

УДК 664.68:628.1.033:661.94: 621.745.9

Н.М. Гулієва
ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРИСТИХ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ
МАТЕРІАЛІВ ЩОДО ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ

В даній роботі розглянуто пористі фільтрувальні матеріали на основі природного мінералу – сапоніту. Виконано порівняльну оцінку різних фільтрувальних матеріалів щодо якості питної води за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками.

Ключові слова: пористі фільтрувальні матеріали, якість питної води, активоване вугілля, пінополістирол, титан, сапоніт.

Рис. 2. Табл. 1. Форм. 3. Літ. 9.

Н.М. Гулієва
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРИСТЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ
МАТЕРИАЛОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

В данной работе рассмотрены пористые фильтрующие материалы на основе природного минерала – сапонита. Выполнена сравнительная оценка различных фильтровальных материалов по качеству питьевой воды за органолептическими, физико-химическими и микробиологическими показателями.

Ключевые слова: пористые фильтрующие материалы, качество питьевой воды, активированный уголь, пенополистирол, титан, сапонит.

N.M. Gulieva
COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF POROUS FILTER MATERIAL IN TERMS
OF QUALITY POTABLE WATER

In this paper, the porous filter materials based on natural mineral – saponite. A comparative assessment of different filter materials on the quality of drinking water organoleptic, physical, chemical and microbiological parameters.

Keywords: porous filter materials, the quality of drinking water, activated carbon, pinopolystyrene, titanium, saponite.

Постановка проблеми. Однією з найбільш актуальних проблем в Україні та Світі є питна вода. Високоякісна питна вода повинна задовольняти основні потреби людини. Це є однією з умов зміцнення здоров'я людей та стійкого розвитку України в цілому. Недотримання вимог ДержСанПіну 2.2.4-171-10 [1] якості питної води може призвести до несприятливих наслідків здоров'я і благополуччя населення. Саме тому і виникає необхідність використовувати різні технології для очищення питної води, а також досліджувати їхню ефективність. Вагомий внесок, у розвиток даного напрямку, вклали такі вчені: А.К. Запольський, Н.В. Мішкова [2], В.О. Орлов, М.М. Трохимчук [3], П.А. Витязь, В.М. Капцевич, В.К. Шелег [4], О.Ю. Повстяной, В.Д. Рудь, Л.М. Самчук [5] та ін.

Методика визначення ефективності фільтрування. Ефективність роботи фільтрувального матеріалу – це комплексний показник, який являє собою найбільший ступінь очищення рідин при найменших енергетичних і експлуатаційних витратах [6].

В основі теорії фільтрації лежить закон французького інженера А. Дарсі. Згідно з цим законом, кількість рідини чи газу пропорційна падінню гідродинамічного тиску в напрямку потоку рідини:

$$v_n = -k \frac{\partial p}{\partial n}, \quad (1)$$

де p – тиск, n – нормаль до одиничної площадки, а k – коефіцієнт фільтрації.

Якщо ρ – густина, то кількість рідини ΔQ_1 , зібраної в деякому об'ємі Ω за відрізок часу $[t_1, t_2]$, визначається інтегралом

$$\Delta Q_1 = \int_{t_1}^{t_2} dt \iiint_{\Omega} m \frac{\partial \rho}{\partial t} dx dy dz. \quad (2)$$

Кількість рідини Q_1 у Ω , що відповідає заданій густині, визначається інтегралом:

$$Q_1 = \iiint_{\Omega} m \rho dx dy dz, \quad \Delta Q_1 = \Delta Q_2 = \int_{t_1}^{t_2} dt \iint_S v_n \rho d\delta. \quad (3)$$

Важливим показником ефективності фільтрування є гідравлічний опір, який визначається різницею тисків до фільтрувального матеріалу і після нього. Якісний показник ефективності фільтрувального матеріалу – тонкість фільтрування через фільтрувальну перегородку.

Можливі різні способи оцінки ступеня очищення рідини. На рис. 1 показано експериментальну установку для випробування ефективності ПФМ.

У лабораторних умовах ступінь очищення рідин визначали виходячи з концентрації домішок у зразках рідин до і після фільтрування. Даний аналіз виконували згідно стандартних методик у відповідності до вимог ДержСанПіну [1] за допомогою фотометра фотоелектричного КФК-3-01 дивіться рис. 2.

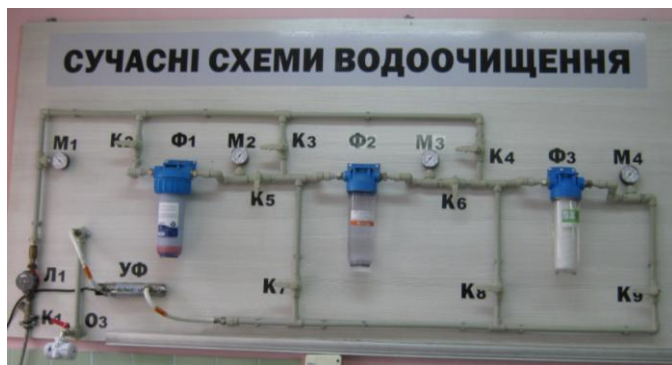


Рис. 1 – Експериментальна установка для випробування ПФМ



Рис. 2 – Фотометр фотоелектричний КФК-3-01

Фотометр фотоелектричний (фотоелектроколориметр) КФК-3-01 призначений для вимірювання коефіцієнтів пропускання і оптичної щільності прозорих розчинів, а також для вимірювання швидкості зміни оптичної щільності речовини і визначення концентрації речовин у розчинах. А також, за допомогою колориметрів вимірювали коефіцієнти пропускання розсіюючих суспензій, емульсій і колоїдних розчинів у прохідному світлі.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є виготовлення пористих фільтрувальних матеріалів та порівняльна характеристика з іншими фільтрувальними матеріалами.

Основні результати дослідження. Фільтрування – процес механічного відокремлення твердих і рідких компонентів суміші з рідини або повітря за допомогою фільтрувальних перегородок, яке здійснюється в спеціальних апаратах – фільтрах. Фільтраційні споруди та установки застосовують для глибокого очищення (доочищення) міських і виробничих стічних вод, що пройшли біологічну або фізико-хімічну очистку. Вони поділяються на фільтри з зернистою засипкою та сітчасті барабанні фільтри.

Фільтри з зернистою засипкою класифікуються:

– за напрямком потоку – бувають зливним (зверху вниз) і напірним (знизу вгору) потоком, в окремих випадках – з горизонтальним потоком;

– за конструкцією: розрізняють одношарові, двошарові, аераційні і каркасно-засипні;

– за видом фільтрувального матеріалу: природні матеріали (кварцовий пісок, гравій, гранітний щебін, доменний шлак, керамзит, антрацит, горілі породи, мармурова крихта, сапоніт та ін.) або штучні матеріали (полімери – пінополіуретан, полістирол, поліпропілен та ін.).

Розглянемо такі фільтрувальні матеріали: активоване вугілля, пінополістирол, титан та сапоніт – титан. Перші два фільтрувальні матеріали (активоване вугілля, пінополістирол) застосовуються у формі вільної засипки, титанові фільтри виготовленні методом порошкової металургії, сапоніт – титан виготовлений за допомогою високотемпературного самопоширювального синтезу (СВС).

Отримання ПФМ за допомогою СВС за багатьма операціями схожа з методом порошкової металургії та заснована на синтезі шихти в спеціальних реакторах.

Вугільні фільтри належать до категорії сорбційних [2]. Вони являють собою колонки, заповнені гранульованим активованим вугіллям з діаметром гранул 0,1 – 1 мм (100 – 1000 мікрон), здатні ефективно затримувати частки приблизно такого ж розміру (хлор, фенольні для хлору з'єднання, запах, кольоровість води). Велика частина органічних речовин у воді частинок має набагато менші розміри – 0,1 – 20 мікрон. Мікроорганізми не затримуються при механічній

фільтрації, так як їх розмір – 0,4 – 3 мікрона. Фільтр неефективний відносно солей важких металів, жорсткості води, радіоактивних елементів, що потребує попереднього механічного очищення.

Пінополістирольні фільтри в якості фільтрувальної засипки використовують суміш спіненого полістиролу типу ПСВ-С [3]. Одна частина полістиролу спінена у виробничих умовах за допомогою пари і потім просіяна на ситі з діаметром отворів 5 мм. Інша – в лабораторних умовах у кип'яченій воді з тривалістю спінення 1 хв. Розрахункова товщина фільтру – вільної засипки складає 1,0 м. Загальний об'єм пінополістиролу, який необхідний для роботи установки, становить $W_{\text{сп}}=1,77 \text{ м}^3$. Їх в основному застосовують для питних вод із великим вмістом загального заліза, що є актуальним у західних областях України.

Титанові фільтри мають високу механічну міцність, корозійну стійкість (при контакті з атмосферним, ґрунтовою вологою, агресивними середовищами), жароміцність ($t_{\text{плав. Ti}} = 1668 \text{ }^\circ\text{C}$) [4]. Стійкі до крайніх температур, вібрації, немагнітність. Вони призначені для очищення без зміни мінерального складу води, що надходить до споживача з джерел і систем господарсько-питного водопостачання, свердловин чи іншої напірної мережі від механічних домішок, колоїдних часток, гідроксиду заліза, нафтопродуктів, шляхом фільтрації через її пористі фільтрувальні матеріали з діаметром пор від 0,2 мкм до 150 мкм. Вони є ефективними при очищенні питної води. Єдиний недолік – висока вартість вихідного матеріалу.

У Луцькому НТУ було виготовлено та випробувано ПФМ на основі сапоніт – титану [7]. Виготовлялися зразки циліндричної форми висотою 220 мм із діаметром 40 мм. Процес отримання ПФМ складався з трьох послідовних етапів: приготування екзотермічної шихти, пресування та високотемпературного синтезу матеріалу. Співвідношення композитів вихідної суміші становило 40 % сапоніту та 60 % титану. Використовувалась шихта фракції +0,01 ... +0,063. Зважування проводили на лабораторних терезах із точністю до 0,1 г. Змішування проводили протягом чотирьох годин у вібраційному барабані.

Сухе радіально-ізостатичне пресування виконували в межах тиску 500 ... 700 МПа. Спінання виконували методом СВС. Загальний час спікання в режимі СВС для композиту сапоніт – титан 80 с при температурі 1350 $^\circ\text{C}$. Процес швидкості горіння отриманого матеріалу в межах 0,46–3,67 мм/с та інтервалі тиску аргону 0,5...4 МПа. Характерною особливістю СВС є наявність двох матеріалів реакції – тугоплавкого з'єднання і окису металу-відновника. Структура такого матеріалу залежить від багатьох факторів: розчинності, відношення питомої ваги, розміру реакційної маси, тиску газу [9].

Основні переваги фільтрів сапоніт – титану:

- особливі сорбційні та антисептичні властивості, що дозволяють виконувати тонке очищення;
- покращують смак і органолептичні показники води;
- номенклатура фільтрувальних елементів різної довжини і геометрії для забезпечення необхідної продуктивності процесу фільтрації;
- відсутність міграції волокон і домішок з фільтрувального шару;
- підвищена брудомісткість фільтрів;
- висока хімічна стійкість фільтрувальних матеріалів до широкого спектру хімреактивів;
- низький вміст речовин, що екстрагуються, відсутність сполучних мастил і поверхнево-активних речовин під час виробництва;
- широкий діапазон робочих температур;
- можливість багаторазової регенерації фільтрувальних елементів.

Результати досліджень випробування вугільного, пінополістирольного, титанового та сапоніт – титанового фільтрів за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками питної води наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники питної води після фільтрування

Найменування показників, одиниці вимірювання	Вихідна вода	Вода після очищення фільтрами				ДСанПіН 2.2.4-171-10
		активоване вугілля	пінополі-стирол	титан 5...10 мкм	сапоніт – титан	
1	2	3	4	5	6	7
Запах при 20 °С, бали	3	2	2	1	1	Не більше 2
Смак та присмак при 20 °С, бали	3	2	2	1	1	Не більше 2
Забарвленість, градуси	15	12	10	7	5	Не більше 20
Каламутність, мг/дм ³	28,77	18,0	15,0	2,3	0,60	Не більше 1,5
Окислюваність, мг О ₂ /дм ³	4,4	3,5	2,8	2,5	1,7	-
Аміак і амонійні солі, мг/дм ³	3,06	2,5	2,0	1,5	0,05	Не більше 2
Нітрити, мг/дм ³	0,003	0,002	0,001	0	0	Не більше 3,3
Нітрати, мг/дм ³	56,73	47,3	25,2	12,5	2,05	Не більше 45
Сульфати, мг/дм ³	33,18	33,16	31,78	30,1	30,08	Не більше 500
Хлориди, мг/дм ³	25,0	22,0	24,0	23,0	22,0	Не більше 350
Залізо загальне, мг/дм ³	9,33	7,23	0,3	0,2	0,1	Не більше 0,2
Твердість загальна, мг-екв/дм ³	9,7	6,8	6,8	6,5	6,3	Не більше 7,0
Кальцій, мг-екв/дм ³	5,2	5,2	5,0	4,8	4,1	–
Магній, мг-екв/дм ³	1,5	1,4	1,5	1,3	1,3	–
Лужність, мг-екв/дм ³	6,5	6,2	6,4	6,2	6,2	–
Нафтопродукти, мг/дм ³	1,1	0,8	0,2	0,1	0,1	–
pH	6,84	6,82	6,78	6,76	6,76	6–9
Загальне мікробне число	10000	50	20	3	1	Не більше 100
Колі-індекс	3	2	2	2	1	Не більше 3

Після проведення ряду досліджень сапоніт – титанові фільтри виявилися найбільш ефективними. Лише, за вмістом загального заліза, що є важливим для Волинського регіону, фільтри із титану та сапоніт – титану очистили питну воду до необхідних норм ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

ВИСНОВОК

Пористі фільтрувальні матеріали композиту сапоніт – титан забезпечують необхідну очистку та доочистку питної води, зберігають їх основні природні характеристики: збалансованість хімічного складу, органолептичні показники, безпечність, фізіологічну повноцінність і біологічну стабільність.

Список використаних джерел:

1. Наказ МОЗ України «Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" від 12 травня 2010 року № 400. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 1 липня 2010 р. за № 452/17747.
2. Запольський А. К. Фільтри для води. Ринок фільтрів для води в Україні / А. К. Запольський, Н. В. Мішкова // Вода і екологія – 2008. – №5. – С. 24-27.
3. Орлов В. О. Установки баштового типу з пінополістирольним фільтром для знезалізнення води / В. О. Орлов, М. М. Трохимчук // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2010. – Вип. 13. – С. 11–18.
4. Савич В.В. Влияние твёрдости формующего инструмента на приповерхностную пористость образца, полученного прессованием и спеканием губчатого порошка титана / В.В. Савич, А.И. Шелухина // Порошковая металлургия: Инженерия поверхности, новое порошковое композиционные материалы. Сварка. – Сборник докладов 8-го Международного симпозиума. – Минск, 2013 – С. 320-325.
5. Клепач Л. М. Використання методу самопоширюваного високотемпературного синтезу для отримання фільтрувальних матеріалів / Л. М. Клепач, В. Д. Рудь, О. Ю. Повстяной // Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету імені Ю. Кондратюка (Серія: галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава, 2006. – Вип. 18. – С. 202-206.
6. Патент України, МПК В01Д 39/00. Спосіб отримання фільтрів / В. Д. Рудь, Л. М. Самчук, Н. М. Гулієва, І. В. Савюк, Ю. В. Воробей; заявник і патентовласник: Луцький національний технічний університет. – № 90891; заявл. 29.01.2014; опубл. 10.06.14, Бюл. № 11.
7. Rud' V. D. Determination of drinking water quality using new information technology / V. D. Rud', N. M. Guliiieva // Actual Problems of Economics: Scientific economic journal. Kyiv, 2014. – V. 4 (154). – С. 481–488..
8. Рудь В. Д. Порошкові фільтруючі матеріали на основі природних мінералів / В. Д. Рудь, С. В. Храпатий, Н. М. Гулієва // Наукові нотатки: зб. наук. праць. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2013. – Вип. 42. – С. 224–227.
9. Рудь В.Д., Самчук Л.М., Гулієва Н.М. Использование СВС-процесса для получения композиционных материалов. // Порошковая металлургия: Инженерия поверхности, новое порошковое композиционные материалы. Сварка. – Сборник докладов 8-го Международного симпозиума. – Минск, 2013 – С. 496-500.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2016.