

конструкцію освітлювача-адсорбера для стійкої та ефективної седиментації сорбенту в освітлювачі-адсорбері з модернізованим тонкошаровим модулем (рис.2в) та вхідною швидкістю для даної конструкції відстійника 0,014 м/с.

Запропонована нами конструкція завдяки специфічному розподілу гідравлічних векторів потоків водо-сорбційної суспензії дозволяє у одній споруді забезпечити відповідний час контакту сорбенту у вигляді шару завислого осаду з поступовим укрупненням конгломератів пластівців сорбенту, які формують осад, що поступово згущується та ущільнюється і таким чином нам вдалось в одній споруді поєднати “адсорбер” і “відстійник”. Це дозволяє розглядати цю конструкцію споруди як універсальну, вона поєднує в собі проходження процесів адсорбції і седиментації, що у свою чергу дозволяє проводити повний цикл очищення забруднених вод зі зменшенням кількості задіяних технологічних споруд.

ОЧИЩЕННЯ ВОДИ МІКРОФІЛЬТРАЦІЙНИМИ ДЕРЕВНИМИ МЕМБРАНАМИ ІЗ БІОТЕСТУВАННЯМ ЯКОСТІ ОДЕРЖАНОГО ФІЛЬТРАТУ

Мельник Л.А., Дульнева Т.Ю., Деремешко Л.А., Нанієва А.В.

*Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України,
Україна, м. Київ, e-mail: t_dulneva@ukr.net*

З метою заміни традиційних полімерних та керамічних мембран, виробництво яких є достатньо затратним і може бути пов'язане з додатковими екологічними ризиками, в останні роки здійснюються дослідження з визначення перспектив використання в процесах очистки та знезараження води мембран на основі природної відновлюваної сировини – деревини [1–3]. Вперше в Україні такі мембрани запропоновані в ІКХВ ім. А.В. Думанського НАН України [4]. Крім високої екологічності деревини, суттєвою її перевагою є також доступність, низька вартість та простота обробки. За наявними оцінками, вартість побутового фільтру очистки води із деревини може бути в 10 разів нижчою вартості сучасних комерційних фільтруючих пристроїв. Встановлена можливість використання мембран із деревини для зназараження води, а також її очищення від завислих часточок та барвників. Разом із цим актуальними залишаються дослідження взаємозв'язку між структурою деревини та ефективністю очистки, пошук найбільш перспективних для використання в якості мембран порід деревини, що забезпечують високу ефективність затримки домішок при високій питомій продуктивності по фільтрату, розробка методів модифікування мембран з метою вдосконалення їх розподільчих характеристик. Значний практичний інтерес становлять дослідження ефективності очистки природних поверхневих вод та кондиціонування водопровідної води з використанням деревних мембран, а також встановлення ресурсу експлуатації останніх при обробці вказаних типів вод.

Нами досліджено процес очищення води р. Дніпро, а також кондиціонування (доочищення) водопровідної води м. Києва трубчастими деревними мембранами, виготовленими з повітряно-сухої заболоневої деревини (вологість 17–18 %). Загальна та робоча довжина мембран становила, відповідно, 125 і 95 мм; зовнішній та внутрішній діаметри, відповідно, 11 і 5 мм. Максимальний розмір пор мембран, визначений методом точки бульбашки, складав 11,7–13,4 мкм. Для експерименту використовували дослідну проточну мікрофільтраційну установку.

Результати мікрофільтраційного очищення води р. Дніпро деревною мембраною наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Результати очищення води р. Дніпро мікрофільтраційною трубчастою мембраною із деревини (фільтрування зсередини мембрани) при тиску 0,3 МПа

t, год	Питома продуктивність J, м ³ /м ² ·год	Каламутність, мг/дм ³	Mn _{заг} , мг/дм ³	Fe _{заг} , мг/дм ³
0	0,170	4,5	0,21	<0,1
0,25	0,117	1,5	–	<0,1
0,50	0,088	1,3	–	<0,1
1,00	0,070	1,1	0,21	<0,1
2,00	0,064	1,1	0,18	<0,1
4,00	0,044	1,0	0,13	<0,1
7,00	0,039	1,0	0,13	–
8,50	0,037	1,0	0,13	<0,1

Як видно із табл. 1, в процесі фільтрування води р. Дніпро мікрофільтраційною мембраною із деревини питома продуктивність останньої різко падає (в 2,4 рази) протягом першої години обробки, потім зменшується більш повільно і набуває порівняно стабільного значення після 4-х годин роботи, що свідчить, про формування динамічної мембрани на поверхні деревини.

Паралельно із зниженням питомої продуктивності мембрани значно покращується ефективність очищення води від завислих частинок, сполук Mn та забарвлених речовин, що підтверджує суттєву роль додаткового затримуючого шару у вигляді динамічної мембрани у зазначеному процесі. В стаціонарному режимі фільтрування каламутність фільтрату в 4,5 разів нижча, ніж даний показник вихідної води. Концентрація сполук Mn за цих умов знижується на 40%, кольоровість – у 4 рази (від 24 до 6 градусів).

Як видно із табл. 1, концентрація сполук Fe у дослідженому зразку води р. Дніпро була дуже низькою (<0,1 мг/дм³). Можна припустити, що більш висока концентрація цього компонента у воді (що може спостерігатися протягом року) сприятиме більш глибокому видаленню сполук мангану в процесі мікрофільтраційної обробки деревною мембраною.

Як видно з рис. 1, питома продуктивність деревної мембрани в процесі мікрофільтрації водопровідної води також різко зменшується протягом першої години обробки, повільно знижуючись в подальшому, що свідчить про формування динамічної мембрани.

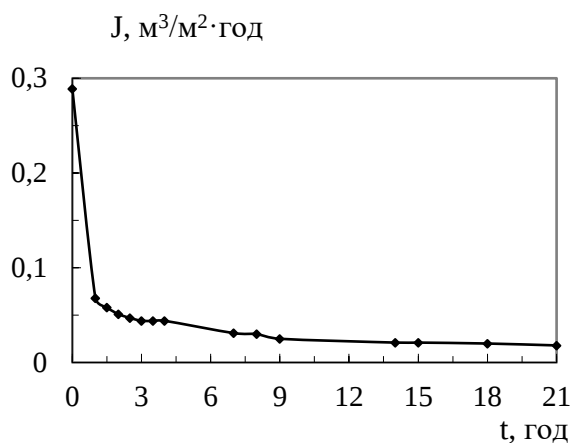


Рис. 1. Зміна питомої продуктивності деревної мембрани в процесі фільтрування водопровідної води при тиску 0,3 МПа (фільтрування ззовні трубчастої мембрани)

Як видно з рис. 2, в процесі мікрофільтрації протягом 21 год водопровідної води спостерігалася видалення сполук Мп, концентрація якого вже на 7 – 9 год від початку експерименту знижувалася до 0,08 мг/дм³.

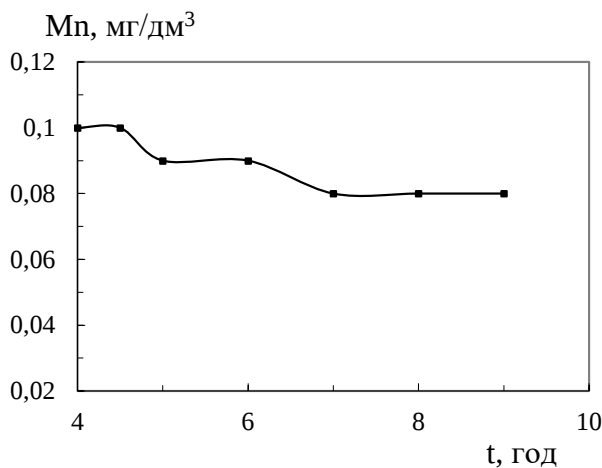


Рис. 2. Зміна концентрації Мп у водопровідній воді в процесі її фільтрування через деревну мембрану при тиску 0,3 МПа (фільтрування ззовні трубчастої мембрани)

При концентрації $Fe_{заг.}$ у вихідній водопровідній воді на рівні 0,2 мг/дм³ його вміст в фільтраті становив < 0,1 мг/дм³, що є нижчим ГДК цього компонента в питній воді. Якість води, очищеної деревною мембраною, контролювали методом біотестування з використанням різних тест-організмів. Результати біотестування вихідної водопровідної води та одержаного фільтрату наведені у табл. 2.

Таблиця 2. Результати біотестування водопровідної води м. Києва (зразок № 1) та фільтрату (зразок № 2), отриманого в процесі мікрофільтрації водопровідної води через деревну мембрану

Найменування показників	Результати вимірювань		Норматив для питної води
	№1	№2	
Гостра та хронічна токсичність на рибі Даніо реріо, %	0	0	0
Хронічна токсичність на дафніях, %	40	10	10
Генотоксичність на клітинах крові риби Даніо реріо, %	1,32	0,33	0,33
Індекс загальної токсичності на гідрах, %	15	0	<5

За результатами дослідження зразків води методом біотестування можна зробити наступні висновки:

- на рівні організму риб у зразках води не виявлено хронічної та гострої токсичності, що відповідає нормативним значенням ДСТУ 4075-2001;
- на рівні організму дафній у зразку води № 2 не виявлено хронічної та гострої токсичності, що відповідає нормативним значенням ISO 12890:1999, ДСТУ 4174: 2003. У зразку води № 1 виявлено хронічну токсичність (смертність 40 %), що не відповідає нормативним значенням ISO 12890:1999, ДСТУ 4174: 2003;
- на клітинах крові риб у зразку води № 1 відповідно до ДСТУ 7387:2013 виявлено генотоксичний ефект (1,32%), що не відповідає нормативним значенням для питної води (ДСТУ 7525:2014). У зразку води № 2 генотоксичного ефекту не виявлено;
- на рівні організму гідр у зразку води № 1 виявлено хронічну токсичність, що не відповідає нормативним значенням. У зразку води № 2 хронічної та гострої токсичності не виявлено.

Таким чином, нами показана можливість ефективної очистки річкової води, а також доочистки водопровідної води фільтруванням через деревну мембрану, що обумовлено стеричним механізмом затримки домішок мембраною з одночасним формуванням на поверхні останньої додаткового затримувального шару у вигляді динамічної мембрани із гідроксосполук заліза та малорозчинних сполук мангану.

За результатом комплексного біотестування водопровідна вода, що пройшла обробку методом мікрофільтрації через деревну мембрану, відноситься до категорії «безпечна» та відповідає нормативним вимогам ДСТУ 7525:2014. В то й же час, водопровідна вода, що не проходила відповідної обробки, за цим показником відноситься до категорії «небезпечна».

Перелік посилань

1. Jiao M., Yao Y., Chen Ch., Jiang B., Pastel G., Lin Z., Wu Q., Cu M., He S., Hu L. Highly Efficient Water Treatment via a Wood-based and Reusable Filter. *ACS Materials Letters*. 2020. V. 2, N. 4, P. 430-437.
2. [Chen Q.](#), [Fei P.](#), [Hu Y.](#) Hierarchical mesopore wood filter membranes decorated with silver nanoparticles for straight-forward water purification. *Cellulose*. 2019. V. 26, N 13-14. P. 8037-8046.].
3. Vitas S., Beckmann P., Skibinski B., Goldhahn Ch., Muff L. F., Cabane E. Rejection of micron-sized particles using beech wood xylem. *Environmental Science: Water Research & Technology*. 2019. 5, 944-955. doi:10.1039/C8EW00774H.
4. Dulneva, T.Y., Deremeshko, L.A. & Ievleva, O.S. Current State and Prospects of Using Lignocellulose (Wood) Membranes for Water Purification. *J. Water Chem. Technol.* 44, 488-493 (2022). <https://doi.org/10.3103/S1063455X22060030>.

ВИДАЛЕННЯ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ РІЗНОЇ ХІМІЧНОЇ ПРИРОДИ В ПРОЦЕСАХ НАНОФІЛЬТРАЦІЇ ТА ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ

Мельник Л.О., Хмельницька О.В., Семінська О.О., Балакіна М.М.

*Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України,
Україна, м. Київ, e-mail: lumel2903@gmail.com*

Проблема видалення фармацевтичних препаратів із водних середовищ набула особливої гостроти в останні десятиліття, після того як в результаті проведених Геологічною службою США досліджень у природних водах було виявлено широкий спектр цих забруднювачів разом із іншими синтетичними органічними сполуками (пестицидами, засобами особистої гігієни та ін.) у діапазоні концентрацій від нг/дм³ до мкг/дм³ [1, 2]. Через недостатню ефективність традиційних процесів, що використовуються в галузі питного водопостачання, фармацевтичні препарати детектуються також і в зразках питної води [3].

Враховуючи серйозну небезпеку хронічного впливу фармацевтично-активних сполук (ФАС) на здоров'я людини, Європейська комісія включила нестероїдний протизапальний препарат (НПЗП) диклофенак до 1-го Контрольного списку Водної Рамкової Директиви з метою отримання високоякісних даних моніторингу щодо потенційних забруднювачів води [4]. Як зазначається у [5], диклофенак (а також сульфаметоксазол) найчастіше виявляють у необроблених стічних водах, а також вторинно-очищених стічних водах у всьому світі. Скринінг забруднюючих речовин, що проводився вперше в басейні Дніпра в рамках проекту ЄС "Водна ініціатива Європейського Союзу плюс для країн Східного Партнерства (EUWI+)", виявив у воді на окремих ділянках Дніпра до 1000 нг/дм³ диклофенаку.

Оскільки басейн р. Дніпро є основним джерелом питної води в Україні, вирішення проблеми наявності ФАС у воді є актуальним і пріоритетним завданням на сучасному етапі. Очевидно, що важливими напрямками для досягнення цієї мети є розробка ефективних альтернативних технологічних схем підготовки питної води, а також створення замкнених