УДК 628.1

ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА pH ТА ОКИСЛЮВАЛЬНО-ВІДНОВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ

В. В. Савченко, кандидат технічний наук, доцент

О. Ю. Синявський, кандидат технічний наук, доцент

А.Р. Шерстій, студент магістратури

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: vit1986@ua.fm

Анотація. *Метою дослідження було встановлення впливу магнітного поля на зміну pH та окислювально-відновного потенціалу водних розчинів.*

На основі проведених досліджень встановлено, що зміна pH та окислювально-відновного потенціалу водних розчинів при обробці в магнітному полі залежить від квадрата магнітної індукції та швидкості руху води.

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

Найефективніший режим обробки водних розчинів має місце при магнітній індукції 0,065 Тл, чотириразовому перемагнічуванні та швидкості руху розчину 0,4 м/с.

Ключові слова*: водний розчин, магнітна індукція, швидкість руху розчину, pH, окислювально-відновний потенціал*

Актуальність. Обробка водних розчинів та біологічних об'єктів рослинного походження магнітним полем – перспективна технологія, яка дозволяє не тільки підвищити врожайність сільськогосподарських культур, знищувати патогенну мікрофлору, покращити використання мінеральних добрив, але і впливати на біосинтез, інтенсифікувати процеси анаеробної переробки відходів біомаси в біопаливо і добрива.

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 [1, 2].]

Поливання рослин магнітоактивованою водою і живильними розчинами впливає на засвоєння рослинами поживних речовин і прискорює їх ріст, підвищує врожайність, збільшує вміст мінеральних солей, цукру і сухої речовини. [2, 3].

Але нині не в повній мірі розкриті механізми й закономірності дії магнітного поля на водні розчини. Відсутність пояснення дії магнітного поля на процеси, які відбуваються у водному розчині, не дає можливості встановити всі діючі фактори при його обробці у магнітному полі та визначити їх оптимальні значення.

Мета дослідження – встановлення впливу магнітного поля на зміну pH та ОВП водних розчинів.

Матеріли та метод дослідження. Експериментальні дослідження зміни параметрів водних розчинів при обробці в магнітному полі проводилися на лабораторній установці. Розчини 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 чашкою Петрі з розчином регулювали зміною частоти обертання приводного двигуна транспортера за допомогою перетворювача частоти.

Окислювально-відновний потенціал (ОВП) та pH водного розчину визначали до магнітної обробки розчину і після неї за допомогою іономіра И-160М.

Дослідження виконувалися із застосуванням методу планування експерименту [4]. Значення верхнього, нижнього і основного рівнів становили для магнітної індукції відповідно 0, 0,065 і 0,13 Тл, для швидкості руху води і розчинів мінеральних добрив – 0,4, 0,6 і 0,8 м/с/

Результати досліджень та їх обговорення. Під дією магнітного поля зростає швидкість хімічних реакцій, внаслідок чого збільшується концентрація продуктів реакції у водному розчині:

$$dC_i = \omega dt, \tag{1}$$

де C_i – концентрація речовини, моль/л; ω – швидкість хімічної реакції, моль/л·с; t – час, с.

Швидкість хімічних реакцій при магнітній обробці розчинів визначається виразом [5]:

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

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.

Взаємодія електролітів з водою є хімічною реакцією, яка призводить до руйнування іонних або молекулярних кристалів або молекул та утворення гідратованих іонів. Тому як і для будь-якої хімічної реакції внаслідок дії магнітного поля на розчин прискорюється хімічна реакція утворення іонів.

Процес розчинення електролітів характеризується ступенем електролітичної дисоціації, який можна представити у вигляді:

$$\alpha = \frac{n}{N} = \frac{\omega t}{C}, \tag{3}$$

де n – кількість молекул, яка розпалася на іони; N – загальне число молекул; ω – швидкість реакції електролітичної дисоціації, моль/л·с; t – час реакції, с; C – загальна концентрація розчину, моль/л.

З урахуванням (2) отримаємо:

$$\alpha_м = \frac{\omega t e^{\frac{m(K_i^2 B^2 + 2K_i Bv)}{2RT}}}{C}, \tag{4}$$

або

$$\alpha_м = \alpha e^{\frac{m(K_i^2 B^2 + 2K_i Bv)}{2RT}}, \tag{5}$$

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 водного середовища.

Зміна pH визначається виразом:

$$\Delta pH = \lg fC_{H_1^+} - \lg fC_{H_2^+} = \lg C_{H_1^+} - \lg C_{H_2^+}, \tag{6}$$

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

З урахуванням (1)

$$\Delta pH = \lg \omega_{H_1^+} - \lg \omega_{H_2^+}. \tag{7}$$

Якщо в рівняння (7) підставити вираз для швидкості хімічної реакції (2), то зміна pH при магнітній обробці водного розчину :

$$\Delta pH = \frac{mN_a K}{2{,}3RT}\left(\frac{KB^2}{2} + v_n B\right), \tag{8}$$

або

$$\Delta pH = A_1 B^2 + A_2 Bv, \tag{9}$$

де A_1 і A_2 – коефіцієнти.

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

$$\Delta ОВП = 2{,}3\frac{RT}{zF}\left(\lg fC_2 - \lg fC_1\right), \tag{10}$$

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

$$\Delta ОВП = 2{,}3\frac{RT}{zF}\left(\lg \omega_2 - \lg \omega_1\right). \tag{11}$$

Із урахуванням (2) можна записати:

$$\Delta ОВП = -\frac{mN_a K}{zF}\left(\frac{KB^2}{2} + vB\right). \tag{12}$$

або

$$\Delta ОВП = A_3 B^2 + A_4 Bv, \tag{13}$$

де A_3, A_4 – коефіцієнти.

Коефіцієнти, які входять у рівняння (9) і (13), аналітично визначити не можливо. Їх визначають на основі експериментальних даних.

Експериментально встановлено, що при зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл pH водних розчинів в зростає, а при подальшому збільшенні магнітної індукції починає зменшуватися (рис. 1).

У результаті проведених багатофакторних експериментів були отримані рівняння регресії, які в фізичних величинах для pH розчинів солей мають вигляд:

для суперфосфату простого

$$\Delta pH = 3.859B - 0.321Bv - 25.904B^2; \tag{16}$$

для калію хлористого

$$\Delta pH = 3.915B - 0.385Bv - 23.011B^2; \tag{17}$$

для калію сірчанокислого

$$\Delta pH = 4.179B - 0.769Bv - 22.485B^2; \quad (18)$$

для калію азотнокислого

$$\Delta pH = 3.256B - 0.769Bv - 16.174B^2; \quad (19)$$

для кальцію азотнокислого чотириводного

$$\Delta pH = 4.41B - 0.769Bv - 23.669B^2; \quad (20)$$

для амонію азотнокислого

$$\Delta pH = 2.004B - 0.449Bv - 11.966B^2; \quad (21)$$

для магнію сірчанокислого семиводного

$$\Delta pH = 3.825B - 1.218Bv - 15.516B^2; \quad (22)$$

для калію фосфорнокислого однозаміщеного

$$\Delta pH = 2.97B - 0.26Bv - 17.88B^2; \quad (23)$$

При зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл ОВП розчину знижується, а при подальшому її збільшенні ОВП зростає (рис. 2). Більша зміна ОВП мала місце при менших швидкостях руху розчину, хоча швидкість руху розчину є менш суттєвим фактором, ніж магнітна індукція.

Рівняння регресіїі для ОВП водних розчинів у фізичних величинах мають вигляд: ΔОВП, мВ

для суперфосфату простого

$$\Delta ОВП = -297.436B + 38.462Bv + 1854B^2; \quad (24)$$

для калію хлористого

$$\Delta ОВП = -292.308B + 38.462Bv + 1538B^2; \quad (25)$$

для калію азотнокислого

$$\Delta ОВП = -236.325B + 70.513Bv + 1065B^2; \quad (26)$$

для магнію сірчанокислого семиводного

$$\Delta ОВП = -170.513B + 32.051Bv + 907B^2. \quad (27)$$

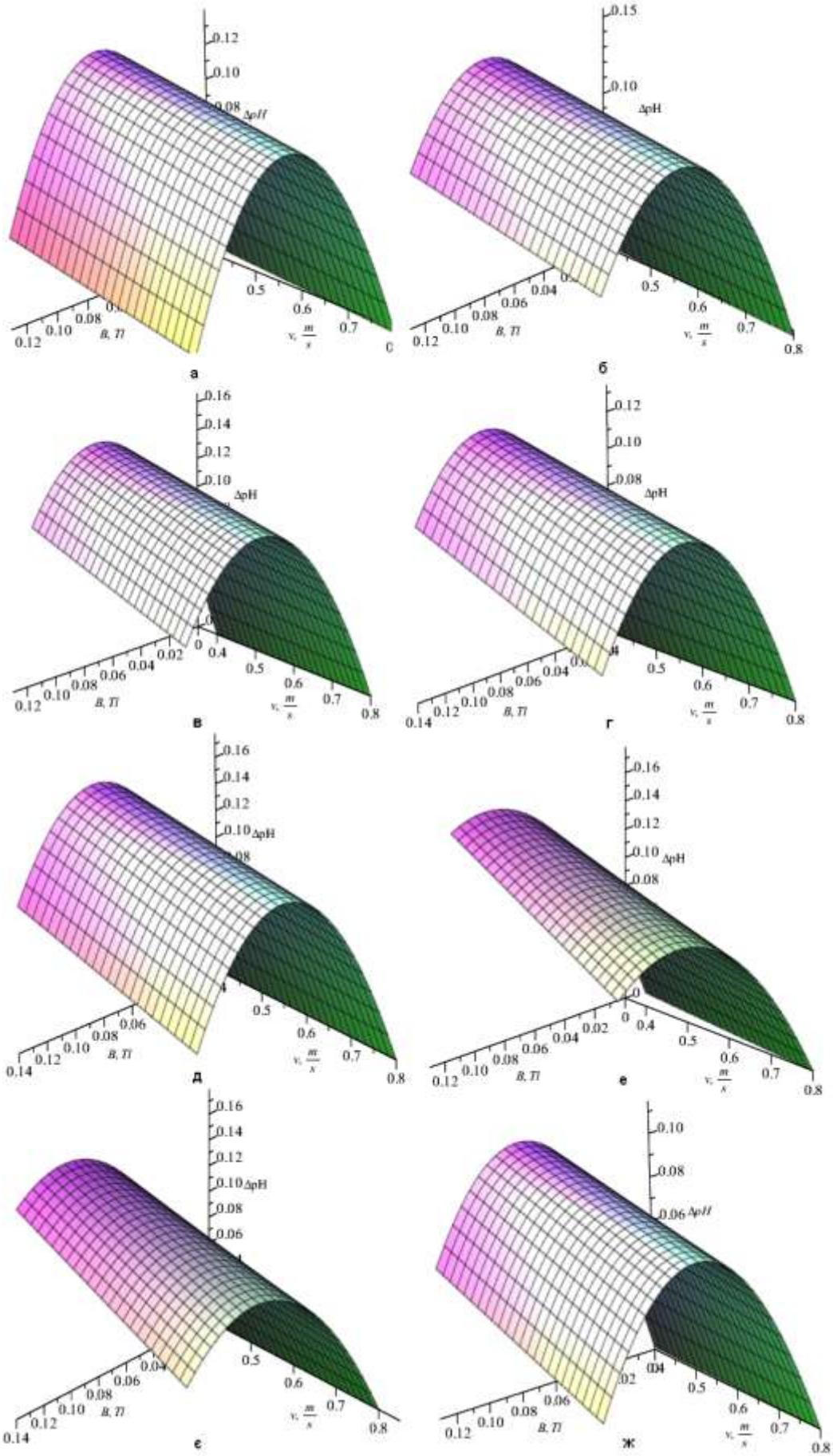

а
б
в
г
д
е
є
ж
ΔpH
B, Тл
v_c m/s

Рис.1 . Залежність зміни pH водних розчинів від магнітної індукції і швидкості руху розчинів мінеральних добрив:

а –суперфосфат простий; б – калій хлористий; *в* – калій сірчанокислий; *г* – калій азотнокислий; *д* – кальцій азотнокислий чотириводний; *е* – амоній азотнокислий; *є* – магній сірчанокислий семиводний; ж – калій фосфорнокислий однозаміщений

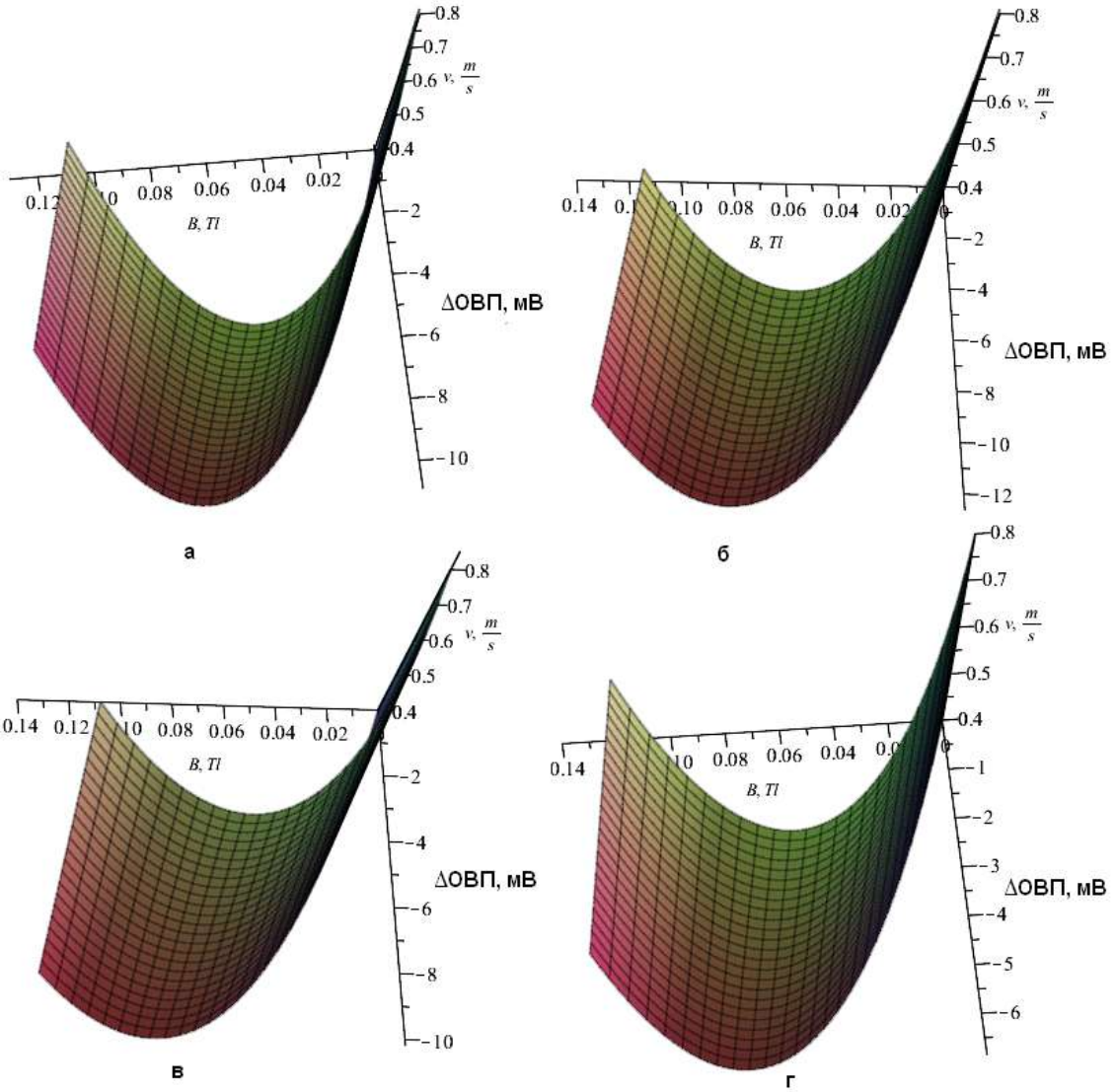


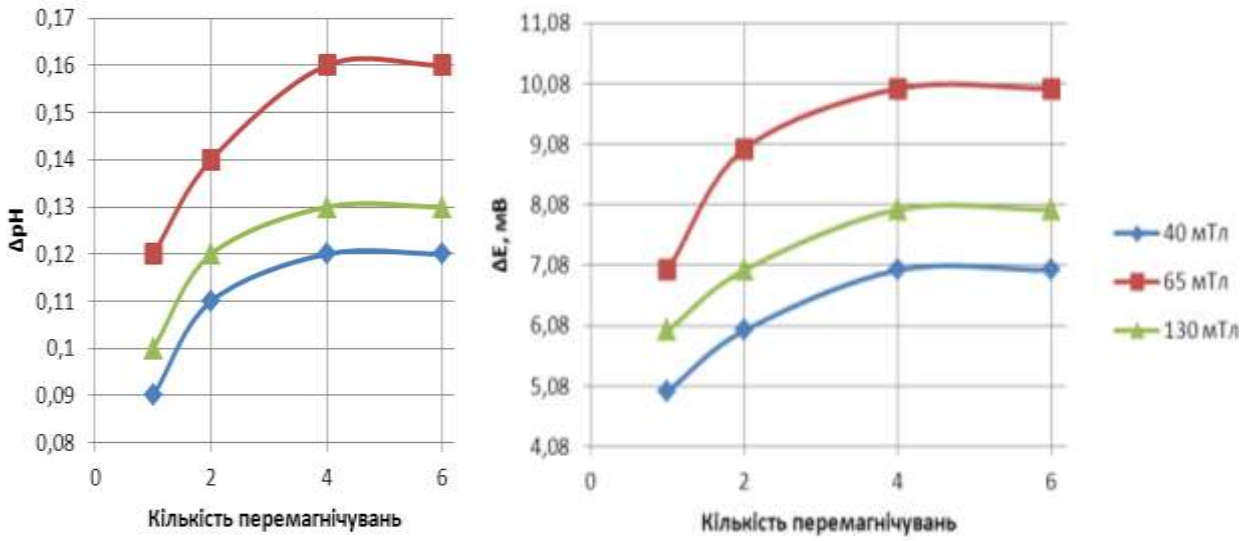
Рис.2 Залежність зміни окислювально-відновного потенціалу водних розчинів рив від магнітної індукції і швидкості руху:

а – суперфосфат простий; *б* – калій хлористий;

в – калій азотнокислий; *г* – магній сірчанокислий семиводний

Як випливає з навдених залежностей, оптимальне значення магнітної індукції при обробці водних розчинів становить 0,065 Тл. Ефект магнітної обробки також залежать від швидкості руху розчину, кількості перемагнічувань та хімічного складу розчину, тобто концентрації та композиції іонів. У розчинах, що містять іони-стабілізатори структури води (Ca^{2+}, Mq^{2+}, SO_4^{2}), він більш помітний, ніж у розчинах з іонами, які «розпушують» біля себе структуру води (K^+, NO_3^-).

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).



а б

Рис.3. Залежність зміни pH (а) та ОВП (б) розчину сірчанокислого калію при обробці в магнітному полі від числа перемагнічувань

Висновки і перспективи. При обробці водних розчинів у магнітному полі змінюється швидкість хімічних реакцій, зростає ступінь електролітичної дисоціації, що сприяє кращому розчиненню солей і кислот.

Ефект обробки водних і розчинів рив залежить від квадрату магнітної індукції, швидкості руху розчину в магнітному полі та його хімічного складу.

Найефективнішим режимом обробки водних розчинів у магнітному полі є магнітна індукція 0,065 Тл при чотириразовому перемагнічуванні і швидкості руху 0,4 м/с.

Список літератури

1. 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.

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

3. 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.

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

5. 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. 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.

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

3. 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.

4. 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.

5. 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 pH И ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

В. В. Савченко, А. Ю. Синявский,

Аннотация. *Целью исследования было установление влияния магнитного поля на изменение pH и окислительно-восстановительного потенциала водных растворов.*

На основе проведенных исследований установлено, что изменение pH и окислительно-восстановительного потенциала водных растворов при обработке в магнитном поле зависит от квадрата магнитной индукции и скорости движения воды.

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

Наиболее эффективный режим обработки водных растворов имеет место при магнитной индукции 0,065 Тл, четырехкратном перемагничивании и скорости движения раствора 0,4 м / с.

Ключевые слова*: водный раствор, магнитная индукция, скорость движения раствора, pH, окислительно-восстановительный потенциал*

INFLUENCE OF MAGNETIC FIELD ON pH AND OXIDATION-REDUCTION POTENTIAL OF AQUEOUS R SOLUTIONS

V. Savchenko, A. Sinyavsky,

Abstract. The purpose of the study was to determine the influence of the magnetic field on the change of pH and oxidation-reduction potential of aqueous solutions.

On the basis of the conducted researches it was established that the change of pH and the oxidation-reduction potential of aqueous solutions during processing in a magnetic field depends on the square of the magnetic induction and the velocity of water flow.

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

The most effective treatment of aqueous solutions takes place at a magnetic induction of 0.065 T, a four-time permagnification and a flow velocity of 0.4 m/s.

Key words: aqueous solution, magnetic induction, velocity of the solution, pH, oxidation-reduction potential