

References

1. Vorobiova, V., Chyhyrynets, O., Vasylykevych, O. (2015), "Grape Pomace Extract as Green Vapor Phase Corrosion Inhibitor", *Mater.Sci.* no 50, pp.. 726–735.
2. Khodadadi, B., Bordbar, M., Nasrollahza-deh, M. (2017), "Green synthesis of Pd nanoparticles at Apricot kernel shell substrate using *Salvia hydrangea* extract: Catalytic activity for reduction of organic dyes", *Journal of Colloid and Interface Science*, no 409, pp. 1–10.
3. Roussos, P. A., Sefferou, V., Denaxa, N. K., Tsantili, E., & Stathis, V. (2011), "Apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different crop load", *Scientiahorticulturae*, no 129, pp. 472–478.
4. Zhang, T., Wei, X., Miao, Z., Hassan, H., Song, Y., & Fan, M. (2016), "Screening for antioxidant and antibacterial activities of phenolics from Golden Delicious apple pomace", *Chemistry Central Journal*, no 10, pp. 47–55.
5. Calvo, M. M., Dado, D., & Santa-Maria, G. (2007), "Influence of extraction with ethanol or ethyl acetate on the yield of lycopene, beta-carotene, phytoene and phytofluene from tomato peel powder", *European Food Research and Technology*, no 224, pp.567–571.
6. Bao, Y., Reddivari, L., & Huang, J.-Y. (2020), "Development of cold plasma pretreatment for improving phenolics extractability from tomato pomace", *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, no 65, pp.102445.
7. Sengar, A. S., Rawson, A., Muthiah, M., & Kumar Kalakandan, S. (2019), "Comparison of different ultrasound assisted extraction techniques for pectin from tomato processing waste", *Ultrasonics Sonochemistry*, no 61, pp. 104812.
8. Silva, Y. P. A., Ferreira, T. A. P. C., Jiao, G., & Brooks, M. S. (2019), "Sustainable approach for lycopene extraction from tomato processing by-product using hydrophobic eutectic solvents", *Journal of Food Science and Technology*, no 56, pp. 1649–1654.

УДК 628.16

**РАДОВЕНЧИК Я. В., к.т.н., доцент; КРИСЕНКО Т. В., к.т.н., доцент;
ПОБЕРЕЖНИЙ М. В., аспірант; РАДОВЕНЧИК В. М., д.т.н., професор**
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЗНИЖЕННЯ КОЛЬОРОВОСТІ ВОДИ МАТЕРІАЛАМИ З КАПІЛЯРНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

В роботі приведені результати дослідження ефективності використання матеріалів з капілярними властивостями в процесах зниження кольоровості природних вод та модельних розчинів. В дослідженні використано капілярні фільтри, сформовані із бавовни, льону, поліестеру та габардину. Найбільшу ефективність зниження кольоровості води зафіксовано для всіх типів тканин в кислому середовищі при рН 2,0 – 4,0. За інших умов використання матеріалів з капілярними властивостями не забезпечує нормативного значення кольоровості для питних вод. Разом з тим, простота обладнання, його низька вартість, можливість реалізації на описаному принципі автономних пристроїв без підводу енергії дозволяє реалізувати каскадні схеми очищення з досягненням на виході необхідної залишкової кольоровості.

Ключові слова: кольоровість, освітлення, фільтрування, матеріали з капілярними властивостями, капілярний фільтр.

DOI: 10.20535/2617-9741.2.2021.235869

© Радовенчик Я. В., Крисенко Т. В., Побережний М. В., Радовенчик В. М., 2021.

Постановка проблеми. Наявність в навколишньому середовищі значної кількості органічних залишків рослин та тварин призводить до інтенсивного забруднення природних вод. При цьому крім таких показників води як ХСК (хімічне споживання кисню) та БСК (біологічне споживання кисню), суттєво погіршується і кольоровість води, яка визначається вмістом гуматів та їх сполук. Гумати – солі гумінових кислот, що

утворюються в природному середовищі в результаті контакту між водою та торфом, вугіллям, ґрунтом. Характерною особливістю цих сполук є забарвленість, яка і передається водному середовищу в процесі контакту. З хімічної точки зору гумати являють собою високомолекулярні, в основному ароматичні, оксикарбонові кислоти. З іонами Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} та ін. вони утворюють нерозчинні у воді органічно-мінеральні комплекси. При цьому нормативними документами України на питну воду допустима кольоровість встановлена на рівні 20 градусів ХКШ (хромово-кобальтової шкали) [1]. При більших значеннях кольоровості природні води перед споживанням підлягають додатковій обробці. Найчастіше сьогодні в технологіях водопідготовки для доведення кольоровості води до нормативних значень застосовують коагуляцію, флокуляцію, фільтрацію, флотацію тощо [2].

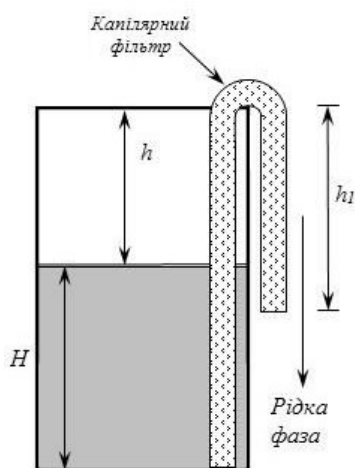


Рис. 1 - Схема пристрою для дослідження ефективності зниження кольоровості води

Аналіз попередніх досліджень. Сучасні технології дозволяють досить ефективно знижувати кольоровість природних вод. Найбільш розповсюдженими є методи коагуляції та флокуляції, які дозволяють при невеликих концентраціях реагентів доводити кольоровість природних вод до нормативних значень. Суттєвою перевагою цих методів є те, що в більшості випадків вони є обов'язковим етапом обробки природних вод з метою видалення завислих речовин, і зниження кольоровості тут проходить без будь-яких додаткових етапів обробки. Як показують проведені нами раніше дослідження [3], при застосуванні в якості коагулянтів хлориду та сульфату алюмінію, хлориду заліза (III) та промислового коагулянту на основі гідроксохлоридів алюмінію «Полвак – 68» можливо отримати досить хороші результати. Так, при початковій кольоровості води 45° достатніми для доведення її до нормативних значень виявилися концентрації перерахованих вище коагулянтів на рівні 20 – 30 мг/дм³ (по іону металу). При збільшенні кольоровості води ефективність коагулянтів практично не змінюється. Менш ефективним виявилось в цих умовах використання флокулянтів [4]. Їх використання без коагулянтів при будь-яких показниках кольоровості не забезпечувало нормативних значень для питних вод і до використання не рекомендувалося. Разом з тим, використання коагуляції та флокуляції пов'язано із необхідністю відстоювання та використання значної кількості реагентів, вторинним забрудненням обробленої води. Тому ряд дослідників пропонують застосовувати для зниження кольоровості вод флотацію [5] чи ультрафільтрацію [6]. Однак і в цьому

випадку важко уникнути використання додаткових хімічних реагентів, що значно ускладнює технологічний процес та підвищує вартість очищення води. Тому проблема ефективного зниження кольоровості води в технологіях водопідготовки сьогодні залишається не вирішеною і дослідження в цьому напрямку продовжуються. Досить перспективним в цих технологіях є використання фізичних методів, котрі не потребують додаткових реагентів і не спричиняють вторинного забруднення води. З цієї точки зору перспективним видається використання матеріалів з капілярними властивостями [7]. Сьогодні в цьому напрямку вже розроблені наукові засади такого використання, проведені дослідження ефективності різних матеріалів при розділенні фаз в різних умовах [8]. Було встановлено, що використання матеріалів з капілярними властивостями дозволяє створювати прості, дешеві та ефективні апарати для розділення рідкої та твердої фаз. В той же час, жодних досліджень в галузі зниження кольоровості води з використання матеріалів з капілярними властивостями до сьогодні не проводилося.

Метою нашої роботи є вивчення можливості та ефективності використання матеріалів з капілярними властивостями для зниження кольоровості природних вод без додаткової обробки їх реагентами. Автори ставили перед собою завдання вивчити ефективність процесів зниження кольоровості води при різних параметрах капілярного фільтра та різних умовах експерименту.

Викладення основного матеріалу. Методика досліджень полягала в наступному. Для досліджень готували модельний розчин визначеної кольоровості. Для цього застосовували гумат натрію, отриманий в результаті екстракції з торфу. Після додавання гумату натрію у водопровідну воду спектрофотометричним методом визначали кольоровість розчину та розводили водою до необхідного її значення. Ефективність процесів зниження кольоровості води з використанням матеріалів з капілярними властивостями досліджували на пристрої, зображеному на рис. 1. Капілярний фільтр представляв собою 20 шарів тканини

шириною 20 мм, викладених на спеціальну пластикову основу. При цьому параметр Δh визначали за формулою: $\Delta h = h_1 - h$ і в процесі експериментів підтримували постійним – 5 см. В процесі досліджень фіксували залишкову кольоровість обробленої води. В процесі фільтрування рівень суспензії в ємкості підтримували постійним шляхом доливання нових доз модельного розчину. В об'ємі роботи було досліджено властивості наступних тканин в процесах капілярного фільтрування з метою зниження кольоровості води – бавовна, льон, поліестер, габардин, віскоза. Оскільки продуктивність фільтру із віскози виявилася надзвичайно низькою в порівнянні з іншими тканинами, то з подальших експериментів вона була виключена.

Як було встановлено в результаті експериментів (рис. 2), для бавовни при початковій кольоровості в 45° в широкому діапазоні рН забезпечується ефективне зниження параметру до нормативного значення. В перших дозах відфільтрованої води спостерігається рівень кольоровості, близький до початкового значення. Далі він знижується і стабілізується на рівні 10° . Спостерігається чітка залежність залишкової кольоровості води від рН. Найбільш ефективно процес зниження кольоровості відбувається при рН 2, менш ефективно – в лужному середовищі. Приблизно з однаковою ефективністю процес проходить і в нейтральному середовищі, що цілком прийнятно для обробки природних вод. На нашу думку, на початковому етапі фільтрування частина пор заповнені повітрям, частина – водою. Тому ефективність процесу зниження кольоровості досить низька. По мірі фільтрування рідка фаза заповнює весь об'єм пор, в них відкладаються частинки твердої фази, які зменшують розмір пор, що сприяє підвищенню ефективності та стабілізації процесу фільтрування. На основі проведених досліджень важко визначитись з механізмом затримання часток гумінових кислот в об'ємі фільтру, але після отримання позитивних результатів необхідні експерименти будуть продовжені. Важливе значення, на нашу думку, в даному випадку відіграє заряд поверхні часток гуматів, котрий в широкому діапазоні рН має негативне значення. Саме цим можна пояснити збільшення ефективності фільтрування при рН = 2, коли негативний заряд волокон бавовни знижується до нуля і сили відштовхування між частками гумітів і волокнами також знижуються до мінімальних значень. Для інших тканин таке твердження потребує додаткових досліджень.

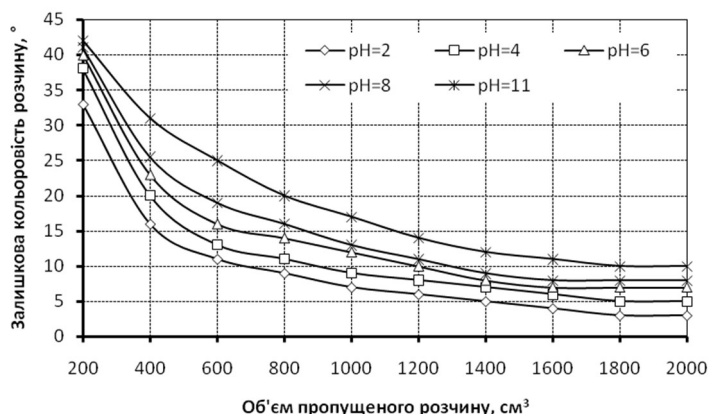


Рис. 2 – Зміна кольоровості розчину в процесі капілярного фільтрування з бавовною при різних рН ($K_p = 45^\circ$)

Подібні результати отримані і при використанні в якості середовища з капілярними властивостями смужок льону (рис. 3). Єдиною різницею в порівнянні з бавовною є більш чітка межа в ефективності при проведенні процесу фільтрування в кислому та лужному середовищах. Інші залежності (ефективність зниження кольоровості, залишкова кольоровість) знаходяться на рівні аналогічних характеристик для бавовни. Причому, в обох випадках після пропускання через фільтр 1600 – 2000 см³ розчину досягається залишкова кольоровість води на рівні 10° . Для капілярних фільтрів з поліестеру і габардину за аналогічних умов отримані подібні результати (рис. 4, 5). Правда, ефективність фільтру із габардину виявилася найнижчою серед досліджених тканин. Нормативних значень кольоровості вдалося досягнути лише при рН < 4,0. В нейтральному та лужному середовищах ефективність зниження кольоровості питних вод була вище 20° . Тому очевидно, що в процесах підготовки питних вод, де не передбачається регулювання рН, цей матеріал не може бути використаний.

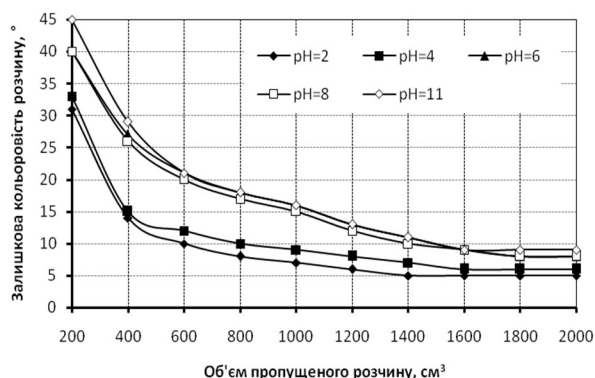


Рис. 3 – Зміна кольоровості розчину в процесі капілярного фільтрування з льоном при різних рН ($K_n = 45^\circ$)

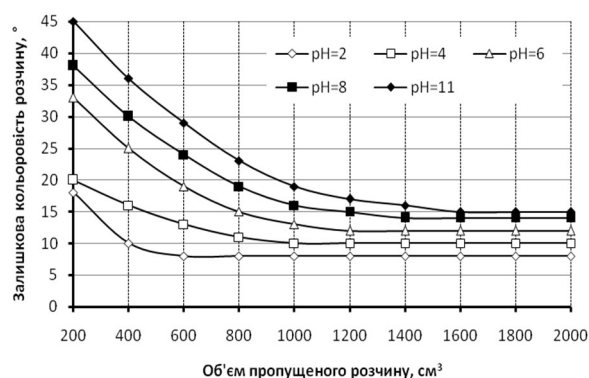


Рис. 4 – Зміна кольоровості розчину в процесі капілярного фільтрування з поліестером при різних рН ($K_n = 45^\circ$)

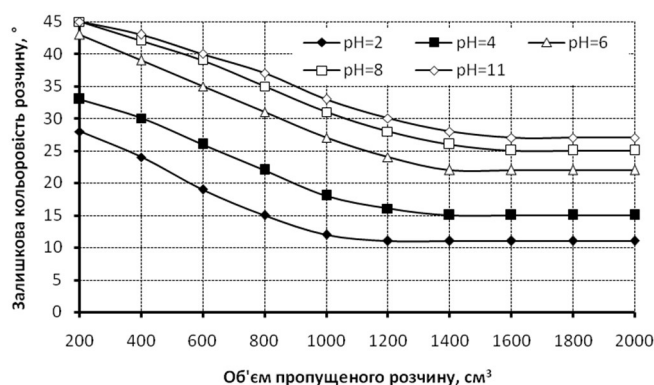


Рис. 5 – Зміна кольоровості розчину в процесі капілярного фільтрування з габардином при різних рН ($K_n = 45^\circ$)

Подальшими дослідженнями було встановлено, що збільшення початкової кольоровості води супроводжується суттєвим зниженням ефективності капілярних фільтрів, хоча загальна тенденція залежності від рН залишилася однаковою. Як видно з рис. 6, для бавовни при збільшенні початкової кольоровості води до 143° необхідна ефективність зберігається лише при рН = 2. У всіх інших випадках залишкова кольоровість перевищує нормативні значення. В слабо лужному та лужному середовищах робота фільтру взагалі не стабільна, а його ефективність знижується в 1,5 – 2,0 рази. Однак при рН 2,0 – 4,0 необхідна залишкова кольоровість все ж забезпечується. Ще гірші результати отримані для льону (рис. 7). Для цього матеріалу при початковій кольоровості води 143° залишкова кольоровість не опускається нижче 23° навіть при рН = 2,0. При більших значеннях водного показника залишкова кольоровість значно вища. Разом з тим, звертає на себе увагу стабільність процесу. В усьому дослідженому діапазоні рН мінімальна залишкова кольоровість обробленої води коливається в діапазоні $23 - 58^\circ$ і робота фільтру стабілізується вже після пропускання перших 400 мл розчину. При рН 6, що найближче до водного показника питної води, залишкова кольоровість стабілізується на рівні 35° , що перешкоджає використанню даного способу обробки води в реальних технологічних процесах. Як показують наші дослідження, ефективність зниження кольоровості можливо суттєво підвищити при додаванні навіть незначних доз алюмініймістких коагулянтів (3 – 10 мг/дм³ по іону металу), однак при цьому втрачається основна перевага досліджуваного способу.

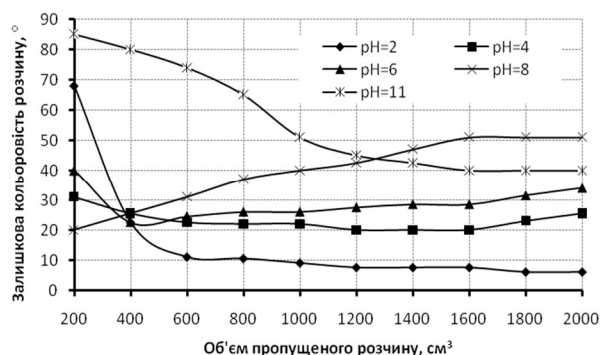


Рис. 6 – Зміна кольоровості розчину в процесі капілярного фільтрування з бавовною при різних рН ($K_n = 143^\circ$)

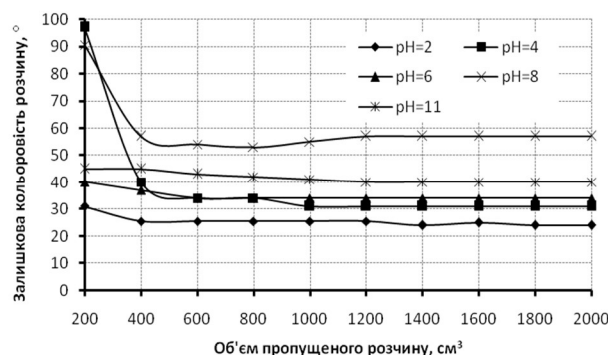


Рис. 7 – Зміна кольоровості розчину в процесі капілярного фільтрування з льоном при різних рН ($K_n = 143^\circ$)

Поліестер та габардин при збільшенні початкової кольоровості також підтвердили суттєве зниження ефективності (рис. 8, 9). Разом з тим, відмічається більш стабільна робота капілярного фільтру з поліестеру. Як і у випадку низької кольоровості (рис. 4), при рН 2,0 і початковій кольоровості 143° вже після пропускання 200 – 400 см³ розчину залишкова кольоровість встановлюється на рівні 10° і стабільно тримається на такому рівні до кінця дослідженого діапазону. Така ж стабільність фіксується і при інших значеннях рН. Габардин демонструє значну нестабільність процесу зниження кольоровості модельного розчину. Причому, в лужному середовищі ефективність капілярного фільтру з габардину надзвичайно низька. Тому говорити про його практичне використання за даних умов передчасно.

Оскільки при використанні тканин із різних матеріалів та з різними фізико – хімічними властивостями отримані аналогічні результати залежності ефективності обробки води від рН рідкої фази, можна припустити, що така залежність визначається, в основному, зміною властивостей часток гумінових кислот.

Висновки. Проведені дослідження показали, що використання в процесах обробки води матеріалів з капілярними властивостями дозволяє створювати прості, дешеві та ефективні апарати для відділення від рідкої фази твердих часток, органічних домішок, крапель нерозчинних рідин. При цьому встановлено, що вибір тканини для капілярного фільтру та значення водневого показника суттєво впливають не лише на продуктивність фільтрування, а й на ефективність процесу. У випадку використання даного способу для зниження кольоровості води встановлено, що достатня ефективність забезпечується лише при початковій кольоровості води в межах $20 - 80^\circ$ ХКШ та при рН середовища 2,0 – 4,0. За інших умов всі досліджені в якості капілярного фільтру зразки тканин – бавовна, льон, поліестер та габардин, не забезпечували нормативного значення кольоровості для питної води. Ще гірші результати отримані при більшій початковій кольоровості води. Той факт, що максимальна ефективність описаним способом обробки води забезпечується

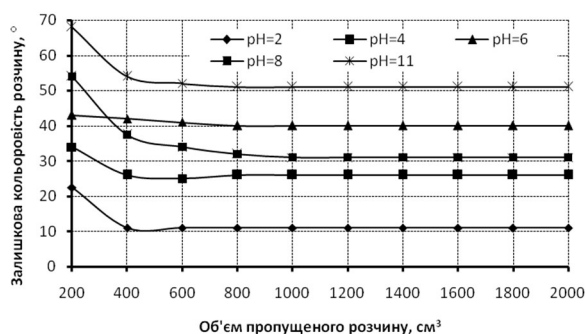


Рис. 8 – Зміна кольоровості розчину в процесі капілярного фільтрування з поліестером при різних рН ($K_n = 143^\circ$)

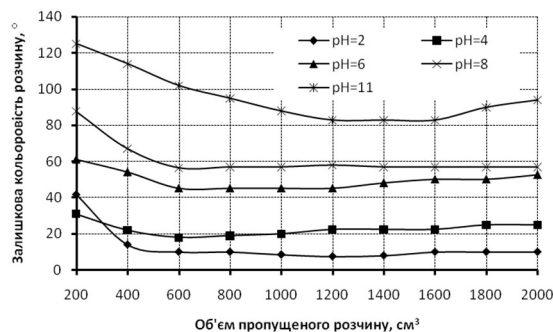


Рис. 9 – Зміна кольоровості розчину в процесі капілярного фільтрування з габардином при різних рН ($K_n = 143^\circ$)

лише в сильно кислому середовищі дозволяє припустити, що вирішальним в процесі зниження кольоровості води може бути поверхневий заряд волокон капілярного фільтру та часток гумінових кислот. В широкому діапазоні рН поверхня часток гумітів заряджена, переважно, негативно. Так само негативно заряджена в діапазоні рН 2,0 – 11,0 поверхня волокон целюлози. Тому отриманий результат можливо пояснити саме з цієї точки зору.

Перспективи подальших досліджень. Одним із можливих шляхів покращення ефективності зниження кольоровості води описаним способом є підбір тканин із відповідними поверхневими фізико-хімічними властивостями або обробка їх спеціальними реагентами для надання поверхні волокон необхідного заряду. Перспективним може вважатися в цьому випадку обробка води на кількох послідовно включених капілярних фільтрах для досягнення необхідного рівня кольоровості. В цілому, зважаючи на простоту конструкції фільтру, низьку загальну вартість процесу обробки води, відсутність втрат енергії досліджений спосіб є досить перспективним для впровадження в промислових масштабах і заслуговує на більш детальне та глибоке вивчення.

Список використаної література

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною". - Наказ Міністерства охорони здоров'я України 12.05.2010 р. № 400.
2. Єріна І. М., Терновська О.І. Міркування з приводу застосування нових реагентів для очищення річкової води // Комунальне господарство міст, 2011. №99. С.293 – 299.
3. Радовенчик В. М., Крисенко Т. В. Використання коагулянтів в процесах зниження кольоровості води р. Здвиж / Інноваційні вектори розвитку сучасних наукових досліджень: XXI Міжнародна науково-практична інтернет-конференція: тези доповідей, Харків, 11 жовтня 2019 р. Ч. 1. Дніпро: ГО «НОК», 2019. С. 30 - 35.
4. Радовенчик В. М., Крисенко Т. В. Використання флокулянтів в процесах зниження кольоровості води р. Здвиж / Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку / ТЕБ-2019», Ірпінь, 04-15 листопада 2019 р. – Університет ДФС України. Ірпінь, 2019. С. 85 - 89.
5. Сыроватский А.А. Пути повышения эффективности очистки природных маломутных цветных вод методом напорной флотации / А.А. Сыроватский, С.П. Бабенко, А.Г. Гайдучок, Ю.М. Рыбачук // Научный вестник строительства. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. № 2 (80). С. 209-213.
6. Митченко Т.Е. Основные пути повышения эффективности удаления гуминовых веществ из воды методом ультрафильтрации / Т.Е. Митченко, Е.М. Светлейшая // Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. – К.: ТОВ «Укр. водна спілка», 2011. №3(5). С.16-27.
7. Радовенчик Я. В. Вивчення умов перетікання рідини в капілярних матеріалах / Я. В. Радовенчик, В. С. Котлярова // Восточно-европейский журнал передовых технологий, 2010. №6. С. 23-25.
8. Радовенчик В. М. Новий спосіб освітлення води фільтруванням / В. М. Радовенчик, А. О. Костриця, Я. В. Радовенчик, Л. В. Сіренко // Східно-Європейський журнал передових технологій, 2013. №5. С. 3 – 6.

Надійшла до редакції 05.02.2021

Radovenchuk I. V., Krysenko T. V., Poberezhniy M. V., Radovenchuk V. M.

REDUCTION OF WATER CHROMATICITY BY MATERIALS WITH CAPILLARY PROPERTIES

The presence of a significant amount of plant and animal organic residues in the environment leads to intensive pollution of natural waters and significant deterioration of water chromaticity. Ukrainian regulatory documents on the quality of drinking water establish a level of 20 degrees for water chromaticity. Hence, in most cases, natural water must be additionally treated before consumption. The coagulation, flocculation, filtration and flotation are today the most widespread methods for normalizing the water chromaticity level. All these processes are quite complex and expensive, require the use of additional reagents and lead to secondary water pollution. The use of materials with capillary properties is a promising method since it simultaneously ensures the liquid phase transport without excess pressure and water cleaning from various pollutants. This method, used to reduce water chromaticity, found that sufficient efficiency could be provided only for the initial water chromaticity level within 20 - 80° CCS and

at pH level within 2.0 - 4.0. Under other conditions, all studied tissue samples as a material for capillary filter, such as cotton, linen, polyester and gabardine, did not provide the value of water chromaticity required for drinking water. Even worse results were obtained for water with initial chromaticity more than 80 degrees. Considering that the described method can provide the maximum efficiency only in a highly acidic medium, it is assumed that the surface charge of the capillary filter fibers and humic acid particles could be the critical factor in the reduction of water chromaticity. In a wide pH range, the surface of the humic particles is charged mainly negatively. The surface of cellulose fibers is also negatively charged in the pH range of 2.0 - 11.0. Therefore, the results of experiments can be explained from this point of view. There are no research data in these fields at all. One of the possible ways to improve the efficiency of water chromaticity reduction by the proposed method is to select fabrics with appropriate physicochemical surface properties. Also, capillary filtration process can be treated with special reagents for giving the fiber surface the required charge. Water treatment by series of several connected capillary filters can be a promising way. In general, given the simplicity of the filter design, low total cost of the water treatment process, and zero energy losses, the studied method is quite promising for industrial implementation and needs more detailed research.

Keywords: chromaticity, water clarification, filtration, materials with capillary properties, capillary filter.

References:

1. DSanPiN 2.2.4-171-10 "Hygiene requirements of drinking water for human consumption". Order of the Ministry of Health of Ukraine 12.05.2010, № 400.
2. Erina I.M., Ternovskaya O.I. (2011). "Considerations on the use of new reagents for river water treatment". Municipal Economy, vol. 99, pp. 293 - 299.
3. Radovenchyk V.M., Krysenko T.V. (2019). The use of coagulants in the processes of reducing the color of the water of the river Zdvizh". Innovative vectors of development of modern scientific research: XXI International scientific-practical Internet conference: abstracts, Kharkiv, Part 1, pp. 30 - 35.
4. Radovenchyk V.M., Krysenko T.V. (2019). "The use of flocculants in the processes of reducing the color of the water of the Zdvizh River". Proceedings of the IX All-Ukrainian scientific-practical Internet conference "Technogenic and ecological safety of Ukraine: state and prospects of development", Irpin, pp. 85 – 89.
5. Syrovatsky A.A., Babenko S.P., Hayduchok A.H., Rybachuk Y.M. (2015). "Ways to increase the efficiency of treatment of natural low-turbid colored waters by pressure flotation". Scientific Bulletin of Construction, vol. 2 (80), pp. 209-213.
6. Mitchenko T.E., Brighter E.M. (2011). "The main ways to increase the efficiency of removal of humic substances from water by ultrafiltration". Water and water treatment technologies, vol. 3 (5), pp. 16-27.
7. Radovenchyk, Y.V., Kotlyarova V.S. (2010). "Study of fluid flow in capillary materials". Eastern European Journal of Advanced Technologies, vol. 6, pp. 23-25.
8. Radovenchyk, V.M., Kostrytsya, A.O., Radovenchyk, Y.V., Syrenko L.V. (2013). "A new method for water clarification using filtration", Eastern European Journal of Advanced Technologies, vol. 5, pp. 3-6.

УДК 621.0.39

ШАБАЛІН Б. Г., д.г.н., с.н.с., зав. відділом¹; ЛАВРИНЕНКО О. М., д.х.н., с.н.с., пров.н.с.^{1,2}, ЯРОШЕНКО К. К., к.т.н., н.с.²

¹ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України»

²Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

ДОСЛІДЖЕННЯ ІЗОЛЯЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЛИН ЧЕРКАСЬКОГО РОДОВИЩА ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПІДСТИЛАЮЧИХ ЕКРАНІВ СХОВИЩ РАВ НА МАЙДАНЧИКУ «ВЕКТОР»

Бентонітові та палигорськітові глини найбільшого в Україні Черкаського родовища визнані найперспективнішим основним компонентом ізолюючих (підстилаючих) екранів сховищ РАВ на майданчику «Вектор». Розглянуто основні показники складу і властивостей природної бентонітової глини Черкаського родовища (Дашуківська ділянка, II шар) і його різновиду ПБА-20 – модифікованого содою лужноземельного