

**ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГІЇ ЕМП В ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
ПРОЦЕСАХ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ  
ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА**

Ю.М. Куценко, кандидат технічних наук,  
Таврійська державна агротехнічна академія,  
М.І. Лукашенко інженер,  
Дніпропетровський державний аграрний університет

*Проведено аналіз існуючих способів та пристроїв застосування енергії електромагнітного поля в технологічних процесах виробництва та переробки сільськогосподарської продукції.*

*Енергія електромагнітного поля, фізико-хімічні властивості, рослини, продукція сільського господарства.*

Головним завданням виробників сільськогосподарської продукції є максимальне збереження її корисних властивостей при доведенні до споживача. Важливу роль у цьому процесі відіграє застосовувана технологія переробки [1].

Використання електромагнітного поля в електромагнітних процесах розширює функціональні можливості традиційних способів очищення, сортування, сушіння сировини та різко знижує енерговитрати.

Під час переробки продукції з використанням електротехнології важливим параметром є зміна його енергетичного стану. В узагальненому вигляді маємо термодинамічну тотожність зміни внутрішньої енергії системи:

$$dU = dU_t + dU_\mu, \quad [1]$$

де  $dU_t = \tau d\sigma$  – передача енергії теплового впливу;  $\tau = k_\sigma T$ ;

$k_\sigma$  – стала Больцмана;

$T$  – абсолютна температура;

$\sigma$  – фундаментальна ентропія системи (загальноприйняте визначення ентропії  $S = k\sigma$ );

$dU_{\mu}$  – зміна внутрішньої енергії, яка зумовлена числом часток продукту та їх енергетичним станом.

Якщо на систему додатково впливають електричним і магнітним полями, зміна внутрішньої енергії набуває вигляду

$$dU = dU_t + dU_{\mu} + dU_e + dU_m, \quad (2)$$

де  $dU_e, dU_m$  – складові, спричинені відповідними полями.

Узагальнюючи результати вивчення впливу на сільськогосподарську продукцію електричним і магнітним полями можна записати

$$dU_{1,2} = \tau d\sigma + \mu dN - p dE + E dp - M dH + H dM, \quad (3)$$

де  $p$  – дипольний момент;

$E$  – напруженість електричного поля, за допомогою якої досягається поляризація;

$M$  – магнітний момент зразка;

$H$  – напруженість стороннього магнітного поля.

Ця термодинамічна тотожність дозволяє цілеспрямовано змінювати співвідношення між складовими правої частини з метою ефективної зміни внутрішньої енергії сировини, що обробляється. Наведені енергетичні співвідношення можуть бути використані при розробці нових електротехнологій для АПК.

Привабливим з точки зору енергозбереження є застосування електростатичних полів, за допомогою яких проводять сортування та очищення різного насіння від домішок.

Метою нашого дослідження було провести аналіз існуючих способів застосування енергії електромагнітного поля в технологічних процесах переробки сільськогосподарської продукції та використовуваних при цьому пристроїв;

розглянути основні теоретичні залежності та визначити раціональні параметри впливу енергії ЕМП.

#### *Результати дослідження.*

У дослідженнях В.В. Шмигель та ін. [2] при сортуванні насіння огірків за ознакою, пов'язаною з масою насіння (його товщиною), за допомогою стрічкового електростатичного трієра встановлено, що із насіння огірків товщиною понад 1,5 мм виростають міцніші рослини, ніж із насіння меншої товщини. Звернули увагу на те, що у варіантах з електростатичною сепарацією на стрічковому трієрі показники були вищі, ніж при відборі насіння без обробки в електростатичному полі трієра. Це пояснюється стимулюючим ефектом електростатичного поля, що також забезпечує значний економічний ефект.

У літературі зустрічаються роботи, в яких досліджується сепарація сої [3] й вівса [4]. Велика кількість праць стосується розробки нових електросепараторів насіння, визначення характеристик робочих органів діелектричних сепараторів, теоретичних питань роботи електростатичних пристроїв [5, 6, 7, 8, 9].

Важливим компонентом сільськогосподарської сировини є вода, яка створює широкий спектр рідин у продукції сільського господарства з різними фізико-хімічними властивостями. Вона стає головним об'єктом, на який діють зовнішні електромагнітні фактори, і через яку ці фактори впливають на якість сільськогосподарської продукції.

Відомі численні способи стимуляції продуктивності рослин і тварин за допомогою активованої води. Під активацією розуміють тимчасову зміну її властивостей за різних фізичних впливів, одним із яких є електрохімічне.

Під час проходження електричного струму через водне середовище, яке розділене діафрагмою, на електродах утворюються продукти окислення-відновлення. Кислотна фракція (аноліт) характеризується зниженим водневим показником (рН) і позитивним значенням редокс-потенціалу ( $E_h$ ), який вимірюється в мілівольтах, а лужна (католіт) – збільшеним рН і від'ємним  $E_h$ .

У живому організмі католіт веде себе як стимулятор біологічних процесів. Перебуваючи у метастабільному стані і несучи деякий надлишок потенціала-

льної енергії, він сприяє покращенню обмінних процесів. Редокс-потенціал  $E_h$  питної води для бройлерів від -200 до -600 мВ сприяє збільшенню їх живої маси.

При проведенні експериментів С.М. Хацуков установив причини зменшення  $E_h$  води і дав рекомендації щодо його гальмування [10].

Обробка води магнітним полем впливає на її в'язкість, густину, діелектричну проникність, електропровідність, поверхневий натяг, спроможність до розчину солей, дифузії, абсорбції, кристалізації і коагуляції зважених часток. Зміна цих якостей збільшує біологічну активність.

Застосування омагніченої води для поливання рослин досліджувалось на спеціальній установці, через яку протікала вода, оброблена магнітним полем із зміною полярності.

Досліди проводили на вигонці цибулі та під час вирощування розсади капусти. Рослини жилися омагніченою водою при напруженості 115 кА/м впродовж усього дослідження. Результати оцінювали за довжиною і кількістю пагонів цибулі, висотою розсади і шириною листя капусти. Довжина пагонів цибулі збільшилася на 18,3%, а їх кількість – на 31,2%.

Проростання насіння капусти прискорювалося на декілька днів, висота розсади збільшувалася на 13,4%, а ширина листя – на 15,6%.

При поливі укропу на грядці водою, обробленою магнітним полем 120 кА/м, його висота збільшилася в середньому на 15%, а приріст урожаю становив 24%.

Результати цих дослідів, проведених на овочевих культурах, підтвердили стимулюючу дію омагніченої поливної води [11].

Часто технологічна схема обробки води, що надходить із підземних джерел, недостатньо ефективна через високе мікробне її забруднення.

Для знезараження води проводять її хлорування, озонування або ультрафіолетове опромінювання проте кращі результати дає використання магнітних полів. Встановлено, що постійне магнітне поле, яке діє на воду, має бактерицидну дію. Так, при напруженості 40–720 А/см і часі дії 0,4–1,6с ефект знеза-

ражування становить 65–70%, що свідчить про принципову можливість використання для цього магнітної обробки.

Зрівняльне використання постійного, змінного та імпульсного електромагнітних полів показало високу технологічну та енергетичну ефективність останнього. Частотний спектр магнітного поля дуже широкий і охоплює діапазон від низькочастотного до іонізуючого.

Попередніми лабораторними експериментами [11, 12] було встановлено, що на ефект знезаражування питної води впливають індукція імпульсного поля (В, Тл), частота імпульсів (f, Гц), час обробки (t, с).

### 1. Результати дослідів стимулюючої дії омагніченої поливної води

Вода	Колі-індекс, шт/л	*ЗМЧ, шт/мл	Нітрати, мг/л	Нітроти, мг/л	Аміак, мг/л
Вихідна	120	1020	0,090	0,04	0,075
Оброблена	3	96	0,064	0,024	0,046

\*ЗМЧ – загальне мікробне число.

Рівняння математичної моделі цього процесу має такий вигляд:

$$Y = 104,02 - 7,5365t^2 - 0,017f^2 - 0,0348B^2 + 11,35t + 0,1011f - 0,81678B + 0,19tf \quad (4)$$

За допомогою метода конфігурацій Хука-Дживса встановлено оптимальні параметри процесу знезаражування води: індукція магнітного поля – 11,7 Тл, частота – 12 Гц, час обробки – 0,2 с.

Результати хіміко-бактеріологічного аналізу свідчать про високу бактерицидну ефективність цього способу за незначної зміни хімічних показників якості води (табл. 1)

Питомі енергетичні витрати за цим способом у 4,4 раза менші, ніж при використанні ультрафіолетової установки ОВ-50 [12].

Трапляються публікації, в яких наводять методи математичного моделювання апаратів магнітної обробки води, теоретичні висновки і практичні реко-

мендації з розрахунку елементів апаратів магнітної обробки води (АМОВ) [13]. Відомі дослідження і практика використання магнітних полів також при виробництві спирту та вуглеводвмісної сировини [14].

Досліджувалися три магнітні установки конструкції Харківського МПП Нуклон, які різняться між собою формою магнітів та розташуванням їх полюсів до сусла, яке обробляють. Магнітна індукція у робочому зазорі змінюється: 60 мЛТ – на вході, 20 мЛТ – в центрі, 60 мЛТ – на виході.

Така установка створює пульсуюче магнітне поле в робочому зазорі. Сусло із цукровмісної сировини обробляли в установках протягом 1–20 с у безперервному потоці й зброджували.

У табл. 2 наведено динаміку виділення діоксиду вуглецю, яке залежить від накопичення етанолу [18, 33].

2 Динаміка виділення діоксиду вуглецю

Тип магнітної установки	Виділення діоксиду вуглецю, г			
	за 12 год	за 24 год	за 36 год	за 72 год
Нуклон КЛ	5,96	10,60	12,20	12,95
Нуклон ЗАВ	6,01	10,71	12,31	13,20
Нуклон БУР	6,13	10,95	12,50	13,64
Контроль	5,91	10,49	12,10	12,90

Сусло із цукровмісної сировини 80–89% складається із води, решта – органічні і мінеральні сполуки.

Під дією магнітних полів вода розкладається на асоціати й мономолекули, при цьому знижується її поверхневий натяг і активована вода має потенційну енергію. Таке активоване середовище проникає у дріжджову клітину і прискорює асиміляцію вуглеводів.

У наукових публікаціях наведено дані також про дію магнітних полів на сухі сипкі матеріали [15]. Так, відомі технології із застосуванням електромагнітних полів для передпосівної обробки насіння зернового сорго, та наводяться розрахунки установок, які використовуються в цих технологіях. Така техноло-

гія сприяє активізації процесу росту та розвитку рослин, а також формуванню високої врожайності цих культур.

Апарат для передпосівної обробки насіння сорго – це джерело енергії; водне середовище – приймач і передавач енергії; насіння сорго – акумулятор енергії магнітного поля. Як первинне джерело енергії розглядається змінне електромагнітне поле (ЕМП) промислової частоти 50 Гц.

Ефект впливу магнітної енергії визначається часом, упродовж якого вона діє на об'єкт (експозиція).

Результати дослідів свідчать, що передпосівна обробка насіння ЕМП 50 Гц збільшує на 5,7–7,1% енергію проростання, 6,6–8,0% – лабораторну схожість і на 9,1–10,6% – польову схожість.

Так, передпосівна обробка насіння ЕМП 50 Гц прискорює ріст і розвиток рослин сорго на початкових етапах онтогенезу. У дослідженні маса первинних проростків (майбутніх стебел) залежно від експозиції збільшилася на 5,4–10,8%, а первинних коренів – на 8,3–20,8%.

Змінились також морфологічні показники: висота рослин і тривалість вегетаційного періоду. На дослідних ділянках висота рослин була на 6–7 см більшою, а зерно дозрівало на 8–11 днів швидше, ніж на контрольних. Урожайність сорго в досліді становила 3,24–3,29 т/га, визрівання насіння до 17–19%, що дозволило зібрати сорго на зерно серійними комбайнами.

Таким чином, передпосівна обробка ЕМП 50 Гц насіння зернового сорго сприяє як активації процесів росту та розвитку, так і формуванню вищих врожаїв [16], тому використання змінного електромагнітного поля промислової частоти набуває значення важливого агрозаходу.

Основними елементами розробленої методики інженерного розрахунку робочого органу установки є полюсні наконечники. Вони формують магнітне поле в об'ємі робочої камери. Оброблене магнітним полем з індукцією 0,03 Тл насіння зернового сорго Зерноградське 53 за результатами польових досліджень було більш життєздатним порівняно з контрольним. У обробленого насіння енергія проростання збільшилася на 5,7–7,1%, а польова схожість – на

9,1–10,6%. Це сприяло швидшій появі сходів, кращому їх збереженню до моменту кушіння, формуванню більш вирівняного стеблостою, що є гарантією збільшення врожаю [17].

У переробній промисловості знаходять застосування магнітні установки, які впливають на інтенсивність зброджування меляси і остаточний вихід спирту. Проведені дослідження [40, 41, 42] показали, що найкращі результати щодо інтенсивності зброджування активованого мелясного сусла та синтезу етанолу забезпечує обробка їх на установці Нуклон-БУР, оптимальний термін якої для збільшення виходу спирту становить 10–20 с. Крім того, у зрілій бражці, одержаній з омагніченого протягом цього періоду сусла, накопичується на 40% менше побічних та вторинних продуктів бродіння. Збільшення ж терміну обробки мелясного сусла до 40–60с призводить до зниження синтезу етанолу на 0,3–1,1% та збільшення накопичення біомаси дріжджів на 21–32%.

На основі проведених випробувань спеціалістами НПО Нуклон-1 розроблено промислову магнітну установку, яка не потребує заміни існуючого обладнання заводів, електроживлення, а також обслуговуючого персоналу для експлуатації та не подовжує технологічного циклу виробництва. Установка сертифікована в системі УкрСЕПРО і має такі основні технічні характеристики: проходження рідини крізь систему – 0–25 м<sup>3</sup>/год; робочий тиск –  $\leq 0,4$  МПа; робоча температура рідини – 4–80°C; габарити – 1855 × 290 × 75 мм; маса – не вище 45 кг; термін використання – 5 років і більше [18].

Одним із важливих напрямів переробки сільськогосподарської продукції є сушіння з метою збереження продукції тривалий час. Традиційні технології споживають велику кількість енергії у вигляді як органічного палива, так і електричної енергії. Сучасне, нетрадиційне обладнання дозволяє використовувати з цією метою енергію сонячного світла за допомогою, так званих, сонячних колекторів, фруктосушарок та ін. Сонячна енергія належить до чистих видів енергії, які не забруднюють навколишнє середовище. Така технологія дозволяє зекономити велику кількість органічного палива та електричної енергії, які можуть бути використані більш ефективно в інших технологіях.

Так, високоефективним є використання сонячної енергії для сушіння сільськогосподарських продуктів та зелених кормів. При сушінні зелених кормів у високотемпературних сушарках 30% затрат припадає на паливо. На сушку 1 т зеленої маси витрачають 240 кг рідкого палива або еквівалентної кількості електроенергії.

Повітряно-сонячні сушарки складаються із сонячного колектора, в якому повітря нагрівається до температури 80–90°C, вентилятора і теплоізольованої ємності, в яку завантажують продукт для висушування. Нагріте повітря вентилятором проганяють крізь продукт, завдяки чому вологість маси знижується з 70 до 12–15%. За допомогою сонячної енергії сушать овочі, фрукти, тютюн. Сушку проводять у камерних і радіаційних сушарках. Продуктивність сонячної сушарки в день на кожний квадратний метр поверхні, яка сприймає сонячні промені, становить для яблук 3,3 кг, для чорносливу – 1,1 кг, для винограду – 1,5 кг, для абрикоса – 1,8 кг [19, 20, 21, 22, 23, 24].

У сільськогосподарському виробництві часто використовують інфрачервоні джерела випромінювання. Для цього застосовуються різні технічні засоби, але найбільше – інфрачервоні лампи, які близько 65% спожитої енергії віддають у вигляді ІЧ-випромінювання, 2% – видимого і 33% – кондуктивних та конвективних збитків на теплопровідність і теплопередачу. Як відомо, ІЧ-випромінювання мало поглинається повітрям, тому більша частина енергії передається безпосередньо об'єкту, який обігрівається. Максимальна енергетична освітленість ІЧ-ламп – 180–550 мВт/см<sup>2</sup>. Розподіл спектральної енергії випромінювання вивчався на ІЧ-лампах з червоним покриттям і з колбою з червоного скла. Результати показують, що її максимальне значення дорівнює довжині хвиль 1000–1250 нм [25].

У тваринництві доведення молодняку до кондиції потребує застосування не тільки інфрачервоного (ІЧ), але й ультрафіолетового (УФ) опромінювання, які є важливими складовими при оптимізації локального мікроклімату та іононасиченості приміщень, де знаходяться тварини. Пропонується установка з автоматичним керуванням опромінювання молодняку тварин [26, 27, 28, 29].

ІЧ та УФ опромінення використовується в технологіях переробки молока, в пастеризаційно-охолоджувальних установках [30].

Сушка продукції сільського господарства інфрачервоними променями широко використовується і дає добрі результати .

Принцип дії обладнання для глибокої переробки харчових продуктів ІЧ-сушінням ґрунтується на використанні радіаційно-конвективного методу сушіння. Підготовлений продукт, що розміщується на сітчастій поверхні та постійно обдувається повітрям, зазнає періодичного впливу ІЧ-випромінювання. Ділянку спектра інфрачервоного випромінювання дібрано так, щоб максимально активізувати молекули води. Повітряний потік сприяє видаленню вологи з продукту. Глибина проникнення ІЧ-випромінювання – 3–5 мм, температура продукту при сушінні коливається від 40 до 60°C.

Середня тривалість сушіння плодів та овочів становить 2–3 год, м'яса та риби, морепродуктів – 1,5–2, картоплі та крупів – 2–3, зелених і лікарських трав – 1–2 год., макаронних виробів – 20 хв. ІЧ-сушіння відбувається за порівняно низьких температур, тому у висушеному продукті зберігається клітина, що забезпечує високі органолептичні характеристики (смак, колір, запах) продукту після його обводнення, а також зберігається до 90% вітамінів, які є у сировині. Окрім того поверхнева мікрофлора вихідного продукту при сушінні частково пригнічується; маса сушених продуктів у 5–10, а об'єм – у 2–4 рази менші від натуральних, що істотно знижує транспортні витрати і потребу у складських приміщеннях; термін зберігання сушеної продукції порівняно з натуральними продуктами значно зростає (не менше одного року); вимоги до умов зберігання (особливо температурних) і транспортування сушеної продукції порівняно з натуральною значно знижуються [31, 32].

У цукровій переробній промисловості застосовується комбінована обробка ультрафіолетовим опроміненням (УФО) та ультразвуковими коливаннями (УЗК) цукрових розчинів з метою зменшення їх мікробіологічного забруднення.

У роботі використано ультразвукову установку Медитон, яка генерує ультразвукові коливання частотою 44 кГц, інтенсивність коливань при цьому –

2 Вт/см<sup>2</sup>. Обробка ультразвуком проводилася впродовж 5–30 хв. При цьому ефект видалення мікробів становив 12–83,3 %.

У харчовій промисловості для дезінфекції широко використовують ультрафіолетове опромінення, зокрема для знезараження рідких продуктів. Ефект видалення мікробів складає 24–98,3% [33].

Передпосівна обробка насіння екологічно чистими електротехнологічними методами (УФ та ІЧ випромінюванням) сприяє підвищенню врожайності пшениці на 21–29 г/м<sup>2</sup>, а також дозволяє скоротити споживання електроенергії при обробці насіння більше ніж у 10 разів [34].

Національною програмою енергозабезпечення передбачено широке впровадження новітніх технологій в усіх галузях народного господарства, зокрема в елітному насінництві АПК. Одна із основних проблем – підвищення ефективності галузі енерго- і ресурсозберігаючого опромінювання при вирощуванні рослин-донорів і рослин-регенерантів [35].

Нині інтенсивно досліджуються індуковані електромагнітними полями (ЕМП) структурно-функціональні зміни в рослинних організмах, при цьому часто використовують математичне моделювання, яке значно скорочує трудомісткий, тривалий та дорогий експеримент [36].

Технології на основі надвисокочастотної (НВЧ) енергії можна віднести до енергозберігаючих, оскільки вони мають специфіку розповсюдження та можливості резонансної взаємодії з об'єктом, який обробляється, а також використання пристроїв, які її генерують, з високим коефіцієнтом корисної дії (70–85%). Досліди дозволяють зробити висновок про можливості стимуляції, інгібування та корекції ростових процесів. Енергію надвисоких частот розділяють на силову (енергетичну) при щільності потоку до сотень кВт на 1 м<sup>2</sup> та інформаційну (низько енергетичну) від десятих часток до Вт на 1 м<sup>2</sup>, які використовуються у стаціонарних та мобільних пристроях. Застосування такої технології в рослинництві підвищує врожай на 20–27% [37].

Аналіз різних технологій нагрівання фуражного зерна показав, що найвищої його інтенсивності можна досягнути за допомогою діелектричного нагрі-

ву в електромагнітних полях надвисоких частот (ЕМП НВЧ). При цьому глибина проникнення в зерно НВЧ-енергії на дозволених для теплового нагрівання діапазонах 915 і 2400 МГц на порядок вища, ніж ІЧ-випромінювання. НВЧ-енергія перетворюється в теплову в середині матеріалу залежно від його діелектричних властивостей. Зерно умовно складається із сухої речовини та води. Тому НВЧ-обробка буде забезпечувати більшою мірою нагрівання води, ніж сухої речовини, оскільки її діелектричні властивості суттєво вищі. Основна частка енергії спрямовується на процес пароутворення в середині капілярів зерна, що є необхідною умовою для забезпечення його "вибуху". В такому випадку енерговитрати на процес мікронізації повинні бути значно нижчими, ніж при нагріванні зернівки за рахунок теплопровідності від зовнішнього джерела тепла. Ця установка пройшла попередні випробування на насінні пшениці й ячменю різної вологості

Найбільш ефективна обробка насіння кондиційної вологості 8–12%. При цьому питомі затрати енергії не перевищують 120 кВт·год однієї тонни готового продукту, ступінь декстринізації крохмалю становить 30–60 %, зниження загального бактеріального обнасення – 95–99% [38].

Мікрохвильова обробка харчових продуктів позитивно впливає на їх якість та поживні властивості [41]. В харчовій промисловості мікрохвильові процеси використовуються в теплотехнологіях [42]. Комбіновані методи впливу на якість, споживчі властивості та зберігання застосовуються частіше [43, 44, 45].

Найбільш незвичною електротехнологією, яка використовується в переробці продукції сільського господарства, є електрогідравлічний ефект (ЕГЕ) або ефект Л.А. Юткіна. Межі його застосування досить широкі: електрогідравлічна обробка землі, води та будь-яких рідин, стерилізація, гомогенізація рідини, видобуток олії, очищення продуктів, подрібнення кормів та ін. [46].

Аналіз науково-технічних джерел інформації дозволяє зробити висновок, що нині електротехнології – це галузь, яка розвивається високими темпами, дає

максимально можливий енергозберігаючий ефект і тому економічно обґрунтована [47,48].

Діапазон застосування електромагнітних полів охоплює майже всю шкалу електромагнітних коливань: сталих електричних та магнітних полів; радіохвиль низьких, середніх, високих, надвисоких частот, інфрачервоного, видимого, ультрафіолетового діапазонів; рентгенівських та  $\gamma$ -променів.

Електромагнітні поля діють на живу тканину продукції переробки або як на фізичний об'єкт.

Застосування електротехнологій з іншими технологіями дозволяють покращити споживчі якості та фізико-хімічні властивості продукції сільського господарства. Процес розвитку зберігаючих електротехнологій за останні роки відображено в роботі Н.Ф. Бородіна та В.П. Горячкіна [49]. Великі можливості використання електромагнітних полів у сортуванні овочів і фруктів, де останнім часом застосовують гідродинамічні технології [50].

### **Висновки**

1. Проведено аналіз технологій обробки продукції сільськогосподарського виробництва, які описані нині у науковій та технічній літературі.
2. Встановлено, що цибуля, яка живиться омагніченою водою при напруженості 115 кА/м, збільшує довжину пагонів на 18,3%, а їх кількість – на 31,2%; розсада капусти – висоту на 13,4%, ширину листя – на 15,6%. Результати дослідів науковців підтверджують стимулюючу дію омагніченої поливної води на овочеві культури.
3. Передпосівна обробка насіння електромагнітним полем частотою 50 Гц збільшує енергію його проростання на 5,7–7,1%, лабораторну схожість на 6,6–8,0% і польову схожість відповідно на 9,1–10,6 %.
4. Застосування ІЧ-випромінювання для сушіння призводить до того, що поверхнева мікрофлора вихідного продукту частково пригнічується; маса сушених продуктів зменшується у 5–10, а об'єм – у 2–4 рази, термін зберігання сушеної продукції значно зростає порівняно з натуральними продуктами.

5. Технології із використанням енергії ЕМП можна віднести до енергозберігаючих, оскільки вони мають специфіку розповсюдження і можливості взаємодії з об'єктом, при цьому споживча енергія на 1 м<sup>2</sup> має діапазон від десятих часток до Вт на 1м<sup>2</sup>.

Подальша робота буде спрямована на розробку сучасних електротехнологій для визначення якості продукції рослинництва.

#### Список літератури

1. *Ярошенко П.Е., Монахов Б.С.* Электрическое и магнитное воздействие при переработке с.-х. продукции // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2003. – №4. – С. 27–28.
2. *Шмигель В.В., Стерхова Т.Н., Григорьев А.В., Кондратьев Н.Ф.* Разделение семян огурца на электростатическом триере // Картофель и овощи. – 2003. – №1. – С. 9.
3. *Тарушкин В.М.* Изменение преобразования электрического поля в процессе диэлектрической сепарации семян сои // Аграрная наука. – 2000. – №1. – С. 29–32.
4. *Лубников С.И.* Эффективность диэлектрического сепарирования при переработке семян овса // Аграрная наука. – 2000. – №11. – С. 23–24.
5. *Тарушкин В.И.* Новые электросепараторы семян // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1996. – №4. – С. 32–33.
6. *Тарушкин В.И., Трофимов К.А.* Определение характеристик рабочих органов диэлектрических сепараторов семени // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1998. – №6. – С. 28 – 30.
7. *Казимирчук Д.А.* Совершенствование диэлектрических сепараторов // Техника в сельском хозяйстве. – 1996. – №3. – С. 27–28.
8. *Тарушкин В. И.* Воздействие пондеромоторных сил на семена при сепарировании // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1983. – №12. – С. 35–39.

9. *Леонов В.С.* Признаки делимости семян при электрической сепарации // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1984. – №4. – С. 47–49.
10. *Хацуков С.М.* Исследование свойств электроактивированной воды // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2003. – №3. – С. 14–15.
11. *Грязнова З.И., Шмигель В.Н., Стерхова Т.Н., Селиверстов Д.В.* Магнитная обработка питьевой воды в овощеводстве // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1999. – №7. – С. 9–10.
12. *Ибрагимов М.И., Бердишев А.С.* Импульсная магнитная обработка питьевой воды // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1999. – №2–3. – С. 19–20.
13. *Никитенко Г.В.* Математическое моделирование аппаратов магнитной обработки воды // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2003. – №6. – С. 14–16.
14. *Кисла Л., Попова В., Попова С.* Направлена дія магнітів // Харчова і переробна промисловість. – 2003. – №1. – С. 26.
15. *Зуев В.С., Чарыков В.И.* Магнитный сепаратор для сухих сыпучих материалов // Техника в сельском хозяйстве. – 1992. – №1. – С. 27–28.
16. *Стародубцева Г.П., Федорищенко М.Г.* Воздействие электромагнитной обработки семян зернового сорго на формирование урожайности // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – №11. – С. 12–14.
17. *Таранов М.А., Федорищенко М.Г.* Расчет установок для предпосевной электромагнитной обработки семян сорго // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – №11. – С. 23–26.
18. *Попова В., Кисла Л., Кислий П., Геращенко В., Попова С., Боровикова Н.* Промислова магнітна установка // Харчова і переробна промисловість. – 2003. – №5. – С. 24–25.

19. *Ганелин А.М.* Экономия электроэнергии в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1983. – С. 142.
20. *Умарова Г.Я., Тюрин Ю.Г и др.* Солнечная фруктосушилка с автоматической системой управления // Техника в сельском хозяйстве. – 1988. – №1. – С. 9–10.
21. *Абидов Т.З и др.* Гелиофруктосушильная установка // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1990. – №9. – С 53.
22. *Камилов О.С., Назаров М.Р.* Гелиоустановка для сушки сельхозпродуктов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1990 – №9. – С. 54–55.
23. *Скитенко М.А., Данилевская Л.П.* Гелиосушилки для растениеводческой продукции // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1990. – №7. – С. 24–25.
24. *Мамедов М.А.* Применение солнечного коллектора для досушивания сена // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1984. – №9. – С. 59–60.
25. *Потапов К.Б.* Исследование ИК-источников излучения // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. – №5. – С. 15–17.
26. *Бароев Т.Р.* Станок для ИК и УФ облучения поросят с локальной аэроионизацией // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – №9. – С. 8–9.
27. *Бароев Т.Р.* Автоматическое управление облучением молодняка животных // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – №1. – С. 14–15.
28. *Бароев Т. Р.* Улучшение микроклимата в животноводческих помещениях с помощью локальных электрофицированных установок // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – №9. – С. 23–24.
29. *Винницки С.* Повышение эффективности ИК-обогрева поросят // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – №7. – С. 18–19.

30. *Кирсанов В.В., Кравченко В.И.* Повышение эффективности рабочих пастеризационно-охладительных установок // *Механизация и электрификация сельского хозяйства.* – 2003. – №2. – С. 18–19.
31. *Переробка сільськогосподарської продукції на основі технології інфрачервоного сушіння* // *Пропозиція.* – 1996. – №10. – С. 62–63.
32. *Клямкін М.* За ГЧ-сушінням – майбутнє // *Пропозиція.* – 2000. – №1. – С. 88–89.
33. *Ничик О., Штангеева Н., Носенко В.* Вплив УЗК та УФО на мікробіотичну забрудненість цукрових розчинів // *Харчова і переробна промисловість.* – 2002. – №4, 5. – С. 24–25.
34. *Кондратьева Н.П.* Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы на урожайность // *Механизация и электрификация сельского хозяйства.* – 2001. – №12. – С. 17.
35. *Скрипник М.* Електротехнологія опромінювання рослин-донорів та рослин-регенерантів // *Харчова і переробна промисловість.* – 2002. – №10. – С. 18–20.
36. *Ляпин В.Г., Инкин А.И.* Поглощение электромагнитной энергии в растительной ткани // *Механизация и электрификация сельского хозяйства.* – 2002. – №11. – С. 6–8.
37. *Щербаков К.Н.* Стимуляция ростовых процессов растений низкоэнергетическим магнитным полем // *Механизация и электрификация сельского хозяйства.* – 2002. – №7. – С. 26–29.
38. *Пахомов В.И.* Тепловая обработка фуражного зерна СВЧ-энергиями // *Механизация и электрификация сельского хозяйства.* – 2001. – №5. – С. 14–16.
39. *Зубец М.В. и др.* Применение волн микроволнового диапазона в сельском хозяйстве. – К.: Аграрная наука, 1996. – С. 162.
40. *Филонова Г. Л. и др.* Влияние СВЧ-обработки на микрофлору концентратов из растительного сырья // *Хранение и переработка сельхозсырья.* – 1996. – №2. – С. 37–38.

41. *Косолапова Л. та ін.* Мікрохвильова обробка екстрактів // Харчова і переробна промисловість. – 1997. – №3. – С. 26–27.
42. *Губиев Ю. К. и др.* Микроволновые процессы и техника в пищевой тепло-технологии // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1995. – №3. – С. 39–44.
43. *Бельский А. И., Плавинская А.Н.* Магнитно – лазерная технология в растениеводстве // Зерновое хозяйство. – 2003. – №1. – С. 10.
44. *Гордеев А. С.* Обработка яблок растворами солей и лазерным излучением перед хранением // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – №3. – С. 17–19.
45. *Дмитриев И. И. и др.* Предпосадочное гамма-облучение семенных клубней и влияние на урожай, товарное качество и пищевую ценность картофеля // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – №8. – С. 26–28.
46. *Гольцова Л.М.* ЭГЭ – новое в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1987. – 111 с.
47. *Воротников И. Л., Глубокий Ю.Н., Монахов Б.С.* Экономические аспекты электротехнологий в перерабатывающих отраслях // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2003. – №4. – С. 16–17.
48. *Баев В. И., Бородин И. Ф., Живописцев Е. Н.* Энергетическая оценка электротехнологий в растениеводстве // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – №4. – С. 8–11.
49. *Бородин И. Ф. Горячкин В. П.* Механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1998. – №5. – С. 13–17.
50. *Тарасенко В.В., Медведев В.П.* Гидродинамическое сортирование плодов томата по степени зрелости // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1986. – №11. – С. 29–30.

**USAGE OF ELECTROMAGNETIC FIELD ENERGY IN  
TECHNOLOGICAL PROCESSES OF PLANTS PRODUCING AND  
PROCESSING**

Y. Kutsenko, M. Lykashenko

*The analysis of usage of methods and devices to using of electromagnetic field energy in technological processes of plants producing and processing has been presented.*

*Electromagnetic field energy, physical and chemical features, plants, agricultural products.*

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГИИ ЭМП В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ  
ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТ-  
ВА**

Ю.Н. Куценко, Н.И. Лукашенко

*Представлен анализ существующих способов и устройств для применения энергии электромагнитного поля в технологических процессах производства и переработки продукции растениеводства.*

*Энергия электромагнитного поля, физико-химические свойства, растения, продукция сельского хозяйства.*