

Experimental investigation of the parameters of water solution purposes by ceramic, coal filters and reverse-osmotic module

S.V. Gulienko

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", str. Polytechnichna, 39, Bldg. 19, Kyiv, 03056, Ukraine
Tel.: +380444068451
E-mail: ynk@kpi.ua

Article info: received 06.09.2019, revised 18.09.2019, accepted 26.09.2019

Gulienko, S.V. (2019) Experimental investigation of the parameters of water solution purposes by ceramic, coal filters and reverse-osmotic module 3(44), doi: 10.26909/csl.3.2019.4

The urgent task is to research in detail the possibilities of operation of the reverse osmosis membrane in the conditions of changing various parameters, which include, first of all, the working pressure, the initial concentration of the cleaning solutions, as well as the working conditions and the complete set of cleaning stands with auxiliary filters: mechanical, ceramic and carbon, which improves the quality of water and increases the life of high-value reverse osmosis modules. Particular attention was paid in this series of experiments to the role of ceramic filters, since in the previous series of experiments the concentration of the solution did not change both after mechanical and after carbon filters. Therefore, it was decided to modernize the stand and use a ceramic filter in the flow chart.

In this work the detailed scheme of bench-scale setup with using of ceramic and carbon filters and also reverse-osmosis module is represented. The experimental researches of purification of NaCl water solutions were carried out in wide range of concentrations ($0,2 \cdot 10^{-3} \dots 6,5$ g/l) and working pressures (0,2...0,65 MPa). The comparative characteristics of main process parameters with and without ceramic filter are represented.

The experiments were carried out on a laboratory stand for complex purification of aqueous solutions by microfiltration, adsorption and reverse osmosis using the following process steps carried out in the respective apparatus.

Key words: ceramic and carbon filters, adsorption, osmosis membrane.

Експериментальні дослідження параметрів очищення водних розчинів керамічним, вугільним фільтрами та зворотно-осмотичним модулем

С.В. Гулієнко

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського", Київ, Україна

В роботі представлено детальну схему лабораторного стенду з використанням керамічного, вугільного фільтрів та зворотно-осмотичного модуля. Виконані експериментальні дослідження по очищенню розчинів NaCl при зміні вихідних концентрацій розчинів ($0,2 \cdot 10^{-3} \dots 6,5$ г/л) і робочих тисків (0,2...0,65 МПа) та приведені порівняльні залежності основних параметрів процесу з використанням керамічного фільтра та без нього.

Вступ

Вода відіграє вирішальну роль в багатьох процесах, що протікають в природі, та в забезпеченні життєдіяльності людини. В промисловості воду використовують як сировину, джерело енергії, холодоагент, розчинник, екстрагент тощо.

Комплексне очищення води забезпечує не тільки знешкодження мінералізованих вод, але й їх очищення від більшості видів забруднень. Такі установки дозволяють отримувати очищену воду високої якості для побутових та промислових потреб при незначних економічних витратах у порівнянні з іншими методами, де не використовується зворотної осмос.

Мета роботи

Актуальною є задача детального дослідження можливостей роботи зворотно-осмотичної мембрани в умовах зміни різних параметрів, до яких в першу чергу слід віднести: робочий тиск, вихідну концентрацію розчинів, що очищуються, а також умови роботи та комплектацію очисних стендів допоміжними фільтрами: механічними, керамічними та вугільними, які покращують якість води та збільшують ресурс роботи високовартісних зворотно-осмотичних модулів. Особлива увага була приділена в цій серії дослідів ролі керамічних фільтрів, так як в попередніх серіях дослідів концентрація розчину не змінювалась як і після механічних, так і після вугільних фільтрів. Тому було вирішено модернізувати стенд і використати в технологічній схемі керамічний фільтр.

Матеріали та методи дослідження

На першому етапі проводились досліді при різних початкових концентраціях вихідного розчину та робочих тисках, змінювались концентрації вихідного розчину $x_{\text{н}}$ в межах від $2 \cdot 10^{-3} \dots 6,5$ г розчиненої солі NaCl в літрі дистильованої води і тиск P в ме-

жах $0,15 \dots 0,7$ МПа [3, 4]. На другому етапі витримувались усі попередні умови, але з використанням керамічного фільтра.

Експерименти проводилися на лабораторному стенді для комплексного очищення водних розчинів шляхом мікрофільтрації, адсорбції та зворотного осмосу (рис. 1) з використанням наступних стадій процесу, що здійснювалися у відповідних апаратах:

- попереднє механічне очищення відбувається у фільтрі 5, в якому картридж виготовлений з поліпропіленового волокна, що затримує різні механічні домішки;
- мікрофільтрація в фільтрі 6, де використовувались керамічні трубки;
- адсорбція летких субстанцій проходить у вугільному фільтрі 7;
- зворотній осмос, що здійснюється в мембранному модулі 11, є заключною стадією очищення води.

Стенд працює наступним чином. Вихідний водний розчин (суміш дистильованої води та солі NaCl), витрата якого вимірюється як витратоміром 4, так і мірником рівня 2 і секундоміром, із ємності 1 під гідростатичним тиском стовпа рідини подається на попередній механічний 20-мікронний фільтр 5, де очищується від механічних забруднень (іржі,

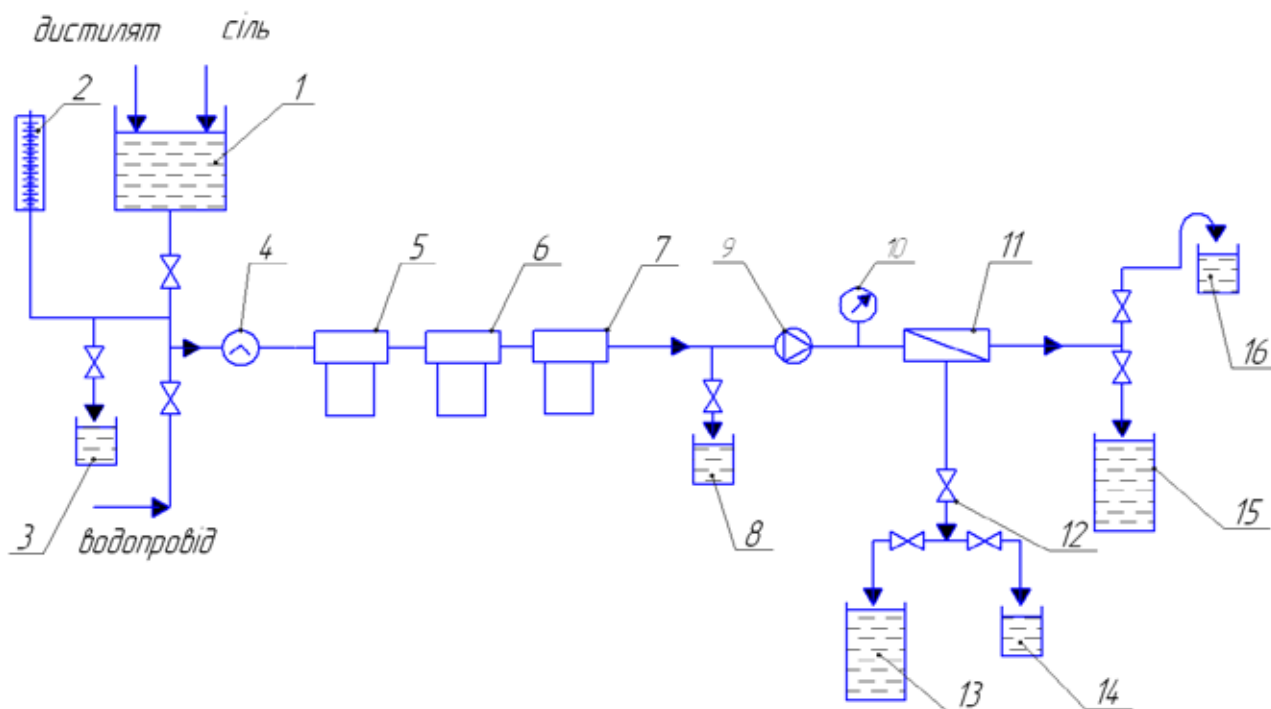


Рис. 1. Схема установки для комплексного очищення води:

- 1 – ємність вихідного розчину, 2 – мірник рівня, 4 – витратомір, 5 – механічний фільтр, 6 – керамічний фільтр, 7 – вугільний фільтр, 3, 8, 14, 16 – вимірювальні ємності концентрацій відповідно вихідного розчину, після вугільного фільтра, ретанту та перміату, 9 – насос, 10 – манометр, 11 – мембранний модуль, 12 – голчастий вентиль, 13 – збірник ретанту, 15 – збірник перміату

піску і інших механічних домішок) і поступає далі до керамічного фільтру 6, який складається з керамічних трубок діаметром 12x6,5 мм та 10x5 мм. Після цієї стадії очистки іде адсорбційний процес, який відбувається у вугільному фільтрі 7, що видаляє з водного розчину леткі субстанції (хлор та його з'єднання, органічні речовини, газу).

Після вугільного фільтру встановлено насос 9, що підвищує тиск в магістралі. Головним елементом стану є рулонний мембранний модуль 11. Він видаляє з води розчинені в ній з'єднання NaCl. Стандартні зворотно-осмотичні модулі, що використовувались, мали робочу площу 1,5 м².

Продуктивність установки по перміату і ретанту змінювалась шляхом регулювання голчатим вентилям 12 тиску в магістралі ретанту (0,15..0,65 МПа), що дозволяє суттєво розширити експериментальні можливості установки.

Вимірювання солемісту розчинів відповідно вихідного після ємності 1, після вугільного фільтра 7 та мембранного модуля 11 (як ретанту, так і перміату) здійснювалось портативним приладом TDS, датчик якого занурювався в проточні відбірники 3, 8, 14, 16. Всі вимірювання солемісту розчинів здійснювались кожні 10 хвилин і заносились у ПК. Крім концентрації розчинів, в експериментах фіксувались дані по витратах всіх потоків, час, тиск, температура, які одночасно вносились в ПК. За допомогою програми розраховувались дійсні та теоретичні значення основних параметрів зворотно-осмотичного модуля

та всього стану (селективність, проникненість, продуктивність та ін.). Крім того, програма дозволяє отримувати графічні залежності основних параметрів від вихідних даних (тиск, початкова концентрація і ін.).

Результати та їх обговорення

На рис. 2 приведені графічні залежності витрат ретанту та перміату від робочого тиску. На ці ж графіки нанесені дані другої серії дослідів, де використовувався керамічний фільтр. Витрати ретанту та перміату (рис. 2, а, б) практично не змінились, що пов'язано з діаметром пор кераміки, які не чинили суттєвого гідравлічного опору.

Загальний характер цих графічних залежностей можна пояснити принципом роботи зворотно-осмотичного фільтра при різних тисках: при перекритті голчатим краном вихідного отвору зростає тиск в магістралі, де рухається вихідний розчин, а відповідно і зростає тиском гідравлічного тиску, а відповідно і зменшується витрата ретанту (рис. 2, а). Ці обставини (зростання тиску, тобто рушійної сили перед мембраною) в свою чергу обумовлюють зростання витрат перміату (рис. 2, б).

Представлені на рисунку 3 залежності зміни концентрації розчиненої солі на виході з установки відповідно ретанту $x_{1к}$ і перміату x_2 від зміни тиску Δp знаходять пояснення:

- по-перше, так як витрати солі з перміатом (рис. 2, б) порівняно з витратами солі з ретан-

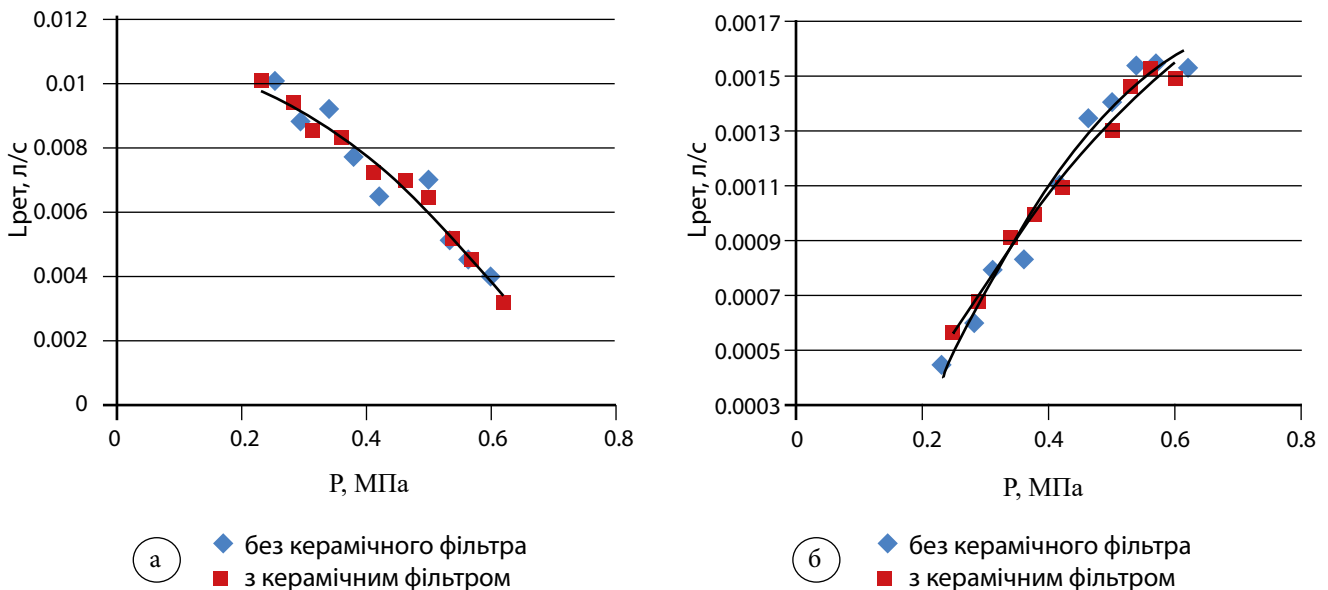


Рис. 2. Залежність витрати ретанту (а), перміату (б) від тиску

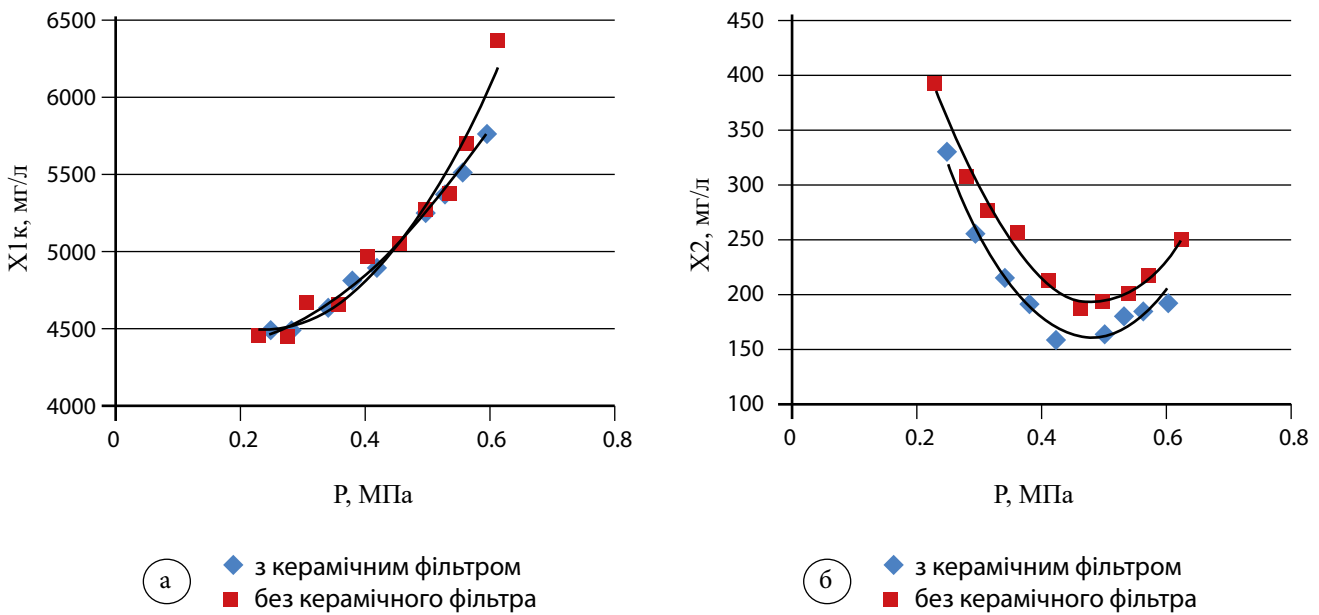


Рис. 3. Залежність концентрації ретанту (а) та перміату (б) від тиску

том склали менше 1 %, відповідно до матеріального балансу, то зміна одного із співмножників $L_{\text{рет}}$ в добутку $L_{\text{рет}} \cdot x_{1k}$ обов'язково приведе до збільшення другого x_{1k} .

- по-друге, при верхніх межах тиску здатними проходити через отвори в мембрані буде тим більша кількість молекул x_2 , чим більший тиск, але при певних тисках спостерігається мінімальне значення концентрації перміату, і при подальшому зменшенні тиску (представленні дослідження проводились при постійному зменшенні тиску) спостерігалось зростання концентрації перміату, що можна пояснити негативним впливом концентраційної поляризації, яка, на жаль, завжди має місце в мембранних процесах.

Деяке зменшення концентрації перміату (що є завжди позитивним) на кривій, яка отримана в другій серії дослідів (рис. 3, б), можна пояснити силами Ван-дер-Ваальса та явищем адгезії.

Висновки

1. Характер змін параметрів (L , x), що досліджувались, для різних робочих тисків знаходить логічне пояснення. Величина достовірності апроксимації експериментальних даних не перевищує 10 %, що свідчить про можливість проводити серійні досліді на представленому стенді.

2. Наявність мінімуму на кривій залежності $x_2 = f(\Delta p)$ застерігає від застосування надто великих

робочих тисків, що може привести до погіршення якості (тобто зростання концентрації перміату x_2 розчинів, що очищаються).

3. Використання керамічних фільтрів є доцільним із технологічної точки зору.

References

1. Сидоренко, С.В., Юдіна, А.В. Дослідження очищення водних розчинів зворотнім осмосом // Збірка тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених „Екологія. Людина. Суспільство” (13 - 18 травня 2009 р., м. Київ, Україна). – К.: 2009. – С. 88 - 89.
2. Дытнерский, Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. – М.: Химия. – 1978. – 352 с.
3. Сидоренко, С.В., Гулієнко, С.В., Юдіна, А.В., Тодорюк, Т.В. Експериментальне дослідження роботи лабораторного стенду для очищення водних розчинів зворотнім осмосом. Зб. доповідей уч. XIII Міжнародної наукової конференції «Совершенствование процессов и оборудования пищевых и химических производств». – Одеса. – 2010.
4. Сидоренко, С.В., Гулієнко, С.В., Юдіна, А.В., Тодорюк, Т.В. Експериментальне визначення залежностей селективності і проникності від концентрації хлористого натрію і тиску в апараті зворотного осмосу. Зб. доповідей уч. XIII Міжнародної наукової конференції «Совершенствование процессов и оборудования пищевых и химических производств». – Одеса. – 2010.