

<https://doi.org/10.30857/2786-5371.2021.3.7>

УДК 677.494

^{1,2}ТАРАСЕНКО Н. В., ¹ПЛАВАН В. П.,
¹БУДАШ Ю. О., ¹ТКАЧЕНКО І. М.

¹ Київський національний університет технологій і дизайну, Україна

² Національний технічний університет КПІ ім. І. Сікорського, Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОЛОКНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ, МОДИФІКОВАНИХ ГЛИНИСТИМИ МІНЕРАЛАМИ

Анотація. Представлені результати визначення сорбційних властивостей модифікованих глинистими мінералами нетканних матеріалів, отриманих на основі волокнистих відходів, по відношенню до барвника метиленового синього для визначення можливості застосування створених матеріалів при очищенні стічних вод легкої промисловості від барвників та іонів важких металів.

Мета. Визначення кінетичних закономірностей сорбції (за метиленовим синім) волокнистих нетканних матеріалів, модифікованих різними типами та кількістю глинистих адсорбентів.

Методика. Як основи в роботі були використані неткані матеріали, отримані з еластичних волокнистих відходів текстильної промисловості. Вони склалися з комплексних волокон Lycra 162 C (ПУ), та волокон Nylon 6.6 f20/1 (ПА-6,6) у співвідношенні 70/30 мас. %. Для скріплення нетканого матеріалу до вихідного складу додавалися клейові бікомпонентні волокна Acebon 4/51 black (4 den) (БВЧ) (20мас.%). Для підсилення сорбційної здатності до полотна ПУ/ПА/БВ 80/20 вводились порошки глини монтморилонітового (глина марки ПБА-18) та палигорськітового (глина марки ПП-5) типу в кількості до 40% від маси нетканого матеріалу. Оцінка сорбційних властивостей модифікованих волокнистих матеріалів з різними глинистими адсорбентами проводилась шляхом визначення зміни оптичної густини розчинів метиленового синього (МС) заданої концентрації.

Наукова новизна. Встановлено, що волокнисті матеріали, модифіковані дослідженими зразками глини монтморилонітового і палигорськітового типу, демонструють високу поглинальну здатність відносно барвника метиленового синього, за рахунок його багаточислової сорбції. Після 24 годин обробки ступінь поглинання становить 70% при використанні глини марки ПБА-18 у кількості 40% від маси волокнистого матеріалу, що вище, ніж у разі використання глини марки ПП-5 (45%) за однакових умов.

Практична значимість. Сорбційні матеріали, модифіковані глинистими мінералами, можуть бути в подальшому використані для очистки стічних вод підприємств легкої і хімічної промисловості від іонів важких металів.

Ключові слова: волокнисті матеріали; сорбція; глинисті породи; модифікація; метиловий синій; водоочищення.

Вступ. Стічні води шкіропереробних заводів, хімічних підприємств відносяться до висококонцентрованих, токсичних та агресивних. Серйозну небезпеку для гідросфери представляють іони важких металів, так як вони мають кумулятивні властивості, можуть передаватися по трофічних ланцюгах і накопичуватися в донних відкладеннях [1].

Для очищення стічних вод від іонів важких металів широко використовується реагентний метод, заснований на переводі іонів важких металів в малорозчинні сполуки: гідроксиди, сульфідні і фосфати. Реагентний метод набув найширшого поширення в промисловості як найбільш універсальний, простий в експлуатації і дешевий. Основними недоліками даного методу є порівняно низький економічний ефект очищення від іонів важких металів, велика витрата реагентів і як наслідок значне збільшення загального солемісту [2]. Все це обумовлює необхідність розробки і реалізації сучасних технологій очищення стоків від важких металів, які дозволяють забезпечити високу ефективність процесів очищення, а також можливість створення на їх основі комплексних технологій із замкнутим циклом водоспоживання.

Сорбційне вилучення металів є одним з ефективних методів доочищення стоків промислових підприємств. Ефективність сорбційної очистки в залежності від застосовуваного сорбенту становить 80–95%. Активоване вугілля, силікагель, алюмогелі, гідрати оксидів металів [3] мають широке використання як сорбенти. Для очищення від катіонів металів все більшого застосування знаходять сорбенти природного походження (глинисті породи, цеоліти, пісок), які характеризуються значною поглинальною здатністю без додаткової обробки, що є їх перевагою перед штучними сорбентами [4, 5].

Сорбційні процеси в залежності від механізму взаємодії сорбенту з сорбатом поділяються на наступні типи: адсорбція, екстракція, іонний обмін та осадження [6]. В процесі адсорбції важливу роль відіграють як хімічні, так і фізичні взаємодії між адсорбентом і речовиною, що сорбується. В процесі фізичної взаємодії токсиканти утримуються на поверхні сорбенту за рахунок слабких Ван-дер-Вальсових сил притягання. Видалення шкідливих речовин при хімічній взаємодії відбувається в результаті утворення міцного зв'язку між сорбентом і сорбатом [7].

Ефективність сорбенту залежить від питомої поверхні та наявності активних центрів та цій поверхні по відношенню до забруднених вод. На швидкість адсорбції впливають розмір частинок сорбенту, швидкість потоку рідини через сорбційне завантаження, концентрація забруднення, температура, рН середовища та величини константи взаємодії між адсорбентом і аналітичним розчином.

Для пористих адсорбентів швидкість адсорбції залежить від розміру пор та питомої поверхні. Чим менше пори адсорбенту, тим повільніше відбувається адсорбція. Речовини, що мають менше значення розчинності, адсорбуються швидше [8]. При адсорбції з розчинів може відбуватися не тільки адсорбція нейтральних молекул, але й іонів. При цьому іон, що заряджений позитивно адсорбується на сорбентах з негативно зарядженою поверхнею і навпаки. Ці процеси супроводжуються іонним обміном між адсорбентом та розчином за рахунок іонообмінної адсорбції [9].

На даний час зростає інтерес дослідників до необхідності модифікації полімерних волокнистих матеріалів з метою надання їм додаткових експлуатаційних властивостей [10]. Модифікацію волокон проводять на різних етапах виробництва: під час синтезу волокнистого полімеру; в процесі переробки полімеру в волокно або нитку; на стадії заключної обробки сформованого волокна або безпосередньо перед використанням готового волокна. Вибір методу модифікації залежить від структури полімеру, економічних аспектів і призначення готового продукту. Найбільш перспективними з точки зору вимог до очищення стічних вод, є метод фізичної (структурної) модифікації за допомогою введення в волокнисту основу різних типів твердих адсорбентів.

Авторами [11] розроблений спосіб модифікації полімерного композиційного матеріалу із сорбційними властивостями з волокнистих відходів текстильної промисловості на основі високооб'ємних комбінованих петельних ниток, що склалися з двох компонентів: волокон поліуретану 162С (лінійна густина 4,4 текс), та текстурованих волокон поліаміду 6.6 f20/1 (лінійна густина 3,3 текс).

Дослідження були спрямовані на вдосконалені сорбційних властивостей волокнистих матеріалів за допомогою модифікації глинистими мінералами, які мають вирішальне значення для ефективної сорбції, розділення та очищення стічних вод промислових підприємств.

Постановка завдання. Визначення сорбційної здатності волокнистих сорбентів, модифікованих глинистими мінералами, для визначення можливості застосування створених матеріалів при очищенні стічних вод легкої промисловості від іонів важких металів, зокрема металовмісних барвників.

Методологія досліджень. В якості основи в роботі були використані неткані матеріали, отримані з еластичних волокнистих відходів текстильної промисловості. Вони склалися з

комплексних волокон Lусга 162С (лінійна густина 4,4 текс) (ПУ), та волокон Nylon 6.6 f20/1 (лінійна густина 3,3 текс) (ПА-6,6) у співвідношенні 70/30 мас. %.

До вихідного складу додавалися клейові бікомпонентні волокна Acebon 4/51 black (0.44 текс) (БВЧ) (20 мас. %). БВЧ волокна це клейовий вид волокон типу «ядро – оболонка», яке складається з поліетилентерефталату (ядро, $T_{пл} = 265^{\circ}\text{C}$) та верхнього легкоплавкого компоненту (соПЕТ) ($T_{пл} = 110^{\circ}\text{C}$). На рис 1. наведена мікрофотографія поверхні нетканого матеріалу у відбитому світлі після процесу термоскріплення. Як можна бачити, термічна обробка нетканого полотна призводить до плавлення поверхневого шару бікомпонентних волокон. При цьому в місцях перетину таких волокон утворюються когезійні зв'язки, позначені на мікрофотографіях червоними стрілками. Поряд з тим добре видно, що в місцях контакту бікомпонентних волокон з основним волокнистим матеріалом (ПУ/ПА-6,6) (позначено на мікрофотографіях зеленими стрілками) відбувається утворення адгезійних зв'язків між ними.

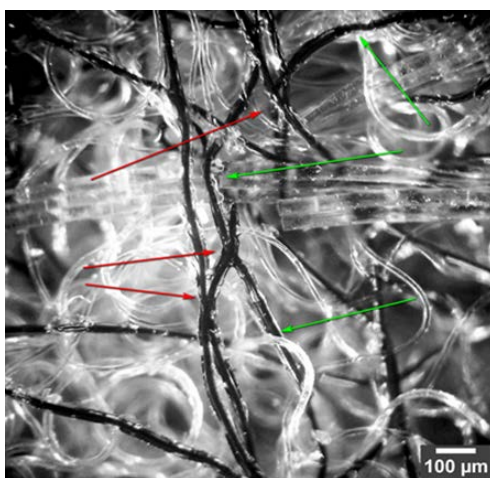


Рис. 1. Мікрофотографія структури поверхні нетканого матеріалу ПУ/ПА-6,6)/БВЧ 80/20 у відбитому світлі після процесу термоскріплення

Таким чином, в результаті термообробки нетканих матеріалів, що вміщують бікомпонентні волокна, має місце утворення достатньо стійкої просторової сітки адгезійно-когезійних зчеплень, що може сприяти реалізації високих фізико-механічних характеристик матеріалу в цілому.

Для підсилення сорбційної здатності до полотна ПУ/ПА/БВ 80/20 вводились порошки глини монтморилонітового (ПБА-18) та палигорськітового (ПП-5) типу в кількості до 40% від маси нетканого матеріалу.

Глина М-3 (Монтморилоніт) – це шаруватий силікат із загальною формулою $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Al},\text{Mg},\text{Fe})_2(\text{OH})_2[(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}] \times n\text{H}_2\text{O}$. Хімічний склад мінералу: SiO_2 – 51,9%, Al_2O_3 – 17,10%, Fe_2O_3 – 7,92 %, MgO – 1,18%, Na_2O , K_2O і CaO до 2% і H_2O – 8,78%.

Глина П-1 (Палигорськіт) – шарувато-стрічковий силікат із загальною формулою $(\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_2(\text{OH}_2)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Хімічний склад мінералу: SiO_2 – 55,03%; Al_2O_3 – 10,24%; Fe_2O_3 – 3,53%; MgO – 10,49%; K_2O – 0,47%; H_2O – 19,86%.

Основні характеристики використаних зразків глинопорошків наведені в таблиці 1.

Порошок глини рівномірно наносили на всю поверхню нетканого матеріалу способом просипання через дрібну металеву сітку. Для рівномірного проникнення адсорбенту в структуру нетканого матеріалу використовували ракельний ніж, що рухався паралельно та перпендикулярно поверхні нетканого матеріалу.

В подальшому зразки обробляли катіоактивною ПАР способом розпилення. Як зв'язуюче використовували водну дисперсію акрилових смол. Готовий зразок висушували у сушильній шафі (~ 60 хв; $t=100^{\circ}\text{C}$) до постійної маси. На заключному етапі отримання

волокнистого сорбційного матеріалу проводили процес термоскріплення за температури поверхні пресу – 170°C, час пресування – 10 сек., відносне навантаження – 0,21 кг/см².

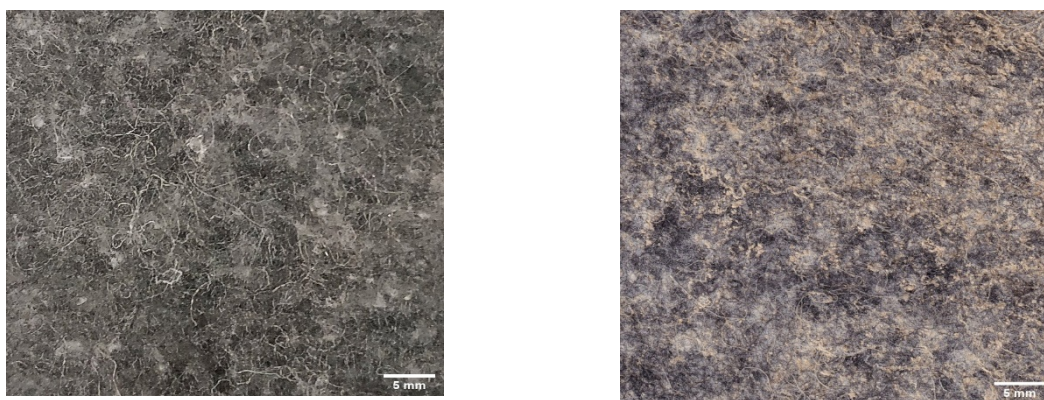
Таблиця 1

Основні характеристики досліджених зразків глинопорошків

Номер зразка	Промислова марка	Масова частка води, %	Залишок на ситі №0071, %*	Вміст Na ₂ CO ₃ , мас. %
М3	ПБА-18	11,1	3,0	2,5
П1	ПП-5	17,6	2,0	-

*Примітка: Згідно ДСТУ Б В.2.7-89-99.

Зображення вихідного зразка нетканної основи ПУ/ПА/БВ 80/20 та поверхні нетканого матеріалу складу (ПУ/ПА)/БВ 80/20 мас.%, що вміщує глини надана на рис. 2.



**Рис. 2. Зображення зразка нетканної основи ПУ/ПА/БВ 80/20
а) вихідного; б) наповненого глинистим адсорбентом**

Оцінка сорбційних властивостей модифікованих волокнистих матеріалів з різними глинистими адсорбентами проводилась з водним розчином барвника метиленового синього (МС). Процес адсорбції на досліджуваних зразках вивчали за статичних умов. Сорбційні властивості модифікованих волокнистих матеріалів у водному середовищі досліджували за такою схемою: спочатку готували вихідний розчин МС з концентрацією 50 мг/л, у скляний стаканчик 50 мл вихідного розчину додавали по 0,1г різних адсорбентів у кожен склянку. Після перемішування залишали за температури 20°C, через 24 год відібрали першу пробу, подальші проби відбирались через 48 та 72 години.

Вимірювання концентрації барвника МС здійснювали за допомогою приладу КФК 2. Оптичну густину приготовленого розчину порівнювали вимірювали, використовуючи світлофільтр з довжиною хвилі 670 нм в кюветах з товщиною поглинаючого світло шару 10 мм. Як контрольний розчин застосовували дистильовану воду. За отриманими даними будували градуваний графік залежності оптичної густини від масової концентрації розчину порівняння. Ефективність сорбції матеріалів оцінювали за ступенем поглинання барвника МС, який розраховували за формулою:

$$\eta = \frac{C_n - C_k}{C_n} \cdot 100\%$$

де C_n – вихідна концентрація досліджуваної речовини;

C_k – кінцева концентрація досліджуваної речовини через певний проміжок часу.

Результати та обговорення. Результати дослідження сорбційних властивостей волокнистих матеріалів, модифікованих глинами М-3 та П-1, по адсорбції барвника МС, видно з графіків залежності ступінь поглинання МС від часу рис. 4, 5.

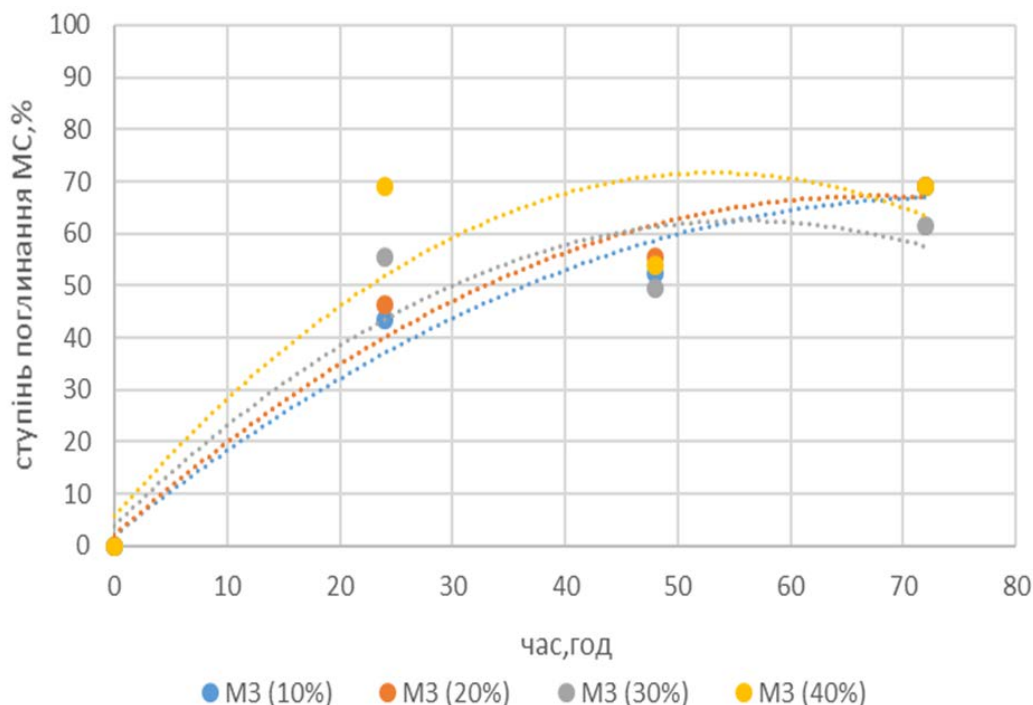


Рис. 4. Кінетичні залежності ступеня поглинання МС зразками волокнистих матеріалів модифікованих різною кількістю глини М-3

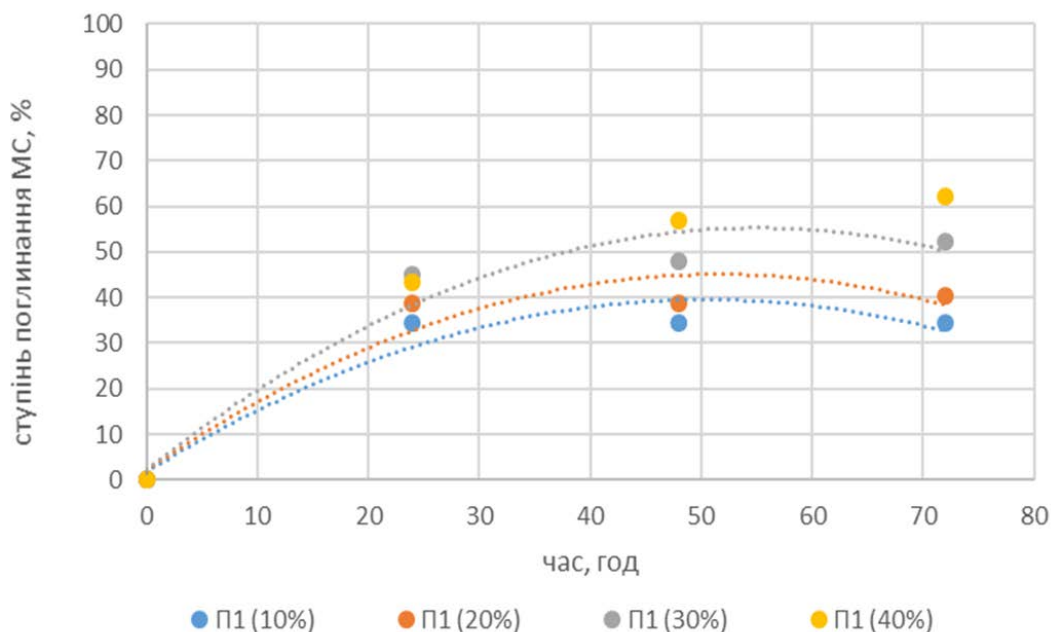


Рис. 5. Кінетичні залежності ступеня поглинання МС зразками волокнистих матеріалів модифікованих різною кількістю глини П-1

З отриманих результатів випливає, що модифіковані волокнисті матеріали до складу основи яких входять як адсорбенти глини М-3 і П-1, мають високу поглинальну здатність до

барвника МС. Із збільшенням тривалості обробки ступінь поглинання поступово підвищується і залежить від кількості адсорбенту введеного в матеріал. Після 24 годин обробки ступінь поглинання значно не збільшується і становить 70% при використанні глини М-3 у кількості 40% від маси волокнистого матеріалу, що вище, ніж у разі використання глини П-1 (45%) за однакових умов.

Адсорбційні властивості глини визначаються часом контакту, кількістю адсорбенту. Кінетика адсорбції визначає характер залежності адсорбційної взаємодії адсорбентів з розчином барвника МС, з результатів видно, що зі збільшенням часу взаємодії між адсорбентом і речовиною, ступінь поглинання барвника збільшується. Максимальний ступінь поглинання 70% демонструють зразки волокнистого матеріалу, наповненого глиною М-3 вже через 24 години обробки.

Модифікація природними глинистими мінералами суттєво підвищує сорбційну здатність волокнистих матеріалів за рахунок збільшення площі питомої поверхні зразка, а також завдяки явищу хемоадсорбції на катіонних центрах глинистих мінералів, як було зазначено в роботі [13]. Зростання сорбційної здатності зразків при проведенні кінетичних досліджень може бути пояснене явищем багатопорової сорбції МС частинками глинистих мінералів. Подібні результати спостерігали автори при вилученні аніонних барвників з водних розчинів модифікованими бентонітовими глинами [14].

Модифіковані таким чином неткані волокнисті матеріали можуть бути в подальшому використані для очистки стічних вод підприємств легкої і хімічної промисловості від іонів важких металів.

Висновки. Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено, що модифіковані волокнисті матеріали, до складу основи яких входять як адсорбенти глини монтморилонітового і палигорськитового типу М-3 і П-1, демонструють високу поглинальну здатність до барвника метиленового синього. Із збільшенням тривалості обробки ступінь поглинання барвника з розчину поступово підвищується і залежить від кількості адсорбенту в волокнистому матеріалі. Після 24 годин обробки ступінь поглинання барвника становить 70% при використанні глини М-3 у кількості 40% від маси волокнистого матеріалу, що вище на 30% ніж у разі використання глини П-1 (40%) за однакових умов.

Використання як адсорбентів глини марок М-3 і П-1 є технологічно ефективним, екологічно безпечним та економічно вигідним в умовах України, так як наявна потужна вітчизняна сировинна база покладів глинистих мінералів. У зв'язку з цим, удосконалення наявних, створення нових, екологічно безпечних волокнистих матеріалів з сорбційними властивостями сприятиме підвищенню ефективності водоочищення. В подальшому можливість різноманітної модифікації глинистих мінералів у складі волокнистих сорбційних матеріалів дозволить покращити їх селективність, сорбційні та іонообмінні характеристики.

References

1. Dashibalova, L. T., Batoeva, A. A. (2009). Doochistka stochnykh vod galvanicheskikh proizvodstv [Post-treatment of waste water from electroplating industries]. *Galvanotekhnika i obrabotka poverkhnosti = Electroplating and surface treatment*, Vol. XVII, № 2, P. 41–44 [in Russian].
2. Krasnogorskaia, N. N., Pestrikov, S. V., Legushe, E. F., Sapozhnikova, E. N. (2004). Analiz effektivnosti reagentnykh metodov udaleniia ionov tiazhelykh metallov iz stochnykh vod [Analysis of the effectiveness of reagent methods for removing heavy metal ions from wastewater]. *Bezopasnost zhiznedeiatelnosti = Life safety*, № 3, P. 21–23 [in Russian].

Література

1. Дашибалова Л. Т., Батоева А. А. Доочистка сточных вод гальванических производств. *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2009. Т. XVII. №2. С. 41–44.
2. Красногорская Н. Н., Пестриков С. В., Легуше Э. Ф., Сапожникова Е. Н. Анализ эффективности реagentных методов удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод. *Безопасность жизнедеятельности*. 2004. № 3. С. 21–23.

3. Zubareva, G. I., Gurinovich, A. V., Degtev, M. I. (2008). Sposoby ochistki stochnykh vod ot kationov tiazhelykh metallov [Methods for treating waste water from heavy metal cations]. *Ekologiya i promyshlennost Rossii = Ecology and industry of Russia*, № 1, P. 18–20 [in Russian].
4. Shchuklin, P. V., Romakhina, E. Iu. (2011). Analiz osnovnykh napravlenii ochistki proizvodstvennykh stochnykh vod ot ionov tiazhelykh metallov [Analysis of the main directions of industrial wastewater treatment from heavy metal ions]. *Vestnik PGTU. Urbanistika = Bulletin of PSTU. Urbanism*, № 3, P. 108–119 [in Russian].
5. Lozinskaia, E. F., Mitrakova, T. N., Zhiliaeva, N. A. (2014). Vybór prirodnykh sorbentov dlia ochistki stochnykh vod ot ionov medi (II) [Selection of natural sorbents for wastewater treatment from copper ions (II)]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta = Electronic scientific journal of Kursk State University*, № 1, P. 6 [in Russian].
6. Alykov, N. M., Pavlova, A. V., Nguen, K. Z. (2010). Sorbtcionnoe udalenie iz vody ionov tiazhelykh metallov [Sorption removal of heavy metal ions from water]. *Bezopasnost zhiznedeiatelnosti = Life safety*, № 4, P. 17–20 [in Russian].
7. Komarov, V. S. (2013). Nauchnye osnovy sinteza adsorbentov [Scientific basis for the synthesis of adsorbents]. Minsk: Belarus. nauka. 181 p. [in Russian].
8. Morozov, D. Iu., Shulaev, M. V., Khramova, I. A., Khabibullina, L. I. (2007). Issledovanie adsorbtsii ochistki stochnykh vod, soderzhashchikh iony tiazhelykh metallov [Investigation of the adsorption of wastewater treatment containing heavy metal ions]. *Khimicheskaiia promyshlennost = Chemical industry*, Vol. 84, № 3, P. 141–144 [in Russian].
9. Clifford, D., Zhang, Z. (1994). Modifying ion exchange for combined removal of uranium and radium. *Journal of American Water Works Association (J. AWWA)*, Vol. 86, № 4, P. 214–227.
10. Rykova, M. V., Kovalenko, G. M., Bokova, E. S. (2013). Voloknistoporistyie kompozitsionnye materialy, modifitsirovannye interpolimernymi kompleksami [Fibrous-porous composite materials modified with interpolymer complexes]. *Izvestiia Volgogradskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta = Bulletin of the Volgograd State Technical University.*, Vol. 11, №19 (122), P. 95–99 [in Russian].
11. Tarasenko, N. V., Plavan, V. P., Budash, Yu. O., Koliada, M. K., Rachynska, O. V. (2019). Doslidzhennia khemosorbtsiinykh vlastyvostei voloknistykh sorbentiv dlia ochyshchennia stichnykh vod vid ioniv Fe³⁺ [Investigation of chemisorption properties of fibrous sorbents for wastewater treatment from Fe³⁺ ions]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dizainu. Serii Tekhnichni nauky = Bulletin of Kyiv*
3. Зубарева Г. И., Гуринович А. В., Дёгтев М. И. Способы очистки сточных вод от катионов тяжелых металлов. *Экология и промышленность России*. 2008. № 1. С. 18–20.
4. Щуклин П. В., Ромахина Е. Ю. Анализ основных направлений очистки производственных сточных вод от ионов тяжелых металлов. *Вестник ПГТУ. Урбанистика*. 2011. № 3. С. 108–119.
5. Лозинская Е. Ф., Митракова Т. Н., Жилиева Н. А. Выбор природных сорбентов для очистки сточных вод от ионов меди (II). *Электронный научный журнал Курского государственного университета*. 2014. № 1. С. 6.
6. Алыков Н. М., Павлова А. В., Нгуэн К. З. Сорбционное удаление из воды ионов тяжелых металлов. *Безопасность жизнедеятельности*. 2010. № 4. С. 17–20.
7. Комаров В. С. Научные основы синтеза адсорбентов. Минск: Беларус. наука, 2013. 181 с.
8. Морозов Д. Ю., Шулаев М. В., Храмова И. А., Хабибуллина Л. И. Исследование адсорбции очистки сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов. *Химическая промышленность*. 2007. Т. 84. № 3. С. 141–144.
9. Clifford D., Zhang Z. Modifying ion exchange for combined removal of uranium and radium. *Journal of American Water Works Association (J. AWWA)*. 1994. Vol. 86. № 4. P. 214–227.
10. Рыкова М. В., Коваленко Г. М., Бокова Е. С. Волокнисто-пористые композиционные материалы, модифицированные интерполимерными комплексами. *Известия Волгоградского Государственного Технического Университета*. 2013. Т. 11, №19 (122). С. 95–99.
11. Тарасенко Н. В., Плаван В. П., Будащ Ю. О., Коляда М. К., Рачинська О. В. Дослідження хемосорбційних властивостей волокнистих сорбентів для очищення стічних вод від іонів Fe³⁺. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки*. 2019. № 5 (138). С. 150–159.

National University of Technology and Design. Technical Sciences Series, № 5 (138), P. 150–159 [in Ukrainian].

12. Ngulube T. et. al. (2017). An update on synthetic dyes adsorption onto clay based minerals: A state-of-art review. *Journal of Environmental Management*, Vol. 191, P. 35–57. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.031>.

13. Anbia, M., Hariri, S. A. (2010). Removal of methylene blue from aqueous solution using nanoporous SBA-3. *Desalination*, Vol. 261, No. 1–2, P. 61–66.

14. Anirudhan, T. S., Ramachandran, M. (2015). Adsorptive removal of basic dyes from aqueous solutions by surfactant modified bentonite clay (organoclay): kinetic and competitive adsorption isotherm. *Process Safety and Environmental Protection*, Vol. 95, P. 215–225. <http://doi.org/10.1016/j.psep.2015.03.003>.

12. Ngulube T. et. al. An update on synthetic dyes adsorption onto clay based minerals: A state-of-art review. *Journal of Environmental Management*. 2017. Vol. 191. P. 35–57. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.031>.

13. Anbia M., Hariri S. A. Removal of methylene blue from aqueous solution using nanoporous SBA-3. *Desalination*. 2010. Vol. 261, No. 1–2. P. 61–66.

14. Anirudhan T. S., Ramachandran M. Adsorptive removal of basic dyes from aqueous solutions by surfactant modified bentonite clay (organoclay): kinetic and competitive adsorption isotherm. *Process Safety and Environmental Protection*. 2015. Vol. 95. P. 215–225. <http://doi.org/10.1016/j.psep.2015.03.003>.

TARASENKO NATALIA

Assistant, Department of General and Inorganic Chemistry
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”
<https://orcid.org/0000-0003-1062-5533>
Researcher ID: J-7632-2017
E-mail: tarasenko.nv@ukr.net

PLAVAN VIKTORIJA

Doctor of Technical Sciences, Professor
Department of Applied Ecology,
Technology of Polymers and Chemical Fibers
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9559-8962>
Scopus Author ID: 6603130130
Researcher ID: I-5852-2015
E-mail: plavan.vp@knuud.edu.ua

BUDASH YURIJ

Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor
Department of Applied Ecology, Technology
of Polymers and Chemical Fibers
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8718-1577>
Scopus Author ID: 9134072100
Researcher ID: H-6012-2018
E-mail: budash@ua.fm

ТКАЧЕНКО ИННА

Master's student, Department of Applied Ecology,
Technology of Polymers and Chemical Fibers
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine
E-mail: inna.tkachenko99@ukr.net

^{1,2}ТАРАСЕНКО Н. В., ¹ПЛАВАН В. П., ¹БУДАШ Ю. О., ¹ТКАЧЕНКО И. М.

¹ Київський національний університет технологій і дизайну, Україна

² Національний технічний університет КПІ ім. І. Сикорського, Київ, Україна

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГЛИНИСТЫМИ МИНЕРАЛАМИ**

Аннотація. Представлены результаты определения сорбционных свойств, модифицированных глинистыми минералами нетканых материалов, полученных на основе волокнистых отходов, по отношению к красителю метиленовому синему для определения

возможности применения созданных материалов при очистке сточных вод легкой промышленности от красителей и ионов тяжелых металлов.

Цель. Определение кинетических закономерностей сорбции (по метиленовому синему) волокнистых нетканых материалов, модифицированных разными типами и количеством глинистых адсорбентов.

Методика. В качестве основы в работе были использованы нетканые материалы, получаемые из эластичных волокнистых отходов текстильной промышленности. Они состояли из комплексных волокон Лусра 162 С (ПУ) и волокон Nylon 6.6 f20/1 (ПА-6,6) в соотношении 70/30 мас. %. Для скрепления нетканого материала к исходному составу добавлялись клеевые бикомпонентные волокна Acebon 4/51 black (4 den) (БВЧ) (20 мас.%). Для усиления сорбционной способности к полотну ПУ/ПА/БВ 80/20 вводились порошки глин монтмориллонитового (глина марки ПБА-18) и палигорскитового (глина марки ПП-5) типа в количестве до 40% от массы нетканого материала. Оценка сорбционных свойств модифицированных волокнистых материалов с разными глинистыми адсорбентами проводилась путем определения изменения оптической плотности растворов МС заданной концентрации.

Научная новизна. Установлено, что волокнистые материалы, модифицированные исследованными образцами глин монтмориллонитового и палигорскитового типа, демонстрируют высокую поглотительную способность в отношении красителя метиленового синего за счет его многослойной сорбции. После 24 часов обработки степень поглощения составляет 70% при использовании глины марки ПБА-18 в количестве 40% массы волокнистого материала, что выше, чем в случае использования глины марки ПП-5 (45%) при одинаковых условиях.

Практическая значимость. Сорбционные материалы, модифицированные глинистыми минералами, могут быть в дальнейшем использованы для очистки сточных вод предприятий легкой и химической промышленности от ионов тяжелых металлов.

Ключевые слова: волокнистые материалы; сорбция; глинистые породы; модификация; метиловый синий; водоочистка.

^{1,2}TARASENKO N. V., ¹PLAVAN V. P., ¹BUDASH Yu. O., ¹TKACHENKO I. M.

¹ Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

² National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

RESEARCH OF SORPTION PROPERTIES OF FIBROUS MATERIALS MODIFIED WITH CLAY MINERALS

Abstract. The paper presents the results of determining the sorption properties of nonwoven materials modified with clay minerals, obtained on the basis of fibrous waste, in relation to the methylene blue indicator to determine the possibility of using the created materials in the purification of light industry wastewater from dyes and heavy metal ions.

Purpose. Determination of kinetic regularities of sorption (by methylene blue) of fibrous nonwoven materials modified with different types and amounts of clay adsorbents.

Methodology. Nonwovens obtained from elastic fibrous waste of the textile industry were used as a basis in the work. They consisted of Lycra 162 C (PU) complex fibers and Nylon 6.6 f20 / 1 (PA-6.6) fibers in a ratio of 70/30 wt. %. For bonding the nonwoven material, adhesive bicomponent fibers Acebon 4/51 black (4 den) (BVCh) (20 wt%) were added to the initial composition. To enhance the sorption capacity of the PU / PA / BV 80/20 fabric, powders of montmorillonite clay (clay grade PBA-18) and palygorskite (clay grade PP-5) type were introduced in an amount of up to 40% by weight of the nonwoven material. Evaluation of the sorption properties of modified fibrous materials with different clay adsorbents was performed by determining the change in the optical density of MS solutions of a given concentration.

Scientific novelty. It was found that fibrous materials modified by the studied samples of montmorillonite and palygorskite clays show high absorption capacity relative to the methylene blue dye due to its multilayer sorption. After 24 hours of processing, the degree of absorption is 70% when using clay brand PBA-18 in the amount of 40% by weight of the fibrous material, which is higher than when using clay brand PP-5 (45%) under the same conditions.

Practical value. Sorption materials modified with clay minerals can be further used to treat wastewater from light and chemical industries from heavy metal ions.

Keywords: fibrous materials; sorption; clay rocks; modification; methyl blue; water purification.