

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОМЕТАНА

*С. А. Шворов, Д. С. Комарчук, П. Г. Охрименко, Д. В. Чирченко*

*Аннотация. Рассмотрены методы мониторинга выращивания и сбора биомассы для ее переработки в биогаз. Сформулированы основные задачи по применению беспилотных летательных аппаратов для планирования посева, сбора энергетических культур и других органических отходов для их преобразования в биогаз.*

*Ключевые слова: система мониторинга, беспилотные летательные аппараты, органическое сырье, биогаз, энергетические культуры, биогаз.*

## THE SYSTEM OF MONITORING THE STATE OF ENERGY CROPS FOR OBTAINING BIOMETHANE

*S. Shvorov, D. Komarchuk, P. Ohrimenko, D. Chyrchenko*

*Annotation. The methods of monitoring the cultivation and harvesting biomass for processing into biogas. The main tasks for the application of unmanned aerial vehicles to plan their planting, harvesting of energy crops and other organic waste for conversion into biogas.*

*Key words: monitoring system, unmanned aerial vehicles, organic materials, biogas, energy crops, biogas.*

УДК 535.37

## ІНАКТИВАЦІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ ЕЛЕКТРИЧНИМИ ПОЛЯМИ

*Ю. І. Посудін, доктор біологічних наук  
e-mail: posudin@ukr.net*

*Анотація. Обговорено основні принципи інактивації мікроорганізмів шляхом постійного електричного поля. Показано, що прикладені електричні поля можуть вибірково інактувати сенсорні функції мікроорганізмів.*

*Ключові слова: інактивація, електричні поля, мікроорганізми.*

Інактивація – це часткова або повна втрата біологічно активною речовиною або організмом своєї активності. Інактивацію використовують для знищення будь-яких мікроорганізмів і вірусів, порушення їхніх функцій, дезактивації та дезінфекції, стерилізації. Відомі різні фізичні методи забезпечення безпеки харчових продуктів та інактивації мікроорганізмів за

допомогою термічної обробки [4]. Але термічна обробка призводить до зміни сенсорних атрибутів (таких як аромат) і стабільності термолабільних вітамінів та амінокислот, а також модифікації поживної якості продуктів.

Останніми роками використання електричних полів для інактивації мікроорганізмів привернуло значну увагу в галузі прикладної мікробіології та в технологічних процесах. Серед усіх нетермічних методів саме електричні поля знайшли своє застосування у харчових технологіях через їх короткочасну дію та зменшення впливу теплових ефектів. Електрична інактивація мікроорганізмів реалізується, зазвичай, шляхом застосування імпульсних електричних полів.

Летальний вплив інтенсивних імпульсних електричних полів на ряд видів вегетативних бактерій і дріжджів було продемонстровано в роботі [6]. Ступінь інгібування популяції визначався як добуток тривалості імпульсу та числа імпульсів (за напруженістю поля до 25 кВ/см у суспензії).

Вивчено вплив субмікросекундних електричних полів на мікроорганізми, таких як два штами *E.coli* і морські ракоподібні [7]. Залежність інгібування мікроорганізмів або тимчасового пошкодження від напруженості поля й тривалості імпульсів дає змогу використовувати цей ефект у стерилізаторах (їжі та води), а також в електричних фільтрах для запобігання обростанню систем охолодження.

Інактивації *Salmonella Typhimurium* (CRA 1005) і *Listeria monocytogenes* (NCTC 11994) було досягнуто за рахунок обробки імпульсним електричним полем у дистильованій воді напруженістю 10, 15 і 20 кВ/см [5]. Інактивацію *Leuconostoc mesenteroides*, *E.coli*, *Listeria innocua* і *Saccharomyces cerevisiae* в апельсиновому соку було індуковано електричними полями на рівні 30 кВ/см і 50 кВ/см [2]. Обидва рівня електричного поля були ефективні під час інактивації мікроорганізмів за температури нижче від стандартної, що застосовується під час термічної обробки, проте, особливо важливим параметром є кількість імпульсів.

Метод застосування імпульсних електричних полів (ІЕП) виявився перспективним у технології збереження харчових продуктів під час інактивації мікроорганізми порчі, а також патогенних мікроорганізмів. Спосіб полягає у прикладанні короткочасного інтенсивного електричного поля до харчового продукту, який знаходиться між двома електродами. Успішне застосування ІЕП значною мірою залежить від морфології та фізіологічних особливостей клітин, властивості рідкого середовища, типу і характеристик електричного поля, що використовується [1]. Імпульсні електричні поля можуть пригнічувати життєздатність, рухливість, швидкість руху мікроорганізмів і навіть викликати летальний результат, але не можуть вибірково інактивувати сенсорні функції мікроорганізмів, такі як рецепція, сенсорне перетворення, просторова орієнтація тощо. Це є недоліком методу ІЕП.

**Мета досліджень** – визначити можливість застосування постійних електричних полів для інактивації сенсорних функцій мікроорганізмів.

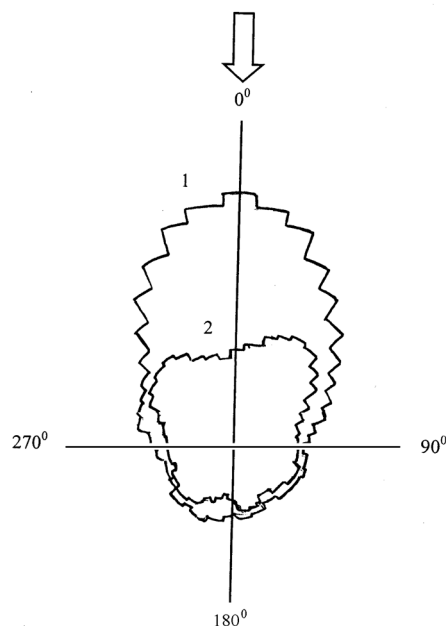
**Матеріали та методика досліджень.** У даному дослідженні було використано одноклітинну культуру *D. salina* Teod. штам № 10 з колекції Інституту ботаніки ім. Н. Г. Холодного НАН України [3].

Спеціальну прямокутну кювету було побудовано для вивчення впливу електричних полів на фоторух водоростей. Кювета складалася з оглядової камери (40×10×4 мм), яка містила суспензію водоростей, дві електродних камери, які були відокремлені від оглядової камери желатином та розчином KCl (0,3 М) для запобігання електролізу. Золоті електроди, розташовані під кутом 90° до латерального джерела світла, було приєднано до джерела живлення. Відстань між паралельними електродами становила 30 мм.

Для вивчення фоторуху *Dunaliella* було розроблено спеціальну експериментальну систему відеомікрографії для спостереження та вимірювання швидкості та напрямку руху окремих клітин під час зміни параметрів світлового стимулу [3]. Система складається з мікроскопу, підключеного до джерела світла, монохроматора та відеосистеми.

Фур'є-перетворення було використано для визначення рівня інгібування фототопотаксису електричним полем [3]. Методика дала змогу проаналізувати зміни амплітуд основних гармонік для з'ясування можливої участі мембранних електричних потенціалів у фоторусі водоростей.

**Результати досліджень.** Застосування електричного поля (10–20 В/м) викликає інгібування фототопотаксису *D. salina* при латеральному освітленні білим світлом (на рівні 500 лк). Гістограми кутового розподілу за відсутності та при накладанні електричного поля (20 В/м) відображено на рисунку.



**Вплив зовнішнього електричного поля напруженістю 20 В/м, прикладеного до суспензії водоростей, на кутовий розподіл клітин та інтенсивність фототопотаксису *D. salina*:**

1 – поле вимкнено; 2 – поле увімкнено. Стрілка вказує напрям поширення стимулюючого світла (освітленість 500 лк)

Фур'є-аналіз дав змогу оцінити зменшення амплітуди основних гармонік (першої гармоніки – у 3 рази, другої – у 3,7 рази тощо). Гістограма кутового розподілу показує інгібування фототопотаксису *D. salina*, коли електричне поле було включено, та його відновлення через 2 хв після вимкнення поля.

### Висновки

Наші експериментальні результати підтверджують гіпотезу щодо участі індукованих світлом змін мембранного потенціалу під час фоторуху водорості. Прикладання зовнішнього електричного поля порушує поширення потенціалу з рецептора до джгутикового апарата, викликаючи інгібування фототопотаксису.

### Список літератури

1. Barbosa-Cánovas G. V. Pulsed Electric Fields Processing of Foods // Overview / G. V. Barbosa-Cánovas, B. Altunakar // Pulsed Electric Fields Technology for the Food Industry, Fundamentals and Applications. Raso J., Heinz V., eds. – New York : NY Springer, 2006. – P. 3–26.
2. McDonald C. J. Effects of Pulsed Electric Fields on Microorganisms in Orange Juice Using Electric field Strengths of 30 and 50 kV/cm / C. J. McDonald, S. W. Lloyd, M. A. Vitale [et al.] // Journal of Food Science. – 2000. – 65. – № 6. – P. 984–989.
3. Posudin Yu. I., Massjuk N. P., Lilitkaya G. G. Photomovement of Dunaliella Teod. Vieweg+Teubner Research. – 2010. – 224 p.
4. Rastogi N. K. Application of High-Intensity Pulsed Electrical Fields in Food Processing / N. K. Rastogi // Food Reviews International. – 2003. – № 19 (3). – P. 229–251.
5. Russell N. J.. Mechanism of action of pulsed high electric field (PHEF) on the membranes of food-poisoning bacteria is an 'all-or-nothing' effect / N. J. Russell, M. Colley, R. K. Simpson [et al.] // International Journal of Food Microbiology. – 2000. – V. 55. – № 1–3. – P. 133–136.
6. Sale A. J. H. Effects of high electric fields on microorganisms: I. Killing of bacteria and yeasts / A. J. H. Sale, W. A. Hamilton // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – General Subjects. – 1967. – V. 148. – № 3. – P. 781–788.
7. Schoenbach K. H. Effect of submicrosecond electric fields on microorganisms: experiments and applications / K. H. Schoenbach, F. E. Peterkin, S. Beebe [et al.] // Proceedings of the SPIE. – 1995. – V. 2374. – P. 99–205.

## ИНАКТИВАЦИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПОЛЯМИ

*Ю. И. Посудин*

**Аннотация.** Рассмотрены основные принципы инактивации микроорганизмов с помощью постоянного электрического поля. Показано, что приложенные электрические поля могут селективно инактивировать сенсорные функции микроорганизмов.

**Ключевые слова:** инактивация, электрические поля, микроорганизмы.

## INACTIVATION OF MICROORGANISMS BY ELECTRIC FIELDS

*Y. Posudin*

**Annotation.** *The basic principles of the inactivation of microorganisms by constant electric fields are discussed. It is shown that applied electric fields can selectively inactivate sensory functions of microorganisms.*

**Key words:** *inactivation, electric fields, microorganisms.*

УДК 621.3.086

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ДУГИ ПРИ КОМУТАЦІЇ СТРУМУ ВІДНОВЛЕНИМИ КОНТАКТАМИ ДЕТАЛЕЙ

*І. П. Радько, кандидат технічних наук  
e-mail: nni.elektrik@gmail.com*

**Анотація.** *Подано результати досліджень електричної дуги (сили струму, часу горіння дуги) відновлених газоплазмовим напиленням контактних вузлів при комутації струму.*

**Ключові слова:** *контакт-деталь, активний опір, індуктивний опір, електрична дуга, змінний струм, енергія, ерозія.*

Нині актуальним завданням є вдосконалення технології відновлення контактів комутаційних апаратів, що експлуатуються в сільському господарстві.

**Мета досліджень** – визначення часу горіння дуги та середнього значення струму в дузі, умови гасіння дуги, а також зносостійкість напилених контакт-деталей магнітних пускачів із різних контактних матеріалів.

**Матеріали та методика досліджень.** При випробуваннях на комутаційну здатність та електроерозійну стійкість для визначення параметрів комутації (час горіння дуги і середнє значення струму в дузі) використовували осцилографування струму та напруги. Величину струму визначали за падінням напруги на шунті 75ШСМ3-25-05. Осцилограми струму і напруги отримували за допомогою універсального двопробного запам'ятовуючого осцилографа С8-14. Похибка виміряних величин не перевищувала 5 %. Схема приєднання осцилографа до випробувального електричного кола наведена на рис. 1.

При комутації змінного струму з кожним переходом струму через нуль в момент виникнення струму різко зростає напруга на дузі до напруги запалювання дуги  $U_3$ . За напівперіод горіння дуги напруга на ній змінюється несуттєво. У низьковольтних електроустановках при другому на-