

средах / Л.И. Антропов, И.С. Погребова // Итоги науки и техники. – М. –1973 . –Серия коррозия и защита от коррозии. – Т.2. –С. 27–112. **7.** Тюпало Н.Ф. Реакции гетаренов с озоном: дисс. докт. хим. наук: 05.17.05 / Тюпало Николай Федорович. – М., 1987. – 212 с. **8.** Степанян А.А. Окисление бензбензозолов озоном: дис. канд. хим. наук: 05.17.05 / Степанян Агасий Агасиевич. –М.–1983.–128 с. **9.** Физические методы в химии гетероароматических соединений. / Под ред. А.Р. Катрицкого –М.: –Л. – Химия. –1966. – 656 с. **10.** Татарченко Г.О. Электронные плотности и адсорбционные свойства пиридин–N–оксидов в уксуснокислом растворе. / Г.О. Татарченко, И.Н. Шаповалова, А.Л. Бродский, Н.Ф.Тюпало//Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля", 2007. –№5(111). – Ч.2. – С. 114–118.

*Поступила в редколлегию 12.06.2012*

## **УДК 628.03**

**Я.В. РАДОВЕНЧИК**, м.н.с., НТУУ «КПІ», Київ,

**В. М. РАДОВЕНЧИК**, докт. техн. наук, проф., НТУУ «КПІ», Київ

### **ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ З КАПІЛЯРНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ ВОДИ ТА НАФТОПОДУКТІВ**

В роботі представлені результати досліджень процесів видалення нафтопродуктів з водного середовища за допомогою матеріалів з капілярними властивостями. На прикладі системи бензин-вода досліджено ряд капілярних матеріалів. Запропоновано схему капілярного фільтру для розділення нафтопродуктів та води.

**Ключові слова:** капілярний фільтр, нафтопродукти, розділення, очищення води.

В работе представлены результаты исследований процессов удаления нефтепродуктов из водной среды с помощью материалов с капиллярными свойствами. На примере системы бензин-вода исследовано ряд капиллярных материалов. Предложено схему капиллярного фильтра для разделения нефтепродуктов и воды.

**Ключевые слова:** капиллярный фильтр, нефтепродукты, разделение, очистка воды.

The results of researches of petrochemical removal processes from water using materials with capillary properties are presented in this article. The group of capillary materials was investigated based on gasoline-water system. New capillary filter scheme for petrochemical and water separation was proposed.

**Keywords:** capillary filter, petrochemical, separation, water treatment.

#### **1. Вступ**

На сьогоднішній день нафтопереробна галузь є однією з найбільш розвинених галузей хімічної промисловості. З кожним роком зростають об'єми видобутку нафти, що зумовлене інтенсивним збільшенням споживання різноманітних нафтопродуктів. В свою чергу, використання значної кількості продуктів переробки нафти супроводжується серйозним забрудненням навколишнього середовища. Найбільшого негативного впливу зазнає гідросфера. Періодичні аварійні скиди нафти в водні об'єкти призводять до катастрофічних наслідків для флори та фауни, що на десятиліття змінює стан природних екосистем. При цьому негативним фактором є не лише розчинення органічних речовин у водному середовищі, а й накопичення їх на поверхні чи на дні та утворення високодисперсних емульсій в товщі водного масиву. Від такого виду забруднення потерпають всі мешканці гідросфери та споживачі води, починаючи від найпростіших і закінчуючи людиною [1]. Відсутність ефективних, досконалих, а головне – малозатратних методів та технологій видалення нерозчинених нафтопродуктів з водного середовища є досить гострою проблемою. Тому розробка нових методів представляє сьогодні досить важливий

напрямок не лише в технологіях очищення стічних вод та очищення гідросфери, а й в інших галузях промисловості – хімічній, харчовій, нафтопереробній та інших.

Найбільш поширені на сьогодні технології відділення нафти та нафтопродуктів від води базуються, перш за все, на сорбційних методах, котрі є досить дорогими. Крім цього, необхідно завчасно отримувати чи готувати сорбент, що також пов'язано із додатковими затратами. Найбільш негативною стороною таких методів є утворення величезної кількості вологого осаду, що представляє собою нафтопродукти, сорбовані на поверхні матеріалу. Знешкодження такого осаду представляє досить серйозну проблему. Більш простими є технології з використанням нафто- та жироловлівачів, однак їх ефективність на сьогодні ще досить низька та не відповідає сучасним вимогам. Тому висока ефективність та низька вартість на сьогодні залишаються невирішеною частиною наукової проблеми розділення нафтопродуктів та води.

## 2. Мета досліджень

Метою наших досліджень є вивчення процесів відділення нафтопродуктів від води за допомогою нового методу – використання матеріалів з капілярними властивостями. Такий метод є досить перспективним з точки зору ефективності та економічних показників. Всі дослідження проводилися при розділенні системи бензин-вода.

## 3. Викладення основного матеріалу

Застосування даного методу відділення нафтопродуктів від води базується на використанні капілярного ефекту – явища руху рідини в тонких капілярах. Для практичної реалізації такого методу використовується спеціальний капілярний фільтр [2], зображений на рис. 1.

В залежності від характеристик кожної з рідин, а також параметрів матеріалу, з якого виготовлено капілярний фільтр, одна з рідин буде накопичуватися в ємкості. Інша рідина буде поглинатися матеріалом капілярного фільтру та по порах, під дією сил поверхневого натягу та сили земного тяжіння, відводитися за межі ємкості і накопичуватися в іншій посудині. Ефективність розділення залежить від взаємного впливу як характеристик рідин, так і характеристик матеріалу з капілярними властивостями. Оскільки для успішної реалізації такого принципу розділення рідин необхідною умовою є насичення пор капілярного фільтру органічною фазою, то цілком зрозуміло, що залишкові концентрації органічної фази не можуть бути нижчими рівня її розчинності у воді. Тому розроблений метод придатний для видалення лише нафтопродуктів, що розлиті на поверхні водного середовища чи акумульовані на дні, або перебувають в товщі води у вигляді окремих крапель. Для видалення розчинених у воді речовин даний метод непридатний.

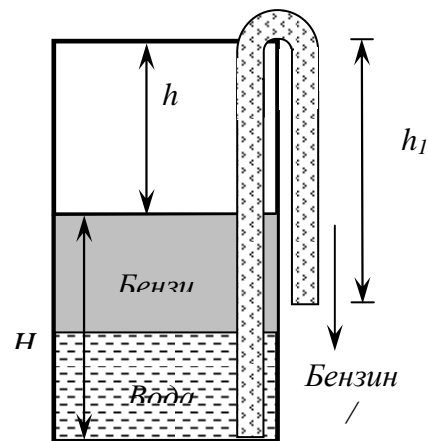


Рис.1. Схема капілярного фільтру для розділення бензину та води

Для досліджень нами було відібрано чотири зразки матеріалів, що виробляються в промислових об'ємах – бавовна, льон, штучний шовк, ацетатна фільтрувальна тканина. Із стрічок однакової ширини для різних матеріалів формували джгути однакової товщини та прямокутного перерізу. Поперечний переріз такого джгута складає 20×3 мм, а параметр  $\Delta h$  ( $\Delta h = h_1 - h$ ) становить 2.5, 5.0 та 7.5 см. Співвідношення фаз підтримували постійним (1:1).

В однакових умовах визначали об'єм води, що за визначений період часу транспортується за межі посудини із початковою рідиною. Результати експериментів приведені на рис. 2. Як видно із приведених графіків, найбільшу продуктивність в даних умовах забезпечує капілярний фільтр із ацетатної тканини, найменшу – із бавовни. При цьому продуктивність ацетатної тканини майже у 2 рази вища від продуктивності бавовни. Льон та штучний шовк займають проміжне значення.

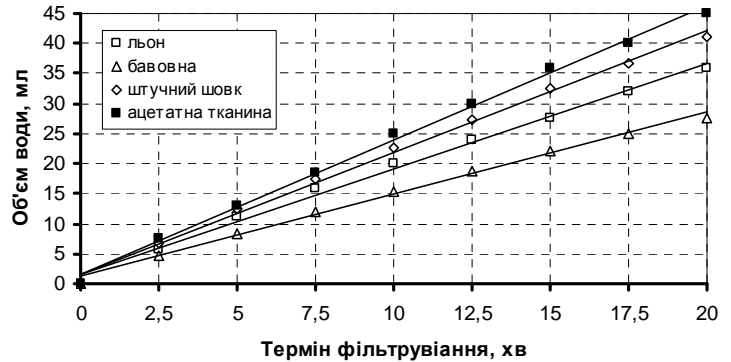


Рис. 2. Зміна продуктивності капілярних фільтрів при транспортуванні води в залежності від матеріалу пористого середовища

Враховуючи отримані при дослідженні транспортування води результати, нами було підібрано ефективні матеріали з капілярними властивостями для системи бензин – вода. Бензин має щільність, меншу ніж у води, та майже нерозчинний в ній. Тому при змішуванні з водою бензин спливає на поверхню. Значення коефіцієнту кінетичної в'язкості для бензину складає 0,0093 Ст в порівнянні із відповідним параметром для води 0,0101 Ст [3]. Як видно із рис. 3, швидкість транспортування бензину для деяких тканин при їх попередньому змочуванні у бензині навіть більша, ніж для води (рис. 2). Найкращі властивості з точки зору транспортування бензину показала бавовна, найгірші – штучний шовк.

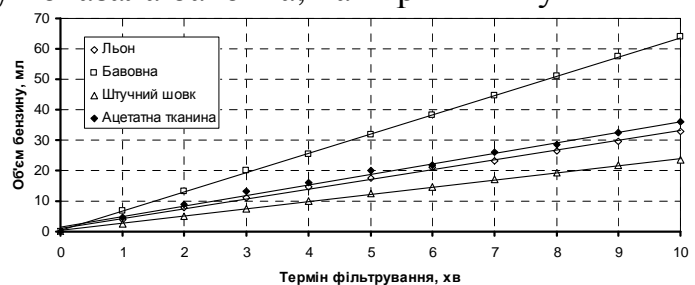


Рис. 3. Зміна продуктивності капілярних фільтрів при транспортуванні бензину в залежності від матеріалу пористого середовища

Льон та ацетатна тканина займають проміжне положення в цьому ряду і по продуктивності мало відрізняються від результатів, отриманих при транспортуванні води. Для подальших досліджень ми відібрали бавовну, як природний матеріал, що показав найкращі результати при транспортуванні бензину, та ацетатну тканину в якості матеріалу з найкращими показниками серед штучних матеріалів.

При попередньому змочуванні бавовни у бензині вона зберігає високі капілярні властивості і у присутності води (рис. 4). Проведені досліди по

розділенню суміші *бензин – вода* при різних різницях рівнів ( $\Delta h$ ) показали, що в таких умовах забезпечується відбір із суміші лише бензину. Навіть після відбору всього бензину вода через капілярний фільтр не перетікає. При цьому із збільшенням різниці рівнів інтенсивність перетікання бензину зростає.

При попередньому змочуванні капілярного фільтру із бавовни у воді та розміщенні його в суміш бензину та води спостерігається транспортування води.

Причому, інтенсивність дуже незначна навіть при мінімальній різниці рівнів (рис. 5). Важливим є той факт, що після повного висихання води капілярний фільтр починає транспортувати бензин.

Таким чином, використовуючи капілярний фільтр, попередньо змочений бензином, можна успішно розділяти на складові систему *бензин – вода*.

Вивчення ефективності розділення системи *бензин – вода* капілярними фільтрами з ацетатної тканини також проводили при попередньому змочуванні фільтрів водою та бензином. При попередньому змочуванні бензином продуктивність капілярних фільтрів не набагато нижча за продуктивність фільтрів із бавовни (рис. 6).

Важливим є те, що після відділення всього бензину транспортування води за межі посудини не спостерігається. В той же час, при попередньому змочуванні капілярного фільтру водою транспортується суміш бензину та води. При цьому співвідношення між компонентами в значній мірі залежить від різниці рівнів  $\Delta h$ . Так, якщо при  $\Delta h=0,75H$  співвідношення *вода:бензин* складає 1:8, то при  $\Delta h=0,25H$  воно зменшується до 1:90.

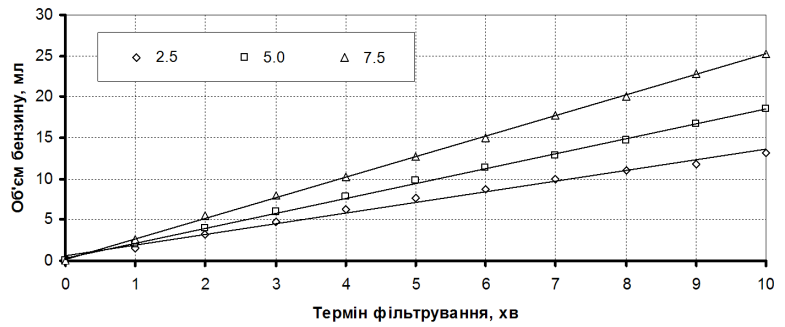


Рис. 4. Зміна продуктивності капілярних фільтрів із бавовни при транспортуванні бензину в залежності від різниці рівнів  $\Delta h$  (фільтри змочені у бензині)

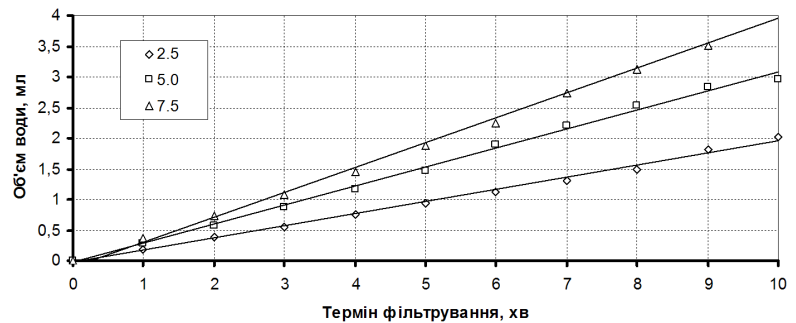


Рис. 5. Зміна продуктивності капілярних фільтрів із бавовни при транспортуванні води в залежності від різниці рівнів  $\Delta h$  (фільтри змочені у воді)

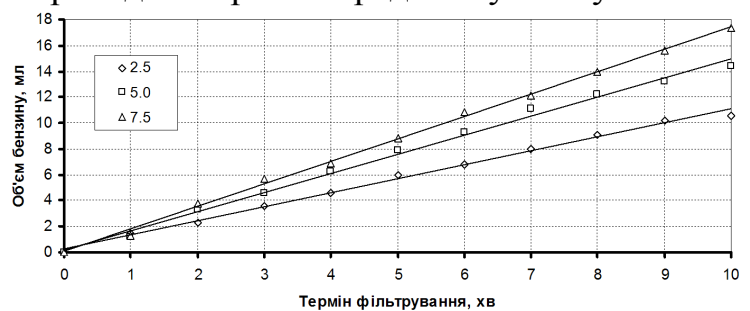


Рис. 6. Зміна продуктивності капілярних фільтрів із ацетатної тканини при транспортуванні бензину в залежності від різниці рівнів  $\Delta h$  (фільтри змочені у бензині)

Оскільки в динамічних умовах досить важко підтримувати постійним рівень обох рідин в посудині, то більш прийнятним видається попереднє змочування тканини капілярного фільтру у бензині, що забезпечить відбір лише однієї складової та ефективне розділення початкової суміші.

Для збору органічних речовин, зокрема бензину, що знаходяться на поверхні водного середовища при їх незначній кількості, нами розроблено спеціальну конструкцію плаваючого капілярного фільтру (рис. 7) [4]. Основним елементом установки є приймальна лійка 3, в якій встановлені капілярні фільтри із матеріалу, що достатньо ефективно розділяє органічну та водну фази. Для стабілізації процесу розділення та підтримання постійним параметра  $h$  додатково, в залежності від характеристик розчину та об'єму лійки, встановлюється поплавок чи вантаж 2. Відібраний бензин гнучким шлангом 4 через патрубок 5 виводиться за межі ємкості 6. Очищена вода виводиться за межі ємкості окремим патрубком. Така система може працювати в безперервному режимі, вона не критична до змін рівня води в ємкості, не вимагає складного обслуговування або використання будь-яких реагентів. 4.

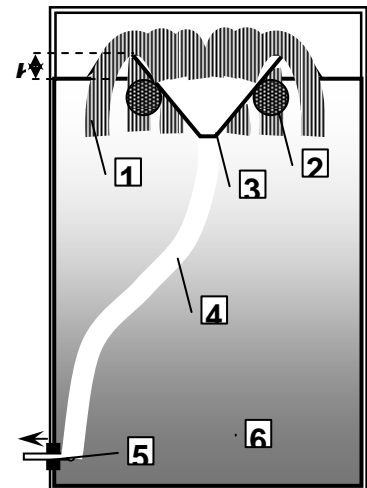


Рис. 7. Схема плаваючого капілярного фільтру: 1 – капілярні фільтри; 2 – поплавок чи вантаж; 3 – приймальна лійка; 4 – гнучкий шланг; 5 – вихідний патрубок; 6 – ємкість із забрудненою водою

### Висновки

Отримані в результаті проведених досліджень данні дають змогу стверджувати про перспективність використання матеріалів з капілярними властивостями для розділення органічних рідин, що не змішуються, зокрема нафтопродуктів. Представлені залежності дозволяють ефективно підібрати матеріали з капілярними властивостями та розрахувати параметри процесу відділення нафтопродуктів від води. Використання запропонованого методу розділення бензину і води дозволяє створювати прості, ефективні та економічні установки. Перевагами таких установок є те, що вони не вимагають використання жодних додаткових реагентів, працюють без споживання електроенергії, досить прості в розробці та експлуатації.

**Список літератури:** 1. Стахов Е. А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов. – Л.: Недра, 1983. – 263 с. 2. Радовенчик Я. В. Эффективный способ разделения жидкостей, которые не смешиваются / Я. В. Радовенчик, В. С. Котлярова, В. Ю. Черняк // Збірн. тез XIV Міжнар. наук. – практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених "Екологія. Людина. Суспільство". – Київ. – 2011. – С. 66. 3. Вильнер Я.М., Ковалев Я.Т., Некрасов Б.Б. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам. Под ред. Б.Б.Некрасова. – Минск, "Высшейш. школа", 1976. – 416 с. 4. Пат. № 37373 Україна, МКП (2006) В 01 D 33/04. Капілярний фільтр / В. М. Радовенчик, Я. В. Радовенчик, М. Д. Гомеля.; заявник і власник патенту – НТУУ "КПІ" – №200807989; заявл. 12.06.2008; опубл. 25.11.2008, Бюл. №22.

Поступила в редколлегию 25.06.2012