

**I. Radko,
M. Marhon**

Annotation. *Research of contact materials during restoration of contact nodes of electrical apparatus for hardness, weariness and permeability was considered.*

Keywords: *contact, electrical apparatus, spraying, hardness, weariness, permeability*

УДК621.37: 628.349

ВПЛИВ ІМПУЛЬСНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ESCHERICHIA COLI В МОДЕЛЬНОМУ РОЗЧИНІ ВОДИ

Р. С. СВЯТНЕНКО, аспірант*

А. І. МАРИНІН, кандидат технічних наук, доцент

А. І. УКРАЇНЕЦЬ, доктор технічних наук, професор

О. В. КОЧУБЕЙ–ЛИТВИНЕНКО, кандидат технічних наук, доцент*

Національний університет харчових технологій

e-mail: Svyatnenko@i.ua

Анотація. *Стаття присвячена дослідженню характеру впливу електромагнітного поля (ІЕП) на життєздатність Escherichia coli в модельному розчині води.*

Наведено результати мікробіологічних досліджень модельного розчину води, обробленої ІЕП з напругою 15...30 кВт/см³.

Встановлено, що обробка ІЕП з напругою 30 кВт/см³ протягом 20 с є найбільш ефективною, оскільки спостерігається повна інактивація культури E. coli.

Ключові слова: *імпульсні електромагнітні поля, вода, культура Escherichia coli*

Вода як основна чи допоміжна сировина використовується в більшості технологічних процесів за отримання харчових продуктів. Основні проблеми за використання води пов'язані з її хімічним складом та властивостями. Зазвичай вона не відповідає вимогам споживача й потребує додаткового очищення. Для виробництва соків, безалкогольних напоїв, пива, лікєро-горілчаних виробів потрібна підготовка води відповідно до вимог ДСТУ, основні позиції яких викладені у відповідних нормативних документах [1].

Сучасна технологія очищення води передбачає її знезаражування хлором. Це найбільш відомий спосіб як у нашій країні, так і за кордоном.

* Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент А. І. Маринін

© Р. С. Святненко, А. І. Маринін, А. І. Українець,
О. В. Кочубей–Литвиненко, 2016

Разом з тим, хлорування має ряд істотних недоліків. Хлор і його препарати є токсичними сполуками, тому робота з ними вимагає жорсткого дотримання техніки безпеки. Якщо у воді є залишки хлору, то вони вступають у реакцію з іншими органічними речовинами, утворюють канцерогени, які провокують утворення ракових пухлин і мутацію генів. За даними Колумбійського університету охорони здоров'я встановлено, що в людей, які вживають хлоровану воду, на 44% збільшується ризик захворювання раком шлунково-кишкового тракту і сечового міхура. Хлорована вода сприяє підвищенню кров'яного тиску, призводить до розвитку атеросклерозу й ішемічної хвороби серця. У літературних джерелах є численні повідомлення про реактивацію мікроорганізмів у хлорованій питній воді, появу хлоростійких штамів [2].

Актуальною є проблема заміни хімічних методів очищення самої води на фізичні безреагентні методи. Дане питання можна вирішити шляхом використання електроімпульсних полів. Слід зазначити, що технологія ІЕП розглядається як один із найбільш багатообіцяючих нетеплових методів для пригнічення мікроорганізмів у продуктах та воді зі збереженням кольору, аромату, структури і харчової цінності [3]. Електричні поля в діапазоні 5-100кВ/см та з тривалістю фронту від мікро- до декількох наносекунд подають між двома електродами, тим самим викликають мікробну інактивацію за температур нижче тих, що використовуються у разі теплової обробки. Для потреб ринку – це вигідна електрофізична технологія, в якій суттєво менші питомі енерговитрати, ніж в інших технологіях, завдяки використанню цілого комплексу високоінтенсивних фізичних факторів.

Проаналізувавши останні результати досліджень щодо впливу ІЕП на мікроорганізми, можна сказати, що найбільш вивченим об'єктом серед усіх мікроорганізмів є культури *E. coli*. У результаті досліджень С. Ramon із співавторами було з'ясовано, що дія слабого магнітного поля силою $2 \cdot 10^{-3}$ Тл за шестидесятигодинної експозиції зменшує бактеріальне число *E. coli* більше ніж на 40% [4]. А от Н. Yavuz та S. S. Celebi повідомили, що магнітні поля, силою 8,9–17,8 мТл значно знижують інтенсивність росту мікрофлори у воді [5]. Binhi V. N. та співавтори, вивчаючи вплив магнітних полів на *E. coli*, вказують на те, що вони спричиняють ротацію іон-протеїнових комплексів, а це, у свою чергу, може змінювати функціонування мембран бактеріальної клітини. В літературних джерелах вітчизняних дослідників знайдено багато відомостей щодо оброблення імпульсними електричними полями. Але щодо оброблення води, вітчизняних розробок вкрай мало, вплив на склад та властивості води вивчено недостатньо.

Мета досліджень – вивчення характеру впливу електромагнітного поля (ІЕП) на життєздатність *Escherichia coli* в модельному розчині води.

Матеріали та методика досліджень. В якості об'єкта досліджень використовували культури *Escherichia coli* на основі модельних розчинів води.

Кишкова паличка (*Escherichia coli*) має найбільше значення як санітарно-показовий мікроорганізм. Бактерії роду *Escherichia* – це дрібні рухливі грам-негативні палички, що не утворюють спор, не володіють оксидазною активністю, ферментують лактозу і глюкозу з утворенням кислоти та газу. Вони є факультативними анаеробами, добре ростуть в універсальних живильних середовищах, стійкі до дії багатьох анілінових барвників, не розріджують желатин, здатні ферментувати ряд вуглеводів – лактозу, глюкозу, мальтозу, сахарозу з утворенням кислоти і газу. Більшість штамів *E. coli* є нешкідливими, проте, серотип O157: H7 може викликати важкі харчові отруєння у людей. Оптимальне зростання досягається культурами *E. coli* за температури 37°C, деякі штами можуть ділитися за температури до 49°C.

Під час проведення досліджень використовувалася експериментальна установка, яка розроблена фахівцями в НТУ «Харківський Політехнічний Інститут» [6], зображена на рис. 1.

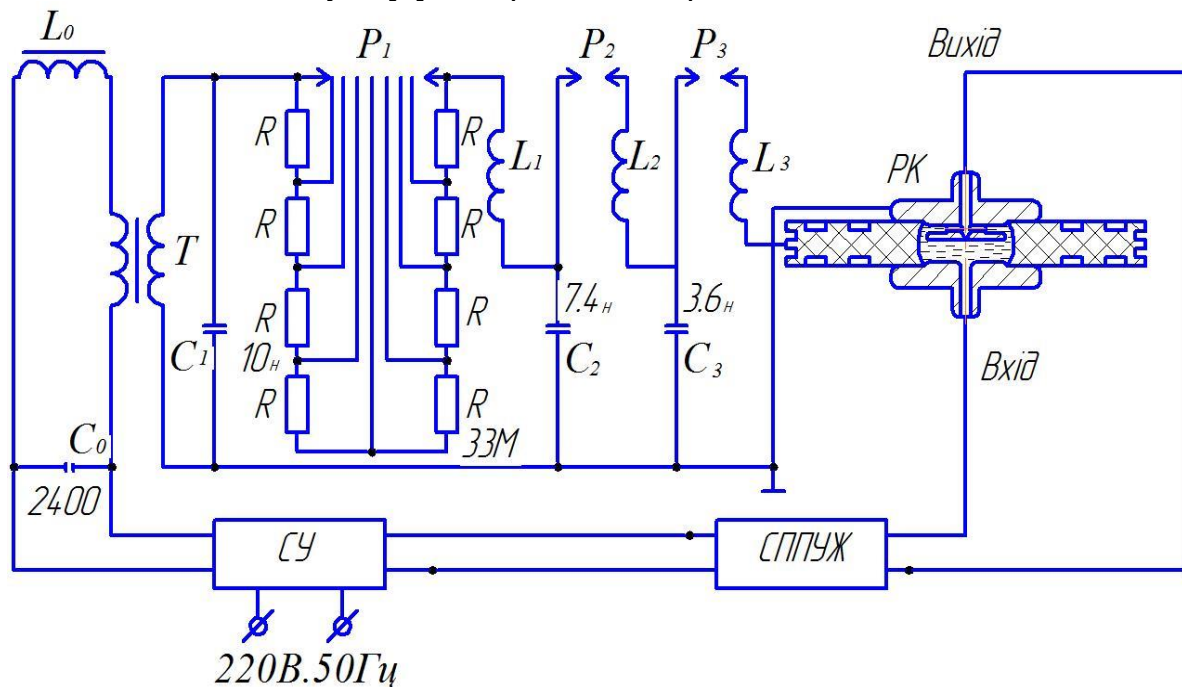


Рис 1. Схема генератора в складі установки для електроімпульсної обробки продуктів:

L_0 - дросель на бронестержневом магнітопроводі з еквівалентним перерізом 100 x 90, T – трансформатор ИОМ-100/100, L_1-L_3 - паразитні індуктивності контурів; P_1-P_3 – іскрові розрядники; C_1-C_3 – ємнісний накопичувач енергії; C_0 - батарея конденсаторів; СУ - система управління; СППУЖ - система підготовки, перекачування і упаковки рідин; РК - робоча камера. Генератор живиться від однофазної мережі змінної напруги 220 В, 50 Гц

З метою вивчення впливу електромагнітних полів на життєздатність культуру *E. coli* готували модельні розчини води наступним чином. Воду стерилізували в автоклаві за температури $= 119^{\circ}\text{C}$ протягом двох годин. В стерелізовану воду вносили необхідну кількість бактерій *E.coli*, щоб отримати розведення 10^6 та 10^8 КОУ/см³. Потім до стерильної робочої

камери закритого типу об'ємом 150см³ вносили модельні розчини води. Після приєднання робочої камери до електродної системи генератора імпульсних напруг, за режимів обробки 15-30 кВт/см³ впродовж 10-20 с проводили обробку через іскровий розрядний проміжок 0,01мм. Напруженість дії ІЕП контролювали осцилографом. На рис. 2 зображена осцилограма дії ІЕП в режимі за повної інактивації бактерій *E.coli* у воді.

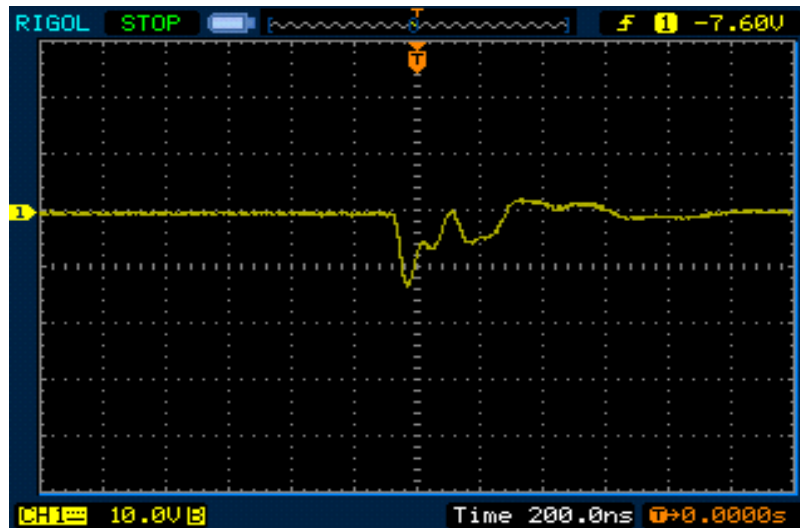


Рис. 2. Осцилограма електромагнітних полів

Для диференціації *E.coli* використовувалося середовище *Ендо*, в якому ці бактерії давали характерний ріст у вигляді колоній червоного кольору з металевим блиском (див. Рис. 3).



Рис. 2. Рясний зріст *Escherichia coli* на воді

Результати досліджень. Після електромагнітного оброблення модельних розчинів в мікробіологічній лабораторії відбувався кількісний підрахунок бактерій, що вижили шляхом прямого підрахунку колоній на щільному поживному середовищі (ГОСТ 26670-91) [7].

Результати проведених досліджень з вивчення впливу ІЕП на життєздатність *E.coli*, в модельному розчині води, наведено в таблиці.

Показники обробленого модельного розчину електромагнітними полями за різних режимів дослідження характеру впливу електромагнітного поля (ІЕП) на життєздатність *Escherichia coli* в модельному розчині води

Модельний розчин води з розведенням КУО/см ³	Режим оброблення		Кількість мікроорганізмів КУО/см ³
	Напруга кВТ/см ³	Час оброблення, с	
10 ⁶	15к ВТ/см ³	0	10 ⁶
		10	400
		15	340
		20	260
	30 кВТ/см ³	0	10 ⁶
		10	210
		15	180
		20	відсутні
10 ⁸	15 кВТ/см ³	0	10 ⁸
		10	100
		15	75
		20	55
	30 кВТ/см ³	0	10 ⁸
		10	60
		15	25
		20	відсутні

Одержані експериментальні дані показують, що із збільшенням напруги та тривалості оброблення відбувається істотне зниження кількості мікроорганізмів в усіх зразках. Зниження життєдіяльності мікроорганізмів, на наш погляд, можна пояснити комплексним впливом що виникає за ІЕП обробки потужними електромагнітними хвилями та нетеплового ефекту зростання температури.

Найбільш інтенсивний вплив ІЕП на зразки спостерігається під час оброблення протягом 20 с з напругою 30 кВТ/см³, оскільки в них повністю відсутні патогенні мікроорганізми.

Висновки

Доведено можливість здійснення теплового оброблення води за рахунок нетеплових ефектів, що виникають за імпульсної дії електричних полів. Відкрито перспективи використання вітчизняних ІЕП-установок за первинної обробки води.

Перспективність розвитку на пряму обумовлена створенням нових методів обробки харчових продуктів і води за допомогою ІЕП з покращеними характеристиками. Створенні установки та методики направлені для з'ясування механізмів дії факторів ІЕП, в подальшій розробці концепції, теорії ІЕП-обробки продуктів.

Список літератури

1. Вода. Санітарні правила, норми і методи безпечного водокористування населення. Збірник документів 2-е вид., перероб. і доп. / Укладачі: Ю. А. Рахманін, З. И. Жолдакова, Г. Н. Красовский. – М.: "Интерсэн", 2004. – 768 с.
2. Совместное применение активного хлора икоагулянтов для очистки и обеззараживания питьевой воды / Ю. А. Рахманин., З. И. Жолдакова., Е. Е. Полякова, и др. // Гигиена и санитария. – 2004. – №1. – С.449–458.
3. Barsotti L. Food processing by pulsed electric fields. II. Biological aspects / L. Barsotti, J. C. Cheftel // Food Review International. – 1999. – № 15(2). – P.181–213.
4. Ramon C. Inhibition of growth rate of *Escherichia coli* induced by extremely low-frequency weak magnetic fields. / C. Ramon., M. Ayaz., D. D. Streeter // Bioelectromagnetics. –1981. – 2(3). – P. 285–289.
5. Yavuz H. Influence of magnetic field on the kinetics of activated sludge. /H. Yavuz., S. S. Celebi // Environ. Technol. – 2004. – 5(1). – P. 7–13.
6. Бойко Н. И. Высоковольтные аппараты и технологии на основе комплекса высоковольтных импульсных воздействий / Н. И. Бойко // Вісник НТУ «ХПІ». – 2001. – № 16 . – С.11–16.
7. Методы культивирования микроорганизмов: ГОСТ 26670–91. – [Введен 1991-12-25]. – М: Комитет стандартизации и метрологи и СССР, 1991. – 12 с.

References

1. Rakhmanin, IU. A., ZHoldakova, Z. I., Krasovskiy, G. N. (2004). Voda. Sanitarni pravyla, normy i metody bezpechnoho vodokorystuvannia naseleennia. Zbirnyk dokumentiv. 2-i vydannia, pereroblene i dopovnene. [Water. Health regulations, rules and methods of safe water population. Collection of documents. 2-nd edition, revised and enlarged]. Moscow, Russia: Intersen, 768.
2. Rakhmanin, YU. A., ZHoldakova, Z. I., Polyakova, E. E., Kir'yanova, L. F., Myasnikov, I. N., Tul'skaya, E. A., Artemova, T. Z., Ivanova, L. V., Dmitriyeva, R. A., Doskina, T. V. (2004). Sovmestnoye primeneniye aktivnogo khloro ikoagulyantov dlya ochistki i obezzarazhivaniya pit'yevoy vody [The combined use of active chlorine coagulants for purification and disinfection of drinking water]. Hygiene and sanitation, 1, 449 – 458.
3. Barsotti, L., Cheftel, J. C. (1999). Food processing by pulsed electric fields. Biological aspects. Food Review International. 15(2), 181–213.
4. Ramon C., Ayaz M., Streeter D. D. (1981) Inhibition of growth rate of *Escherichia coli* induced by extremely low-frequency weak magnetic fields. Bioelectromagnetics, 2(3), 285–289.
5. Yavuz H., Celebi S. S. (2004) Influence of magnetic field on the kinetics of activated sludge. Environ. Technol, 25(1), 7–13.
6. Boyko, N. I. (2001). Vysokovol'tnyye apparaty i tekhnologii na osnove kompleksa vysokovol'tnykh impul'snykh vozdeystviy [High-voltage devices and technology based on a set of high-voltage impulse actions] Herald NTU «KHPI»,16, 11 – 16.
7. Committee for Standardization and Metrology CCC .Metody kul'tivirovaniya mikroorganizmov.[Methods of cultivation of microorganisms]. Available at : http://docs.cntd.ru/document/gost-26670-91_posiv_1991.pdf.

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ *ESCHERICHIA COLI* В МОДЕЛЬНОМ РАСТВОРЕ ВОДЫ

**Р. С. Святненко,
А. И. Маринин,
А. И. Украинец,
А. В. Кочубей-Литвиненко**

Аннотация. *Статья посвящена исследованию характера влияния электромагнитного поля (ИЭП) на жизнеспособность Escherichia coli в модельном растворе воды.*

Приведены результаты микробиологических исследований модельного раствора воды, обработанной ИЭП с напряжением 15-30 кВ /см³.

Установлено, что обработка ИЭП с напряжением 30 кВ/см³ на протяжении 20 с является наиболее эффективной, поскольку наблюдается полная инактивация культуры E. coli.

Ключевые слова: *импульсные электромагнитные поля, вода, культура Escherichia coli*

INFLUENCE OF PULSE ELECTROMAGNETIC FIELD ON THE VIABILITY OF ESCHERICHIA COLI IN WATER MODEL SOLUTIONS

**R. Svyatnenko,
A. Marinin,
A. Ukrainetz,
A. Kochubey -Litvinenko**

Annotation. *The article investigates the nature of the influence of the electromagnetic field (PEF) on Escherichia coli viability in a model water solution.*

The results of microbiological studies of model water solution, treated with EPI voltage 15 ... 30 kV/cm³.

It is found that treatment with CEI's voltage 30 kV/cm³ for 20 s is most effective because there is complete inactivation of E. coli culture.

Keywords: *pulsed electromagnetic fields, water, culture of Escherichia coli*