

УДК 628.1

МАГНІТНА ОБРОБКА РОЗЧИНІВ

В. В. Савченко, кандидат наук, доцент

О. Ю. Синявський, кандидат наук, доцент

Р. О. Гонський, студент магістратури

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: vit1986@ua.fm

Анотація. *Магнітну обробку водних розчинів застосовують у багатьох технологічних процесах. Але нині не повністю розкриті механізми й закономірності дії магнітного поля на розчини.*

Метою дослідження було встановлення впливу магнітного поля на фізико-хімічні властивості розчинів солей.

На основі проведених досліджень встановлено, що зміна рН, питомої електропровідності, окислювально-відновного потенціалу розчинів та концентрація в них кисню при обробці в магнітному полі залежить від квадрата магнітної індукції та швидкості руху розчину.

При зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл рН, питома електропровідність та концентрація кисню в розчині зростають, а при подальшому її збільшенні зменшуються. Окислювально-відновний потенціал спочатку зменшується, а потім зростає.

Збільшення числа перемагнічувань підсилює ефект магнітної обробки. Зменшення швидкості руху розчину та полюсної поділки обумовлюють більшу зміну фізико-хімічних параметрів розчину, хоча вони є менш значущими факторами, ніж магнітна індукція

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

Ключові слова: *розчин, магнітна індукція, швидкість руху розчину, полюсна поділка, питома електропровідність, концентрація кисню, рН, окислювально-відновний потенціал*

Актуальність. *Магнітна обробка розчинів – перспективна технологія, яка нині знайшла застосування в промисловості і сільському господарстві [1].*

Обробка водних розчинів магнітним полем дає можливість 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 обґрунтування гіпотез, хоча експериментально встановлено, що магнітна обробка водних розчинів змінює їх фізико-хімічні властивості [1, 2].

Магнітна обробка розчинів мінеральних добрив 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 розчини. Відсутність пояснення дії магнітного поля на процеси, які відбуваються в розчині, не дає можливості встановити всі діючі фактори при його обробці в магнітному полі та визначити їх оптимальні значення.

Мета дослідження – встановлення впливу магнітного поля на фізико-хімічні властивості розчинів.

Матеріали та методи дослідження. Експериментальні дослідження зміни параметрів 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 розчинів 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 рН розчину визначали до магнітної обробки розчину і після неї за допомогою іономіра И-160М, питому електропровідність – кондуктометром КЛБ-1М, концентрацію кисню – киснеміром АЖА-1М.

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 розчинів – 0,4, 0,6 і 0,8 м/с, полюсної поділки – 0,14; 0,23 і 0,32 м.

Результати досліджень та їх обговорення. Під дією магнітного поля зростає швидкість хімічних реакцій [5]:

$$\omega_m = \omega \exp m(K^2 B^2 + 2KBv)N_a / 2RT, \quad (1)$$

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:

$$\alpha = \frac{n}{N} = \frac{\omega t}{C}, \quad (2)$$

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:

$$\alpha_m = \frac{\frac{m(K_i^2 B^2 + 2K_i Bv)}{2RT}}{C}, \quad (3)$$

або

$$\alpha_m = \alpha e^{\frac{m(K_i^2 B^2 + 2K_i Bv)}{2RT}}, \quad (4)$$

де α_m і α – ступінь електролітичної дисоціації після і до обробки в магнітному полі.

Унаслідок зростання розчинності солей під дією магнітного поля зростає питома електропровідність розчину [6]:

$$\gamma = \sum_{i=1}^k f_i \alpha_i \beta_i \lambda_i^0 C_i e^{\frac{m(K_i^2 B^2 + 2K_i Bv)}{2RT}} \quad (5)$$

де f_i - коефіцієнт електропровідності; β_i – стехіометричний коефіцієнт реакції; λ_i^0 – рухливість іона, См·м²/моль.

Під дією магнітного поля підвищується розчинність кисню у розчині [6]:

$$C_{CO_2, m} = C_{CO_2} e^{K_1 B^2 + K_2 Bv} \quad (6)$$

де $C_{CO_2, m}$ і C_{CO_2} – концентрація кисню у водному розчині після та до обробки в магнітному полі, мг/л; K_1 и K_2 – коефіцієнти.

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

Зміна рН визначається виразом:

$$\Delta pH = \lg f C_{H^+} - \lg f C_{H_2^+} = \lg \omega_{H^+} - \lg \omega_{H_2^+} \quad (7)$$

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

Якщо в рівняння (7) підставити вираз для швидкості хімічної реакції (1), то зміна рН при магнітній обробці розчину :

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

або

$$\Delta pH = A_1 B^2 + A_2 Bv \quad (9)$$

де A_1 і A_2 – коефіцієнти.

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

$$\Delta OBP = 2,3 \frac{RT}{zF} \lg f C_2 - \lg f C_1 = 2,3 \frac{RT}{zF} \lg \omega_2 - \lg \omega_1 \quad (10)$$

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.

Із урахуванням (1) можна записати:

$$\Delta OBP = -\frac{mN_a K}{zF} \left(\frac{KB^2}{2} + vB \right). \quad (11)$$

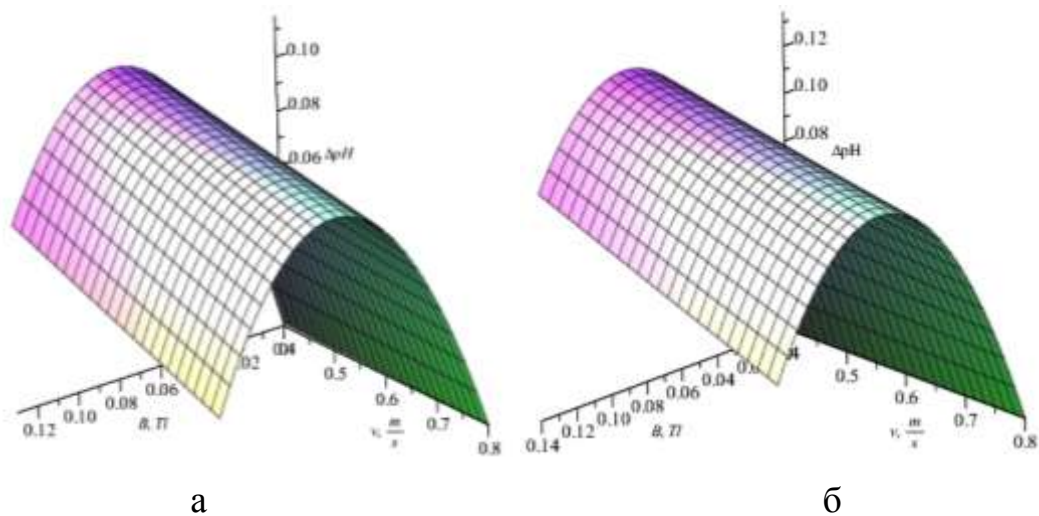
або

$$\Delta OBP = A_3 B^2 + A_4 Bv, \quad (12)$$

де A_3, A_4 – коефіцієнти.

Коефіцієнти, які входять у рівняння (9) і (12), аналітично визначити не можливо. Їх визначають на основі експериментальних даних.

У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що при зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл рН розчинів зростає, а при подальшому збільшенні магнітної індукції починає зменшуватися (рис. 1).



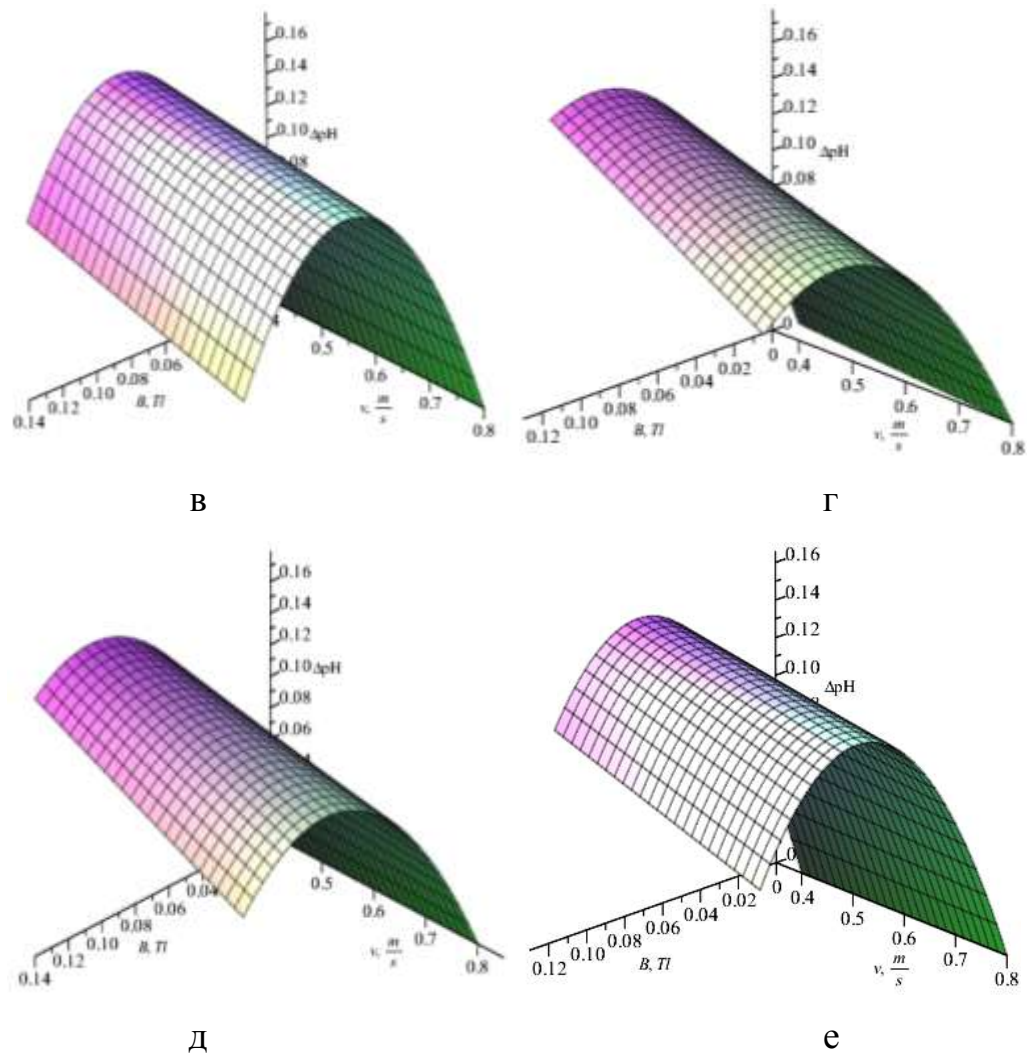


Рис.1 . Залежність зміни рН розчинів від магнітної індукції і швидкості руху в магнітному полі:

а – калію фосфорнокислого однозаміщеного; б – калію азотнокислого; в – кальцію азотнокислого чотириводного; г – амонію азотнокислого; д – магнію сірчаноокислого семиводного; е – калію сірчаноокислого;

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.

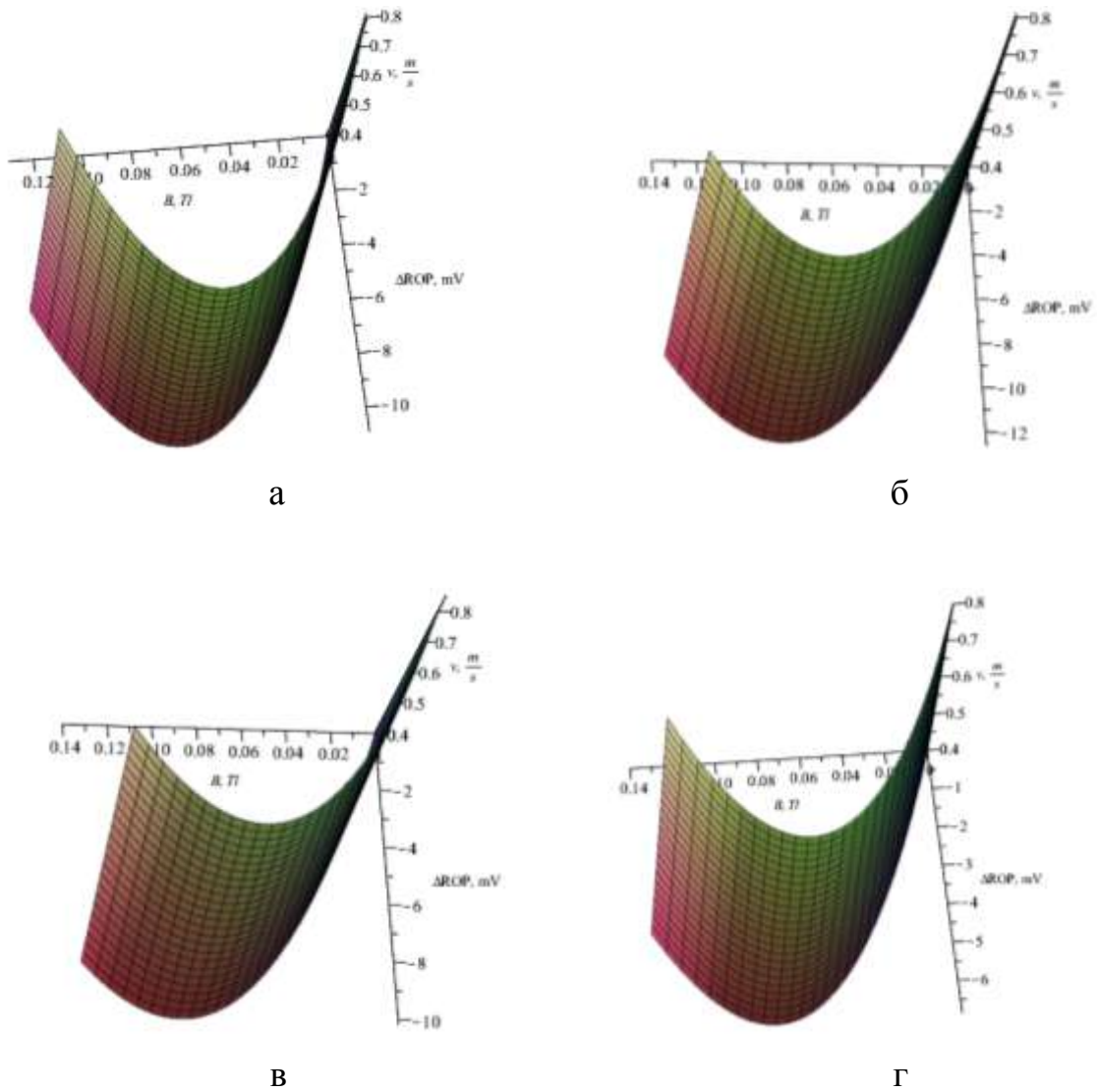


Рис.2 Залежність зміни окислювально-відновного потенціалу розчинів від магнітної індукції і швидкості руху в магнітному полі:

а – кальцію фосфорнокислого однозаміщеного; *б* – калію хлористого;
в – калію азотнокислого; *г* – магнію сірчаноокислого семиводного

Як випливає з наведених залежностей, оптимальне значення магнітної індукції при обробці 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+} , Mg^{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 розчину (рис. 3). Оптимальним можна вважати чотирикратне перемагнічування, оскільки його зростання не призводить до суттєвої зміни параметрів розчину (зміна рН не перевищує 0,01, а ОВП – 1 мВ).

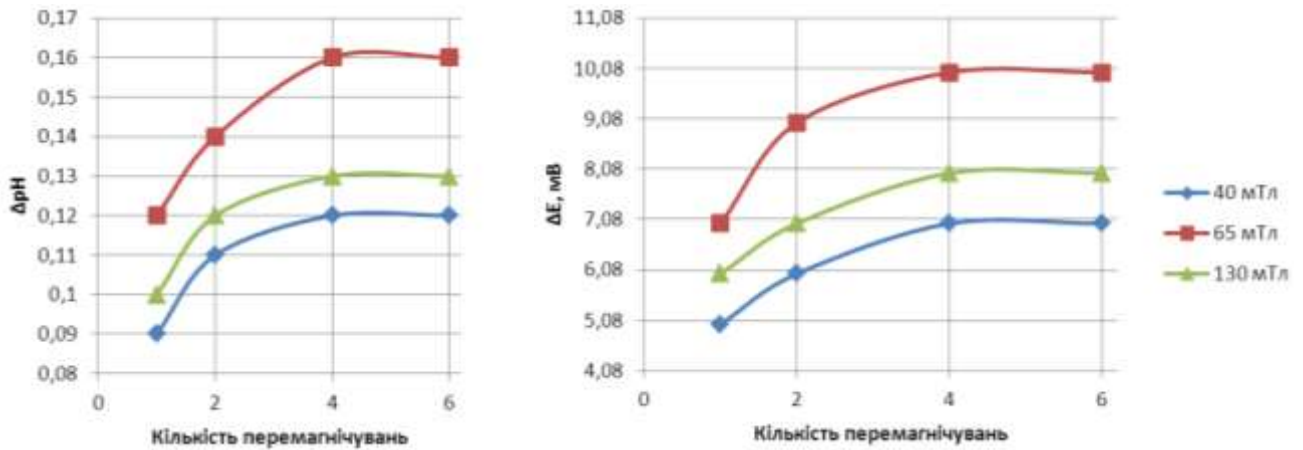


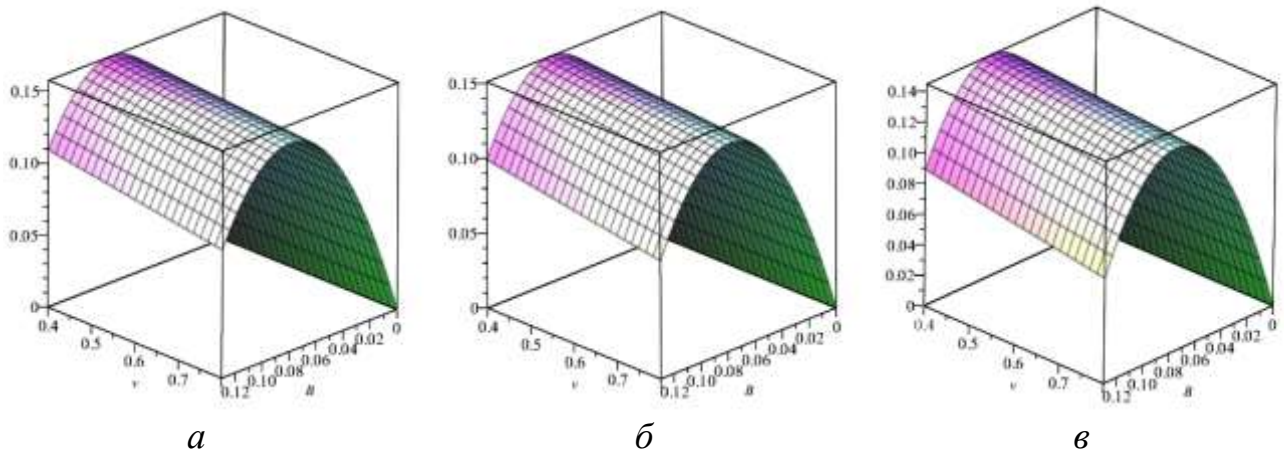
Рис.3. Залежність зміни рН та ОВП розчину сірчаноокислого калію при обробці в магнітному полі від числа перемагнічувань

Для визначення впливу градієнта магнітного поля на ефект магнітної обробки розчинів були проведені дослідження методом багатofакторного експерименту із застосуванням плану Бокса – Бенкіна. Для цього змінювали полюсну поділку, тобто відстань між магнітами.

У результаті проведених експериментів встановлено, що зміна градієнта магнітного поля впливає на зміну рН та ОВП розчину, але в меншій мірі, ніж магнітна індукція. Були отримані рівняння регресії, які для хлористого калію мають вигляд (рис. 4):

$$\Delta pH = 4.044B - 0.385Bv - 0.855B\tau - 22.49B^2; \quad (13)$$

$$\Delta \text{ОВП} = -296.85B + 38.46Bv + 85.47B\tau + 1538.46B^2. \quad (14)$$



**Рис.4. Зміна рН розчину хлористого калію при магнітній обробці з полюсною поділкою:
а - 0,14 м; б – 0,23 м; в – 0,32 м**

Експериментальні дослідження зміни питомої електропровідності при обробці водного розчину в магнітному полі проводили з розчином, який за складом і концентрацією речовин подібний до клітинного розчину рослин: амоній азотнокислий – 11,36 г/л; натрій азотнокислий – 0,12 г/л; калій сірчанокислий – 1,56 г/л; кальцій фосфорнокислий двозаміщений – 6,6 г/л; магній сірчанокислий семиводний – 1,05 г/л.

Встановлено, що при зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл питома електропровідність розчинів збільшується, а при подальшій збільшенні магнітної індукції починає зменшуватися (рис. 5).

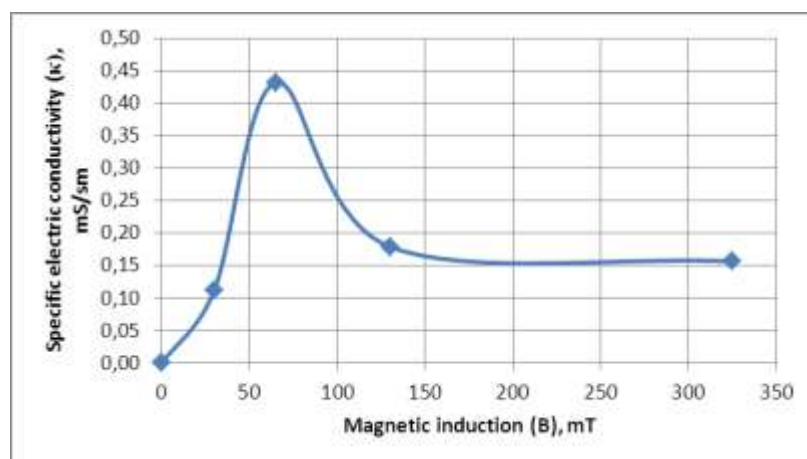


Рис. 5. Залежність зміни питомої електропровідності розчину солей від магнітної індукції при швидкості руху розчину 0,4 м/с

Оскільки при обробці водного розчину в магнітному полі збільшується його питома електропровідність, відповідно, покращується розчинність солей.

Експериментально встановлено, що при зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл концентрація кисню у розчині нітрату калію (рис. 6) зростає, а при подальшому збільшенні магнітної індукції починає зменшуватися. Концентрація кисню була вищою при менших швидкостях руху розчину.

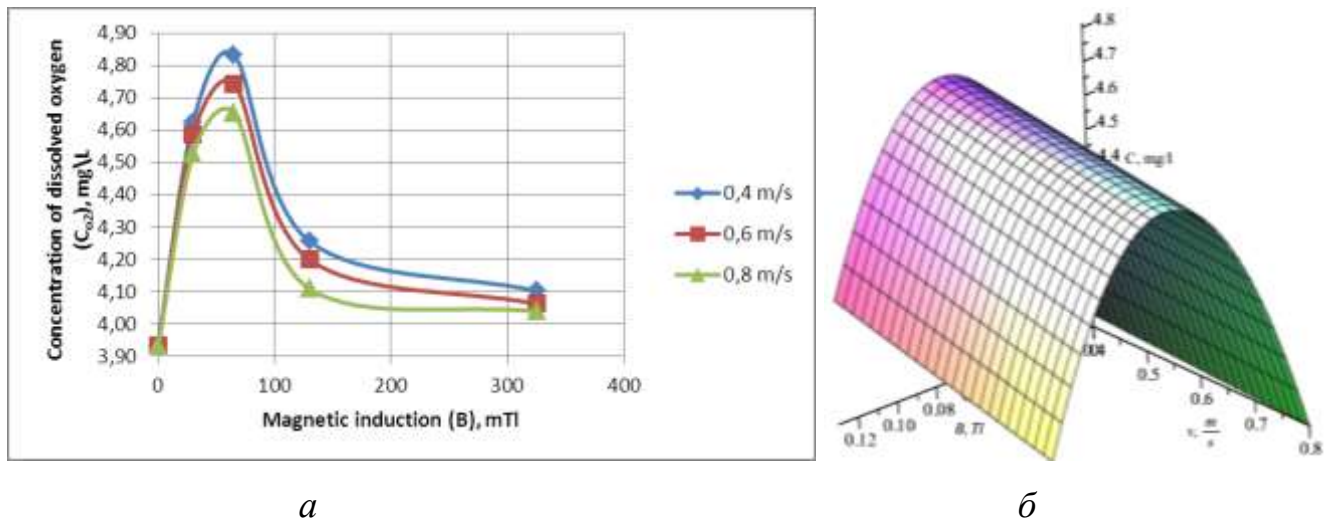


Рис. 6. Залежність концентрації розчиненого кисню у розчині нітрату калію від магнітної індукції (а) та швидкості руху розчину в магнітному полі (б)

У результаті проведеного багатofакторного експерименту було отримане рівняння регресії, яке у фізичних величинах для концентрації розчиненого кисню у розчині нітрату калію має вигляд :

$$C_{O_2} = 3,992 + 24,62 B - 0,9 v - 2,759 Bv - 161,604 B^2. \quad (30)$$

Встановлено, що при магнітній індукції 0,065 Тл та швидкості руху розчину в магнітному полі 0,4 м/с концентрація кисню в розчині нітрату калію зростає на 25 %.

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

процес спороутворення фітопатогенних грибків та зменшує захворюваність сільськогосподарських рослин.

Зміна швидкості хімічних реакцій при магнітній обробці розчинів, а також розчинності солей викликає зміну рН та окислювально-відновного потенціалу розчину.

Ефект обробки розчинів залежить від квадрата магнітної індукції, швидкості руху розчину в магнітному полі, градієнта магнітного поля (полюсної поділки) та хімічного складу розчину.

Найефективнішим режимом обробки розчинів у магнітному полі є магнітна індукція 0,065 Тл при чотирикратному перемагнічуванні, полюсній поділці 0,23 м і швидкості руху розчину 0,4 м/с.

Список літератури

1. 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.
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. 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.
6. Kozyrskyi V., Zablodskiy M., Savchenko V., Sinyavsky O., Yuldashev R., Kalenska S., Podlaski S. Z. Magnetic Treatment of Water Solutions and Seeds of Agricultural Crops // Advanced Agro-Engineering Technologies for Rural Business Development. – IGI Global, 2019. – P. 256 – 292.

References

1. 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, osvittlennia ta vodopostachannia,.17, 120 – 127.

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, osvittennia ta vodopostachannia, vol. 18, pp. 70 – 74.

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

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. Kozyrskiy 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, 576 – 620.

6. Kozyrskiy, V., Zablodskiy, M., Savchenko, V., Sinyavsky, O., Yuldashev, R., Kalenska, S., Podlaski, S. Z. (2019). Magnetic Treatment of Water Solutions and Seeds of Agricultural Crops Advanced Agro-Engineering Technologies for Rural Business Development. IGI Global, 256 – 292.

МАГНИТНАЯ ОБРАБОТКА РАСТВОРОВ

В. В. Савченко, А. Ю. Синявский, Р. А. Гонский

Аннотация. *Магнитную обработку водных растворов применяют во многих технологических процессах. Но в настоящее время не полностью раскрыты механизмы и закономерности действия магнитного поля на растворы.*

Целью исследования было установление влияния магнитного поля на физико-химические свойства растворов.

На основе проведенных исследований установлено, что изменение рН, удельной электропроводности, окислительно-восстановительного потенциала растворов и концентрации в них кислорода при обработке в магнитном поле зависит от квадрата магнитной индукции и скорости движения раствора.

При изменении магнитной индукции от 0 до 0,065 Тл рН, удельная электропроводность и концентрация кислорода в растворе возрастают, а при дальнейшем ее увеличении уменьшаются. Окислительно-восстановительный потенциал сначала уменьшается, а затем возрастает.

Увеличение числа перемагничиваний усиливает эффект магнитной обработки. Уменьшение скорости движения раствора и полюсного деления обуславливают большее изменение физико-химических параметров раствора, хотя они являются менее значимыми факторами, чем магнитная индукция

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

Ключевые слова: *раствор, магнитная индукция, скорость движения раствора, полюсное деление, удельная электропроводность, концентрация кислорода, рН, окислительно-восстановительный потенциал*

MAGNETIC TREATMENT OF SOLUTIONS

V. Savchenko, A. Sinyavsky, R. Gonskiy

Abstract. *Magnetic treatment of aqueous solutions used in many technological processes. But now the mechanisms and laws of the effect of the magnetic field on the solutions are not fully disclosed.*

The aim of the study was to establish the influence of the magnetic field on the physicochemical properties of solutions.

On the basis of the conducted research, it was established that the change in pH, specific conductivity, redox potential of the solutions and the oxygen concentration in them when processed in a magnetic field depends on the square of the magnetic induction and the velocity of the solution.

When the magnetic induction varies from 0 to 0.065 T pH, the electrical conductivity and oxygen concentration of the solution increases, and with further increase it decreases. The redox potential first decreases and then increases.

Increasing the number of remagnetization enhances the effect of magnetic treatment. The decrease in the velocity of solution movement and pole division cause a greater change in the physicochemical parameters of the solution, although they are less significant factors than magnetic induction.

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

Key words: *solution, magnetic induction, solution velocity, pole division, electrical conductivity, oxygen concentration, pH, redox potential*