

ЕКОЛОГІЯ

УДК 676.038.2:546.791:628.162

ГОМЕЛЯ М. Д., д.т.н., проф.; МОВЧАНЮК О. М., к.т.н., доц.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ФІЛЬТРУВАЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ БАРОМЕМБРАННОГО ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

Стаття присвячена отриманню з сульфатної хвойної вибіленої целюлози фільтрувального матеріалу для очищення води від завислих і колоїдних частинок, що обумовлюють її каламутність. Досліджено вплив вмісту лавсанового волокна та клею на основі полівінілового спирту на механічні та експлуатаційні характеристики фільтрувального матеріалу.

Ключові слова: хвойна целюлоза, лавсан, полівініловий спирт, фільтрування, дистильована вода, суспензія сульфату барію, суспензія каоліну, опір продавлюванню, селективність, продуктивність

© Гомеля М. Д., Мовчанюк О. М., 2014.

Постановка проблеми. Баромембранні процеси використовують для очищення, розділення та концентрування розчинів в промисловості США, Японії, Франції, ФРН, країн Близького Сходу [1]. Останніми роками технології з використанням мембран стали альтернативою традиційним методам очищення. Процес здійснюють без фазових перетворень, тому енергія використовується в основному на створення тиску вихідної рідини та її переміщення в апараті. Важливою перевагою є той факт, що питомі капіталовкладення у створення установок є невисокими, термін окупності – невеликим, установки є простими у використанні, надійними в експлуатації, легко автоматизуються. Однак вартість мембран для таких установок, зазвичай, дуже висока. Тому від мембран вимагають тривалого терміну експлуатації.

Однією з проблем довготривалого використання мембран є їхнє забруднення, яке спричинює зменшення селективності та/чи продуктивності, що, у свою чергу, призводить до погіршення якості продукту, підвищеного споживання електроенергії та потребує використання хімічних реагентів для відновлення властивостей мембран [1]. Тому питання зниження вартості мембран є дуже актуальним. Отримання дешевих мембран дозволило б частіше їх змінювати, мінімізувавши при цьому витрату хімічних реагентів для стабілізації води та регенерації мембран.

Метою статті було отримання та оцінка властивостей фільтрувального матеріалу (ФМ) для очищення води за підвищеного тиску.

Виклад основного матеріалу. Лабораторні зразки ФМ масою 80 г/м² виготовляли на листовідливному апараті ЛА-2. Композиція складалася з хвойної вибіленої сульфатної целюлози марки ХБ-5, лавсанового волокна та клею на основі полівінілового спирту (далі – клею) у різних співвідношеннях. Витрату лавсану та клею розраховували у відсотках від абсолютно сухого волокна целюлози. Целюлозну масу готували в лабораторному розмелювальному комплекті ЛКР-1 за концентрації 4 %. Ступінь помелу маси – 90 ШР. Частину зразків проклеювали клеєм, що вводили в масу.

Оскільки експлуатація ФМ має відбуватися за умов підвищеного тиску, його насамперед випробували на механічну міцність. Її визначали за опором продавлюванню, у середньому з двох боків (табл. 1 і 2), оскільки зовнішні зусилля під час роботи спрямовані саме в перпендикулярному до поверхні ФМ напрямі. Опір продавлюванню є складною функцією опору розриву та подовження до розриву, що, в свою чергу, залежать від міцності міжволоконних зв'язків, міцності та еластичності волокон [3].

Волокно лавсану є гідрофобним, пружним, має високу еластичність, розривну довжину, стійке до дії хімреагентів та світла, найвищу термостійкість (до 230 °С). Воно також не втрачає міцності у вологому стані [2]. Завдяки цим властивостям, волокна лавсану мають підвищувати опір продавлюванню. Проте, оскільки вони не утворюють необхідної кількості водневих зв'язків із целюлозними волокнами, для закріплення їх у матеріалі необхідна зв'язувальна речовина. Як таку використовували клей на основі полівінілового спирту (ПВС), що має високі зв'язувальні властивості, а наявність великої кількості гідроксильних груп дає можливість утворювати водневі зв'язки з целюлозними волокнами.

За витрати лавсану 15 % помічено підвищення опору продавлюванню. Максимальне підвищення (на 29,4 %), порівняно з базовим варіантом, досягнуто за витрати клею 50 % від маси абсолютно сухого волокна. Подальше збільшення витрати клею до 90 % знижує показник, але утримує його на вищому за базовий варіант рівні (на 8,4 %). Імовірно, більша кількість клею спричиняє флокуляцію волокон целюлози, що заважає утворенню зв'язків між ними, і загальна кількість зв'язків зменшується. При цьому підвищення опору продавлюванню матеріалу завдяки високій міцності та еластичності волокон уже не може компенсувати зменшення міжволоконних сил зв'язку через надмірну кількість клею. Із збільшенням витрати лавсану з 15 до 30 % для всіх значень витрат клею зафіксовано зменшення опору продавлюванню. Порівняно з базовим варіантом, максимального показника досягнуто за витрати клею 10 %. Приріст показника при цьому становить 10 %. Подальше збільшення витрати клею зменшує опір продавлюванню, причому за витрат 70 і 90 % цей показник стає на 1,7...6,3 % меншим, аніж у базового зразка. Це відбувається внаслідок зменшення кількості водневих зв'язків між волокнами целюлози через велику кількість лавсану та клею.

Таблиця 1 – Опір продавлюванню зразків різної композиції без поверхневого покриття

Код зразка	Маса 1 м ² , г	Витрата, %		Опір продавлюванню, кПа		Зміна опору порівняно з базовим варіантом, %	
		лавсану	ПВС	отриманий	зведений до 80 г/м ²	отримана	зведена до 80 г/м ²
Базовий	80	0	0	238	238	–	–
M1505/80	80	15	5	256	257	7,6	8,0
M1505/89	89	15	5	303	272	27,3	14,3
M1505/94	94	15	5	326	277	37,0	16,3
M1510/65	65	15	10	229	281	–3,8	18,1
M1510/81	81	15	10	279	275	17,2	15,5
M1530/97	97	15	30	336	277	41,2	16,4
M1550/94	94	15	50	362	308	52,1	29,4
M1550/98	98	15	50	352	287	47,9	20,6
M1590/84	84	15	90	272	258	14,3	8,4
M3005/83	83	30	5	255	247	7,1	3,8
M3005/108	108	30	5	327	242	37,4	1,7
M3010/62	62	30	10	179	231	–24,8	–2,9
M3010/86	86	30	10	267	248	12,2	4,2
M3010/89	89	30	10	272	244	14,3	2,5
M3010/94	94	30	10	290	247	21,8	3,8
M3010/105	105	30	10	311	237	30,7	–0,4
M3010/108	108	30	10	355	262	49,2	10,1
M3030/116	116	30	30	363	250	52,5	5,0
M3070/84	84	30	70	235	223	–1,3	–6,3
M3070/89	89	30	70	266	239	11,8	0,4
M3090/84	84	30	90	239	227	0,4	–4,6
M3090/102	102	30	90	298	234	25,2	–1,7

Поверхнє нанесення клею на зразки дозволяє підвищити опір продавлюванню на 66...77 % порівняно з базовим варіантом (табл. 2), адже ПВС здатен утворювати неперервні, прозорі, гнучкі, бактеріостійкі плівки з високим опором розриву [4]. При цьому композиція зразка майже не впливає на зростання показника.

Щоб оцінити властивості зразків, було визначено їх фільтрувальну здатність за методикою ГОСТ 7584-89 (табл. 3), яку порівнювали з такою для фільтрувального паперу «блакитна стрічка» (ФПСС), що є мало-зольним, підвищеної щільності, повільної фільтрації та використовується для відокремлення від розчину дрібнокристалічних осадів (роздільну здатність визначають за осадом BaSO₄).

Установлено, що із збільшенням витрати клею швидкість фільтрування спочатку збільшується, досягає максимуму за 10 % клею для зразків із вмістом лавсану 15 % і за 30 % клею для зразків із вмістом лавсану 30 %, після чого зменшується. Під час випробування зразків із витратою лавсану 30 % та клею 5 і 10 % у фільтраті виявили окремі волокна лавсану. Така кількість клею недостатня для надійного закріплення всіх волокон, тому ці композиції були визнані неприйнятними, і ці зразки в подальшому не випробовували.

Таблиця 2 – Опір продавлюванню зразків різної композиції з поверхневим покриттям

Код зразка	Маса 1 м ² , г		Витрата, %		Опір продавлюванню, кПа		Зміна опору порівняно з базовим варіантом, %	
	зразка	покриття	лавану	ПВС	отриманий	зведений до 80 г/м ²	отримана	зведена до 80 г/м ²
M1505/105П11	105	11	15	5	517	394	117	66
M1510/92П11	92	11	15	10	486	421	104	77
M1530/97П11	97	11	15	30	511	421	115	77
M1550/104П13	104	13	15	50	525	406	121	71
M1590/89П13	89	13	15	90	468	421	97	77
M3030/108П14	108	14	30	30	555	410	133	72
M3050/99П12	99	12	30	50	511	414	115	74

Із збільшенням витрати лавсану помічено зростання швидкості фільтрування для зразків з однаковою витратою клею. Для витрати клею 30 % швидкість фільтрування за вмісту лавсану 30 % становить 0,37 см³/хв, тоді як за вмісту лавсану 15 % – лише 0,11 см³/хв, що у 3,4 раза менше.

Порівняно з «блакитною стрічкою» швидкість фільтрування зменшується дуже суттєво, наприклад, для зразка з витратою лавсану 15 і клею 10 % – у 91 раз. Імовірно, це відбувається внаслідок значного зменшення пористості й розмірів пор зразків ФМ завдяки високому помелу целюлози та наявності клею.

Таблиця 3 – Фільтрувальна здатність зразків за атмосферного тиску

Код зразка	Маса 1 м ² , г	Витрата, %		Фільтрувальна здатність, хв.	Швидкість фільтрування, см ³ /хв.	Зміна швидкості, %
		лавану	ПВС			
ФПСС	85	–	–	1	10	–
M1505/80	80	15	5	69	0,15	98,5
M1505/89	89	15	5	77	0,13	98,7
M1505/92	92	15	5	80	0,13	98,7
M1510/76	76	15	10	97	0,10	99,0
M1510/83	83	15	10	107	0,09	99,1
M1530/86	86	15	30	83	0,12	98,8
M1530/94	94	15	30	92	0,11	98,9
M1550/94	94	15	50	78	0,13	98,7
M1590/83	83	15	90	64	0,16	98,4
M3005/82	82	30	5	20	0,50	95,0
M3005/86	86	30	5	22	0,46	95,4
M3010/88	88	30	10	23	0,44	95,6
M3010/102	102	30	10	27	0,37	96,3
M3030/92	92	30	30	30	0,33	96,7
M3030/107	107	30	30	37	0,27	97,3
M3050/88	88	30	50	25	0,40	96,0
M3050/92	92	30	50	27	0,37	96,3
M3070/81	81	30	70	21	0,48	95,2
M3070/91	91	30	70	23	0,44	95,6
M3090/91	91	30	90	17	0,59	94,1
M3090/94	94	30	90	18	0,56	94,4

Експлуатаційні характеристики зразків ФМ оцінювали за їх селективністю та продуктивністю. Установлено, що за сталого тиску фільтрування продуктивність зразків без поверхневого покриття за дистильованою водою з часом зменшується (рис. 1 і 2). На початку фільтрування відбувається максимальне зменшення продуктивності для всіх випробуваних зразків. Наприклад, за тиску 0,25 атм після перших 5 хв. фільтрування для зразків M1590/76 і M1590/84 із витратою клею 90 % продуктивність зменшується до 0,29 і 0,78 см³/(см² · хв.) (на 15,4 і 48,3 % відповідно). Аналогічне зменшення продуктивності для зразків M1550/99 і M1550/94 із витратою 50 % протягом цього часу становить 17,0 і 32,4 % відповідно, зразка M1530/97 із витратою клею 30 % – 25 %, зразка M1510/65 із витратою клею 10 % – 31 %. Зменшення проду-

ктивності на початку фільтрування відбувається, оскільки целюлоза, з якої переважно складається отриманий ФМ, є капілярно-пористим матеріалом, і під дією тиску відбувається його стискання. Окрім цього, зразки змочували водою безпосередньо перед випробуванням, тому на початку фільтрування волокна целюлози починають набухати, збільшуватися в розмірах і заповнювати міжволоконний простір. При цьому зменшується розмір пор зразка і, відповідно, його продуктивність. Більша пористість зразка спричиняє більше його стиснення. Тому зразок М1590/84, який показав максимальну початкову продуктивність, мав і найбільшу (майже вдвічі) втрату продуктивності у перші хвилини фільтрування.

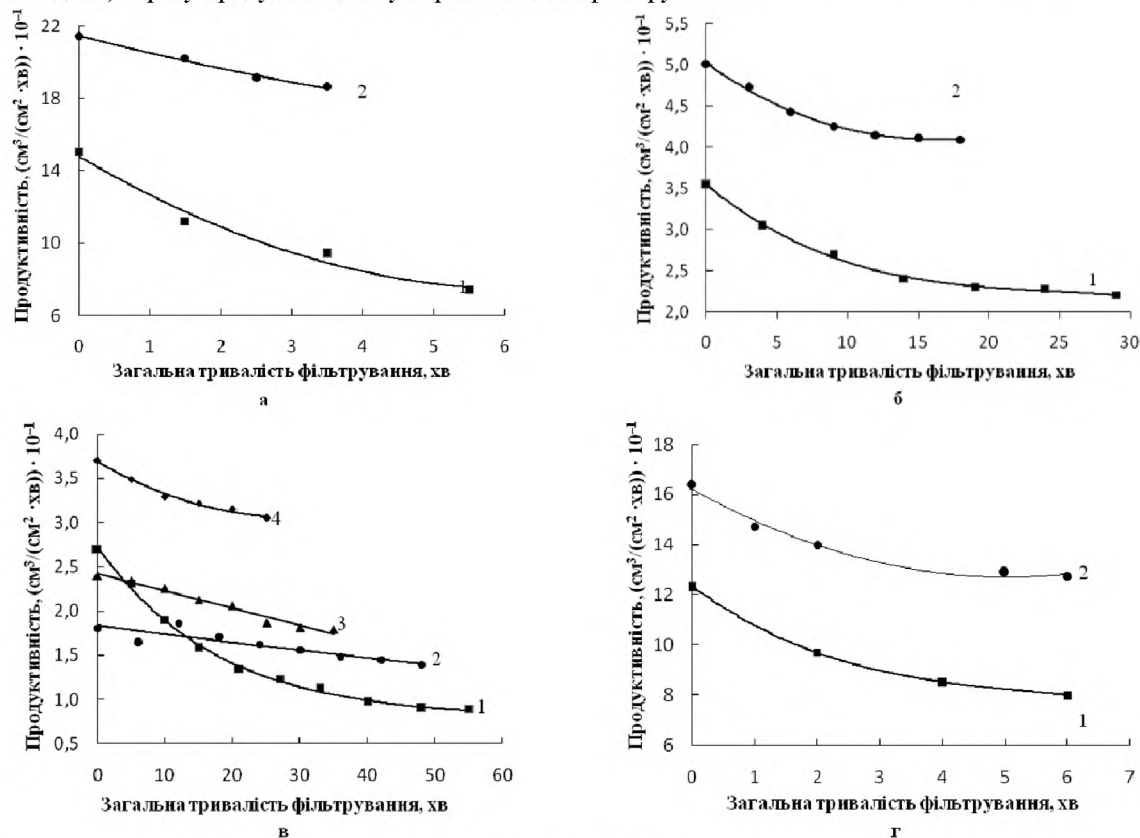


Рис. 1 – Залежність продуктивності від тривалості фільтрування за тисків 0,25 (1); 0,50 (2); 0,75 (3) та 1 атм (4) для зразків М1590/84 (а), М1590/76 (б), М1550/99 (в) і М1550/94 (г)

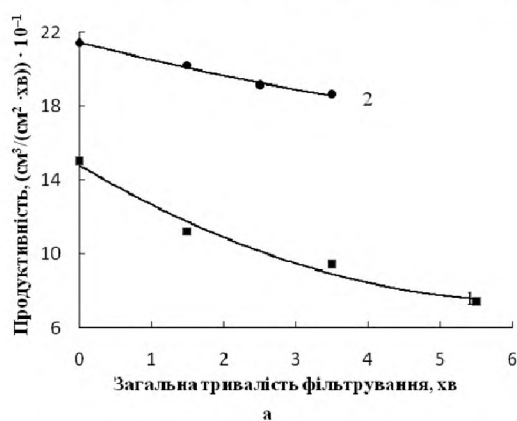


Рис. 2 – Залежність продуктивності від тривалості фільтрування за тиску 0,25 атм для зразків М1530/97 (1) і М1510/65 (2)

Підвищення тиску збільшувало продуктивність. Якщо порівнювати початкову продуктивність для зразка М1590/84 за тисків 0,25 і 0,50 атм, то вона зростає на 42,1 %, для М1590/76 – на 43,1 %, для М1550/94 – на 32,6 %. А от для зразка М1590/84 за тиску 0,5 атм зафіксовано зменшення продуктивності на 33 %, а за тиску 0,75 атм – на 11 % порівняно з 0,25 атм. Лише за тиску 1 атм початкова продуктивність на 37 % перевищує таку за тиску 0,25 атм. Зразки М1510/65, М1530/97 і М1590/84 мають настільки низький гідравлічний опір, що підвищення тиску понад 0,25 атм було недоцільним.

Зразки з поверхневим покриттям дозволяють працювати за тисків 3...4 атм (табл. 4). Як і для зразків без покриття, із часом відбувається зменшення їхньої продуктивності внаслідок ущільнення матеріалу. Так, за тиску 4 атм продуктивність зраз-

ка М1530/97П11 зменшується на 29,8 % протягом перших 5 хв. фільтрування, зразка М3030/108П14 – на 8 % (можливо, через більшу масу покриття останнього). Для зразка ж М1510/92П11, висушеного на повітрі після попереднього випробування, продуктивність за цього тиску зростає.

Таблиця 4 – Фільтрування дистильованої води під тиском крізь зразки з поверхневим покриттям

Код зразка	Об'єм фільтрату, см ³	Тривалість фільтрування, хв	Загальна тривалість фільтрування, хв	Тиск, атм	Продуктивність, 10 ⁻³ см ³ /(см ² · хв)
М1510/92П11	25	66,23	0	3	3,34
	20	84,02	70		2,11
	10*	18,83	2,75	4	4,70
	10	17,42	21,6		5,08
	10	13,98	39,0		6,33
	10	13,38	55,0		6,61
М1530/97П11	10	13,10	71,0		6,75
	10	6,82	0	4	12,97
	10	13,00	8		6,80
	10	15,27	23		5,79
	10	18,22	39		4,86
10	16,62	58	5,32		
М3030/108П14	25	9,78	0	3	22,61
	25	43,68	10		5,06
	10	17,35	0	4	5,10
10	24,30	18	3,64		
М3050/98П13	25	6,17	0	0,25	35,84
	25	11,95	7		18,51
	25	17,13	20		12,91
	25	31,13	38		7,10
	25	3,43	0	1	64,48
	25	4,87	4		45,41
	25	5,68	9		38,94
	25	7,05	15		31,37
	25	0,32	0	4	691,13
	25	0,33	0,5		670,18
	25	0,33	1,0		670,18
	25	0,37	1,5		597,73
	25	0,38	2,0		582,00
	25	0,40	2,5		552,90
25	0,43	3,0	514,33		

* Зразок було висушено на повітрі після попереднього випробування.

Початкова продуктивність для різних зразків також відрізнялася. Так за тиску 4 атм для зразка М1530/97П11 вона становила $12,97 \cdot 10^{-3}$, для М3030/108П14 – $5,10 \cdot 10^{-3}$, для М3050/98П13 – $691,13 \cdot 10^{-3}$ см³/(см² · хв). Останнє значення є сумірним із продуктивністю зразків без покриття. Це, ймовірно, викликано пошкодженням поверхневого шару клею. Підвищення тиску з 3 до 4 атм зменшило початкову продуктивність зразка М3030/108П14 на 77,4 %.

Після фільтрування дистильованої води зразки були висушені і через 2 місяці випробувані для фільтрування суспензії ВаSO₄, одержаної осадженням (табл. 5), після чого знов висушені й випробувані для фільтрування суспензії каоліну (табл. 6). Початкова каламутність суспензії ВаSO₄ і каоліну становила відповідно 4250 і 5000 мг/дм³.

Суспензія сульфату барію містила дрібнокристалічний осад. Розмір частинок суспензії коливався в межах 0,1...5,0 мкм за середнього діаметра 0,5...2,0 мкм. За тиску 0,25 атм із збільшенням витрати клею з 10 до 50 % продуктивність зменшувалася на 76 %, для М1550/99 із витратою клею 50 % – досягала мінімального значення 0,15 см³/(см² · хв), а далі знов зростала. Максимальну продуктивність зафіксовано для зразка

M1590/76 – 0,79 см³/(см² · хв), що у 5,3 раза вище, ніж для M1550/99. Селективність усіх зразків при цьому тиску була майже однакова – від 99,46 % для M1530/97 до 99,94 % для M1550/99.

І тут із підвищенням тиску продуктивність зростала. Для зразка M1530/97 після підвищення тиску з 0,25 до 0,5 атм продуктивність зросла на 69,4 %, для зразка M1550/99 – на 66,7, для зразка M1590/76 – на 21,5 %. Найбільший тиск (1,25 атм) витримував зразок M1550/99. Продуктивність при цьому дорівнювала 0,6 см³/(см² · хв), що учетверо більше, ніж за тиску 0,25 атм.

Таблиця 5 – Фільтрування суспензії BaSO₄ (C_{заг} = 4250 мг/дм³)

Код зразка	Об'єм фільтрату, см ³	Тривалість фільтрування, хв	Загальна тривалість, хв	Тиск, атм	Продуктивність, 10 ⁻¹ см ³ /(см ² · хв)	Каламутність фільтрату, мг/дм ³	Селективність, %
M1510/65	50	0,70	–	0,25	6,3	6,5	99,85
M1530/97	50	1,22	0,03	0,25	3,6	23,0	99,46
	50	0,73	1,45	0,50	6,1	9,0	99,79
M1550/99	25	1,50	0,23	0,25	1,5	2,7	99,94
	25	0,88	2,32	0,50	2,5	7,0	99,84
	25	0,65	3,57	0,75	3,4	11,0	99,74
	25	0,53	4,45	1,00	4,2	6,5	99,85
	25	0,37	5,27	1,25	6,0	9,0	99,79
M1590/76	25	0,28	0,07	0,25	7,9	11,0	99,74
	25	0,23	0,47	0,50	9,6	6,5	99,85

Під час фільтрування суспензії каоліну для продуктивності спостерігається така ж залежність від витрати клею, як і для суспензії BaSO₄ (табл. 6). Для тиску 0,25 атм продуктивність є мінімальною для зразка M1550/99. Це на 39,3 % нижче, ніж продуктивність під час фільтрування суспензії BaSO₄ і на 66,3 % – ніж для дистильованої води за цього ж тиску. Продуктивність для зразка M1510/65 за тиску 0,25 атм під час фільтрування суспензії BaSO₄ знизилася порівняно з дистильованою водою на 55 %, із каоліном – на 60,7 %. Максимальна продуктивність і висока селективність для зразка M1550/94 пояснюється тим, що він не випробовувався під час фільтрування сульфату барію, тобто мав чисті пори.

Таблиця 6 – Фільтрування суспензії каоліну (C_{заг} = 5000 мг/дм³)

Код зразка	Об'єм фільтрату, см ³	Тривалість фільтрування, хв	Загальна тривалість, хв	Тиск, атм	Продуктивність, 10 ⁻¹ см ³ /(см ² · хв)	Каламутність фільтрату, мг/дм ³	Селективність, %
M1510/65	25	0,40	–	0,25	5,53	500	90,00
M1530/97	25	1,08	0,10	0,25	2,05	437,5	91,25
	25	0,55	1,45	0,50	4,02	24,5	99,51
M1550/94	25	0,60	0,12	0,25	3,69	51,0	98,98
	25	0,52	1,02	0,50	4,25	17,5	99,65
M1550/99	25	2,43	0,16	0,25	0,91	387,5	92,25
	25	1,50	3,10	0,50	1,47	35,0	99,30
	25	1,25	4,98	0,75	1,77	31,0	99,38
	25	0,93	6,55	1,00	2,38	11,0	99,78
	30	0,90	7,82	1,25	2,46	11,0	99,78
	25	0,63	9,42	1,50	3,51	7,5	99,85
	25	0,48	10,93	1,75	4,42	10,0	99,80
M1590/76	50	2,12	0	0,25	2,1	63	98,74
	50	1,27	2,50	0,50	3,5	1112,5	77,75

Із підвищенням тиску продуктивність досліджених зразків також зростає. Для зразка M1530/97 із підвищенням тиску з 0,25 до 0,5 атм продуктивність збільшується на 96,1 %, M1550/99 – на 61,5 %, M1590/76 – на 66,7 %. Найвищого тиску (1,75 атм) досягнуто для зразка M1550/99. Продуктивність при цьому дорівнює 0,44 см³/(см² · хв), що у 4,9 раза перевищує значення для тиску 0,25 атм.

Під час фільтрування суспензії каоліну для зразків із витратою клею 10, 30 і 50 % каламутність фільтрату за тиску 0,25 атм є достатньо високою (500; 437,5 і 387,5 мг/дм³). Із збільшенням витрати клею з 10 до 30

і 50 % відбувається зниження каламутності на 12,5 і 22,5 %. Підвищення тиску до 0,5 атм зменшує каламутність, імовірно, внаслідок ущільнення матеріалу та завдяки утворенню фільтрувального шару з каоліну на поверхні зразка. Для зразка M1550/99 за тиску 0,5 атм каламутність фільтрату є на 91 % нижчою, аніж для тиску 0,25 атм. Подальше підвищення тиску з 0,5 до 0,75 атм зменшує каламутність на 11 %, із 0,75 до 1 атм – на 64,5 %. За тиску 1,5 атм забезпечується максимальна селективність – 99,85 %. Зразок із витратою клею 90 % випадає із загального ряду. За тиску 0,25 атм каламутність фільтрату, порівняно з початковою, зменшується до 63 мг/дм³, забезпечуючи селективність 98,74 %, а за тиску 0,5 атм – зростає у 17,6 раз. Можливою причиною цього може бути висока пористість матеріалу.

Випробування ФПСС виявилися невдалими через його високу пористість. Тому цей папір було випробувано під час фільтрування суспензій BaSO₄ і каоліну за атмосферного тиску (табл. 7). Помітно, що зразки ФМ є ефективнішими.

Таблиця 7 – Фільтрування суспензій BaSO₄ і каоліну за атмосферного тиску на «блакитній стрічці»

Суспензія	Об'єм фільтрату, см ³	Тривалість фільтрування, хв	Швидкість фільтрування, см ³ /хв	Каламутність, мг/дм ³		Селективність, %
				суспензії	фільтрату	
BaSO ₄	10	2,28	4,39	11125	1750	84,3
Каоліну	10	14,33	0,70	5000	1100	78,0

Висновки. Одержано зразки фільтрувального матеріалу, що дозволяють забезпечити селективність фільтрування до завислих і колоїдних часток, які обумовлюють каламутність води, до 99,85 % за продуктивності до 0,96 см³/(см² · хв), тобто на рівні мікрофільтраційних мембран. Ці матеріали можна використати для грубого очищення води чи її попередньої підготовки перед глибоким очищенням [5].

Список використаної літератури

1. Гончарук В. В. Перспективи розвитку фундаментальних і прикладних досліджень в області фізики, хімії і біології води / В. В. Гончарук, А. В. Мамченко, Н. А. Клименко. – К. : Наукова думка, 2011. – 407 с.
2. Роговин З. А. Основы химии и технологии производства химических волокон / З. А. Роговин. – М. : Химия, 1965. – 291 с.
3. Фляте Д. М. Свойства бумаги / Д. М. Фляте. – М. : Лесн. пром-ть, 1970. – 456 с.
4. Крылатов Ю. А. Проклейка бумаги / Ю. А. Крылатов, И. Н. Ковернинский. – М. : Лесн. пром-ть, 1987. – 288 с.
5. Горячий Н. В. Электромембранные процессы [Электронный ресурс] / Н. В. Горячий. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2007. – Режим доступа : http://www.membrane.msk.ru/books/?id_b=14.

Надійшла до редакції 07.03.2014

Gomelia M. D., Movchanuk O. M.

FILTER MATERIAL FOR BAROMEMBRANE WATER PURIFICATION

This article is devoted to the obtaining of filter material from bleached softwood sulphate pulp for water treatment under increased pressure from suspended solids and colloidal particles, which determine water turbidity, and the evaluation of the filter material properties. The influence of the filter material composition (the content of lvsan fibers and adhesives based on polyvinyl alcohol) as well as surface sizing and the mechanical performance of the filter material. The mechanical strength of the samples was determined by the bursting strength factor. The maximum values of the factor for the samples without surface coatings were obtained at the consumption rate of adhesive 50 % and lvsan 15 % by weight of absolutely dry fiber. Adhesive surface coating can improve bursting strength of the filter material by 66... 77 %, and the filter material composition has almost no effect at the growth rate.

The evaluation of the effectiveness (performance characteristics) of the samples was carried out by their selectivity for turbidity and productivity. The investigations were conducted by filtering distilled water, barium sulfate suspension with concentration 4250 mg/dm³, obtained by deposition, and kaolin slurry with concentration of 5000 mg/dm³. The filtration was carried out at increased pressure: from 0.25 to 1.75 atm for samples with no surface coating, from 3 to 4 atm for samples with surface coating. The decrease of performance during filtration with constant pressure was observed for all samples. Samples with the maximal initial performance showed the largest (almost twofold) loss of productivity in the first minutes of filtration. The increasing of the pressure improved the performance while keeping selectivity.

As a result of studies, samples of filter material were obtained, that provided selectivity to suspended and colloidal particles, causing water turbidity, at a level of microfiltration membranes. These materials can be used for rough water treatment or water preconditioning before advanced purification.

Keywords: pine cellulose, polyester, polyvinyl alcohol, filtration, distilled water, suspension of barium sulfate, kaolin suspension, bursting resistance, selectivity.

References

1. Goncharuk V. V. Perspektivy razvitija fundamental'nyh i prikladnyh issledovanij v oblasti fiziki, himija i biologii vody [Prospects of development of fundamental and applied research in physics, chemistry and biology of water] / V. V. Goncharuk, A. V. Mamchenko, N. A. Klimentko. – K. : Naukova dumka, 2011. – 407 s.
2. Rogovin Z. A. Osnovy himii i tehnologii proizvodstva himicheskikh volokon [The basics of chemistry and technology of production of chemical fibers] / Z. A. Rogovin. – M. : Himija, 1965. – 291 s.
3. Fljate D. M. Svoystva bumagi [Properties of paper] / D. M. Fljate. – M. : Lesnaja promyshlennost', 1970. – 456 s.
4. Krylatov Ju. A. Proklejka bumagi [Gluing of paper] / Ju. A. Krylatov, I. N. Koverninskij. – M. : Lesnaja promyshlennost', 1987. – 288 s.
5. Gorjachij N. V. Jelektromembrannye process [Electromembrane processes] / N. V. Gorjachij. – M. : RHTU im. D. I. Mendeleeva, 2007. – http://www.membrane.msk.ru/books/?id_b=14.

УДК 678.073.002.8

КОВАЛЕНКО І. В., к.т.н., доц.; НАДОЛИНСЬКИЙ О. В., магістрант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ГІДРАВЛІЧНА СЕПАРАЦІЯ ПОЛІМЕРНИХ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розглянуто проблему гідросепарації вторинних полімерів. Розроблено математичну модель процесу, проаналізовано умови занурення полімерів у воду та їх відокремлення від інших твердих побутових відходів.

Ключові слова: гідросепарація, полімери, тверді побутові відходи, занурення полімерів.

© Коваленко І. В., Надолінський О. В., 2014.

Постановка задачі. Гідросепарація – спосіб розділення твердих побутових відходів (ТПВ) на складові за допомогою води, що є природним нейтралізатором запахів. Завдяки гідросепарації, можна переробити до 85 % несортованих відходів.

Метою статті є вивчення гідросепарації, за якої полімерні матеріали відсортовують із загальної маси відходів, додаючи до води повітря, що змінює її густину, з одержанням водно-повітряної суміші, у якій полімери не вспливають на поверхню, а починають осідати, оскільки їхня густина виявляється більшою.

Результати досліджень та їх аналіз. Якщо тверда частинка перебуває в рідкому середовищі, її рух відбувається під дією сили тяжіння G , прикладеної до центра мас і спрямованої вертикально вниз, сили Архімеда A , прикладеної до центра мас і спрямованої вертикально вгору, та сили опору F , прикладеної до поверхні частинки і спрямованої в бік, протилежний вектору швидкості осідання (рис. 1).

Розглянемо модель взаємодії твердої частинки і рухомого середовища, припустивши, що вектор руху зріджувального агента є протилежним до вектора сили тяжіння, а сила опору F спрямована протилежно до сили тяжіння G і визначається як $F = f(W_o)$ [2]. Сила тяжіння для твердої частинки $G = V\rho_{\text{тв}}g = l_{\text{сеп}}^2 h\rho_{\text{тв}}g$, де h – товщина твердої частинки, м; $\rho_{\text{тв}}$ – густина полімеру, кг/м^3 ; g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ; $l_{\text{сеп}} = (l_1 + l_2 + l_3)/3$ – середній розмір частинки, м; l_1, l_2, l_3 – розміри будь-якої частинки в трьох взаємно перпендикулярних вимірах, м. Сила Архімеда $A = V(\rho_p + \rho_r)g = l_{\text{сеп}}^2 h(\rho_p + \rho_r)g$, де ρ_p, ρ_r – густини рідини і газу, кг/м^3 . Сила опору середовища $F = \psi\rho_p l_{\text{сеп}}^2 W_o^2/2$, де ψ – коефіцієнт опору; W_o – швидкість осадження, м/с . Рівнодійна сила в загальному випадку $R = ma = V\rho_{\text{тв}}dW_o/dt = l_{\text{сеп}}^2 h\rho_{\text{тв}}dW_o/dt$.

Оскільки $R = G - A - F$, $h\rho_{\text{тв}}g - h(\rho_p + \rho_r)g - \psi\rho_p W_o^2/2 = h\rho_{\text{тв}}dW_o/dt$. Розділимо усі доданки на праву частину останнього рівняння і помножимо їх на безрозмірний комплекс $\rho_{\text{тв}}/\rho_r$:

$$g \frac{\rho_{\text{тв}}}{\rho_r} \frac{d\tau}{dW_o} - g \frac{\rho_{\text{тв}}}{\rho_r} \frac{(\rho_p + \rho_r)}{\rho_{\text{тв}}} \frac{d\tau}{dW_o} - \frac{\rho_{\text{тв}}}{\rho_r} \frac{\psi\rho_p}{h\rho_{\text{тв}}} \frac{W_o^2}{2} \frac{d\tau}{dW_o} - \frac{\rho_{\text{тв}}}{\rho_r} = 0.$$