



УДК 544.725.7[628.316.12:546.18]

О. О. Семінська, Д. Д. Кучерук, М. М. Балакіна,  
академік НАН України В. В. Гончарук

## Використання зворотного осмосу та нанофільтрації в очищенні стічних вод від фосфатів

*Досліджено ефективність очищення стічних вод від фосфатів зворотним осмосом низького тиску та нанофільтрацією. Показано, що для очищення стічних вод, де вміст фосфат-іонів не перевищує  $130 \text{ мг/дм}^3$ , слід рекомендувати використання нанофільтраційної мембрани, що має більшу питому продуктивність. При концентрації фосфат-іонів від  $130$  до  $400 \text{ мг/дм}^3$  доцільно проводити зворотноосмотичне очищення, тоді як при більших вихідних концентраціях зворотному осмосу повинен передувати процес, здатний істотно знизити вміст фосфатів, наприклад, реагентний з отриманням мінерального добрива.*

**Ключові слова:** фосфати, очищення стічних вод, зворотний осмос низького тиску, нанофільтрація.

У багатьох країнах світу, в тому числі й в Україні, однією з нагальних екологічних проблем є забруднення водних ресурсів, яке відбувається головним чином завдяки постійно зростаючому антропогенному фактору — скиданню недостатньо очищених стічних вод, зокрема, від сполук фосфору, що є основним лімітуючим фактором евтрофікації водойм [1], внаслідок чого вода стає непридатною для водоспоживання населення. Щодо джерел фосфорних сполук у природних водоймах було встановлено, наприклад, що від сільськогосподарської діяльності в р. Дніпро потрапляє 6% фосфору, з комунальними стічними водами 75%, промислові відходи та інші дають 19% [2]. Якщо врахувати, що гранично допустима концентрація (ГДК) фосфат-іонів на скидання в міський каналізаційний колектор становить лише  $8 \text{ мг/дм}^3$  [3], стає очевидною необхідність пошуку ефективних методів ретельного очищення стічних вод від сполук фосфору, присутнього там переважно у вигляді фосфатів.

Основні методи очищення фосфатовмісних вод — біологічні [4–7] та реагентні [5, 8–11]. Недоліком біологічного методу є надзвичайна залежність від зовнішніх умов, зокрема від температури, а також мала продуктивність і великі площі очисних споруд.

Реагентний метод передбачає використання порівняно вузького кола речовин, а саме солей алюмінію та заліза, або оксиду чи гідроксиду кальцію [5]. В останньому випадку від-

---

© О. О. Семінська, Д. Д. Кучерук, М. М. Балакіна, В. В. Гончарук, 2015

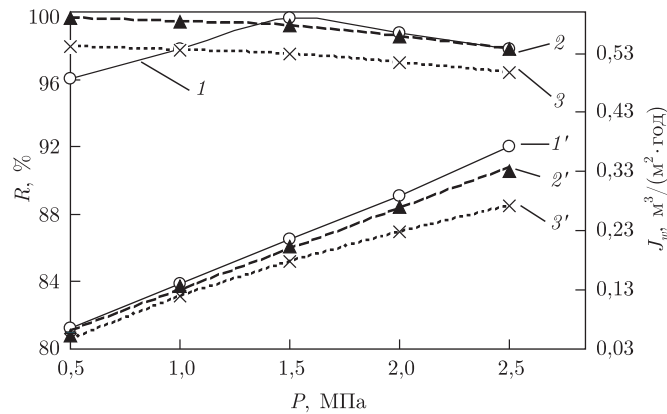


Рис. 1. Залежність затримувальної здатності за іонами  $\text{PO}_4^{3-}$  (1–3) і питомої продуктивності (1'–3') мембрани ESPA-1 від величини робочого тиску при коефіцієнті відбору пермеату  $k = 10\%$  і вихідній концентрації іонів  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{мг/дм}^3$ : 1, 1' – 10,3; 2, 2' – 132,4; 3, 3' – 482,0

бувається підлюговування води до рН 8–11, що викликає необхідність у подальшому підкисленні стоку або повторному його очищенні. Досвід роботи з алюмовмісними коагулянтами показав, що часто рівень вмісту алюмінію в очищеній воді є значно вищим ( $0,25\text{--}0,5 \text{ мг/дм}^3$ ), ніж ГДК останнього ( $0,04 \text{ мг/дм}^3$ ) [12]. До того ж на сьогодні застосування реагентних методів є обмеженим через ряд проблем, серед яких можна виділити необхідність використання відносно великої кількості реагентів і будівництво реагентного господарства.

Альтернативним методом дефосфатування можуть стати такі баромембранні процеси, як зворотний осмос (ЗО) і нанофільтрація, що останніми роками завдяки своїй ефективності й економічності, а також компактності, надійності та простоті мембранних установок набули широкого застосування в практиці водоочищення [13].

Мета даної роботи — визначення ефективності очищення стічних вод від фосфатів ЗО низького тиску та нанофільтрацією.

В експериментах використовували композитні поліамідні мембрани — зворотноосмотичну низького тиску ESPA-1 (Co Nitto Denko, США, торгова марка “Hydranautics”) [14] і нанофільтраційну ОПМН-П (ЗАТ “Полімерсинтез”, м. Володимир, Росія) [15]. Дослідження робочих характеристик мембран — затримувальної здатності ( $R$ ) і питомої продуктивності ( $J_w$ ) — здійснювали в інтервалі вихідних концентрацій іонів  $\text{PO}_4^{3-}$  від 6 до  $620 \text{ мг/дм}^3$ , що зумовлено їх вмістом у стічних водах. Експерименти проводили в лабораторній комірці непроточного типу на модельних розчинах двозаміщеного фосфату натрію. Перед проведенням досліджень мембрани опресовували фільтруванням дистильованої води під тиском  $2,5 \text{ МПа}$  до постійних значень  $J_w$ . Вміст фосфат-іонів у вихідній воді та пермеаті визначали фотометричним методом з використанням фотоколориметра КФК-2МП.

Дослідження залежності робочих характеристик мембрани ESPA-1 від величини робочого тиску ( $P$ ) показали, що з його підвищенням від  $0,5$  до  $1,5 \text{ МПа}$  при вихідному вмісті фосфат-іонів у розчині ( $C_{\text{вих}}$ )  $10,3 \text{ мг/дм}^3$  значення  $R_{\text{PO}_4^{3-}}$  мембрани ESPA-1 зростає від  $97,8$  до  $99,6\%$  (крива 1 на рис. 1), що пояснюється збільшенням рушійної сили процесу. При подальшому підвищенні тиску до  $2,5 \text{ МПа}$  значення  $R_{\text{PO}_4^{3-}}$  знижуються до  $97,8\%$  внаслідок посилення впливу концентраційної поляризації. З підвищенням вихідної концентрації іонів  $\text{PO}_4^{3-}$  до  $132,4 \text{ мг/дм}^3$  при тиску  $0,5\text{--}1,0 \text{ МПа}$  значення  $R_{\text{PO}_4^{3-}}$  збільшується (див. криву 2). Це обумовлено меншою ефективністю ЗО при низьких вихідних концентраціях, ніж при

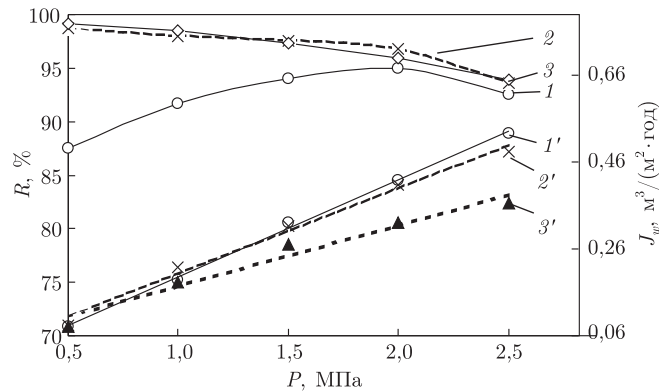


Рис. 2. Залежність затримувальної здатності за іонами  $\text{PO}_4^{3-}$  (1–3) і питомої продуктивності (1'–3') мембрани ОПМН-П від величини робочого тиску при коефіцієнті відбору пермеату  $k = 10\%$  і вихідній концентрації іонів  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{мг/дм}^3$ : 1, 1' – 6,0; 2, 2' – 62,0; 3, 3' – 105,0

вищих. Подальше підвищення тиску при концентрації іонів  $\text{PO}_4^{3-}$  132,4  $\text{мг/дм}^3$  сприяє поступовому зниженню  $R_{\text{PO}_4^{3-}}$  внаслідок зростання концентраційної поляризації. Збільшення вмісту фосфат-іонів до 482,0  $\text{мг/дм}^3$  ще більше погіршує затримувальну здатність мембрани відносно іонів  $\text{PO}_4^{3-}$  під впливом концентраційних явищ (див. криву 3).

Питома продуктивність мембрани ESPA-1 з підвищенням тиску від 0,5 до 2,5 МПа в інтервалі концентрацій 10,2–482,0  $\text{мг/дм}^3$  збільшується у 5–6 разів (див. криві 1'–3' на рис. 1), що пов'язано із зростанням рушійної сили процесу. Разом з тим величина  $J_w$  мембрани із зростанням вихідного вмісту фосфатів у діапазоні зазначених концентрацій зменшується. Така залежність пояснюється зростанням осмотичного тиску, що знижує ефективний діючий тиск і тим самим питому продуктивність. Зазначимо, що у межах  $C_{\text{вих}}$  від 10,3 до 132,4  $\text{мг/дм}^3$  залежність  $J_w$  від  $P$  має лінійний характер (див. криві 1', 2'), що свідчить про відсутність деформації мембрани та незначний вплив концентраційних явищ за цих умов. При підвищенні  $C_{\text{вих}}$  до 482,0  $\text{мг/дм}^3$  вплив концентраційної поляризації виявляється більш помітним, на що вказує відхилення кривої  $J_w - P$  від лінійної залежності (див. криву 3').

Дослідження робочих характеристик нанофільтраційної мембрани ОПМН-П відносно іонів  $\text{PO}_4^{3-}$  залежно від величини робочого тиску показали, що при невеликому значенні  $C_{\text{вих}}$  (6,0  $\text{мг/дм}^3$ ) також, як і у випадку мембрани ESPA-1, при підвищенні тиску від 0,5 до 2,0 МПа спостерігається досить істотне зростання  $R_{\text{PO}_4^{3-}}$  — від 87,5 до 95,0%, що пов'язано зі збільшенням рушійної сили процесу. При подальшому підвищенні тиску до 2,5 МПа значення  $R_{\text{PO}_4^{3-}}$  знижується до 92,5% внаслідок посилення впливу концентраційної поляризації (крива 1 на рис. 2). Для  $C_{\text{вих}} = 62,0$   $\text{мг/дм}^3$  в інтервалі тисків 0,5–2,0 МПа характерне збільшення значення  $R_{\text{PO}_4^{3-}}$  (див. криву 2), що можна пояснити таким самим чином, як і у випадку мембрани ESPA-1 (див. також криві 2, 3 на рис. 1). При більш високій вихідній концентрації іонів  $\text{PO}_4^{3-}$  спостерігається поступове зниження затримувальної здатності мембрани ОПМН-П внаслідок посилення концентраційної поляризації (див. криву 3 на рис. 2).

При вихідних концентраціях фосфат-іонів 6,0–620,0  $\text{мг/дм}^3$  питома продуктивність мембрани ОПМН-П в інтервалі тисків 0,5–2,5 МПа лінійно зростає (див. криві 1'–3' на рис. 2), що пов'язано зі збільшенням рушійної сили процесу і незначним впливом концентраційної поляризації. Як видно з рисунку, мембрана ОПМН-П за даних умов має значно

більше значення  $J_w$ , ніж мембрана ESPA-1, що можна пояснити меншим розміром пор останньої.

Отримані дані показують, що при очищенні фосфатовмісних вод мембранами ESPA-1 й ОПМН-П за робочий брали тиск у 1,5 МПа, оскільки за таких умов затримувальна здатність цих мембран за фосфат-іонами є максимальною, а їх питома продуктивність відносно висока.

Одним із важливих чинників, які впливають на робочі характеристики мембран, є коефіцієнт відбору очищеної води (пермеату). Встановлення залежності робочих характеристик мембрани від цього показника дозволяє досягти не тільки необхідної якості пермеату, а й дає змогу максимально сконцентрувати розчин (ретентат), який утворюється в процесі фільтрування. Слід відзначити, що отримання максимального значення  $k$  забезпечує як підвищення економічності технологічної схеми, так і можливість подальшої ефективної утилізації ретентату, наприклад, його переробкою на мінеральне добриво шляхом реагентного осадження.

Табл. 1 демонструє таке: зі збільшенням  $C_{\text{вих}}$  фосфатів і значення  $k$  знижується затримувальна здатність і питома продуктивність мембран ESPA-1 і ОПМН-П, що пояснюється підвищенням впливу концентраційної поляризації. При цьому вміст фосфат-іонів у пермеаті зростає. При використанні мембрани ESPA-1 при  $C_{\text{вих}} = 200$  мг/дм<sup>3</sup> і збільшенні значення  $k$  від 30 до 90% концентрація фосфат-іонів у пермеаті зростає від 2,66 до 6,42 мг/дм<sup>3</sup>, що не перевищує ГДК цих іонів на скидання у каналізацію. При вихідній концентрації фосфат-іонів 250, 300, 350 мг/дм<sup>3</sup> якість пермеату відповідає ГДК, мембрана ESPA-1 забезпечує при значеннях  $k$  80, 80, 60% відповідно. Таким чином, отримані результати свідчать про високу ефективність очищення води від фосфатів цією ж мембраною при максимальному відборі пермеату.

Згідно з даними табл. 1 встановлено, що за допомогою мембрани ОПМН-П при вихідній концентрації фосфат-іонів, мг/дм<sup>3</sup>: 100, 120, 130, 150, 200 — ГДК перевищується при менших, ніж у попередньому випадку, значеннях  $k$ , %: 80, 70, 60, 50, 30 відповідно. Отже, мембрану ОПМН-П можна рекомендувати для очищення стічних вод від фосфатів при менших, ніж для мембрани ESPA-1, значеннях  $C_{\text{вих}}$  й  $k$ . У цьому випадку її перевага перед мембраною ESPA-1 обумовлена більш високою питоною продуктивністю.

Ефективність очищення фосфатовмісних вод зворотним осмосом низького тиску було показано на прикладі стічної води з первинного відстійника Бортницької станції аерації (БСА). Результати зворотноосмотичного очищення стічної води на дослідно-промисловій рулонній установці після мікрофільтраційної (МФ) і ультрафільтраційної (УФ) попередньої обробки наведені в табл. 2. З отриманих даних видно, що зворотноосмотична мембрана проявила високу ефективність при очищенні води з БСА від фосфат-іонів (99,2%). Крім того, видалено 90,7% амонійного азоту, 91,0% іонів хлору і >99% іонів кальцію. Каламутність і вміст загального органічного вуглецю (ЗОВ) знижені відповідно на 97,3 й 97,5%.

Таким чином, проведені дослідження показали, що для очищення стічних вод, де вміст фосфат-іонів не перевищує 130 мг/дм<sup>3</sup>, слід рекомендувати використання нанофільтраційної мембрани, що має більшу питому продуктивність. При вмісті фосфат-іонів від 130 до 400 мг/дм<sup>3</sup> доцільно проводити зворотноосмотичне очищення, тоді як при  $C_{\text{вих}} \geq 400$  мг/дм<sup>3</sup> зворотному осмосу повинен передувати процес очищення води, здатний істотно знизити вміст фосфатів, наприклад, реагентний з отриманням мінерального добрива. Високу ефективність застосування ЗО при очищенні фосфатовмісних вод показано на прикладі стічної води з первинного відстійника БСА.

Таблиця 1. Вплив коефіцієнта відбору пермеату на затримувальну здатність за іонами  $\text{PO}_4^{3-}$  і питому продуктивність мембран ESPA-1 й ОПМН-П, а також вміст іонів  $\text{PO}_4^{3-}$  у пермеаті при їх різних вихідних концентраціях,  $P = 1,5$  МПа

$C_{\text{вих}}, \text{мг/дм}^3$	Показник	Коефіцієнт відбору, %						
		30	40	50	60	70	80	90
Мембрана ESPA-1								
200	$R, \%$	98,64	98,63	98,48	98,39	98,20	97,83	96,79
	$C_{\text{перм}}, \text{мг/дм}^3$	2,66	2,74	3,04	3,22	3,60	4,34	6,42
	$J_w, \text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$	0,197	0,198	0,199	0,199	0,198	0,197	0,187
250	$R, \%$	98,57	98,53	98,38	98,29	98,10	97,73	96,69
	$C_{\text{перм}}, \text{мг/дм}^3$	3,58	3,68	4,05	4,22	4,75	5,70	<b>8,30</b>
	$J_w, \text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$	0,193	0,192	0,193	0,193	0,192	0,190	0,181
300	$R, \%$	98,44	98,40	98,25	98,16	97,97	97,60	96,56
	$C_{\text{перм}}, \text{мг/дм}^3$	4,68	4,80	5,25	5,52	6,10	7,20	<b>10,32</b>
	$J_w, \text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$	0,189	0,189	0,189	0,189	0,189	0,187	0,178
350	$R, \%$	98,15	98,11	97,96	97,87	97,68	97,31	96,27
	$C_{\text{перм}}, \text{мг/дм}^3$	6,48	6,62	7,14	7,46	<b>8,12</b>	<b>9,40</b>	<b>13,0</b>
	$J_w, \text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$	0,190	0,190	0,190	0,191	0,190	0,188	0,179
Мембрана ОПМН-П								
100	$R, \%$	95,49	95,04	94,7	94,3	93,9	93,3	91,86
	$C_{\text{перм}}, \text{мг/дм}^3$	4,51	4,96	5,31	5,73	6,12	6,71	<b>8,14</b>
	$J_w, \text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$	0,314	0,314	0,315	0,314	0,311	0,303	0,288
120	$R, \%$	95,61	95,16	94,70	94,25	93,79	93,57	91,98
	$C_{\text{перм}}, \text{мг/дм}^3$	5,27	5,81	6,36	6,90	7,45	<b>8,31</b>	<b>9,62</b>
	$J_w, \text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$	0,313	0,312	0,313	0,313	0,308	0,302	0,287
130	$R, \%$	95,68	95,23	94,77	94,32	93,86	93,00	92,05
	$C_{\text{перм}}, \text{мг/дм}^3$	5,62	6,20	6,81	7,38	<b>7,98</b>	<b>8,7</b>	<b>10,34</b>
	$J_w, \text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$	0,312	0,312	0,312	0,311	0,308	0,301	0,286
150	$R, \%$	95,81	95,36	94,90	94,45	93,99	93,20	92,18
	$C_{\text{перм}}, \text{мг/дм}^3$	6,29	6,96	7,65	<b>8,33</b>	<b>9,02</b>	<b>10,3</b>	<b>11,73</b>
	$J_w, \text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$	0,310	0,311	0,311	0,310	0,307	0,299	0,284
200	$R, \%$	96,15	95,69	95,23	94,78	94,32	93,50	92,51
	$C_{\text{перм}}, \text{мг/дм}^3$	7,72	<b>8,62</b>	<b>9,54</b>	<b>10,43</b>	<b>11,36</b>	<b>12,40</b>	<b>14,98</b>
	$J_w, \text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$	0,307	0,306	0,307	0,306	0,303	0,295	0,280

Таблиця 2. Основні показники води з первинного відстійника Бортницької станції аерації до і після зворотньоосмотичного очищення

Стічна вода	рН	Вміст іонів, мг/дм <sup>3</sup>				ЗОВ, мг/дм <sup>3</sup>	Каламутність, мг/дм <sup>3</sup>
		$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{NH}_4^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$		
Вихідна після МФ	7,77	34,0	64,0	87,0	72,1	32,6	29,2
Після УФ	7,32	19,3	45,0	—	65,6	14,2	2,3
Після ЗО	7,02	0,3	5,9	7,8	≤ 1	0,8	0,8

## Цитована література

1. Баженов В. И., Денисов А. А. Проектирование современных комплексов биологической очистки сточных вод // Экология и промышленность России. – 2009. – Февраль. – С. 26–31.
2. Kohler J. Research Paper Detergent Phosphates: an EU Policy Assesment // JBC. – 2006. – **312**, No 1613–9615. – 16 p.
3. Правила приймання стічних вод підприємств у систему каналізації м. Києва (Розпорядження Київської міської адміністрації від 18.06.2003 року № 1073, С. 10).

4. Подорван Н. И., Глоба Л. И., Куликов Н. И., Гвоздяк П. И. Удаление соединений фосфора из сточных вод // Химия и технология воды. – 2004. – **26**, № 6. – С. 591–610.
5. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. – Москва: Мир, 2006. – 480 с.
6. Амбросова Г. Т., Бойко Т. А., Ксенофонтова О. В. Изучение способа удаления фосфора из сточной жидкости // “СтройПРОФИль”, 2006. – № 8.
7. Беляев А. Н., Васильев Б. В., Маскалева С. Е. Удаление азота и фосфора на канализационных очистных сооружениях // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – № 9. – С. 38–3.
8. Kuirikki M., Rantanen P., Varjopuro R. Cost effective water protection in the Gulf of Finland – Focus on the St.-Peterburg water sector // The Finnish Environment. – 2003. – P. 632.
9. About water treatment / Ed. A. Lindquist. – Helsingborg, Kemira Kemwater, 2003. – 105 p.
10. Мешингиссер Ю. М., Щетинин А. И., Галич Р. А., Михайлов В. К. Удаление азота и фосфора при ступенчатой денитрификации и пневматическом перемешивании // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. – № 7. – С. 42–46.
11. Васильев Б. В., Мишуков Б. Г., Соловьева Е. А. Реагентное удаление фосфора из городских сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – № 2. – С. 58–60.
12. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. ДСТУ 4808: 2007. – Київ: Держстандарт України, 2007. – 7 с.
13. Свитцов А. А. Введение в мембранную технологию. – Москва: ДеЛи принт, 2007. – 208 с.
14. Каталог фирмы “GE Osmonics Desal”. – Minnetoka: GE Osmonics Desal, 2001. – 207 p.
15. Полимерные мембраны “Владипор”. – Владимир: ЗАО НТЦ “Владипор”, 1999. – 23 с.

## References

1. Bagenov V. I., Denisov A. A. Ecology and Industry of Russia, 2009, February: 26–31 (in Russian).
2. Kohler J. JBC, 2006, **3**, No 2: 15–30.
3. Rules of acceptance wastewater at sewer system of Kyiv (Kiev City Administration Order of 18.06.2003, No 1073, p. 10) (in Ukrainian).
4. Podorvan N. I., Globa L. I., Kulikov N. I., Gvozdyak P. I. Khim. Tekhnol. Vody, 2004, **26**, No 6: 591–610 (in Russian).
5. Henze M., Harremoës P., la Cour Jansen J., Arvin E. Wastewater treatment, Moscow: Mir, 2006 (in Russian).
6. Ambrosova G. T., Boyko T. A., Xenofontova O. V. StroyPROFIL, 2006, No 8 (in Russian).
7. Belyaev A. N., Vasiliev B. V., Maskaleva S. E. Water supply and sanitary technique, 2008, No 9: 38–43 (in Russian).
8. Kuirikki M., Rantanen P., Varjopuro R. The Finnish Environment, 2003: 632.
9. About water treatment, Ed. A. Lindquist, Helsingborg, Kemira Kemwater, 2003.
10. Meshingisser Y. M., Schetinin A. I., Galich R. A., Mikhailov V. K. Water supply and sanitary technique, 2005, No 7: 42–46 (in Russian)
11. Vasiliev B. V., Mishukov B. G., Solovieva E. A. Water supply and sanitary technique, 2009, No 2: 58–60 (in Russian).
12. Sources of centralized drinking water supply. Hygienic and environmental requirements for water quality and rules of selection. SSU 4808: 2007, Kyiv, State Standard of Ukraine, 2007 (in Ukrainian).
13. Svitsov A. A. Introduction in membrane technology, Moscow: DeLee print, 2007 (in Russian).
14. Catalog of “GE Osmonics Desal.”, GE Osmonics Desal., Minnetoka, 2001.
15. Polymeric membranes “Vladipor”, Vladimir: STC “Vladipor” cjsc, 1999 (in Russian).

О. О. Семинская, Д. Д. Кучерук, М. Н. Балакина,  
Академик НАН Украины В. В. Гончарук

## Использование обратного осмоса и нанофильтрации при очистке сточных вод от фосфатов

Институт коллоидной химии и химии воды им. А. В. Думанского НАН Украины, Киев

*Исследована эффективность очистки сточных вод от фосфатов обратным осмосом низкого давления и нанофильтрацией. Показано, что для очистки сточных вод, где содержание фосфат-ионов не превышает  $130 \text{ мг/дм}^3$ , следует рекомендовать использование нанофильтрационной мембраны, имеющей большую удельную производительность. При концентрации фосфат-ионов от  $130$  до  $400 \text{ мг/дм}^3$  целесообразно проводить обратноосмотическую очистку, тогда как при больших исходных концентрациях обратному осмосу должен предшествовать процесс, способный существенно снизить содержание фосфатов, например, реагентный с получением минерального удобрения.*

**Ключевые слова:** фосфаты, очистка сточных вод, обратный осмос низкого давления, нанофильтрация.

O. O. Seminska, D. D. Kucheruk, M. M. Balakina,  
Academician of the NAS of Ukraine V. V. Goncharuk

## The use of reverse osmosis and nanofiltration in wastewater purification from phosphates

A. V. Dumansky Institute of Colloid and Water Chemistry of the NAS of Ukraine, Kiev

*The efficiency of the wastewater purification from phosphates by low pressure reverse osmosis and nanofiltration is investigated. It is shown that, for wastewater treatment, where the content of phosphate ions is less than  $130 \text{ mg/dm}^3$ , it should be recommended to use the nanofiltration membrane having a high specific productivity. When the concentration of phosphate ions is from  $130$  to  $400 \text{ mg/dm}^3$ , it is advisable that the reverse osmosis purification is carried out. At higher initial concentrations, reverse osmosis should be preceded by a process that can significantly reduce the phosphate content, such as a reagent precipitation to obtain a mineral fertilizer.*

**Keywords:** phosphates, wastewater purification, low pressure reverse osmosis, nanofiltration.