

- environmentally friendly products] / A. P. Ranskyi, R. V. Petruk // Visnyk NAU. – 2012. – # 1. – С. 258-265.
4. Mel'nikov N. N. Sravnitel'naja jekotoksikologicheskaja opasnost' nekotoryh insekticidov – proizvodnyh fosfornykh kislot, karbaminovoj kisloty i sinteticheskikh piretroidov [Comparison ecotoxicological danger of some insecticides - derivatives of phosphoric acids, carbamic acid and synthetic pyrethroids] / N. N. Mel'nikov, S. R. Belan. – М. : Agrohimiya. – 1997. – № 1. – С. 70-72.
 5. Directive on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances / Directive 67/548/EEC L196. – European Union laws, 1967. – P. 1-98.

УДК 676.2.024.74.044

АНТОНЕНКО Л. П., к.х.н. доц.; ХОВРЕНКО О. В., магістр;
ПЛОСКОНОС В. Г., к.т.н. доц.; ЛІНОВЕЦЬКА В. М., к.б.н., доц.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНОГО КРОХМАЛЬНОГО КЛЕЮ У ВИРОБНИЦТВІ ФЛЮТИНГУ

Встановлено, що із збільшенням вмісту азоту в крохмальних клеях, катіонованих епоксид-пропіл-триетанол-амонійхлоридом, вони краще утримуються на волокні, що в свою чергу призводить до зменшення вмісту крохмалю в підсітковій воді та мутності підсіткових вод, покращення фізико-механічних показників паперу в два і більше рази. Також встановлено, що на задані показники впливає місце введення крохмального клею (під час розмелювання чи відливання). Мікробіологічне дослідження заданих варіантів підсіткової води на десяту добу після виготовлення відливіків показало, що сприятливим для розвитку бактерій є додавання крохмального клею під час розмелювання.

Ключові слова: клей, крохмаль, флютинг, модифікація, макулатура.

Постановка проблеми. У другій половині ХХ століття у світовій практиці виробництва паперу та картону значно зріс інтерес до використання макулатури як джерела вторинного волокна, що пояснюється, з одного боку, жорсткістю законодавства з охорони довкілля, а з іншого – економічною доцільністю. Крім того, використання вторинного волокна для виробництва целюлозно-паперової продукції дозволяє істотно знизити загальний рівень енергоспоживання. Використання макулатури дає значну економію деревини (1 т макулатури замінює приблизно 4 м³ деревини), тепла, води, зменшує парниковий ефект. За останні сорок років використання макулатури значно зросло: у 1970 році використання макулатури в світі становило 31 млн т, що відповідало 24 % у загальному балансі волокнистої сировини, у 1988 р. ці показники становили відповідно 72 млн т, або 32 %, а в 2008 році – 80 % [1].

Значне використання макулатури у виробництві паперу та картону є економічно вигідним та має важливе значення з погляду збереження природних ресурсів. Але при цьому виникає низка проблем, пов'язаних з очищенням стічних вод, переробленням та утилізацією твердих відходів, які утворюються у вигляді гідрофільних осадів з вологістю до 99 %. Цей процес обумовлений низькою якістю макулатури порівняно з целюлозою. Це погіршує утримування волокна на сітці паперо- або картоноробної машини, а відповідно й до забруднення підсіткових вод, збільшення втрат сировини разом із підсітковими водами. У разі повторного використання утриманого волокна, якість готової продукції погіршується, оскільки збільшується кількість дрібного волокна в композиції.

Тому для проклеювання паперу та картону з макулатурного волокна все частіше використовують модифіковані крохмальні клеї для підвищення фізико-механічних показників отриманого продукту та утримування дрібного волокна на сітці машини. Це дає змогу також зменшити забруднення підсіткових вод та зменшити об'єми використання води.

Диспергований у холодній воді невидозмінений крохмаль швидко осідає через погану розчинність. Крохмальна дисперсія в холодній воді не має зв'язувальної сили. Липкість крохмалю тісно пов'язана з температурою желатинування, що є параметром, який залежить від рослини, з якої отримали крохмаль.

Коли крохмальна суспензія розігрівається вище температури желатинування, то окремі крохмальні зерна починають набухати, внаслідок чого утворюється колоїдний золь або крохмальна паста із клейкими і зв'язувальними властивостями. Зі зниженням температури й збільшенням часу зберігання збільшується в'язкість крохмальної суспензії, спостерігається загустіння, назване ретроградацією. Ретроградації можна запобігти за допомогою хімічної модифікації.

Застосування природного крохмалю як зміцнювального агента утруднено через підвищену в'язкість його розчину й схильність до ретроградації. Тому на практиці переважно використовують модифіковані крохмалі. Під час модифікації відбувається гідроліз (розрив) глікозидних зв'язків, внаслідок чого зменшується молекулярна маса полісахаридів крохмалю і зменшується в'язкість його дисперсій.

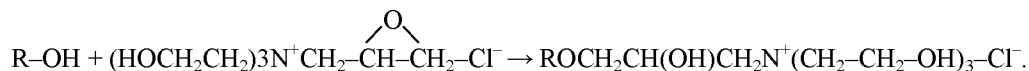
Синтез катіонних полісахаридів здійснюється хімічними методами – зміною електричного заряду із слабонегативного на позитивний. Це відбувається завдяки заміні атомів водню в молекулі крохмалю функціональною групою. Різноманітність катіонних похідних крохмалю обумовлена включенням в їх структуру третинних аміногруп, четвертинних амонійних груп, четвертинного фосфору і третинних сульфонатних груп [2]. Слід зазначити, що катіонний крохмаль використовується із ступенем заміщення 0,1...0,01 на ангідроглікозидну ланку.

Катіонні види крохмалів дозволяють підвищити їх утримування на волокні до 80...88 % [3]. Окрім цього, катіонні крохмалі, як вважають фахівці, зберігають властивості зміцнювального агента, а отже, використання катіонних видів крохмалів у целюлозно-паперовій промисловості постійно зростає.

Метою праці було дослідження впливу вмісту азоту в крохмальних клеях, модифікованих епоксипропіл-триетанол-амонійхлоридом та місця їх введення на утримування крохмального клею в масі, мутність підсіткової вод та на фізико-механічні показники зразків паперу з макулатури.

Експеримент та обговорення результатів. Модифікацію крохмалю здійснювали сумішшю четвертинної амонійної солі шляхом змішування епі-хлориду та триетаноламіну.

Витрата синтезованої суміші під час катіонування крохмалю варіювали відповідно до вмісту азоту.



Модифікатори одержані з вмістом азоту 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 %.

Для проклеювання маси використовували крохмальний клей з концентрацією 3 %, який готували загальноприйнятим способом, із тією відмінністю, що разом з крохмалем вводили модифікатор. З витратою приготованого модифікованого крохмального клею 1,5 % та різним вмістом азоту в ньому виготовляли відливки флотингу з додаванням клею під час розмелювання або під час відливання, та відбирали зразки підсіткової води для подальшого дослідження на вміст залишкового крохмалю та мутність. Виготовлені відливки піддавали фізико-механічним випробуванням з метою визначення впливу місця введення модифікованого крохмального клею та вмісту в ньому азоту на показники паперу для гофрування та склад підсіткової води.

Установлено, що місце введення крохмального клею (під час відливання чи розмелювання) майже не впливає на показники розривної довжини, опору продавлюванню, торцевого стиснення, опору роздиранню, а от показник міцності на злам під час багаторазових перегинів залежить від цього чинника (табл. 1 і 2). У разі використання клею з мінімальним вмістом азоту (0,5 %), який вводиться під час відливання, показник міцності на злам під час багаторазових перегинів паперу для гофрування навіть дещо зменшується. Це можна пояснити, якщо припустити, що з утримуванням дрібного волокна зростає і кількість водневих зв'язків, які утворились завдяки наявності клею і неспроможні компенсувати утримування дріб'язку. За вмісту азоту в крохмальному клеї понад 1,0 % показник міцності на злам під час багаторазових перегинів зростає в обох випадках приблизно на 80 %. Це зростання більш стрімке у разі додавання клею під час відливання.

Із збільшенням вмісту азоту в крохмальному клеї з 0 до 2,5 % показник розривної довжини збільшується приблизно на 38 %, а показник опору продавлюванню збільшується приблизно на 55 %, що пояснюється кращим утримуванням дрібного волокна і збільшенням кількості водневих зв'язків завдяки наявності модифікованого крохмального клею.

Із збільшенням вмісту азоту в крохмальному клеї з 1,5 до 2,5 % показник торцевого стиснення збільшується приблизно на 10 %. Всі значення показників торцевого стиснення задовольняють ГОСТ 7377-85. Значення показника опору роздиранню збільшується приблизно на 12 % зі зростанням вмісту азоту в клеї з 0 до 1,5 %, а надалі цей показник стабілізується.

Таблиця 1 – Фізико-механічні показники флотингу залежно від вмісту азоту в разі додавання клею під час розмелювання

Показник	Значення						
	Без клею	за вмісту азоту в крохмальному клеї, %					
		0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Маса паперу площею 1 м ² , г	122	116	124	122	116	120	125
Товщина, мм	–	–	0,24	0,26	0,23	0,25	0,26
Абсолютний опір продавлюванню, кПа	240	292	302	268	295	284	371
Міцність на злам під час багаторазових перегинів, ч.п.п.	80	110	130	160	180	224	230
Опір роздиранню, мН	1050	1100	1100	1100	1200	1250	1400
Розривна довжина, м	3250	3650	3920	4100	4300	4200	4500
Опір торцевому стисненню, Н	200	240	245	245	245	265	270
Поверхнева вбирність за Кобб ₃₀ , г/м ²	285	250	230	220	220	215	215

Таблиця 2 – Фізико-механічні показники флотингу залежно від вмісту азоту в разі додавання клею під час відливання

Показник	Значення						
	Без клею	за вмісту азоту в крохмальному клеї, %					
		0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Маса паперу площею 1 м ² , г	122	119	126	120	127	127	120
Товщина, мм	–	–	0,22	0,24	0,25	0,24	0,24
Абсолютний опір продавлюванню, кПа	240	268	294	300	301	324	368
Міцність на злам під час багаторазових перегинів, ч.п.п.	80	157	161	200	226	240	360
Опір роздиранню, мН	1050	1100	1150	1190	1300	1300	1500
Розривна довжина, м	3250	3300	3700	3730	3750	4350	4850
Опір торцевому стисненню, Н	200	210	235	245	250	270	285
Поверхнева вбирність за Кобб ₃₀ , г/м ²	285	245	235	220	220	215	215

Таким чином, введення крохмального клею модифікованого епоксид-пропіл-триетанол-амоній-хлоридом позитивно впливає на фізико-механічні показники паперу для гофрування. Місце введення клею не впливає на фізико-механічні показники. Більший вплив на фізико-механічні показники має вміст азоту в крохмальному клеї.

Визначення вмісту крохмалу в підсітковій воді здійснювали за методикою [4], пристосованою до аналізу підсіткової води. Визначення мутності здійснювали за методикою [5].

Із збільшенням вмісту азоту в крохмальному клеї вміст крохмалу в підсітковій воді зменшується (табл. 3). Це пояснюється тим, що із збільшенням вмісту азоту в крохмальному клеї він краще утримується на волокні. Показники мутності води також зменшуються, що можна пояснити кращим утриманням дрібного волокна і самого клею в папері, а отже, менша їх кількість потрапляє в підсіткову воду.

Також видно, що показники мутності води та вміст крохмалю є менші, якщо клей вводиться під час відливання.

Таблиця 3 – Вплив вмісту азоту в клеї на вміст крохмалю у підсітковій воді та її мутність

Вміст азоту, %	Вміст крохмалю в підсітковій воді, $\times 10^2$, %, у разі введення клею під час		Мутність підсіткової води, мг/дм ³ , у разі введення клею під час	
	розмелювання	відливання	розмелювання	відливання
Без клею	0,29	0,29	275	275
0,0	0,47	0,71	315	296
0,5	0,17	0,13	230	265
1,0	0,16	0,13	203	224
1,5	0,11	0,12	205	200
2,0	0,082	0,10	200	188
2,5	0,03	0,099	195	185

Збільшення вмісту азоту в крохмальному клеї може сприяти посиленню розвитку мікроорганізмів у підсітковій воді, що негативно впливає як на стан трубопроводів, так і на характеристики обігової води. Тому було проведено дослідження впливу запропонованих крохмальних клеїв на ріст мікроорганізмів у підсітковій воді з урахуванням їх введення на різних етапах. Концентрацію мікроорганізмів у зразках визначали висівом на агаризоване м'ясопептонне середовище (МПА) на чашки Петрі з наступним інкубуванням протягом трьох діб за температури 28 °С. Висів проводився по 0,02 мл у двох розведеннях (у 100 і 1000 разів) та у двох повторях. Облік результатів відбувався на третю добу (табл. 4).

Таблиця 4 – Вплив вмісту крохмальних клеїв на розвиток мікроорганізмів у підсітковій воді

Зразок підсіткової води	Концентрація мікроорганізмів, 10^5 клітин/см ³				
	на третю добу, за розбавлення		через		
	у 100 разів	у 1000 разів	10 діб	30 діб	60 діб
Без клею	2,15	1,50	1,83	1,5	0,18
Із додаванням клею під час відливання	3,58	4,75	4,16	3,71	1,39
Із додаванням клею під час розмелювання	5,11	8,20	86,55	44,13	24,55

Із збільшенням розбавлення кількість мікроорганізмів у підсітковій воді зростає, якщо під час виробництва використовувався модифікований крохмальний клей, і зменшується, якщо крохмальний клей не використовувався (див. табл. 4).

Під час дослідження впливу крохмальних клеїв на зростання мікроорганізмів досліджували підсіткову воду, яку відбирали після виготовлення відливків: без використання крохмального клею; із введенням крохмального клею під час відливання й розмелювання. Мікробіологічне дослідження наведених варіантів підсіткової води на десяту добу після виготовлення відливків свідчить, що сприятливим для розвитку бактерій є додавання крохмального клею під час розмелювання (див. табл. 4). Водночас концентрація мікроорганізмів у підсітковій воді при введенні крохмального клею під час відливання збільшується не так суттєво. Це пояснюється тим, що при розмелюванні створюються сприятливіші умови для розмноження бактерій, а саме підвищена температура та гарне перемішування. Однак до 30 доби концентрація мікроорганізмів у підсітковій воді зменшується (у разі додавання клею під час розмелювання – вдвічі), а до 60 доби це зменшення ще суттєвіше. Це зумовлено тим, що мікроорганізми практично використали запас поживних речовин і таким чином створились умови, несприятливі для їхнього існування. Тривалі (60 діб) спостереження за вмістом мікроорганізмів у підсітковій воді в лабораторних умовах показали зменшення їх концентрації в усіх зразках.

Таким чином, з точки зору охорони довкілля та зменшення витрат на очищення трубопроводів від осадів мікробіологічного походження бажано застосовувати введення крохмального клею під час відливання.

Метою наступного етапу досліджень було встановлення математичних залежностей впливу вмісту азоту в модифікованих крохмальних клеях на характеристики флотингу і стан підсіткових вод.

При цьому з факторів впливу найважливішими є вміст азоту в модифікованому крохмалі $x_1 = 0 \dots 2,5$ %, точка введення модифікованого крохмалу: $x_2 = 0, 1$ – під час розмелювання та $x_3 = 0, 1$ –

під час відливання маси, а також маса відливки $x_4 = 116 \dots 125$ г/м². Необхідність введення фактору x_4 пояснюється тим, що потрібно врахувати коливання маси відливіків.

Процес моделювання розбиваємо на етапи розроблення математичних моделей, що характеризують міцнісні характеристики відливіків, а також стан підсіткової води. На першому етапі як параметри оптимізації вибрано абсолютний опір продавлюванню y_1 , кПа; міцність на злам під час багаторазових перегинів y_2 , ч.п.п.; опір роздиранню y_3 , мН; розривну довжину y_4 , м; опір торцевому стисненню y_5 , Н. Для складання матриці експериментальних досліджень використано результати аналізу міцнісних характеристик відливіків (див. табл. 1 і 2).

Одержано такі залежності:

$$\begin{aligned}y_1 &= 365,23 - 33,7x_1 \cos x_1 - 123 \cos x_2 \cos x_3 - 26,3x_2 \sin x_4 - 5,27x_1 x_2; \\y_2 &= 106,48 - 182x_1 \cos x_1 \cos x_2 \cos x_4 + 86,3 \sin^4 x_4 + 158x_3 \cos x_1 \sin^2 x_4 + 49,9 \cos x_1 \cos^2 x_3 \cos x_4 + 23,1x_2 x_4 \cos x_1 \cos x_4; \\y_3 &= 1005,38 + 385 \sin^3 x_1 \cos x_2 - 1,39 \cos^3 x_3 \cos x_4 - 24,5x_1^2 \cos x_3 \sin x_4 + 5,65 \cdot 10^{-5} x_4^3 \cos x_2 + 103x_3 \cos x_1 \sin^2 x_4; \\y_4 &= 4389,37 - 1530 \cos x_1 \cos x_2 \cos^2 x_4 - 886x_3 \cos x_1 \sin^2 x_4 + 394x_2 \cos x_1 \cos x_4 - 424 \sin x_1 \cos x_3 \sin^2 x_4 - 373 \sin x_1 \sin x_4 \cos^2 x_4; \\y_5 &= 258,11 - 0,209x_1 x_4 \cos x_1 \cos x_2 - 14,6x_1 \sin^2 x_1 \cos x_3 - 12 \cos x_2 \cos^3 x_4 - 12x_3 \cos^2 x_1 \cos x_4 + 23,4x_3 \cos x_1 \sin x_4 \cos x_4.\end{aligned}$$

Відносна похибка наведених залежностей не перевищує 2,7 %.

На другому етапі як параметри оптимізації вибрано показники стану підсіткової води: вміст крохмалю y_6 , %; мутність y_7 , мг/дм³; вміст змулених y_8 , прожарених змулених y_9 речовин, мг/дм³; вміст сухого y_{10} і прожареного сухого залишку y_{11} , мг/дм³. Для складання матриці експериментальних досліджень використані результати аналізу стану підсіткової води (див. табл. 3).

Одержано такі залежності:

$$\begin{aligned}y_6 &= 0,109 + 0,0819 \cos x_1 \cos^2 x_3 - 0,001x_1 + 0,0051 \sin x_1; \\y_7 &= 178,589 + 116 \cos x_1 \cos^2 x_2 \cos x_3 - 16,9x_1 x_2 \sin x_1 \cos x_1 + 40,4 \sin x_1 \cos^3 x_1 + 13,9x_1 - 6,17x_1 x_3 \sin x_1 \cos x_1; \\y_8 &= 64,14 - 25,1x_1 - 27,6x_3 \sin x_1 + 14,9 \sin^2 x_1 + 11,3x_1 \cos x_2 - 7,96x_2 \sin^2 x_1 \cos x_1 - 3,63x_2 \cos^2 x_1; \\y_9 &= 50,82 - 48,7 \sin x_1 \cos x_2 + 18,1x_1 \sin x_1 \cos x_1 \cos x_3 - 33,4x_3 \sin x_1 \cos^2 x_1 - 10,5x_2 \cos^3 x_1 + 7,79x_1 x_3 \sin x_1; \\y_{10} &= 659,57 + 292 \cos^3 x_1 - 123x_1 \sin^2 x_1 \cos x_3 + 169 \sin x_1 \cos^3 x_1 - 62,8x_1 x_2 \sin x_1 \cos x_1; \\y_{11} &= 619,05 - 154x_1 - 100 \sin x_1 \cos x_3 + 30,2x_3 \cos x_1 - 15 \sin^2 x_1 - 31,9 \sin x_1 \cos^2 x_1 \cos x_3.\end{aligned}$$

Відносна похибка наведених залежностей не перевищує 3,4 %.

Висновки. Фізико-механічні показники паперу для гофрування (флутингу) підвищуються зі збільшенням вмісту азоту в крохмальних клеях, катіонованих епоксид-пропіл-три-етанол-амонійхлоридом.

Використання модифікованих клеїв зменшує їх вміст у підсітковій воді та мутність підсіткових вод. Ці клеї сприяють утриманню дрібних волокон на сітці папероробної машини, що обумовлено більш розгалуженою структурою модифікованих клеїв порівняно з немодифікованими.

На всі фізико-механічні показники (особливо на показник міцності на злам за багаторазових перегинів і склад підсіткових вод) впливає місце введення клею (під час розмелювання чи відливання). Для зменшення затрат на очищення трубопроводів від осадів мікробіологічного походження бажано вводити клей під час відливання.

Одержано математичні залежності, що адекватно описують досліджувані процеси.

Список використаної літератури

1. Марцева Т. Восстановленная бумага: проблемы и пути решения / Т. Марцева // Макулатура. – 2009. – № 2. – С. 12-19.
2. Хонимен Дж. Успехи химии целлюлозы и крахмала / Дж. Хонимен. – М. : Изд-во иностр. лит., 1962. – 444 с.
3. Pat. 678636, Switzerland. Verfahren zum zeimen von papier oder karton / Mori Peter Werner. – Publ. 07.05.91.
4. Пloedек-Фабини Р. Органический анализ / Р. Пloedек-Фабини, Т. Бейрих ; пер. с нем. – Л. : Химия, 1981. – 624 с.
5. Основи біогеохімії : метод. вказівки до виконання лабораторних робіт / укл. Т. О. Шаблій, А. Д. Крисенко, Т. В. Крисенко, Р. В. Сербіна. – К. : Політехніка, 2003. – Ч. 1. – 44 с.

Надійшла до редакції 23.03.2012.

Antonenko L. P., Khovrenko O. V., Ploskonos V. H., Linovetska V. M.
USING A MODIFIED STARCH GLUE IN FLUTING PRODUCTION

It is proved that with the increase of nitrogen content in starch adhesives, cationated by epoksi-propil-triethanol-ammonia-chloride, they are better kept on the fiber, which in turn leads to both decrease in the starch content and turbidity of the sub grid water and increase physical and chemical characteristics of the paper more than two times. So it is proved that the referred measures are affected by the injection site of the starch glue (during grinding or low tide). Microbiological research of the considered variants of the sub grid water on the tenth day after production of castings showed that introduction of starch glue during grinding is favorable for the bacteria development. From experimental data mathematical treatment of results is done. The mathematical models describe probed process adequately and also optimization is done on the method of organization of the difficult systems on the basis of group account of arguments are got.

Keywords: glue, starch, fluting, modification, waste paper.

References

1. Marceva T. Vosstanovlennaja bumaga: problemy i puti reshenija [The restored paper: problems and solutions] / T. Marceva // Makulatura. – 2009. – № 2. – S. 12-19.
2. Honimen Dzh. Uspehi himii celljulozy i krahmala [Successes of chemistry of cellulose and starch] / Dzh. Honimen. – M. : Izd-vo inostr. lit., 1962. – 444 s.
3. Pat. 678636, Switzerland. Verfahren zum zeimen von papier oder karton / Mori Peter Werner. – Publ. 07.05.91.
4. Pljudek-Fabini R. Organicheskiy analiz [Organic analysis] / R. Pljudek-Fabini, T. Bejrih ; per. s nem. – L. : Himija, 1981. – 624 s.
5. Osnovy bioheokhimii [Bases of biogeochemistry] : metod. vkazivky do vykonannia laboratornykh robit / ukl. T. O. Shablii, A. D. Krysenko, T. V. Krysenko, R. V. Serbina. – K. : Politekhnika, 2003. – Ch. 1. – 44 s.

УДК 628.3-66.081.6:542.87

КУЧЕРУК Д. Д.¹, д.х.н.; ДУЛЬНЕВА Т. Ю.¹, к.х.н.; РЕДЬКОВИЧ В. І.², магістр.
¹Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського НАН України, м. Київ
²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ЕЛЕКТРОБАРОМЕМБРАННЕ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД ІОНІВ Zn^{2+} ІЗ СУПУТНІМ ВИДІЛЕННЯМ ВОДНЮ ТА ЛУГУ

Розроблено екологічно безпечний високоефективний процес очищення води електробаромембранним методом за допомогою трубчастої титанової мембрани, що є катодом, від іонів Zn^{2+} з одночасним виділенням водню та лугу. Показано, що при розташуванні анода зовні трубки, густині струму $152,4 \text{ A/m}^2$, робочому тиску $0,1 \text{ МПа}$, концентрації іонів Zn^{2+} у вихідному розчині 40 мг/дм^3 коефіцієнт затримання іонів Zn^{2+} становив $98,0 \%$.

Ключові слова: очищення води, одержання водню та лугу, електробаромембранний метод, титанова мембрана.

Постановка проблеми. Однією з актуальних задач сьогодення є пошук альтернативних екологічно чистих джерел енергії, одним із яких може стати водень. Не менш важливим є очищення промивних вод гальванічних виробництв, для чого застосовують, зокрема, електробаромембранне розділення на пористих металевих трубках, стійких до хімічного, біологічного, термічного впливу й таких, що легко регенеруються зворотним потоком води або повітря.

Аналіз попередніх досліджень. Дослідження, проведені в ІКХХВ НАН України [1-3], свідчать про перспективність використання електробаромембранного методу для очищення стічних вод. Досягти цього можна, використовуючи титанові трубчасті мембрани як катоди. За катодної поляризації пористої металеві трубки у воді, що містила іони Zn^{2+} , на поверхні катоду відбувалося осадження гідроксиду цинку