УДК 621.313.8 : 631.53.02 DOI 10.31548/energiya2019.01.006

ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ВОДУ

В. В. Савченко, кандидат технічних наук, доцент

О. Ю. Синявський, кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В. Я. Бунько, кандидат технічних наук, доцент

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

E-mail: vit1986@ua.fm

Анотація. *Обробка води в магнітному полі дозволяє підвищити врожайність сільськогосподарських культур, знищувати патогенну мікрофлору, покращити використання мінеральних добрив.*

Метою дослідження було визначення режимних параметрів обробки води в магнітному полі.

Експериментальні дослідження проводилися на лабораторній установці. Воду пропускали в чашках Петрі через магнітне поле, яке створювалося постійними магнітами, встановленими паралельно над та під стрічкою транспортера зі змінною полярністю. Магнітну індукцію регулювали зміною відстані між магнітами і вимірювали тесламетром 43205/1. Швидкість руху транспортерної стрічки регулювали зміною частоти обертання приводного двигуна транспортера. Полюсну поділку регулювали зміною відстані між магнітами.

Значення верхнього, нижнього і основного рівнів фактора становили для магнітної індукції відповідно 0, 0,065 і 0,13 Тл, для швидкості руху води – 0,4, 0,6 і 0,8 м/с, полюсної поділки – 0,14 м; 0,23 м; 0,32 м. Дослідження виконувалися із застосуванням плану Бокса – Бенкіна

На основі проведених досліджень встановлено, що зміна pH та окислювально-відновного потенціалу води при обробці в магнітному полі залежить від квадрата магнітної індукції, числа перемагнічувань та швидкості руху води. При зміні полюсної поділки в межах 0,14 – 0,32 м pH та ОВП води змінюються несуттєво.

При зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл pH води зростає, а при подальшому її збільшенні зменшуються. Окислювально-відновний потенціал спочатку зменшується, а потім зростає.

Збільшення числа перемагнічувань підсилює ефект магнітної обробки води. Оптимальним можна вважати чотириразове перемагнічування, оскільки його зростання не призводить до суттєвої зміни параметрів води.

Найефективніший режим обробки води має місце при магнітній індукції 0,065 Тл, чотирикратному перемагнічуванні, полюсній поділці 0,23 м та швидкості руху води 0,4 м/с.

Ключові слова: ***вода, магнітна індукція, швидкість руху води, pH, окислювально-відновний потенціал, полюсна поділка***

Актуальність. Вода відіграє важливу роль у біологічних об'єктах рослинного походження, оскільки всі біохімічні процеси в клітинах рослин відбуваються у водному середовищі. Вода використовується у всіх хімічних реакціях, переміщує поживні речовини, підтримує пружність органів [1].

Обробка води в магнітному полі дозволяє підвищити врожайність сільськогосподарських культур, знищувати патогенну мікрофлору, покращити використання мінеральних добрив.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нині теорія магнітної обробки водних систем знаходиться на стадії висунення і обгрунтування гіпотез, хоча експериментально встановлено, що магнітна обробка води змінює її фізико-хімічні властивості: прискорюються коагуляція і абсорбція, змінюються розчинність солей і концентрація газів, кристалізація і змочування, магнітна сприйнятливість, в`язкість, гідратація іонів, кінетика хімічних реакцій [2, 3]

Нині магнітоактивована вода використовується для замочування насіння, поливання рослин, розсолення грунтів [4, 5].

Але на шляху широкого впровадження магнітної обробки водних розчинів існує ряд труднощів, які пов’язані з тим, що нині не в повній мірі розкриті механізми й закономірності дії магнітного поля на водні розчини.

Мета дослідження – визначення режимних параметрів обробки води в магнітному полі.

Матеріали і методи дослідження. Експериментальні дослідження зміни параметрів води проводилися на лабораторній установці. Воду пропускали в чашках Петрі через магнітне поле, яке створювалося постійними магнітами із інтерметалічного композиту NdFeB, встановленими паралельно над та під стрічкою транспортера зі змінною полярністю. Температура води становила 20 °С.

Магнітну індукцію регулювали зміною відстані між магнітами і вимірювали тесламетром 43205/1. Швидкість руху транспортерної стрічки з розміщеною на ній

чашці Петрі з водою регулювали зміною частоти обертання приводного двигуна транспортера за допомогою перетворювача частоти Delta VFD004EL43A.

Полюсну поділку (градієнт магнітного поля) регулювали зміною відстані між магнітами.

Досліди проводили методом планування експерименту [6]. За значення факторів приймали магнітну індукцію, швидкість руху стрічки транспортера та полюсну поділку, яким присвоювали кодовані значення відповідно X_1, X_2 та X_3.

Значення верхнього, нижнього і основного рівнів становили для магнітної індукції відповідно 0, 0,065 і 0,13 Тл, для швидкості руху води – 0,4, 0,6 і 0,8 м/с, полюсної поділки – 0,14 м; 0,23 м; 0,32 м. яким присвоювали кодовані значення відповідно X_1, X_2 та X_3. При кодуванні вказаним змінним присвоєні значення на нижньому рівні -1, на верхньому рівні – +1, на основному рівні – 0.

Дослідження виконувалися із застосуванням плану Бокса – Бенкіна (таблиця).

Матриця планування експерименту при дослідженнях впливу полюсної поділки при магнітній обробці води

Номер точки	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2
1	+	+	+	0	+	0	0	+	+	0
2	+	+	-	0	-	0	0	+	+	0
3	+	-	+	0	-	0	0	+	+	0
4	+	-	-	0	+	0	0	+	+	0
5	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	+	+	0	+	0	+	0	+	0	+
7	+	+	0	-	0	-	0	+	0	+
8	+	-	0	+	0	-	0	+	0	+
9	+	-	0	-	0	+	0	+	0	+
10	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	+	0	+	+	0	0	+	0	+	+
12	+	0	+	-	0	0	-	0	+	+
13	+	0	-	+	0	0	-	0	+	+
14	+	0	-	-	0	0	+	0	+	+
15	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Досліди у кожному рядку матриці планування виконували у трикратній повторності. Відтворюваність дослідів визначали за критерієм Кохрена при 5%-ному рівні значущості.

Рівняння регресії знаходили у вигляді:

$$\Delta Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{33} X_3^2. \quad (1)$$

Коефіцієнти у рівнянні регресії визначали за відомою методикою, а їх значущість визначали за критерієм Стьюдента. Адекватність отриманого рівняння регресії оцінювалася за критерієм Фішера.

Результати досліджень та їх обговорення.

Під дією магнітного поля зростає швидкість хімічних реакцій у водному середовищі [7]:

$$\omega_м = \omega \exp m(K^2 B^2 + 2KBv) N_a / 2RT, \quad (2)$$

де ω– швидкість хімічної реакції без впливу магнітного поля, моль/(л·с); m – зведена маса іонів, кг; B – магнітна індукція, Тл; v – швидкість руху іонів, м/с; K – коефіцієнт, який залежить від концентрації та виду іонів, а також кількості перемагнічувань, м/(с·Тл); N_a– число Авогадро, молекул/моль; R – універсальна газова стала, Дж/моль·К; T – температура, К.

При цьому змінюється розчинність солей, яка визначається ступенем електролітичної дисоціації:

$$\alpha_м = \alpha e^{\frac{mN_a(K_i^2 B^2 + 2K_i Bv)}{2RT}}, \quad (3)$$

де $\alpha_м$ і α – ступінь електролітичної дисоціації після і до обробки в магнітному полі.

Зміна швидкості хімічних реакції, а також розчинності солей впливає на pH і окислювально-відновний потенціал води.

Зміна pH водного розчину визначається виразом:

$$\Delta pH = \lg fC_{H_1^+} - \lg fC_{H_2^+} = \lg C_{H_1^+} - \lg C_{H_2^+}, \quad (4)$$

де f – коефіцієнт активності; $C_н$ – концентрація іонів водню у воді, моль/л;

або

$$\Delta pH = \lg \omega_{H_1^+} - \lg \omega_{H_2^+}. \quad (5)$$

Якщо в рівняння (4) підставити вираз для швидкості хімічної реакції (2), то зміна pH при магнітній обробці водного розчину :

$$\Delta pH = -\frac{mN_a K}{2{,}3RT}\left(\frac{KB^2}{2} + vB\right), \tag{6}$$

де v- швидкість руху розчину, м/с;

або

$$\Delta pH = A_{в1}B^2 + A_{в2}Bv, \tag{7}$$

де $A_{в1}$ і $A_{в2}$ – коефіцієнти.

Зміна окислювально-відновного потенціалу (ОВП) розчину визначається за рівнянням Нернста:

$$\Delta ОВП = 2{,}3\frac{RT}{zF}\left(\lg fC_2 - \lg fC_1\right), \tag{8}$$

де z – валентність іона; F – число Фарадея, Кл/моль; C_1 – концентрація іонів до магнітної обробки, моль/л; C_2 – концентрація іонів після магнітної обробки, моль/л,

або

$$\Delta ОВП = 2{,}3\frac{RT}{zF}\left(\lg \omega_2 - \lg \omega_1\right). \tag{9}$$

Із урахуванням (2) можна записати:

$$\Delta ОВП = \frac{mN_a K}{zF}\left(\frac{KB^2}{2} + vB\right). \tag{10}$$

або

$$\Delta ОВП = A_{в3}B^2 + A_{в4}Bv, \tag{11}$$

де $A_{в3}$, $A_{в4}$ – коефіцієнти.

Таким чином, зміна pH та ОВП водного розчину при магнітній обробці залежать від квадрату магнітної індукції та швидкості руху розчину в магнітному полі.

Коефіцієнти, які входять у рівняння (7) і (11), аналітично визначити не можливо. Їх визначали на основі експериментальних даних.

Експериментально встановлено, що при зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл pH води зростає, а при подальшому збільшенні магнітної індукції починає

зменшуватися (рис. 1). Збільшення швидкості руху розчинів знижує ефект магнітної обробки.

Зміна полюсної поділки (градієнта магнітного поля) впливає на зміну pH води, але в меншій мірі, ніж магнітна індукція.

У результаті проведеного багатофакторного експерименту було отримано рівняння регресії, яке у фізичних величинах для pH води має вигляд (рис. 1):

$$\Delta pH = 3{,}97B - 0{,}39Bv - 0{,}86B\tau - 21{,}3B^2. \tag{12}$$

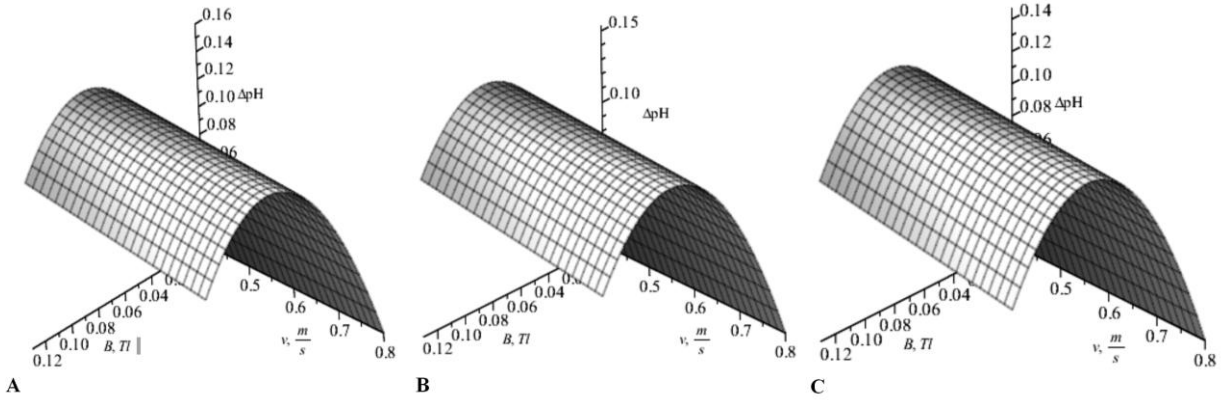

Рис. 1. Зміна pH води при магнітній обробці з полюсною поділкою:

A - 0,14 м; *B* – 0,23 м; *C* – 0,32 м

Піл дією магнітного поля змінюється також ОВП води. При зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл ОВП води зменшується, а при подальшому збільшенні магнітної індукції починає зростати (рис. 2*)*. Збільшення швидкості руху води обумовлює меншу зміну ОВП.

Зменшення полюсної поділки обумовлює більшу зміну ОВП водного розчину (рис. 2). Рівняння регресії, яке описує зміну ОВП води при магнітній обробці має вигляд:

$$\Delta ОВП = -285{,}1B + 38{,}46Bv + 85{,}47B\tau + 1538{,}46B^2. \tag{13}$$

Таким чином, на основі проведених експериментальних досліджень можна зробити висновок, що при зміні полюсної поділки в межах 0,14 – 0,32 м pH та ОВП води змінюються несуттєво, хоча полюсна поділка є значущим фактором.

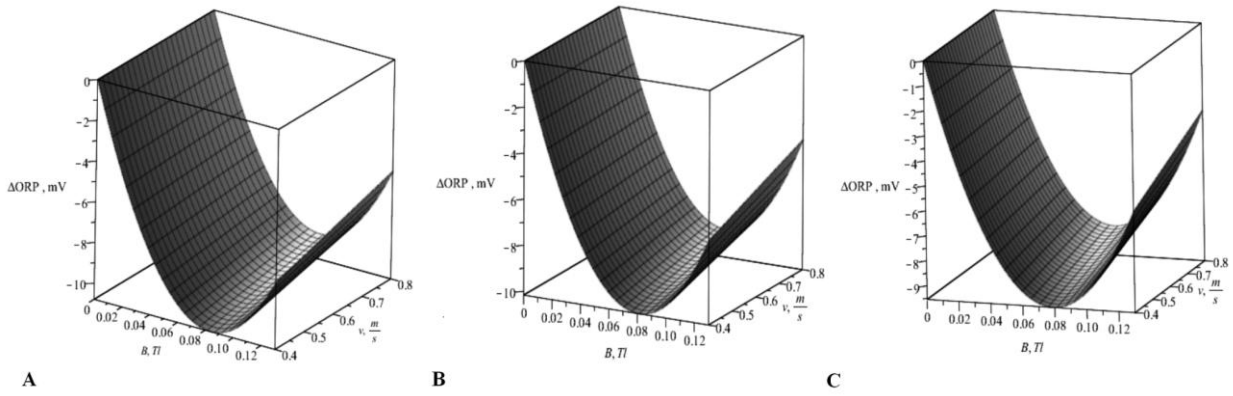

Рис. 2. Зміна ОВП води при магнітній обробці з полюсною поділкою:
A - 0,14 м; *B* – 0,23 м; *C*– 0,32 м

Збільшення числа перемагнічувань підсилює ефект магнітної обробки води (рис. 3). Оптимальним можна вважати чотириразове перемагнічування, оскільки його зростання не призводить до суттєвої зміни параметрів води (зміна pH не перевищує 0,01, а ОВП – 1 мВ).

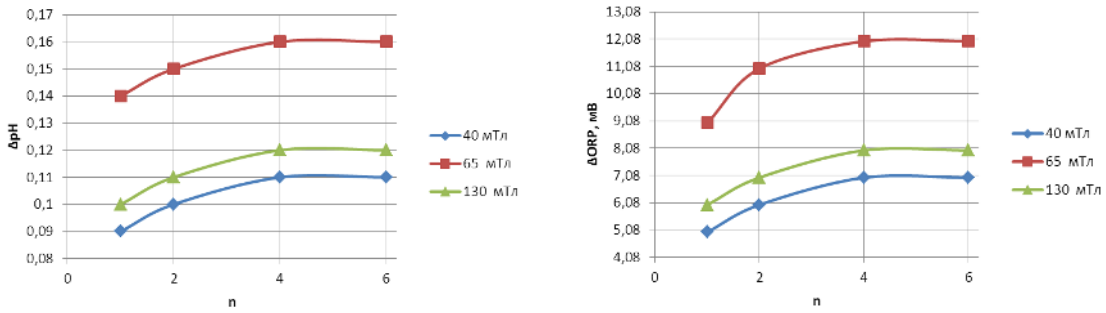

Рис. 3. Залежність зміни pH (A) та ОВП (B) води при магнітній обробці від числа перемагнічувань

Висновки і перспективи. Встановлено, що зміна pH та окислювально-відновного потенціалу води при магнітній обробці в залежить від квадрата магнітної індукції, числа перемагнічувань і швидкості руху води в магнітному полі. При зміні полюсної поділки в межах 0,14 – 0,32 м pH та ОВП води змінюються несуттєво.

Найефективніший режим обробки має місце при магнітній індукції 0,065 Тл, чотирикратному перемагнічуванні і швидкості руху 0,4 м/с.

Список літератури

1. Nakasono S, Saiki H. Effect of ELF magnetic fields on protein synthesis in *Escherichia coli* K12. Radiat. Res., 2000, Vol. 154, pp. 208–216.

2. Малкін Є. С. Процес обробки води в магнітних полях / Є. С. Малкін, Н. Є. Журавська, Н. О. Коваленко // Вентиляція, освітлення та водопостачання. – 2015. – Вип. 18. – С. 70 – 74.

3. Классен В. И. Омагничивание водных систем. – М.: Химия, 1982. – 296 с.

4. Малкін Є. С. Перспективи створення ресурсозберігаючих технологій шляхом магнітної обробки води та водних розчинів / Є. С. Малкін, І. Є. Фуртат, Н. Є. Журавська, В. П. Усачов // Вентиляція, освітлення та водопостачання. – 2014. – Вип. 17. – С. 120 – 127.

5. Amaya, J., et al. Effects of stationary magnetic fields on germination and growth of seeds. Hortic. Abst, 1996, Vol. 68, p. 1363.

6. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. – М.: Наука, 1976. – 278 с.

7. Kozyrskyi V. Presowing Processing of Seeds in Magnetic Field / V. Kozyrskyi, V. Savchenko, O. Sinyavsky // Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. – IGI Global, 2018. – P. 576 – 620.

References

1. Nakasono, S, Saiki, H. (2000). Effect of ELF magnetic fields on protein synthesis in *Escherichia coli* K12. Radiat. Res., 154, 208–216.

2. Malkin, Y.S., Zhuravska, N.Y., Kovalenko, N.O. (2015).Protses obrobky vody v mahnitnykh poliakh [The process of water treatment in magnetic fields]. Ventyliatsiia, osvitlennia ta vodopostachannia, vol. 18, pp. 70 – 74.],

3. Klassen, V. I. (1982). Omagnichivaniye vodnykh system [Magnetization of water systems]. Moskow: Khimiya, 296 p.

4. Malkin, Y.S., Furtat, I.Ye., Zhuravska, N.Y., Usachov, V.P. (2014). Perspektyvy stvorennia resursozberihaiuchykh tekhnolohii shliakhom mahnitnoi obrobky vody ta vodnykh rozchyniv [Prospects for resource-saving technologies through magnetic processing of water and water solutions]. Ventyliatsiia, osvitlennia ta vodopostachannia,.17, 120 – 127.

5. Amaya, J., et al. (1996). Effects of stationary magnetic fields on germination and growth of seeds. Hortic. Abst, 68, 1363.

6. Adler, Y.P., Markova, E.V., Granovskiy, Y.V. (1976). Planirovaniye eksperimenta pri poiske optimal'nykh usloviy [Planning an experiment when searching for optimal conditions]. Moskow: Nauka, 278.

7. Kozyrskyi V., Savchenko V., Sinyavsky O. (2018). Presowing Processing of Seeds in Magnetic Field. Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. IGI Global, pp.576 – 620

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВОДУ

В. В. Савченко, А. Ю. Синявский, В. Я. Бунько

Аннотация. *Обработка воды в магнитном поле позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур, уничтожать патогенную микрофлору, улучшить использование минеральных удобрений.*

Целью исследования было определение режимных параметров обработки воды в магнитном поле.

Экспериментальные исследования проводились на лабораторной установке. Воду пропускали в чашках Петри через магнитное поле, которое создавалось постоянными магнитами, установленными параллельно над и под лентой транспортера с переменной полярностью. Магнитную индукцию регулировали изменением расстояния между магнитами и измеряли тесламетром 43205/1. Скорость движения транспортерной ленты регулировали изменением частоты вращения приводного двигателя транспортера. Полюсное деление регулировали изменением расстояния между магнитами.

Значение верхнего, нижнего и основного уровней фактора составили для магнитной индукции соответственно 0, 0,065 и 0,13 Тл, для скорости движения воды - 0,4, 0,6 и 0,8 м/с, полюсного деления - 0,14; 0,23; 0,32 м. Исследования выполнялись с применением плана Бокса - Бенкина

На основе проведенных исследований установлено, что изменение pH и окислительно-восстановительного потенциала воды при обработке в магнитном поле зависит от квадрата магнитной индукции, числа перемагничиваний и скорости движения воды. При изменении полюсного деления в пределах 0,14 - 0,32 м pH и ОВП воды изменяются незначительно.

При изменении магнитной индукции от 0 до 0,065 Тл pH воды возрастает, а при дальнейшем ее увеличении уменьшаются. Окислительно-восстановительный потенциал сначала уменьшается, а затем возрастает.

Увеличение числа перемагничиваний усиливает эффект магнитной обработки воды. Оптимальным можно считать четырехкратное перемагничивания, поскольку его рост не приводит к существенному изменению параметров воды.

Наиболее эффективный режим обработки воды имеет место при магнитной индукции 0,065 Тл, четырехкратном перемагничивании, полюсном делении 0,23 м и скорости движения воды 0,4 м/с.

Ключевые слова: ***вода, магнитная индукция, скорость движения воды, pH, окислительно-восстановительный потенциал, полюсная деление***

INFLUENCE OF MAGNETIC FIELD ON WATER

V. Savchenko, O. Sinyavsky, V. Bunko

Abstract. *Treatment of water in a magnetic field can increase the yield of crops, destroy pathogenic microflora, improve the use of mineral fertilizers.*

The purpose of the study was to determine the regime parameters of water treatment in a magnetic field.

Experimental studies were conducted on a laboratory installation. The water was passed in Petri dishes through a magnetic field, which was created by permanent magnets, installed parallel above and below the conveyor belt with a variable polarity. Magnetic induction was controlled by changing the distance between the magnets and measured by a teslameter 43205/1. The velocity of the conveyor belts was controlled by changing the rotational speed of the drive motor of the conveyor. The pole division was controlled by changing the distance between the magnets.

The values of the upper, lower and main levels of factor were for magnetic induction, 0, 0.065 and 0.13 T respectively, for the velocity of water - 0.4, 0.6 and 0.8 m/s, pole division - 0.14; 0.23; 0,32 m. The research was carried out using the Boxing-Benkin plan

On the basis of the conducted researches it was established that the change in the pH and the oxidation-reduction potential of water when treatment in a magnetic field depends on the square of the magnetic induction, the number of re-magnetization and the velocity of water flow. When changing the pole division within the limits of 0,14 - 0,32 m, the pH and ORP of the water vary insignificantly.

When the magnetic induction is changed from 0 to 0.065 T, the pH of the water increases, and with its further increase it decreases. The oxidation-reducing potential initially decreases and then increases.

The increase in the number of reversals enhances the effect of magnetic water treatment. The optimal four-time re-magnetization can be considered, since its growth does not lead to a significant change in water parameters.

The most effective mode of water treatment takes place with a magnetic induction of 0.065 T, a fourfold re-magnetization, a pole division of 0.23 m and a flow velocity of 0.4 m/s.

Key words: ***water, magnetic induction, velocity of water, pH, oxidation-reduction potential, pole division***