

## Дослідження процесу освітлення води на зернистому завантаженні з магнітними властивостями

Микола Циганок, аспірант<sup>1</sup>, (ORCID: 0009-0002-4926-8537),  
Олексій Терновцев, канд.техн.наук, доц.<sup>1</sup>, (ORCID: 0000-0003-1761-2444)

<sup>1</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

### АНОТАЦІЯ

Розглянуто новий тип фільтруючого завантаження для фільтрів, який дозволяє суттєво підвищити ефективність процесу фільтрування і скоротити час та витрати води на промивку фільтрів.

*Ключові слова:* фільтруюче завантаження, магнітні властивості, брудоемність, магнітне поле.

### ВСТУП

Отримання фільтруючого зернистого завантаження з розвиненою сорбційною поверхнею, яке має магнітні властивості дозволяє застосовувати нетрадиційні підходи в практиці фільтрування води.

Відомо, що використання високоградієнтних магнітних полів дозволяє вилучити з розчину не лише магнітні, але й «немагнітні матеріали». Разом з декількома, сильномагнітними елементами (залізо, марганець, нікель) можна вилучати понад 50 слабомагнітних елементів, що володіють парамагнітними властивостями в чистому вигляді або в їх з'єднаннях.

Поєднавши використання завантажень з магнітними властивостями та зовнішній вплив на них магнітним полем, вдається суттєво збільшити брудоемність фільтрів і вилучати з води різні типи забруднень.

### МЕТА

Запропонувати новий вид фільтруючого матеріалу для завантаження фільтрів.

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

Дослідження направлені на отримання нових видів зернистого фільтруючого завантаження з різною щільністю проводяться в «Лабораторії Води» КНУБА.

Отримано ряд як «плаваючих» завантажень так і більш важких завантажень, які мають розвинену поверхню і в більшій чи меншій ступені магнітні властивості. Їх використання в якості завантажень швидких фільтрів разом з поєднанням впливу на самі завантаження зовнішнього високоградієнтного магнітного поля дозволило провести серію дослідів з визначення брудоемності вказаних завантажень порівняно з класичним піском і подрібненим антрацитом. Середня крупність зерен для всіх видів завантажень складала 1.8мм. Фільтрування з метою освітлення проводилось на модельному розчині з вихідною каламутністю 25-100 НОК. Швидкість фільтрування підтримувалась рівною 10 м/год, фільтроцикл визначався за початком суттєвого зростання опору фільтру (понад 1.5 м) відносно початкового. Процес знезалізнєння проводився при попередній обробці води з вмістом розчиненого заліза 5.0-25.0 мг/дм<sup>3</sup> реагентом-окислювачем. Таким чином

завантаження з магнітними властивостями хоча і має слабкі каталітичні властивості, безпосередньо в процесі окислення заліза не приймало участь, його функцією було виключно затримання заздалегідь утворених гідроксидів.

Відомо, що верхні шари фільтруючого завантаження приймають на себе основне навантаження під час фільтрування води. Основна маса забруднень затримується в верхніх шарах завтовшки до 15-20 см при низхідному русі води в швидких фільтрах. Дисперсність домішок практично не впливає на глибину їх проникнення в товщу шару завантаження, оскільки з початком фільтроциклу найбільш крупні і середні за розміром домішки затримуються в порах відносно крупних з нерівномірною формою зерен завантаження одразу зменшують розміри цих пор. Найбільш дрібні домішки затримуються в першу чергу в сформованому іншими частинками просторі.

Таблиця 1: Порівняльна таблиця фільтроциклу означених зернистих фільтруючих завантажень.

Тип завантаження	Брудоемність, %	Час фільтрування, год	Процес
Пісок	100	6-7.5 5.5-6	освітлення знезалізнєння
Подрібнений антрацит	110-115	9-10 8.2-9	освітлення знезалізнєння
Завантаження з магнітними властивостями	137-149	13-14 14-16	освітлення знезалізнєння

Проведені досліді підтвердили наявність найбільш дрібних часточок в шарі глибиною 45-50 см в дуже незначній кількості. З часом це призводить до підвищення втрат напору фільтру і необхідності виконувати його промивку зворотним струменем води, хоча теоретично нижні прошарки завантаження ще далеко не вичерпали свою брудоемність, а захисну дію завантаження не вичерпано. Такі обставини призводять до доволі раннього завершення фільтроциклу за втратами напору і до підвищення витрат промивної води.

Станом на сьогодні практично не існує конструкцій фільтрів з контрольованим ущільненням верхніх прошарків завантаження під час фільтроциклу. Використання магнітних фільтрів з постійними або електромагнітами [1, 2]

мало на меті вилучення з води домішок, які утворюються в процесі очищення води і мають магнітні властивості.

При цьому необхідна напруженість магнітного поля досягала постійними феритовими магнітами або електромагнітом і була незмінною на весь термін експлуатації споруд.

Поєднання дії зовнішнього магнітного поля з фільтруючим зернистим завантаженням яке має магнітні властивості відкриває нові перспективи в керуваності процесом фільтрування. Сучасна елементна база дозволяє створювати компактні електромагніти будь-якої форми з керуванням як постійним, так і змінним або пульсуючим з різною шпаруватістю струмом.

Під дією зовнішнього магнітного поля, окремі зерна і шар в цілому завантажень з магнітними властивостями можуть суттєво змінювати свою орієнтацію в просторі і змінювати розміри пор між самими зернами, за рахунок чого брудосмість в них може бути керованою. Тобто в певний час прошарок певної висоти фільтруючого завантаження може бути або ущільнене, або навпаки зрихлено під дією зовнішнього магнітного поля. Створивши алгоритм керування полем в певний час фільтроциклу можна найбільш забруднені верхні прошарки фільтруючого завантаження зрихлити на необхідну величину шляхом подачі пульсу певної напруженості на певний час. При цьому процес фільтрування не зупиняється, але найбільш щільний перед зрихненням верхній шар розпушується, за цей час забруднення затримуються більш глибоким прошарком, після розпушення верхній шар починає вільно пропускати воду до більш глибоких прошарків завантаження.

В технології очистки води добре можуть використовуватись як прилади, що створюють сильні магнітні поля (більше 5Тл), так і апарати з незначною величиною напруги магнітного поля (до 1Тл).

При цьому постійна дія магнітного поля відносно невеликої напруги в цілому сприяє більш ефективному вилученню домішок, розподіляючи в тому числі немагнітні домішки більш рівномірно в товщі шару фільтруючого завантаження. Більш сильні магнітні поля можна використовувати тимчасово, наприклад для розпушування верхнього прошарку, після чого напруженість зменшують.

Однією із складностей є з'ясування в режимі фільтрування в реальному часі товщини шару, який необхідно розпушувати. Візуальна оцінка не є прийнятною в реальних спорудах, а вимірювання втрат напору по всій висоті завантаження класичними методами є складним і ненадійним.

Зазвичай фільтроцикл завершують по досягненню загальних втрат напору фільтра за показниками манометрів. Оптичні датчики, які було розміщено безпосередньо в шарі завантаження є доволі чутливими до забруднень, але «налипання» на такі датчики забруднень не дозволяє їх використовувати як надійний метод визначення. Окрім того, під час промивки фільтра по перше бруд з таких датчиків не вдається відмити повністю, а по друге з часом відбувається пошкодження датчиків за рахунок абразивної дії завантаження.

В процесі виконання дослідження, було проведено серію експериментів, яка дозволила отримати емпіричні дані з достатньою вірогідністю прогнозу часу накопичення забруднень в певних прошарках завантаження з загальною товщиною 90 см. Ці дані використані для з'ясування часу

початку подачі зовнішнього магнітного поля з метою розпушення частини завантаження.

Під час проведення розпушення шару завтовшки 15см, яке проходило протягом 15 хв, втрати напору в фільтрі впали з початкового 1.5м до 0.85 м. при цьому розширення завантаження склало 1.6 %. Після розпушення фільтроцикл продовжували до наступного досягнення втрат напору в 1.5м. В такий спосіб вдалось суттєво (понад 30%) збільшити брудосмість фільтра, відповідно збільшити фільтроцикл і зменшити кількість промивної води.

Підвищення брудосмістості відбулось за рахунок керованої дії зовнішнього магнітного поля за допомогою якого верхні най забруднені шари завантаження змінювали свою щільність під час фільтроциклу. Це дозволило керувати відстанню між окремими зернами верхнього шару завантаження, запобігши його ранньому ущільненню, і як наслідок, середня і нижня частина шару суттєво збільшила ефективність затримання часток забруднень.

У такий спосіб забезпечено більш рівномірне накопичення забруднень по всій висоті фільтруючого зернистого завантаження. Постійна дія відносно слабкого магнітного поля суттєво впливала під час проведення знезалізнення води, це можна пояснити складом забруднень, деякі утворені форми гідроксидів можуть мати слабкі магнітні властивості.

Під час проведення дослідів визначено припущення щодо промивки фільтруючого завантаження з магнітними властивостями зворотнім струменем води. Впливаючи на нього зовнішнім магнітним полем можна спробувати керувати ступеню розширення завантаження, забезпечивши якісну та повну його відмивку. Але це припущення потребує підтвердження на свою ефективність теоретичним обґрунтуванням та серією практичних експериментів. Керування процесу зміни щільності забезпечене встановленням ряду кільцевих електромагнітів ззовні корпусу фільтра на визначених ділянках і їх роботою за певним алгоритмом в часі.

## ВИСНОВКИ

Підсумовуючи викладене, вважаємо доцільним продовжити досліді в частині створення нових конструкцій фільтрів, які можуть використовувати фільтруюче завантаження з магнітними властивостями впливаючи на нього зовнішнім магнітним полем різної інтенсивності.

## Список літератури

- [1] Терновцев В.О., Пухачев В.М. Очистка промислових стічних вод.- К.: Будівельник,1986 -120 с.
- [2] Терновцев О.В., Зоря О.В, Очистка води від нікелю за допомогою виробничих відходів. – К.: *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 2013, вип. 29.