УДК 614.777:628.16:543.544-414.6

К.Ю. Загороднюк,
С.Т. Омельчук

ГІГІЄНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СОРБЕНТІВ-ЗАМУТНЮВАЧІВ У СХЕМАХ ВОДОПІДГОТОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОСВІТЛЮВАЧІВ-РЕЦИРКУЛЯТОРІВ

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
кафедра гігієни та екології
м. Київ

Ключові слова: *вода, гігієна, очищення, сорбенти*
Key words: *water, hygiene, cleaning, sorbents*

Резюме. *В серии лабораторных и натурных экспериментов, проведенных на водоочистных сооружениях Часов-Ярской фильтровальной станции, обоснована возможность применения сорбентов-замутнителей (глинопорошка бентонита марки ПБМБ и порошкообразного осветляющего активированного угля ОУ-В) в схемах водоподготовки с использованием осветлителей-рециркуляторов.*
Summary. *In the series of laboratory and full-scale experiments carried out at water treating facilities of Chasiv-Yarska filtration station, the ability of sorbents-turbiditiers application (clay powder of bentonite, sort PBMB and powdered clearing activated carbon CC-B) in water treating schemes with clearer-recyclers use was substantiated.*

Однією з необхідних умов розвитку конкретної області, регіону чи країни в цілому є задоволення потреб у якісній воді господарського, промислового, аграрного секторів, а також індивідуальних фізіологічних потреб населення. У XXI сторіччі водні ресурси більшості країн світу стануть вирішальним фактором їх економічного розвитку та екологічної безпеки. Згідно з даними ЮНЕСКО, на сьогодні у світі понад 1,5 млрд. людей не мають доступу до якісної питної води, а за прогнозами Всесвітньої метеорологічної організації до 2020 року з нестачею якісної питної води може зіткнутися вже все населення нашої планети [11].

Незадовільний стан водних джерел створює великі труднощі у вирішенні проблем, у першу чергу, екологічно безпечного та якісного питного водопостачання [11].

Так, води більшості природних джерел водопостачання в Україні відносяться сьогодні до третьої-п'ятої категорії якості, в той час як традиційні технології очищення води розраховані на першу-другу категорії якості, що не дозволяє підготувати питну воду, якість якої відповідала б чинним нормативним вимогам [11].

Найбільш серйозними причинами несприятливої ситуації, що склалася у забезпеченні населення України питною водою нормативної якості, на думку [11], є наступні:

- невідповідність технологій очистки води, що застосовуються сьогодні на водоочисних спорудах в Україні, якості води, що на них надходить;
- практична відсутність водних об'єктів, які б могли бути використані для водопостачання та які відповідали б вимогам, що пред'являються до джерел господарсько-питного водопостачання;
- незадовільний стан розподільчих водопровідних мереж;
- низький технічний рівень експлуатації водопровідно-каналізаційного господарства;
- незадовільне комплектування технікою, матеріалами, обладнанням водопровідно-каналізаційного господарства України;
- низькі темпи розвитку водопровідно-каналізаційного господарства України та велика інертність у впровадженні інноваційних технологій у цій галузі.

Якщо для вирішення останніх трьох окреслених причин необхідне залучення кваліфікованих кадрів усіх ланок і внесення законодавчих змін до правил надання та отримання розрахунку за послуги у сфері водопостачання, які б були направлені на створення умов для першочергової зацікавленості власників водопровідно-каналізаційних підприємств в інноваціях, їх достатнє фінансування, то вирішення перших трьох неможливе без проведення фундаментальних наукових досліджень і обгрунтування можливості та доцільності застосування тих чи інших технологій, їх удосконалення, розробки принципово нових технологій для впровадження у сфері господарсько-питного водопостачання України.

Як відомо, сьогодні для очистки вод поверхневих джерел на водоочисних спорудах застосовують як одноступеневі, так і двоступеневі схеми [7]. Не зважаючи на те, що зазначені схеми відрізняються одна від одної технологіями та методами очистки, і тим, і іншим притаманні спільні недоліки, основними з яких є наступні:

- сезонна нестабільність в ефективності роботи (так, одноступеневі схеми недостатньо ефективні в паводковий період, а також під час інтенсивного розвитку планктону, двоступеневі, відповідно, в період зимової межені);
- відсутність можливості утилізувати промивні води шляхом повернення їх у "головний вузол" водоочисних споруд, що передбачається регламентом експлуатації останніх, без погіршення якості підготовленої води. Через цю обставину щодобово від 5 до 20% виробничих потужностей водоочисних споруд у вигляді забруднених промивних вод скидається до водних джерел, що різко погіршує тим самим їх екологічний стан;
- недостатня бар'єрна роль по відношенню до окремих специфічних забруднювачів (феноли, нафтопродукти, пестициди, важкі метали), які досить часто можуть потрапляти у великих кількостях до водних джерел при різноманітних аварійних ситуаціях, та мікроорганізмів (спори сульфатредукуючих бактерій, цисти лямблій, різноманітні віруси);
- можливість утворення в процесі очистки води значних кількостей хлорорганічних сполук, що, як відомо, мають канцерогенні властивості [8].

З метою усунення вищезазначених недоліків у Санкт-Петербурзькому науково-дослідному інституті Академії комунального господарства була розроблена принципово нова технологічна схема очистки води [8].

Головна відмінність схеми, що пропонується, від відомих двоступеневих полягає в тому, що завдяки безперервній рециркуляції осаду по "внутрішньому контуру" на спорудах першого ступеня очистки (тобто в освітлювачах-рециркуляторах) процес утворення пластівців переводиться з режиму коагуляції в об'ємі (що має місце в традиційних очисних спорудах) в контактну коагуляцію, при якій формуються пластівці з підвищеною гідравлічною крупністю та сорбційною ємністю [8].

Застосування освітлювачів-рециркуляторів показало, що бажаний ефект досягається лише при певній каламутності води. Якщо ж каламутність останньої нижче за 3,0 мг/дм^3, то ефект починає нівелюватися, поступово повністю зникаючи, що пов'язано з неможливістю формування фільтруючого псевдозгущеного шару з пластівців підвищеної гідравлічної крупності та сорбційної ємності.

Враховуючи вищевикладене, нами запропоновано штучне регулювання каламутності води шляхом застосування спеціальних замутнювачів. Як останні найбільш доцільно використовувати природні та модифіковані сорбційно активні речовини, такі як різні види активованого вугілля, палигорскітових та бентонітових глин.

Для встановлення можливості використання з цією метою "вугілля активованого антрацитового подрібненого" за ТУ У 24.6-32287259-001-2004, гранульованого активованого вугілля марки АГ-2, вугілля активованого освітлюючого порошкоподібного марки ОУ-В, глинопорошку бентонітового марки ПБМБ, модифікованого за ТУ 39-0147001-105-93, природного палигорскіту та його модифікації, отриманої шляхом розчинення 5 г просушеного при t = 150^{0}C протягом 60 хвилин палигорскіту в 1 л 5% розчину $NaHCO_3$ нами була проведена серія лабораторних та натурних експериментів. Дослідження були проведені у серпні 2009 року в центральній контрольно-дослідницькій проектно-вишукувальній водній лабораторії (ЦКДПВВЛ), м. Донецьк.

Введення реагентів та аналіз отриманих результатів здійснювали за схемою, наведеною в таблиці 1.

Таблиця 1

Етапи проведення експерименту

Етап експерименту
Введення хлорної води із вмістом хлору 3,48 мг в 1 см^3
Введення 0,63% сульфату алюмінію
Введення досліджуваних замутнювачів (природних та модифікованих сорбційно активних речовин) в різних концентраціях
Інтенсивне перемішування (перекидання циліндрів) - 2 хв.
Відстоювання - 2 години
Відбір проб води мірною піпеткою Мора об'ємом 100 мл (верхній надосадовий шар)
Визначення каламутності води.

Доза хлору, що вводилася, відповідала дозі, яка застосовувалась для первинного хлорування в цей період на водоочисних спорудах (ВОС) Часів-Ярської фільтрувальної станції, та становила 6,0 мг/дм^3.

Було встановлено, що найкращим замутнювачем є глинопорошок бентонітовий марки

ПБМБ, модифікований за ТУ 39-0147001-105-93. Дещо менш ефективним, за тих самих умов, виявилося вугілля активоване освітлююче порошкоподібне марки ОУ-В (ОУ-В). Так, мутність при введенні 20,0 мг/дм^3 коагулянту та 20,0 мг/дм^3 ПБМБ після двох годин відстоювання верхнього надосадового шару склала 9,6 мг/дм^3, а при введенні 20,0 мг/дм^3 коагулянту та 20,0 мг/дм^3 ОУ-В – 6,7 мг/дм^3. Після фільтрації відібраної води через модель кварцевого фільтру, каламутність першої проби становила 0 мг/дм^3, а другої – 0,47 мг/дм^3, що цілком відповідає вимогам, які висуваються до якості питної води за показником каламутності (до 0,5 мг/дм^3). Вміст залишкового алюмінію після фільтрації відібраної води також не перевищував нормативних значень та коливався від 0,18 мг/дм^3, після введення ПБМБ у зазначеній кількості, до 0,20 мг/дм^3 - після введення ОУ-В. Встановлено, що застосування флокулянту поліакриламіду, який використовується на ВОС Часів-Ярської фільтрувальної станції в паводковий період для покращення процесів освітлення води після введення замутнювачів, суттєвого впливу на ефективність освітлення не чинить.

Враховуючи, що при транспортуванні води до споживача її якість суттєво погіршується через процеси внутрішньої хімічної та бактеріологічної корозії у безаварійному режимі функціонування водопроводів, нами додатково була проведена серія лабораторних досліджень, спрямованих на оцінку корозивної агресивності вихідної води, що надходить на водопровідні очисні споруди Часів-Ярської фільтрувальної станції, а також води після "традиційної" підготовки (вода після фільтрів перед вторинним хлоруванням) у порівнянні з корозивною агресивністю підготовленої води, отриманої шляхом застосування у технології рециркуляції по внутрішньому контуру сорбентів-замутнювачів (ПБМБ у кількості 20,0 мг/дм^3 та ОУ-В у кількості 20 мг/дм^3).

Модель рециркуляції по внутрішньому контуру була реалізована нами за допомогою застосування магнітної мішалки. Після введення замутнювачів вода перемішувалася протягом 1 години, а потім 5 годин відстоювалася.

Визначення корозивності води проводили у відповідності до методики інтегральної оцінки швидкості корозії металу за періодичними вимірами показників миттєвої швидкості корозії за допомогою приладу Р5126 з використанням стандартних електродів зі сталі 20 [2, 3].

Вимірювання показників миттєвої швидкості корозії проводили електрохімічним методом поляризаційного опору в лабораторних умовах за кімнатної температури у відповідності до ДСТУ 3895-99, ГОСТ 9.905 – 82 та згідно з вимогами «Техническое описание и инструкция по эксплуатации 3.455.034 ТО» приладу Р5126.

Перед початком проведення корозійних випробувань електроди попарно нагвинчували на утримувачі. Поверхню електродів знежирювали, зачищали наждачним папером певної зернистості (240 WPF), активували 30 секунд у 20% розчині сірчаної кислоти, після чого поетапно промивали бідистильованою водою та водою, що або надходить на ВОС Часів-Ярської фільтрувальної станції, або після відповідної підготовки, і висушували фільтрувальним папером [5, 6].

Зразки води наливали в лабораторні хімічні стакани ємністю 250 мл кожний.

Після цього в усі лабораторні стакани занурювали утримувачі з підготовленими електродами і починали періодичні вимірювання значень поляризаційного опору та миттєвої швидкості корозії [1, 4]. Вимірювання проводили 2-3 рази на добу. Результати вимірювань заносили у відповідний протокол вимірювань для кожного з датчиків.

Середньоінтегральну швидкість корозії встановлювали методом трапецій за допомогою програми на персональному комп'ютері. Фактичну корозивність води встановлювали за показниками середньоінтегральної швидкості корозії відповідно до [10]. за фактичним глибинним параметром (глибина проникнення корозії в мм/рік) та у відповідності до [9].

Проводили комп'ютерну та статистичну обробку даних.

Було встановлено, що інтегральна швидкість корозії, викликаної водою, яка надходить на ВОС Часів-Ярської фільтрувальної станції, становить 0,162 мм/рік. Така корозійна агресивність оцінюється як висока [9]. Після "традиційної" обробки (вода після фільтрів перед вторинним хлоруванням) інтегральна швидкість корозії зростає до 0,326 мм/рік, а корозійна агресивність оцінюється як аварійна [9]. Інтегральна швидкість корозії, викликана водою, отриманою в лабораторному модельному експерименті після введення глинопорошку бентонітового марки ПБМБ модифікованого за ТУ 39-0147001-105-93 у кількості 20 мг/дм^3 та активованого освітлюючого порошкоподібного вугіллям марки ОУ-В у кількості 20 мг/дм^3, склала відповідно 0,049 мм/рік та 0,098 мм/рік, що дозволило нам оцінити корозійну агресивність у першому випадку як середню, а у другому – як високу [9].

Враховуючи можливий вплив сорбентів-замутнювачів на ефективність сорбції з води

металів, зокрема марганцю, заліза, міді, нами були проведені додаткові дослідження, які передбачали визначення ефективності вилучення останніх при різних схемах очистки. На першому етапі нами був визначений вміст зазначених мікроелементів у воді, яка подається на очисні споруди. Результати аналізів показали, що концентрація марганцю знаходиться на рівні 0,020 мг/дм^3, заліза – 0,050 мг/дм^3, міді – 0,003 мг/дм^3.

Низький вміст міді та заліза у вихідній воді по відношенню до встановлених ГДК цих металів у питній воді змусив нас штучно підвищити їх концентрації шляхом додавання п'ятиводного сульфату міді (з розрахунку 1,0 мг міді на 1 дм^3) та шестиводного сульфату амонію тривалентного заліза (з розрахунку 0,3 мг заліза на 1дм^3). Після цього вміст міді та заліза у підготовленому розчині знаходився на рівні 0,98 та 0,38 мг/дм^3 відповідно.

Визначення вмісту марганцю, заліза і міді проводили після додавання до підготовленого розчину хлорної води із вмістом хлору 3,48 мг в 1 см^3 , 0,63% сульфату алюмінію, та введення 20 мг/дм^3 ПБМБ або ОУ-В з наступним перемішуванням на магнітній мішалці протягом 1 години та відстоюванням протягом 5 годин. Отримані результати порівняли з ефективністю вилучення вищевказаних елементів із води існуючими ВОС. Встановлено, що концентрація заліза після очищення води на існуючих ВОС зменшується з 0,05 мг/дм^3 до 0,03 мг/дм^3 (ефективність вилучення становить 40%), після застосування 20 мг/дм^3 ПБМБ у технології рециркуляції осаду "по внутрішньому контуру" без другого ступеня очищення – з 0,38 мг/дм^3 до 0,24 мг/дм^3 (37%), після застосування у вищезазначених умовах ОУ-В – з 0,38 мг/дм^3 до 0,17 мг/дм^3 (65%). Концентрація марганцю знижувалась, відповідно, з 0,020 мг/дм^3 до 0,004 мг/дм^3 (80%), з 0,020 мг/дм^3 до 0,005 мг/дм^3 (75%) та з 0,020 мг/дм^3 до 0,005 мг/дм^3 (75%). Концентрація міді після існуючих ВОС зменшилася з 0,003 мг/дм^3 до 0,002 мг/дм^3 (ефективність вилучення становить 33,3%), після застосування у технології рециркуляції осаду по "по внутрішньому контуру" 20 мг/дм^3 ПБМБ без другого ступеня очищення – з 0,98 мг/дм^3 до 0,080 мг/дм^3 (92%), а після застосування у вищезазначених умовах ОУ-В – з 0,98 мг/дм^3 до 0,036 мг/дм^3 (96%).

Таким чином, результати проведених досліджень дозволили нам зробити наступні висновки:

- наявність освітлювачів-рециркуляторів в існуючій системі водопідготовки Часів-Ярської фільтрувальної станції дозволяє забезпечити нормативну якість підготовленої води за умов застосування глинопорошоку бентонітового марки ПБМБ, модифікованого за ТУ 39-0147001-105-93, та вугілля активованого освітлюючого порошкоподібного марки ОУ-В в дозах до 20 мг/дм^3;
- при проходженні води через ВОС Часів-Ярської фільтрувальної станції її інтегральна корозивність підвищується вдвічі (з 0,162 мм/рік до 0,326 мм/рік);
- застосування глинопорошку бентонітового марки ПБМБ у кількості 20,0 мг/дм^3 та активованого освітлюючого порошкоподібного вугіллям марки ОУ-В у кількості 20 мг/дм^3 у технології рециркуляції осаду по внутрішньому контуру знижує корозивну агресивність підготовленої води в 1,5 – 3 рази у порівнянні з корозивною агресивністю води, що надходить на ВОС Часів-Ярської фільтрувальної станції, та в 3-6 разів у порівнянні з корозивною агресивністю води, підготовленої за "традиційною" схемою.
- ефективність вилучення іонів марганцю, міді, заліза з води при застосуванні глинопорошку бентонітового марки ПБМБ та активованого освітлюючого порошкоподібного вугілля марки ОУ-В у технології рециркуляції осаду по внутрішньому контуру практично дорівнює ефективності вилучення зазначених елементів після двох ступенів класичної схеми водопідготовки, що застосовується зараз на ВОС Часів-Ярської фільтрувальної станції.

Вищевикладене дало нам підстави рекомендувати застосування досліджених сорбентів для інтенсифікації процесів очищення води поверхневих джерел у технології рециркуляції осаду по внутрішньому контуру із застосуванням освітлювачів-рециркуляторів, що дасть можливість майже у десять разів зменшити кількість промивних вод і знизити антропогенне навантаження на джерела водопостачання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 9.502 – 82. ЕСЗКС. Ингибиторы коррозии металлов для водных систем. Методы коррозионных испытаний.
2. ГОСТ 9.908 – 85. ЕСЗКС. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости.

3. ГОСТ 9.905 – 82. ЕСЗКС. Методы коррозионных испытаний. Общие требования.

4. ДСТУ 3895-99. Інгібітори корозії металів для водних систем. Електрохімічний метод визначення захисної здатності.

5. ИСО 9226. Коррозия металлов и сплавов. Коррозивность атмосфер. Определение скорости коррозии стандартных образцов.

6. ИСО 11 845. Коррозия металлов и сплавов. Общие принципы коррозионных испытаний.

7. Кульский Л.А. Основы химии и технологии воды / Л.А. Кульский - К.:Наукова думка, 1991.- 340с.

8. Новиков М.Г. Повышение эффективности процесса очистки поверхностных вод / М.Г. Новиков, Ю.И. Нефедов // Водозабезпечення та водне господарство. – 2004. - № 1. – С. 19-21.

9. СОУ ЖКГ 41.00 – 35077234.010:2008 “Системи централізованого господарсько-питного водопостачання та комунального теплопостачання. Захист протикорозійний. Загальні вимоги та методи контролювання”.

10. «Типовые инструкции по эксплуатации тепловых сетей: ТИ 34-70-045-85» (М.: СПО Союзтехэнерго, 1986).

11. Яцик А.В. Наукові та організаційні засади екологічно безпечного водокористування в Україні / А.В. Яцик // Водозабезпечення та водне господарство. – 2004. - № 1. – С. 4-8.