

ВИКОРИСТАННЯ МАГНІТНОЇ ОБРОБКИ ПРИРОДНИХ ВОД ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОКИСЛЕННЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК ОЗОНОМ

І. О. Рой, Л. Д. Пляцук

Сумський державний університет

вул. Римського–Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна. E-mail: royigor@gmail.com

Розглянуті актуальні проблеми сучасного стану питного водопостачання в Україні, зокрема проблема підвищеного вмісту органічних сполук у питних водах. Описані переваги та недоліки методів очистки природних вод від органічних сполук. Оцінена можливість використання магнітної обробки для інтенсифікації процесів очистки природних вод від органічних сполук. Запропоновано використання магнітної обробки природних вод перед озонуванням, для підвищення ефективності окислення органічних сполук. Представлено лабораторний стенд для проведення експериментальних досліджень по запропонованому методу. Проведено експериментальні дослідження, які підтвердили ефективність магнітної обробки. На основі отриманих даних зроблено висновок щодо перспективності використання магнітної обробки в системах водопідготовки.

Ключові слова: джерела питного водопостачання, водопідготовка, органічні сполуки, озонування, окислення, магнітна обробка.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ОЗОНОМ

И. А. Рой, Л. Д. Пляцук

Сумской государственной университет

ул. Римского–Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина. E-mail: royigor@gmail.com

Рассмотрены актуальные проблемы современного состояния питьевого водоснабжения в Украине, в частности проблема повышенного содержания органических соединений в питьевых водах. Описаны преимущества и недостатки методов очистки природных вод от органических соединений. Оценена возможность использования магнитной обработки для интенсификации процессов очистки природных вод от органических соединений. Предложено использование магнитной обработки природных вод перед озонированием, для повышения эффективности окисления органических соединений. Представлен лабораторный стенд для проведения экспериментальных исследований по предлагаемому методу. Проведены экспериментальные исследования, которые подтвердили эффективность магнитной обработки. На основе полученных данных сделан вывод о перспективности использования магнитной обработки в системах водоподготовки.

Ключевые слова: источники питьевого водоснабжения, водоподготовка, органические соединения, озонирование, окисление, магнитная обработка.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. У всіх країнах світу, включаючи й Україну, у більшості випадків джерелами питного водопостачання служать поверхневі водні об'єкти. Вони у свою чергу постійно піддаються антропогенному навантаженню, у результаті чого якість природних вод значно погіршується. Низька якість води, яка забирається з поверхневих джерел і недосконалість роботи централізованих станцій водопідготовки сприяють зростанню ризику здоров'ю населення при вживанні питної води. Особливо актуальна проблема підвищеного вмісту органічних сполук, як антропогенного так і природного походження [1].

Необхідність прийняття відповідних рішень, для зменшення наслідків антропогенного впливу на джерела питного водопостачання та зниження ризику здоров'ю населення, викликає потребу в проведенні додаткових заходів спрямованих на підвищення рівня екологічної безпеки питного водопостачання населення. Останнім часом для реалізації подібних рішень все більшу актуальність набувають заходи з реконструкції та модернізації станцій водопідготовки [2].

Більшість водопідготовчих станцій, які діють в Україні, запроектовані за традиційною технологією (коагуляція, відстоювання, фільтрування і хлору-

вання), не тільки не можуть забезпечити видалення органічних забруднень, але, навпаки, у ряді випадків сприяють підвищенню концентрації сполук небезпечних для здоров'я людини. Наприклад знезараження води хлором, як правило, призводить до утворення в оброблюваній воді підвищених концентрацій хлороформу та інших хлорорганічних сполук [1]. Проблема глибокого очищення природних вод особливо актуальна в даний час, коли зростання ризику здоров'ю людини і зниження екологічної безпеки систем водопостачання обумовлено значним зменшенням запасів природної води і погіршенням її якості в результаті діяльності людини.

МЕТОЮ РОБОТИ є проведення аналізу шляхів вирішення проблеми підвищеного вмісту органічних сполук у джерелах питного водопостачання. Проведення попередніх експериментальних досліджень із вивчення ефективності магнітної обробки природних вод для інтенсифікації окислення органічних сполук озоном.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Серед сучасних методів видалення органічних сполук із води питного призначення, найбільш ефективним є озонування. Суть цього методу полягає в дозуванні у воду озону, який є сильним окиснювачем, для деструктивного окислення органічних сполук.

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

Основними проблемами, які обмежують широке впровадження цього методу в першу чергу є його висока енергоємність і відносно великі експлуатаційні витрати [3, 4].

Високі вимоги до якості питної води, при видаленні органічних сполук, викликають потребу у підвищенні необхідних доз озону, на виробництво якого йдуть великі енерговитрати, що в кінцевому рахунку може призвести до недоцільності глибокого видалення органічних сполук, з економічної точки зору. Звертаючи увагу на останній фактор видалення потенційно небезпечних домішок зазвичай проводять із доведенням показників хімічного складу до величин, які наближаються до максимальних значень гранично допустимих концентрацій. При оцінці потенційних ризиків здоров'ю людини, відповідно до методики [5], при споживанні такої питної води, виявляється, що очистка води лише до норм, не є достатньою умовою для забезпечення безпеки життєдіяльності населення. Оскільки, величини потенційних ризиків знаходяться на межі перевищення допустимих рівнів. Таким чином, підвищення повноти видалення забруднюючих речовин, зокрема органічних сполук, з питної води є необхідною умовою забезпечення екологічної безпеки питного водопостачання населених пунктів.

З метою підвищення повноти деструктивного окислення органічних сполук озоном і зниження експлуатаційних витрат, на даний час розробляються процеси глибокого окислення [4]. З моменту своєї появи на ринку в 70-х рр.. минулого сторіччя установки глибокого окислення поступово знаходять застосування в галузі підготовки питної води. Каталітичні процеси, а особливо одночасне дозування у воду озону і перекису водню використовуються для видалення підвищеного вмісту пестицидів у природних водах, але наприклад у Франції на сьогоднішній день його впровадження заборонено через утворення супутніх побічних продуктів (броматів та інших продуктів окислення пестицидів). Загалом каталітичні процеси отримали розповсюдження для обробки стічних вод підприємств таких галузей, як паперова, текстильна, хімічна і т.д. [4].

Використання озонування та ультразвукової обробки дозволяє знизити кількість необхідного озону. Поширення інтенсивних ультразвукових хвиль у воді викликає явище кавітації, яка значно підвищує ступінь розкладу молекул озону, стимулюючи утворення вільних радикалів. Крім того, внаслідок виникнення мікротурбулентності, прискорюється перехід озону з газової фази в розчинений стан. Даний спосіб не отримав широкого впровадження на високопродуктивних станціях водопідготовки, через складність апаратного оформлення і додаткові витрати енергоресурсів [4].

На даний час найбільш ефективним і поширеним способом інтенсифікації озонування природних вод є фотокаталітична активація процесу [4]. Вона використовується переважно для видалення органічних сполук, присутніх в невисоких концентраціях, наприклад, для відновлення якості ґрунтових вод. Незважаючи на ряд позитивних факторів, цей метод не отримав широкого застосування, в першу чергу із-за

необхідності попереднього зменшення кольоровості води, яка часто є непрямим показником вмісту органічних домішок, впровадження конструктивно-складних фотокаталітичних реакторів і т.д. Тому використання цього методу не завжди являється ефективним і завжди актуальною є розробка нових, перспективних як по капітальним, так і по експлуатаційним витратам методів, які інтенсифікують процес озонування. До числа таких методів може бути віднесена магнітна обробка природних вод, яка базується на результатах попередніх експериментів [6, 7], дозволяє прискорити більшість хімічних реакцій у водних розчинах.

Простота магнітної обробки, низькі капітальні затрати при її впровадженні, простота реалізації, низькі експлуатаційні витрати або їх повна відсутність, при використанні апаратів на основі постійних магнітів і безреагентність роблять цей метод одним з перспективних напрямків досліджень у сфері розробки екологічно безпечних технологій для інтенсифікації процесів окиснення органічних сполук. В даній роботі нами запропонований метод заснований на використанні попередньої магнітної обробки природних вод, перед подачею їх на озонування для підвищення повноти видалення органічних сполук. Аналогів у світовій практиці за запропонованою технологією підготовки питної води не існує, що підтверджує актуальність даного дослідження.

Органічні сполуки в природних водах представлені різними видами, природа яких залежить від багатьох факторів. Такі сполуки під впливом фізико-хімічних процесів у водоймах постійно трансформуються [8], тому визначення точного вмісту кожної з органічних сполук неможливо і у світовій практиці прийнято їх вміст у питній воді характеризувати загальним показником – перманганатна окислюваність mgO_2/l [9]. Крім того, концентрація таких сполук постійно коливається і використання безпосередньо таких вод для проведення експериментальних досліджень є складним завданням.

В експерименті для вивчення направленої впливу магнітної обробки на швидкість подальшого окислення органічних сполук озоном, у даній роботі були використані розчини простих органічних кислот. Використання розчину щавлевої кислоти, яка відносно повільно окислюється озоном [10], дозволило в повній мірі відстежити ефективність магнітної обробки в умовах експерименту.

Для проведення експериментальних досліджень нами розроблений лабораторний стенд, представлений на рисунку 1. В експерименті робочий розчин (із заданою концентрацією щавлевої кислоти і значенням рН) з ємності (1) насосом (2) подавався в трубу (3). Труба (3) виконана із діамагнітного матеріалу і розміщена в зазорі сердечника з електротехнічної сталі (4), на який намотана котушка (5). Одночасно при проходженні розчину по трубі (3) на котушку (5) подавався постійний струм від випрямляча (6). При пропусканні постійного струму по котушці (5) в зазорі сердечника (4) виникає магнітне поле, індукція якого залежить від величини постійного струму. Оброблений у магнітному полі розчин з труби (3) надходив у барботажний реактор (7).

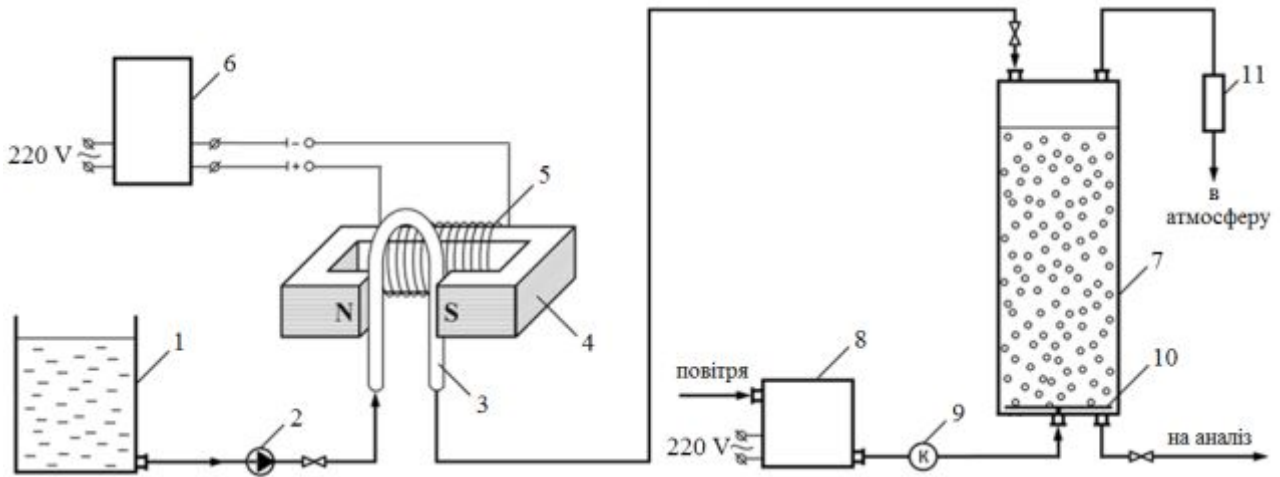


Рисунок 1 – Схема лабораторного стану для дослідження процесів магнітної обробки водних розчинів: 1 – ємність з робочим розчином; 2 – насос; 3 – труба для проходження розчину в зазорі між полюсами магнітів; 4 – сердечник з електротехнічної сталі; 5 – котушка; 6 – випрямляч; 7 – барботажний реактор; 8 – озонатор; 9 – повітряний компресор; 10 – диспергуючий елемент; 11 – колонка з активованим вугіллям

Після заповнення реактора (7) від озонатора (8) компресором (9) озono-повітряна суміш через диспергуючий елемент (10) подавалась в реактор (7). Диспергуючий елемент виконаний у вигляді керамічної пластини. Відпрацьована озono-повітряна суміш, яка пройшла розчин, через відповідний патрубок надходила в колонку (11) після якої, повітряна суміш, очищена від озону надходила в атмосферу.

Концентрацію шавлевої кислоти у вихідному розчині і після обробки визначали титруванням розчином перманганату калію в кислому середовищі. Початковий вміст шавлевої кислоти в робочих розчинах становив 0,1 г/л, рН ~2. Концентрація озону в озono-повітряній суміші становила 180 мг/л, витрата суміші складала $12 \cdot 10^{-3}$ л/хв. Дослідження проводились при температурі 20 °С.

Для проведення попереднього дослідження з впливу магнітної обробки на ефективність окислення органічних сполук озonom, і визначення перспективності подальших досліджень в цьому напрямку, режими магнітної обробки були вибрані на основі літературних даних [7]. Таким чином, у нашому експерименті індукція магнітного поля в зазорі між полюсами становила 40 мТл, швидкість протікання розчину між полюсами 0,6 м/с. Задані параметри і геометрична форма розробленого нами пристрою для магнітної обробки дозволила створити неоднорідне магнітне поле, наявність якого є необхідною умовою магнітної обробки [6].

Ефективність магнітної обробки оцінювали шляхом порівняння ступеня окислення шавлевої кислоти озonom за установлений проміжок часу в звичайних умовах та після попередньої магнітної обробки. Ступінь окислення визначали через коефіцієнт виражений відношенням кінцевої концентрації шавлевої кислоти до початкової:

$$K = C / C_{\text{поч}} \quad (1)$$

де $C_{\text{поч}}$ – початкова концентрація шавлевої кислоти, мг/л; C – концентрація шавлевої кислоти, через встановленні проміжки часу після початку озонування, мг/л;

Результати проведених досліджень представлені на рисунку 2 у вигляді графіку залежності ефективності окислення шавлевої кислоти Е від тривалості обробки τ .

Відповідно до результатів експерименту за 60 хв. шавлева кислота у звичайних умовах окислилась на 75 %. Використання магнітної обробки дозволило підвищити цей показник до 81 %.

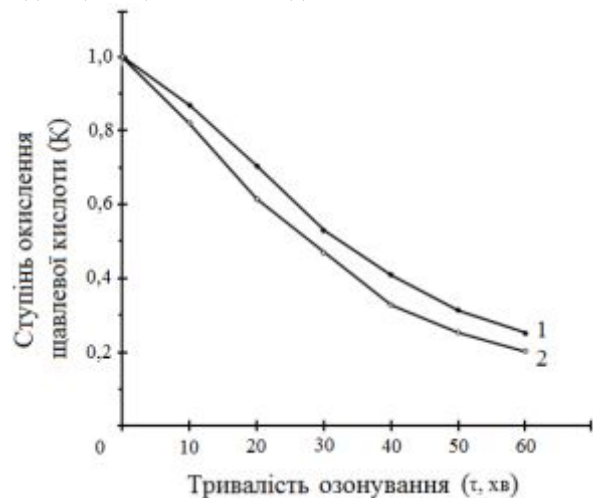


Рисунок 2 – Графік залежності ефективності окислення шавлевої кислоти від тривалості озонування: 1 – звичайні умови; 2 – після попередньої магнітної обробки розчину.

Такий вплив магнітної обробки в першу чергу обумовлений зниженням енергії водневих зв'язків між молекулами води [6, 7], що відповідно до [11], відбивається на кінетиці хімічних реакцій у водних розчинах. Прискорення дифузії молекул, які реагують у водному розчині, збільшення частоти їх зіткнень та їх «розблокування» за рахунок зменшення гідратації органічних молекул посприяли пришвидшенню реакції їх окислення озonom. Отримані результати дозволять в подальших розробках підвищити ефективність озонування в процесах очистки природних вод.

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

ВИСНОВКИ. Таким чином, результати експерименту вказують на перспективність запропонованого методу, який вимагає детального вивчення для розробки оптимальних режимів магнітної обробки та пошуку факторів, які впливають на її ефективність. Магнітна обробка, як з екологічної так і економічної точки зору має ряд переваг по відношенню до інших методів інтенсифікації озонування, що обумовлює актуальність подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Задорский В. Вода питьевая «Украинская». // Всеукраинская информационная газета экобезопасность: – 2011. – № 1–2(7–8). – С. 11–13.
2. Закон України Про Загальнодержавну цільову програму «Питна вода України» на 2006–2020 роки від 3 березня 2005 року.
3. Дзюбо В.В. Эффективность озонирования в процессе очистки подземных вод // Вестник ТГАСУ. – 2004. – №1. – С. 107–115.
4. Технический справочник по обработке воды: в 2 томах.: пер. с фр. – СПб.: Новый журнал, 2007.

5. Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности. – МР 2.1.4.0032–11.
6. Баран Б.А. Швидкість хімічних процесів в попередньо омагніченій воді // Вестник Харьковско-го гос. политех. ун-та. – 1999. – вып. 56. – С. 19–24.
7. Душкин С.С., Евстратов В.Н. Магнитная водоподготовка на химических предприятиях. – М.: Химия, 1986. – 144 с.
8. Зилов Е.А. Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем): учебное пособие. – Иркутск: Иркут. ун-т, 2008. – 138 с.
9. ДСанПіН 2.2.4–171–10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».
10. Аристова Н.А., Мокина Т.С., Пискарев И.М. Окисление муравьиной и щавелевой кислот в безэлектродной электрохимической реакции // Журнал общей химии. – 2003. – Т. 73. – Вып. 5. – С. 756–760.
11. Ами́с Э. Влияние растворителя на скорость и механизм химических реакций. – М.: Мир, 1968. – 328 с.

THE USE MAGNETIC TREATMENT OF NATURAL WATERS FOR INTENSIFICATION OF ORGANIC COMPOUNDS OXIDATION BY OZONE

I. Roy, L. Plyatsuk

Sumy State University

vul. Rymyskogo-Korsakova, 2, Sumy, 40007, Ukraine. E-mail: royigor@gmail.com

The article deals with actual problems of the current state of drinking water supply in Ukraine and especially the problem of high levels of organic compounds in drinking water. The advantages and disadvantages of methods for purification of natural water from organic compounds have been described. The possibility of using magnetic treatment for the intensification of natural water purification from organic compounds was evaluated. It has been proposed to use magnetic treatment of natural waters before ozonation to improve efficiency of oxidation organic compounds. Laboratory model for experimental studies of the proposed method was presented. Experimental studies have been carried out and confirmed the effectiveness of magnetic treatment. Conclusion on the prospects of using magnetic treatment in water preparation systems was based on the data.

Key words: sources of drinking water supply, water preparation, organic compounds, ozonation, oxidation, magnetic treatment.

REFERENCES

1. Zadorskiy, V. (2011), "Drinking Water "Ukrainian"", *Vseukrainskaya informatsionnaya gazeta ekobezopasnost'*, no. 1-2 (7-8), pp. 11-13.
2. Zakon Ukrayiny pro zahal'noderzhavnu tsil'ovu prohramu "Drinking water of Ukraine" na 2006–2020 roky vid 3 bereznya 2005 roku, Ukraine.
3. Dzyubo, V.V. (2004), "The effectiveness of groundwater ozonation", *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, no. 1, p.p. 107-115.
4. Degremont (2007), *Tekhnicheskii spravochnik po obrabotke vody* [Memento technique de l'eau], Translated by ООО "Novyy zhurnal", St. Petersburg, Russia.
5. "Integral assessment of drinking water of centralized water supply systems in terms of chemical safety", *Metodicheskie rekomendacii*, 2.1.4.0032–11, Russia.
6. Baran, B.A. (1999), "The chemical processes in the water after magnetic treatment", *Vestnik*

Khar'kovskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta, iss. 56, p.p. 19-24.

7. Dushkin, S.S. and Yevstratov, V.N. (1986), *Mahnytnaya vodopodgotovka na khymycheskykh predpryyatyyakh* [Magnetic water treatment chemical plants], Khimiya, Moscow, Russia.
8. Zilov, E.A. (2008), *Gidrobiologiya i vodnaya ekologiya (organizatsiya, funktsionirovaniye i zagryazneniye vodnykh ekosistem)* [Hydrobiology and aquatic ecology (the organization and functioning of aquatic ecosystems)], Irkutskiy universitet, Irkutsk, Russia.
9. ДСанПіН 2.2.4–171–10, "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption", Ukraine.
10. Aristova, N.A., Mokina, T.S. and Piskarev, I.M. (2003), "Oxidation of formic acid and oxalic acid in electrodeless electrochemical reaction", *Zhurnal obshchey khimii*, vol. 73, iss. 5, p.p. 756-760.
11. Amis, E. (1968), *Vliyaniye rastvoritelya na skorost' i mekhanizm khimicheskikh reaktsiy* [Effect of solvent on the rate and mechanism of chemical reactions], Mir, Moscow, Russia.