та дисперсні барвники краще сорбуються на магнетиті з великими значеннями  $K = 3; 4; 6$ . Це можна

пояснити тим, що в залежності від співвідношення іонів дво- та трьохвалентного заліза в магнетиті змінюється його дисперсність, відповідно змінюється питома поверхня сорбенту та його магнітні властивості. З огляду на це, при збільшенні кількості іонів двохвалентного заліза, тобто збільшенні значення К, підвищується дефектність структури магнетиту, що сприяє кращій сорбції барвників на магнетиті.

На сорбцію барвників значний вплив має концентрація магнетиту. Ця величина має бути такою, яка б забезпечувала необхідний ступінь очистки води від

барвника і не призводила б до перевитрати сорбенту. Найбільш ефективними виявились концентрації в діапазоні від 500 до 900 мг/дм<sup>3</sup>, оскільки подальше їх збільшення не призвело до підвищення ефективності видалення барвників.

Для отримання ізотерм сорбції на магнетиті з відповідним значенням К і оптимальною концентрацією для всіх досліджуваних барвників варіювали концентраціями останніх в діапазоні від 1 до 80 мг/дм<sup>3</sup>. Слід відмітити, що процес сорбції відбувається досить інтенсивно і вже на протязі перших 10 хвилин контакту частинок магнетиту з вихідним розчином більшість

**Таблиця 1**

Ефективність очистки від барвників при їх сорбції на модифікованому і немодифікованому бентоніті протягом 30 хв

Барвник	C <sub>поч</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Модифікований бентоніт (C <sub>бент</sub> = 1 г/дм <sup>3</sup> )			Немодифікований бентоніт (C <sub>бент</sub> = 1 г/дм <sup>3</sup> )		
		C <sub>рив</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	A, %	a, мг/г	C <sub>рив</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	A, %	a, мг/г
Малахітовий зелений (K=6, C <sub>магн</sub> =900 мг/дм <sup>3</sup> )	1	0,1	90	0,5	0,1	90	0,9
	10	0,2	98	5,2	1,4	86	8,6
	20	0,3	98,5	10,4	4,8	76	15,2
	40	0,4	99	20,8	7	82,5	33
	60	0,4	99,3	31,4	15,3	74,5	44,7
	80	0,8	99	41,7	22,4	72	57,6
Прямий рожевий (K=0,33, C <sub>магн</sub> =100 мг/дм <sup>3</sup> )	1	1	0	0	0,7	30	0,3
	10	1	90	8,2	6	40	4
	20	2,2	89	16,2	14,3	28,5	5,7
	40	2,8	93	33,8	30	25	10
	60	3,6	94	51,3	49,1	18,2	10,9
	80	4,2	94,75	68,9	71	11,25	9
Прямий коричневий (K=1, C <sub>магн</sub> =300 мг/дм <sup>3</sup> )	1	1	0	0	0,6	40	0,4
	10	2	80	6,2	6,4	36	3,6
	20	2,8	86	13,2	13,1	34,5	6,9
	40	4	90	27,7	26,4	34	13,6
	60	4,2	93	42,9	46,5	22,5	13,5
	80	5	93,75	57,7	63,3	20,9	16,7
Легкозвиваємий червоний (K=3, C <sub>магн</sub> =900 мг/дм <sup>3</sup> )	1	0,6	40	0,2	0,8	20	0,2
	10	0,6	94	4,9	8,2	18	1,8
	20	0,6	97	10,2	16,6	17	3,4
	40	0,6	98,5	20,7	33,2	17	6,8
	60	1,4	97,6	30,8	51,6	14	8,4
	80	2	97,5	41,1	72,2	9,75	7,8
Хромовий темно синій (K=6, C <sub>магн</sub> =900 мг/дм <sup>3</sup> )	1	1	0	1	0,8	20	0,2
	10	1	90	4,73	8,2	18	1,8
	20	1	95	10	16,8	16	3,2
	40	1	97,5	20,5	35,6	11	4,4
	60	1,2	98	30,9	52,8	12	7,2
	80	1,6	98	41,3	73,2	8,5	6,8
Активний яскраво блакитний (K=4, C <sub>магн</sub> =500 мг/дм <sup>3</sup> )	1	0,1	90	0,6	0,7	30	0,3
	10	0,1	99	6,6	7,4	26	2,6
	20	0,1	99,5	13,3	15	25	5
	40	0,1	99,75	26,6	30,6	23,5	9,4
	60	0,1	99,8	39,9	51,2	14,6	8,8
	80	0,1	99,9	53,3	70,8	11,5	9,2
Дисперсний сине- зелений (K=4, C <sub>магн</sub> =900 мг/дм <sup>3</sup> )	1	0	100	0,53	0,4	60	0,6
	10	0	100	5,3	5,2	48	4,8
	20	0	100	10,5	12,3	38,5	7,7
	40	0	100	21,1	24,8	38	15,2
	60	1,4	97,6	30,8	47,2	21,3	12,8
	80	2	97,5	41,1	61,4	23,25	18,6

молекул барвника осаджуються на поверхні магнетиту. Для основних та дисперсних барвників ізотерма сорбції має ступінчасту форму, що свідчить про полішарову сорбцію, тобто сорбція проходить не лише на поверхні, а й всередині часточок магнетиту [5]. Для всіх інших барвників криві сорбції досить круті, що свідчить про ефективне застосування сорбенту.

Для розробки нового напрямку магніто-сорбційного методу було досліджено можливості модифікації природного мінерального сорбенту магнетитом. Після проведеного літературного огляду для модифікації було вибрано бентоніт [6], процес сорбції барвників на якому достатньо тривалий, а також виникають проблеми з відділенням сорбенту від очищеної води. Отримані результати, наведені в табл. 1, дозволяють порівняти ефективність очистки стічних вод від синтетичних барвників на модифікованому та не модифікованому бентоніті. Відомо, що ефективність очистки в значній мірі залежить від форми ізотерми сорбції, тобто, чим крутіша гілка висхідної адсорбції, тим вищий ступінь використання адсорбенту. Побудовані по приведеним в табл. 1 даним ізотерми адсорбції свідчать про те, що сорбція на модифікованому бентоніті однозначно більш ефективна, ніж на немодифікованому. Дана закономірність актуальна для всіх барвників незалежно від класу.

Підвищення концентрації не модифікованого бентоніту з 1 до 5 г/дм<sup>3</sup> незначно впливає на ефективність сорбції барвників. Зовсім інша тенденція спостерігається для модифікованого бентоніту: чим більша його концентрація, тим краще проходить сорбція. І в цьому випадку на відміну від попереднього на сорбцію майже не впливає тип барвника.

Нами пропонується модифікувати бентоніт двома способами: з попередньою адсорбцією барвника на бентоніті та з наступною адсорбцією барвника вже на модифікованому бентоніті. Порівнявши ефективність видалення барвників на всіх досліджуваних барвниках, можемо відзначити, що для всіх барвників більш ефективним є бентоніт, модифікований другим методом, що був використаний в попередніх дослідженнях. Даний метод модифікації дозволяє значно збільшити поверхню сорбції, прискорити процес відділення сорбенту від очищеної води та скоротити час контакту сорбенту з розчином барвника. Слід відмітити, що модифікований бентоніт, як і магнетит, має магнітні властивості, тому його відділення від очищеної води можна прискорити за рахунок застосування магнітних фільтрів.

При порівнянні швидкості осідання магнетиту та модифікованого бентоніту проведені дослідження показали, що через півгодини об'єм осаду в обох циліндрах зменшився в 5 разів. Проте магнетит осідає краще, і в об'ємі освітленої води спостерігається менше дрібнодисперсних часток, ніж при осіданні модифікованого бентоніту.

Результати досліджень процесів вимивання барвників показали, що вимивання аніонних барвників з магнетиту майже не відбувається, але катіонні вимиваються значно більше і відбувається повторне забруднення довкілля (табл. 2). Проте, на відміну від магнетиту, з модифікованого бентоніту вимивання майже не спостерігається для аніонних барвників, і в розчині виявлені були лише сліди цих барвників, а катіонні, хоч і вимиваються, але в значно меншій мірі, ніж з магнетиту.

Таблиця 2

Вимивання адсорбованого барвника з магнетиту та модифікованого бентоніту

Барвник	С <sub>поч.</sub> мг/дм <sup>3</sup>	Вимивання з магнетиту		Вимивання з модифікованого бентоніту	
		Концентрація барвника в розчині, мг/дм <sup>3</sup>			
		Час вимивання, діб		Час вимивання, діб	
		15	30	15	30
Малахітовий зелений	80	2,6	2,1	0,1	0,1
Прямий рожевий	80	0,4	0,3	сліди	0,1
Прямий коричневий	80	0,1	0,6	сліди	сліди
Легкозмиваемий червоний	80	0,5	0,5	0,1	0,2
Хромовий темно синій	80	1,1	1,2	0,2	0,4
Активний яскраво блакитний	80	0,1	0,2	сліди	сліди
Дисперсний синьо-зелений	80	7,6	4,2	1	1,5

### Висновок

Зважаючи на отримані результати, магнітно – сорбційний метод є досить ефективним для видалення всіх досліджених барвників, а використання модифікованих сорбентів замість традиційного магнетиту допомагає підвищити ефективність видалення забруднень. Проте, недоліком цього методу є утворення вологих осадів, регенерувати які економічно не вигідно, тому вони підлягають захороненню або утилізації. Одним із можливих шляхів утилізації використаного магнетиту та модифікованого ним бентоніту є додавання попередньо висушеного осаду до будівельних матеріалів (наприклад, бетонів в кількості 1- 5%, що не впливає на їх міцність). Також шлам можна додавати до асфальту, керамічної плитки та керамічних каналізаційних труб. Одним з варіантів застосування осаду магнетиту може бути отримання окатишів в металургії та магнітних рідин [4].

### Література

1. Гончарук, В. В. Глубокая очистка природной воды при повышенной ее цветности / В. В. Гончарук, К. А. Клименко, И. М. Соколенцова, А. В. Лещенко // Химия и технология воды. -2002. -Т. 24, № 1.-С. 64-71.

2. Гоба, В. Е Сорбционная очистка сточных вод химических производств с помощью активных антрацитов / В. Е. Гоба, С. С. Ставицкая, А. К. Томашевская, В. М. Викарчук // Химия и технология воды. - 2003. - Т. 25, № 5. - С. 369-377.
3. Краснободько И. Г. Деструктивная очистка сточных вод от красителей / И. Г. Краснободько. – Л : Химия, 1988. - 193 с.
4. Гончарук В.В. Отримання та використання високодисперсних сорбентів з магнітними властивостями / В. В. Гончарук, В. М. Радовенчик, М. Д. Гомеля. – К., 2003. – 263с.
5. Іваненко О.І. Очищення стічних вод від барвників магнетно-сорбційним методом / О. І. Іваненко, О. А. Отрох // Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – 2010. – Т. 5, №1. – С. 51-53.
6. Мальований М.С. Адсорбційне очищення стоків від синтетичних барвників. Технологічні аспекти / М. С. Мальований, Г. З. Леськів, І. М. Петрушка, З. С. Одноріг // Хімічна промисловість України. - 2007. – Т. 80, №3. - С. 49-51.

*У статті викладено матеріал по дослідженню молекулярної рухливості модифікованого епоксидного олігомера диоксидом титану. В результаті діелектричних досліджень полімеру показано, що диоксид титану взаємодіє з олігомером, змінюючи рухливість макромолекул*

*Ключові слова: диоксид титану, діелектрика, епоксидний олігомер*

*В статті изложено материал по исследованию молекулярной подвижности модифицированного эпоксидного олигомера диоксидом титана. В результате диэлектрических исследований полимера показано, что диоксид титана взаимодействует с олигомером, изменяя подвижность макромолекул*

*Ключевые слова: диоксид титана, диэлектрика, эпоксидный олигомер*

*This article posted material on the study of molecular mobility of the modified epoxyoligomer titanium dioxide. As a result, the dielectric polymer research showed titanium dioxide reacts with the oligomer by changing the mobility of macromolecules*

*Key words: an insulator, epoxy oligomer, titanium dioxide*

УДК 678.664

## МОДИФІКАЦІЯ ЕПОКСИДНОГО ОЛІГОМЕРА ДИОКСИДОМ ТИТАНУ

**Л. Д. Масленнікова**

Кандидат хімічних наук\*

Контактний тел.: (044) 406-79-01

E-mail: post@nau.edu.ua

**К. С. Гриньків\***

Контактний тел.: 063-065-37-62

E-mail: grinkiv08@gmail.com

\*Кафедра хімії і хімічної технології

Національний авіаційний університет

пр. Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03680

### 1. Вступ

Епоксидні полімери, завдяки комплексу цінних властивостей – високій адгезії до багатьох матеріалів, малому збігу при затвердженні, високій механічній міцності та жорсткості, малій повзучості під навантаженням, з успіхом використовуються в якості клеїв в різноманітних галузях промисловості та побуті [1].

Ще порівняно недавно область використання клеїв обмежувалась головним чином склеюванням дерева, паперу, шкіри, гуми, фарфору, скла, целулоїду і деяких інших матеріалів. У виробництві фанери, меблів, музичних інструментів, в палітурній і канцелярській справі, у взуттєвій промисловості, а також

в побуті для ремонту предметів домашнього вжитку використовувались клеї на основі речовин природного походження - міздрові, кісткові, альбумінові, казеїнові та клеї з натурального каучуку. Велика частина цих склеювальних матеріалів не володіє атмосферостійкістю, схильна до гниття, внаслідок чого клейові з'єднання швидко втрачають свої міцнісні властивості [1].

Сучасні синтетичні клеї склеюють будь-які матеріали, утворюючи високоміцні довговічні з'єднання, здатні працювати в широкому інтервалі температур і в будь-яких кліматичних умовах. Вони придатні для склеювання різних пластичних мас, силікатного і органічного скла, натуральної і штучної шкіри, каучуків і гум, фарфору, кераміки, бетону, графі-