

УДК 628.147

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КОНТАКТНОГО ФІЛЬТРА З ПІНОПІЛІСТИРОЛЬНИМ ФІЛЬТРУЮЧИМ ЗАВАНТАЖЕННЯМ ПРИ ОЧИЩЕННІ ПРИРОДНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Д.В. ЧАРНИЙ, канд. тех. наук,

Є. М. МАЦЕЛЮК, канд. тех. наук,

Інститут водних проблем і меліорації НААН

М. Ю. ХАРЧЕНКО

Виробниче управління водопровідно-каналізаційного господарства

Горішньоплавнівської міської ради (Полтавська обл.)

Залишковий алюміній є одним із стандартних показників якості роботи водопровідних очисних споруд. У зв'язку з низкою взаємопов'язаних факторів утримувати його нормативні концентрації в очищеній воді стає дедалі важче. Запропоновано рішення, що спрощує це завдання. Воно базується на переобладнанні існуючих споруд – камер утворення пластівців горизонтальних відстійників - у контактні фільтри. Після реконструкції такі споруди здатні виконувати функції контактних фільтрів, з коагуляцією у стиснених умовах, і попередніх фільтрів для затримання фітопланктону. Проведено натурне моделювання роботи такої установки із застосуванням плаваючого фільтруючого завантаження. Визначені залежності концентрацій залишкового алюмінію від швидкості фільтрування, а також брудомісткості такої комбінованої споруди.

Ключові слова: залишковий алюміній, контактний фільтр, фільтр попереднього очищення, коагуляція, брудомісткість, фільтрація, фільтруюче завантаження.

Існуюча проблема. Сучасна система водопровідного господарства перебуває у перманентному кризовому стані. Відбувається занепад технологічної культури виробництва, що, до того ж, додатково підсилюється первинною недосконалістю типових технологічних рішень. Такі технології були розроблені як універсальні без урахування місцевих умов і, тим більше, змін якості води, що відбулися за останні 35 – 40 років. Суттєвим стало підвищення концентрацій фітопланктону і температури та зниження вмісту кисню у вихідній воді джерел водопостачання. Найбільш яскраво це проявляється у Дніпровському каскаді водосховищ. Такі обставини, при низькій технологічній культурі водопідготовки, змушують застосовувати надмірні дози коагулянту. А це, у свою чергу, призводить до понаднормових [1] – більше $0,2 \text{ мг/дм}^3$ концентрацій алюмінію в очищеній воді. Підвищені концентрації залишкового алюмінію мають мутагенні властивості [2], впливають на кровотворну систему і мають нейротоксичну дію [3].

Пропоноване рішення. У такій ситуації можливим рішенням є застосування технологій, що сприяють прискоренню процесу коагуляції і ефективно затримують фітопланктон.

Запропоноване технологічне рішення направлене на оптимізацію традиційної реагентної

схеми з покращення процесу коагуляції, зменшення залишкового алюмінію і суттєвого скорочення технологічних витрат води за рахунок зменшення інтенсивності промивки і виключення зі схеми горизонтальних відстійників. Усе це відбувається за рахунок контактної коагуляції в стиснених умовах і заміни традиційного важкого фільтруючого завантаження на плаваюче фільтруюче завантаження.

Досліди проводили на експериментальній установці, яка розміщена на очисних водопровідних спорудах м. Горішні Плавні із водозабором вихідної води з протоки Річище (затока річки Дніпро). Моделювалась робота переобладнаних у контактні фільтри камер реакції горизонтальних відстійників з перезавантаженням швидких фільтрів пінополістирольним фільтруючим завантаженням. Очисні споруди підприємства складаються з шести секцій горизонтальних відстійників, розміром секції $46,5 \times 6,1 \times 6,5 \text{ м}$, з камерами утворення пластівців (камер реакції) розміром $4,5 \times 6 \text{ м}$. Відповідно, загальна площа відстійників $1701,9 \text{ м}^2$, а камер реакції - 162 м^2 . Швидкі фільтри, завантажені цеолітовим дрібняком, мають загальну площу $333,8 \text{ м}^2$. У залежності від продуктивності очисних споруд швидкість фільтрації на фільтрах становить від $1,6 \text{ м/год}$ до $2,3 \text{ м/год}$, а для контак-

тних фільтрів – 3,3 м/год і 4,75 м/год відповідно.

Схема модельної установки наведена на рис.1.

Експериментальна установка працює так:

1. Вихідна вода після введення реагентів відбирається перед існуючим вихровим змішувачем і подається на спрощену аерацію крізь душову насадку 2. Далі вона потрапляє у дегазатор 3, де відбувається процес видалення CO_2 і встановлюється стабільний швидкісний режим за рахунок переливної системи.

2. Проаерована вода по лінії 4 надходить на фільтрацію у фільтрувальну колону Ф1 – 5, де проходить знизу вгору фільтруюче завантаження 7 і де відбувається процес контактної коагуляції і затримання фітопланктону.

3. Після проходження водою фільтрувальної колони Ф1 отриманий фільтрат поділяється

на два потоки: одна частина по лінії 10 скидається у каналізацію, друга по лінії 17 надходить на фільтрацію до колони Ф2. Фільтрат з колони Ф2 по лінії 12 скидається у каналізацію.

4. У процесі роботи фільтруюче завантаження 7 кольматується і його фільтрувальна здатність відновлюється за рахунок зворотної промивки вихідною водою, накопиченою в дегазаторі 3. Промивна вода по лінії 13 надходить до колони Ф1, розширює фільтруюче завантаження 7 і виносить по лінії 14 забруднення у каналізацію. Промивка фільтруючого завантаження 7 у колоні Ф2 відбувається аналогічно: по лінії 15 промивна вода з дегазатора 3 надходить до колони Ф2, з якої по лінії 17 забруднення відводяться у каналізацію.

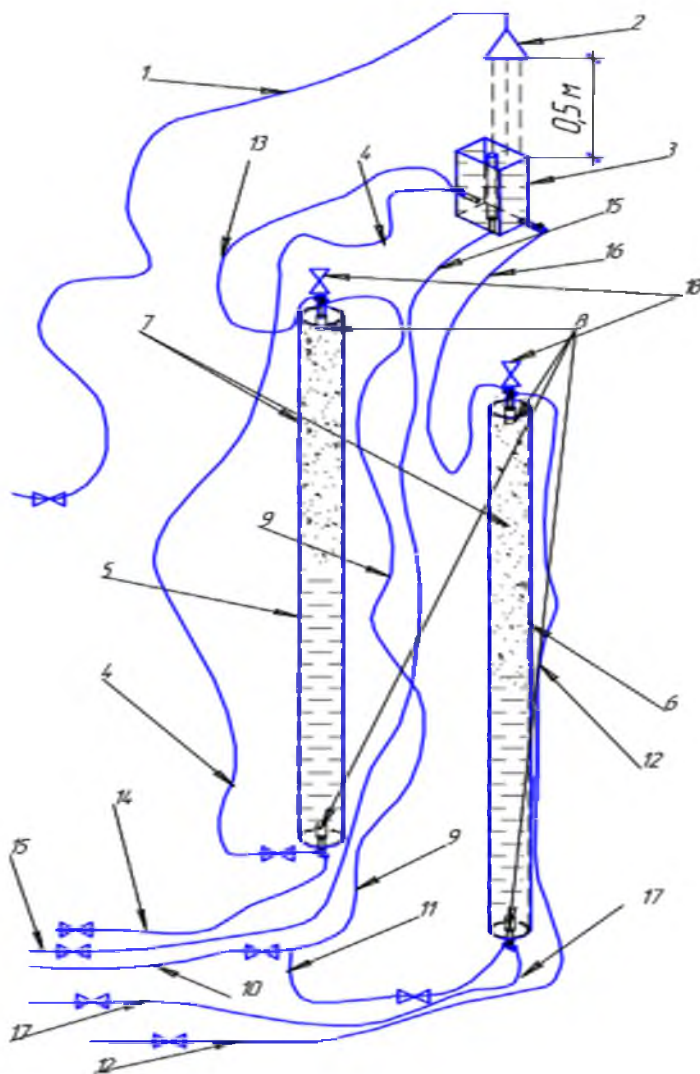


Рис. 1. Експериментальна установка

1- лінія надходження вихідної води на аерацію; 2- душова насадка; 3- бак-дегазатор з системою переливу; 4- лінія надходження дегазованої води на фільтрацію; 5- фільтрувальна колонка Ф1 – модель контактного фільтра; 6- фільтрувальна колонка Ф2 – модель повільного або швидкого фільтра в залежності від швидкості фільтрування; 7- фільтруюче завантаження із гранул спіненого пінополістиролу; 8- шарові ковпачки – зворотні фільтри, що утримують гранули пінополістиролу всередині корпусу фільтрувальної колони; 9- лінія надходження фільтрату з колони Ф1 до колони Ф2; 10- скид частки фільтрату колони Ф1 у каналізацію для встановлення в колоні Ф2 швидкості фільтрування, меншої за швидкість фільтрації у колоні Ф1; 11- лінія надходження фільтрату з колони Ф1 на подальшу фільтрацію до колони Ф2; 12- лінія скиду фільтрату з колони Ф2; 13- лінія надходження промивної води до колони Ф1; 14- лінія скиду промивної води з колони Ф1 у каналізацію; 15- лінія скиду переливної води з бака-дегазатора; 16- лінія надходження промивної води для промивки колони Ф2; 17- лінія скиду промивної води з колони Ф2 в каналізацію; 18- випуски скиду повітря з фільтрувальних колон Ф1 і Ф2.

Попередні результати експерименту. Надлишковий алюміній. Порівняння концентрацій залишкового алюмінію при існуючій

реагентній технології і при запропонованому рішенні, що базується на застосуванні контактного фільтра, наведено в таблиці.

1. Концентрації залишкового алюмінію при існуючій технології і рішенні із застосуванням контактного фільтра з пінополістирольним фільтруючим завантаженням

Доза коагулянту, мг/дм ³	AlO ₂ , мг/дм ³	Залишко-вий Al з Ф1, мг/дм ³	Залишко-вий Al з швидких фільтрів, мг/дм ³	Ефективність Ф1
35	5,8	0,12	0,18	97,93
35	5,8	0,1	0,24	98,28
35	5,8	0,12	0,24	97,93
35	5,8	0,05	0,26	99,14
35	5,8	0,06	0,23	98,97
35	5,8	0,06	0,24	98,97

При зменшенні швидкості фільтрації до 5 м/год на контактному фільтрі концентрація залишкового алюмінію коливалась у межах 0,05 – 0,08 мг/дм³, а при швидкості 1,5 м/дм³ концентрація залишкового алюмінію знижувалась до 0,015 – 0,02 мг/дм³. На рис. 2 на-

ведено зв'язок між швидкістю фільтрування і концентрацією залишкового алюмінію після контактного фільтра. За середніми значеннями збудована модель: швидкість фільтрування – залишковий алюміній. Доза коагулянту марки Полвак 40 залишалась однаковою.

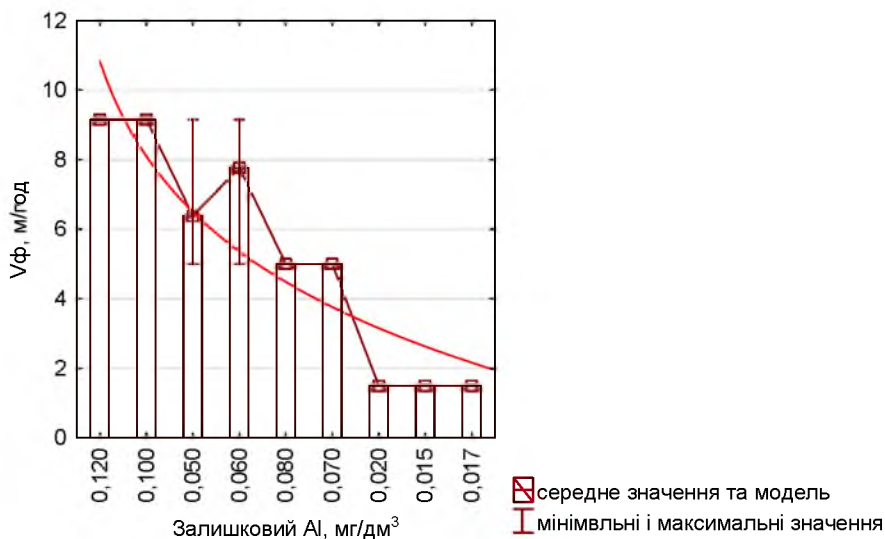


Рис. 2. Зміни концентрації залишкового алюмінію від швидкості фільтрації

Модель описується виразом (1):

$$Al = 10,83 - 9,08 \cdot \lg(Vф), \quad (1)$$

де Al – концентрація залишкового алюмінію, мг/дм³; Vф – швидкість фільтрації, м/год.

Модель має такі характеристики: коефіцієнт кореляції $R=0,823$, коефіцієнт детермінації $R^2=0,677$. Досліди проведено при каламутності вихідної води $8,04 \div 19,62$ °НОК.

Брудомісткість контактної фільтра. Визначення проводилось опосередковано, за допомогою встановлення кількості забруд-

нень у промивній воді за час промивки. Інтенсивність промивки становила 13 л/с на м², об'єм промивної води для промивки експериментальної установки становив ≈ 40 дм³.

Експериментальні показники концентрації каламутності та їх модель наведені на рис. 3.

Модель, що описує зміни каламутності з другої секунди промивки по 160 секунду – завершення промивки, наведено у вигляді рівняння (2).

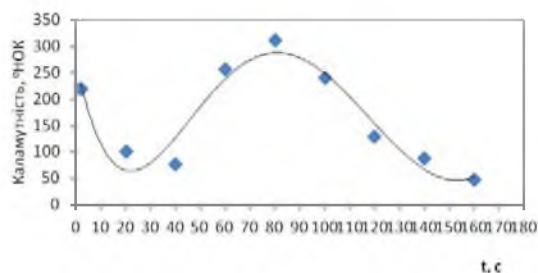


Рис. 3. Зміна каламутності в промивній воді в процесі промивки

$$C_k = 0,00000005t^5 + 0,00004t^4 - 0,0103t^3 + 1,179t^2 - 54,355t + 920, \quad (2)$$

$$C_{\text{к заг}} = \int_0^{160} (-0,00000005t^5 + 0,00004t^4 - 0,0103t^3 + 1,179t^2 - 54,355t + 920) dt = 7,11 \cdot 10^4 \quad (3)$$

де $C_{\text{к заг}}$ - концентрація каламутності за період промивки, °НОК, t - час промивки, с.

Відповідно, за період фільтроциклу фільтр затримав кількість забруднень, що обумовлюють каламутність:

$$W_{\text{ф}} = W_{\text{промивних}} * C_{\text{к заг}} = 40 * 7,11 * 10^4 = 2843200 \text{ °НОК або } 1649056 \text{ мг}, \quad (4)$$

де $W_{\text{ф}}$ - кількість затриманих забруднень, °НОК; $C_{\text{ф заг}}$ - каламутність за період промивки, °НОК; $W_{\text{промивних}}$ - об'єм промивної води, дм^3 .

У результаті проведеного аналізу експериментальних даних визначено кількість затриманих забруднень за показником каламутності за період між промивками у контактному фільтрі у шарі пінополістирольного завантаження і в підфільтровому шарі води. Кількість затриманих забруднень становить 1649056 мг. Діаметр перерізу фільтра моделі споруди - "контактного фільтра" становить 150 мм, площа - $0,0177 \text{ м}^2$. Відповідно, при такій каламутності вихідної води, обумовленій, головним чином, ціанобактеріями, брудомісткість подібної споруди буде становити $9,6 \text{ кг/м}^2$.

У подальших дослідженнях будуть визначені оптимальні технологічні і конструктивні параметри розглянутої конструкції водоочисної станції.

Висновки

1. Контактний фільтр забезпечує меншу концентрацію залишкового алюмінію в порівнянні з існуючою на водопроводі технологією коагуляції.
2. Спрацювання активної речовини (алюмінію) коагулянту фактично повністю відбувається у контактному фільтрі Ф1.
3. Навіть при значному підвищенні швидкості фільтрації (у понад два рази більше за існуючі швидкості) досягаються концентрації залишкового алюмінію у два

де C_k - каламутність, °НОК; t - час промивки, с.

Коефіцієнт детермінації моделі $R^2 = 0,907$

Концентрацію забруднень за період промивки визначаємо за допомогою інтегрування площі криволінійної трапеції, утвореної з лінії, описаної рівнянням (2), як функцією зміни концентрацій, що обмежені у часі в період від другої секунди промивки до закінчення промивки.

Проінтегрувавши функцію зміни концентрацій, отримаємо площу криволінійної трапеції розподілу у виразі (3):

рази нижчі, ніж у діючих очисних спорудах водопроводу. У той же час зменшення швидкостей фільтрації починає істотно впливати на зменшення концентрацій залишкового алюмінію після досягнення швидкості фільтрації $1,5 \text{ м/год}$ і менше. Така залежність концентрації залишкового алюмінію від швидкості фільтрування має логарифмічний характер і описується рівнянням (1).

4. Запропонована споруда - контактний фільтр - має значну брудомісткість - близько $9,6 \text{ кг/м}^2$, що опосередковано свідчить про успішне затримання фітопланктону, як основного чинника каламутності вихідної води.
5. Фільтруюче завантаження легко регенерується шляхом зворотної промивки приблизно протягом трьох хвилин з інтенсивністю промивки близько 12 л/с м^2 , що значно менше витрат, необхідних для промивки існуючих фільтрів з цеолітовим завантаженням з інтенсивністю промивки 17 л/с м^2 на протязі 25 - 30 хвилин.

Отримані результати засвідчили, що застосування розглянутої технології дозволяє значно знизити концентрації залишкового алюмінію, запобігти потраплянню фітопланктону на швидкі фільтри та суттєво зменшити витрати промивної води. А це, у свою чер-

гу, дозволить здешевити технологічний процес, зменшити вимоги до кваліфікації обслуговуючого персоналу і, в кінцевому результаті, покращити якість очищеної води.

Бібліографія

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10 “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” / 2010.
2. Synzynys, B. . I. Toxicology / B. . I. Synzynys, O. . T. Kharlamova, N. T. Bulanova // Lett. — 2003. — Vol. 144. — P. 126.
3. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы / И. В. Шугалей, А. В. Гарабаджиу, М. А. Илюшин, А. М. Судариков // Экологическая химия. — 2012. — Vol. 21, No. 3. — P. 172–186.

Д.В. Чарный, Е.М. Мацелюк, М.Ю. Харченко

Исследование эффективности работы контактного фильтра с пенополистирольной фильтрующей загрузкой при очистке природных поверхностных вод

Остаточный алюминий является одним из стандартных показателей качества работы водопроводных очистных сооружений. В связи с рядом взаимосвязанных факторов удерживать его нормативные концентрации в очищенной воде становится все труднее. Предложено решение, упрощающее данную задачу. Оно базируется на переоборудовании существующих сооружений - камер хлопьеобразования горизонтальных отстойников- в контактные фильтры - префильтры. После реконструкции такие сооружения способны выполнять функции контактных фильтров с коагуляцией в стесненных условиях и префильтров для задержания фитопланктона. Проведено натурное моделирование работы такой установки с применением плавающей фильтрующей загрузки. Определены зависимости концентраций остаточного алюминия от скорости фильтрования, а также грязеемкость такого комбинированного сооружения.

D.V. Charny, E.M. Matselyuk, M. Y. Kharchenko

The study of the influence of the contact filter with polystyrene filter loading on the concentration of residual aluminum during the purification of natural surface water

Residual aluminium is one of the standard indicators of the quality of water treatment facilities. Due to a number of interrelated factors to keep its regulatory concentration in purified water is becoming increasingly difficult. Proposed solution simplifies this task. It is based on the reconstruction of existing facilities - flocculation chambers horizontal tanks in contact Filters - Prefilters. After the reconstruction of such structures can serve as the contact filters, coagulation in cramped conditions and prefilters for the detention of phytoplankton. Full-scale simulation of such a facility, using the use of filter media made of foamed polystyrene granules. The dependence of the concentration of residual aluminium on the filtration rate and the dirt holding capacity of such a combined structure were defined.