

АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ ПРИЧИН ТА МЕТОДІВ ЗАПОБІГАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ МЕМБРАН

На теперішній час широке використання у світовій практиці знаходять мембранні технології очищення води, особливо при знесоленні води та поступово витісняють іонообмінні технології. Ефективна робота мембранного обладнання суттєво залежить від забруднення поверхні мембрани. Такими забруднювачами можуть бути мінеральні осади, гідроокиси металів, колоїдні плівки та ін. Причини забруднення мембран визначаються фізико-хімічними й поверхневими властивостями самої мембрани й часток забруднюючої фази [1].

Забруднювачі мембранних поверхонь можна розділити за характером їх виникнення на забруднювачі, що містяться у вихідній воді (особливо малого ступеня дисперсності) та забруднювачі, що утворилися в самому мембранному модулі внаслідок очищення води. До перших відносяться завислі речовини, до яких дуже чутливі мембранні елементи, що викликає зниження продуктивності зворотноосмотичних та ультрафільтраційних модулів, збільшення перепаду тиску на модулях, та як наслідок зниження селективності мембран. До других належать забруднювачі, які знаходяться у вихідній воді в розчиненому (іонному) стані. Вони утворюють відкладення на робочій поверхні мембран. карбонат кальцію, гідроксид магнію, гіпс, сполуки заліза та важких металів, органічні сполук, а також сполуки кремнієвої кислоти.

Схильність мембрани до забруднення частками, що знаходяться у воді, визначається за допомогою спеціальної технології фільтрації, при якій визначають індекс щільності осаду (мутності) – SDI. У ході такого дослідження пробу води (500 мл) під постійним тиском 2,1 бар пропускають через мембранний фільтр із порами розміром 0,45 мкм і діаметром 47 мм. Фільтр обладнаний кільцевим ущільненням і розташовується вертикально. Тривалість пропуску води звичайно становить 15 хв., після цього через фільтруючий патрон пропускається знову 500 мл проби й засікається час, яких необхідно для пропуску цієї проби. На основі цих даних розраховують індекс замулювання SDI по формулі [1]:

$$SDI = \left(\frac{t_1 - t_0}{t_1} \right) \times 6,7,$$

де t_0 – час пропуску 1-ої проби води;

t_1 – час пропуску 2-ої проби води, $t_1 > t_0$ у результаті забивання мембрани.

6,7 – коефіцієнт, що використовується тільки при випробуванні при 15 хвиликах.

Відповідно до вимог постачальників мембранних елементів SDI повинен підтримуватися на рівні ≤ 5 .

Небезпека забруднення мембран звичайно оцінюється для прісних і солонуватих вод по індексу насичення Ланжельє. Індекс насичення Ланжельє знаходиться як різниця між рН розсолу та pH_S :

$$LSI = pH_P - pH_S .$$

Експлуатація зворотньоосмотичного обладнання при позитивних LSI дозволяє скоротити витрати кислоти на підкислення вхідної води та покращити якість перміату. Якщо при експлуатації зворотньоосмотичного обладнання використовувати інгібітори накипоутворення LSI розсолу може мати позитивне значення до +1 і навіть до 2,3 для деяких досить ефективних інгібіторів.

При знесоленні солонуватої або морської води замість індексу Ланжельє (LSI) варто використати індекс Стіфа-Девіса (SaDSI). Для одержання негативного індексу у воду, яка поступає на очищення, додають кислоту, нерідко разом з невеликою кількістю поліфосфату.

Оптимальним рішенням проблеми забруднення мембран завислими речовинами є застосування технологій попереднього очищення води від завислих речовин, проте все одно існує ймовірність забруднення важкими металами (Fe, Mn), діоксидом кремнію (Si₂) і органічними речовинами.

Також однією з головних причин забруднення мембран є формування на їхній поверхні карбонатних осадів. При підвищенні температури й рН вихідної води рівноважне співвідношення між бікарбонатами й карбонатами зрушується у бік карбонатів, які разом із сульфатами (CaSO₄, BaSO₄, SrSO₄), фосфатами Ca₃(PO₄)₂ і фторидами CaF₂, а також боратами, силікатами, гідроокисами заліза, марганцю й алюмінію, що відрізняються низькою розчинністю, утворюють мінеральні осади.

Одним зі способів запобігання забруднення мембран є дозування в потік вихідної води інгібіторів осадоутворення або сильних мінеральних кислот для корекції рН. Можуть використовуватися наступні комплексоутворюючі інгібітори: поліфосфати (наприклад, натрій гексаметафосфат); комплексони, у тому числі фосфонати (етилендіамінтетрауксусна кислота), оксиетилідендифосфонова кислота); полімери: поліакрилова кислота, поліметакрилова кислота, полімалеїнова кислота; сополімери: полісульфонат-стерин-малеїновий ангідрид, поліакриладид 2-акриламід-2-метилпропан-сульфонова кислота.

Застосування інгібіторів накипоутворення ефективно лише тоді, коли вони адаптовані до конкретного типу мембран і їхнє дозування розраховане як складова частина мембранного процесу. Розробка адаптованих рецептур є досить складним технологічним завданням, тому що повинна враховувати хімічну стійкість мембранних елементів, склад вихідної й очищеної води, комплектність системи водопідготовки і її регламентні експлуатаційні параметри, динаміку формування забруднень і їхні фізико-хімічні властивості.