

**О. О. Семінська**, к.х.н.,**М. М. Балакіна**, д.х.н.,**Л. О. Мельник**, д.х.н.,**О. В. Хмельницька**, провідний інженер*Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського НАН України, Київ*

## **ПОЄДНАННЯ ПРОЦЕСІВ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЇ ТА КОАГУЛЯЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОДОЗ КОАГУЛЯНТУ З МЕТОЮ ВИДАЛЕННЯ ПРИРОДНИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК З ВОДИ Р.ДНІПРО**

**Анотація.** У роботі розглядається доцільність поєднання ультрафільтрації з добавками мікродоз коагулянту  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  з метою запобігання утворення хлорорганічних сполук на стадії постхлорування природних поверхневих вод при підготовці води питного призначення.

**Ключові слова:** ультрафільтрація, коагулянт, природні органічні сполуки, природні поверхневі води, підготовка води питного призначення.

Майже 70% споживачів України одержують воду з р. Дніпро. Зокрема, у Києві 30% питної води надходить із Дніпровської водопровідної станції, де, як і в більшості випадків на території України, згідно з існуючими системами водопідготовки вода поверхневих джерел піддається первинному хлоруванню, коагуляції, освітленню на фільтруючому завантаженні та постхлоруванню для консервації перед подачею споживачеві. Але, як відомо, для води в місцях водозабору дніпровського каскаду характерний досить високий вміст природних органічних сполук (ПОС), переважним компонентом яких є речовини гумусової природи. Встановлено, що при хлоруванні такої води утворюються хлорорганічні сполуки, що здатні негативно впливати на організм людини, маючи токсичні, мутагенні та канцерогенні властивості. Отже, глибоке видалення ПОС до стадії постхлорування є надзвичайно актуальним завданням. Досягненню цієї мети сприяє дедалі активніше використання при підготовці води для питних цілей мембранних методів, але обмежувачий фактор при цьому пов'язаний із забрудненням мембран, що призводить до погіршення їх роботи. Наразі для підвищення ефективності роботи мембран поширюється прийом використання інтеграції мембранних процесів з іншими методами очищення води.

На рис. 1 наведено результати поєднання тангенціальної ультрафільтрації води р. Дніпро що не містила коагулянту та містила  $7,5 \text{ мг/дм}^3 Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ .

В обох випадках вихідна питома продуктивність мембран ( $J_w$ ) починала швидко знижуватись за рахунок відкладення в першому випадку завислих частинок річкової води, у другому – завислих частинок і пластівців коагулянту. Надалі спостерігалась ділянка, де це зниження сповільнювалось. У випадку дніпровської води, що не містила коагулянту, навіть після 6 год від початку ультрафільтрації все ще спостерігалось хоч і невелике, але все ж зменшення  $J_w$ .

В присутності коагулянту через 6 год роботи мембрани встановились постійні значення  $J_w$ , тобто наявність коагулянту сприяла утворенню відносно рихлого шару на мембранній поверхні, що екранував пори мембрани, не даючи завислим частинкам забивати їх. Як результат, порівняння  $J_w$  мембран через 9 год фільтрування показує, що  $J_w$  у випадку фільтрування води з вмістом коагулянту на 13,2% виявилась вищою, ніж у випадку фільтрування води, що коагулянту не містила.

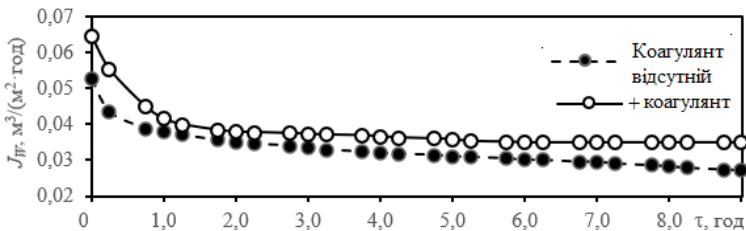


Рис. 1. Зміни питомої продуктивності мембрани при ультрафільтрації води р. Дніпро.

Експерименти проведено під тиском 0,4 МПа з використанням поліетерсульфонової мембрани UPO10 (MICRODYN-NADIR GmbH, Germany) з відсіканням за молекулярною масою 10000 Да, площа якої становила  $35,24 \times 10^{-4} \text{ м}^2$

Результати дослідження вмісту ПОС на різних етапах ультрафільтраційної обробки дніпровської води без коагулянту та при його наявності наведено на рис.2.

Обробка спектрофотометричних даних показала, що в першому випадку фільтрування дозволило знизити вміст гідрофобних (гумінових і фульвокислот, молекули яких збагачені ароматичним вуглецем, фенольними структурами та спряженими подвійними зв'язками) (поглинання при  $\lambda = 254 \text{ нм}$ ) за 1 год на 60,1%, за 2 год – на 63,5% і надалі протягом 7 год цей показник коливався в межах 63,5-64,85%; вміст гідрофільних сполук (головним чином аліфатичного вуглецю й азотовмісних сполук) (поглинання при  $\lambda = 364 \text{ нм}$ ) знизився через 1 год на 64,0%, через 2 год і надалі зміни різниці в показниках залишалась невеликою – 69,2-70,5%.

За наявності коагулянту після фільтрування протягом 1 год вміст гідрофобних сполук знизився на 61,3%, через 1,5 год – на 64,0% і наступні 8 год це зниження залишалось постійним – 66,4-66,9%. Через 1 год фільтрування в цьому випадку зменшення вмісту гідрофільних сполук становило 73,9%, через 1,5 год – 75,0%, і надалі спостерігались зміни в межах 79,3-80,4%.

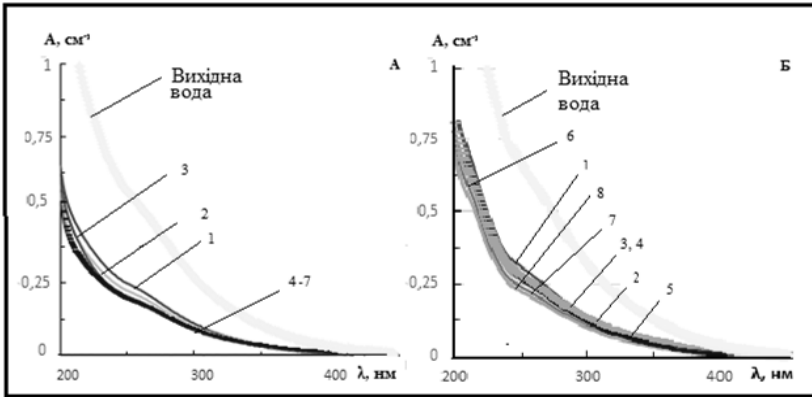


Рис. 2. УФ-спектри поглинання (спектрофотометр Schimadzu UV-2450, кварцева кювета з  $l = 1$  см):

- А.** води р. Дніпро, що не містила коагулянту (вих.), і пермеатів, одержаних через 0,23-5,60 год від початку ультрафільтрації (1-7);
- Б.** води р. Дніпро з вмістом коагулянту (вих.) і пермеатів, одержаних через 0,3-9,03 год від початку ультрафільтрації (1-8)

Утворення на мембрані шару відкладень сприятливо позначилося також на показниках каламутності та кольоровості відфільтрованої води. Ці показники знижались в обох випадках, але їх зниження було відчутнішим при наявності коагулянту: у випадку каламутності при відсутності коагулянту – від 1,60 до 0,70 мг/дм<sup>3</sup>, в присутності коагулянту – від 1,45 до 0,30 мг/дм<sup>3</sup>; у випадку кольоровості при відсутності коагулянту від 75,0 до 26,0 град. (Cr-Co), в присутності коагулянту від 75,0 до 17,1 град. (Cr-Co) (регламентовані норми в питній воді для каламутності  $\leq 1$  НОК = 0,58 мг/дм<sup>3</sup>, для кольоровості –  $\leq 20$  град. Вміст алюмінію в перметах, сполуки якого здатні вражати нервову систему та негативно впливати на організм людини, протягом всього фільтрування води р. Дніпро в присутності коагулянту не перевищував допустиму норму ( $\leq 0,2$  мг/дм<sup>3</sup>), залишаючись у межах 0,02-0,14 мг/дм<sup>3</sup>.

Проведені дослідження показали перспективність поєднання ультрафільтрації з коагуляцією мікродозами коагулянтів при підготовці води питного призначення, дозволяючи підвищити видалення як гідрофільних, так і гідрофобних речовин з природних поверхневих вод на прикладі води р. Дніпро. Крім того, екранування пор мембрани частинками коагулянту певною мірою сприяє зменшенню забруднення мембрани ПОС, підтримуючи її  $J_w$  на більш високому та постійному рівні.