

УДК 57.082.14:577.3

## **ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ БІОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТА ПРИ ЗБЕРІГАННІ ПІСЛЯ ОБРОБКИ**

***В.А. Музиченко, кандидат технічних наук***

*Національний науковий центр Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства (ННЦ "ІМЕСГ")*

*На прикладі рослинної продукції з соковитими тканинами отримані аналітичні залежності, які описують вплив режимів обробки та тривалості зберігання біологічного об'єкта на ефективність цього процесу. Розроблені передумови створення системи керування біологічними об'єктами з використанням зворотного зв'язку від об'єкта обробки та зберігання.*

***Біологічний об'єкт, режим обробки, тривалість зберігання, зворотній зв'язок, аналітичні залежності, рослинна продукція.***

Традиційні методи контролю за станом біологічного об'єкта можуть тільки констатувати ті зміни, що вже вплинули на його якість. Електричні ж характеристики дають інформацію про можливу наступну зміну стану біологічного об'єкта (зміну посівних якостей насіння, псування рослинної продукції з соковитими тканинами під час зберігання тощо).

Підвищення ефективності обробки біологічних об'єктів вимагає створення єдиної системи за участю цих об'єктів, засобів впливу на їх стан та засобів контролю за їх станом. Для цього необхідні дослідження закономірностей зміни стану біологічних об'єктів до обробки, в процесі обробки та також після неї.

Вивчається можливість використання електричних характеристик продукції рослинництва для контролю за її станом [11, 7].

Для отримання інформації від біологічних об'єктів широке розповсюдження знайшло вимірювання біопотенціалів [1, 8, 10].

Одним із найбільш перспективних напрямків створення нових технологій є використання інформації від біологічних об'єктів для впливу на них. Розробка автоматизованих біоінформаційних технологій потребує визначення параметрів біологічних об'єктів, у тому числі і біострумів та біопотенціалів [2].

Прогнозується подальший розвиток адаптивного керування електротехнологіями [3].

На основі рівнянь енергетичного балансу отримані аналітичні залежності біопотенціалів від тривалості обробки та зберігання [6, 5].

Отримано вираз, який дає можливість прогнозувати ефективність обробки в залежності від режимів обробки в електромагнітному полі: тривалості, інтенсивності та частоти електромагнітного поля, а також властивостей об'єкта обробки. Отримано вирази, які дають змогу оптимізувати режими обробки в залежності від запланованої ефективності обробки та властивостей об'єкта обробки [4].

Розроблено спосіб зберігання рослинної продукції з соковитими тканинами з врахуванням інформації, отриманої від об'єкта зберігання [9].

**Мета роботи** – розробка передумов створення системи керування біологічними об'єктами з використанням зворотного зв'язку від об'єкта обробки на прикладі аналітичних залежностей ефективності зберігання рослинної продукції з соковитими тканинами від режимів обробки та тривалості зберігання.

**Результати досліджень.** При зберіганні після обробки об'єкт може завдяки обробці мати кращі показники ніж аналогічні необроблені об'єкти; об'єкт може або зберегти ті показники, які він мав до початку обробки та зберігання, або після певного періоду зберігання оброблений матеріал матиме показники нижчі за контрольний варіант.

При зберіганні необробленого матеріалу, наприклад рослинної продукції з соковитими тканинами, можлива як (за сприятливих умов зберігання в поєднанні з незначним періодом зберігання) незмінність показників, так і (за відсутності вищезгаданих умов та значному періоду зберігання) певне їх погіршення.

В результаті релаксації об'єкт може повернутися до попереднього стану, як наприклад зниження посівних якостей насіння до того рівня, який був до початку обробки; може залишитися той стан, якого об'єкт набув після обробки; об'єкт може відновитися частково, але початкового рівня не досягнути.

Згідно [6]

$$Q_{зб_{об}} = Q_{уст} \left[ 1 - \exp \left( - \frac{t_{зб_{об}}}{\tau_{зб_{об}}} \right) \right] + Q_{об} \exp \left( - \frac{t_{зб_{об}}}{\tau_{зб_{об}}} \right), \quad (1)$$

де  $Q_{зб_{об}}$  – поточне значення ОВП об'єкта при зберіганні після обробки;

$Q_{уст}$  – усталене значення біопотенціалу, якого об'єкт може досягнути при необмеженій тривалості зберігання ( $t_{зб} = \infty$ );

$t_{зб_{об}}$  – тривалість зберігання після обробки;

$\tau_{зб_{об}}$  – стала часу зберігання після обробки;

$Q_{об}$  – значення біопотенціалу після обробки (перед зберіганням).

Біопотенціал обробленого матеріалу, в залежності від характеру процесу, можна називати як біопотенціалом обробленого матеріалу, так і біопотенціалом після релаксації.

Але якщо ефективність зберігання обробленого матеріалу характеризує ступінь збереження об'єктом того стану, якого він набув завдяки обробці, то ефективність релаксації – ступінь повернення до того стану, що був до початку обробки, а саме:

$$Y_{зб_{об}} = \frac{Q_{уст} - Q_{зб_{об}}}{Q_{уст} - Q_{\infty}^{abc}}, \quad (2)$$

де  $Y_{зб_{об}}$  – ефективність зберігання обробленого матеріалу;

$Q_{\infty}^{abc}$  – гіпотетичне абсолютне значення біопотенціалу, якого об'єкт міг би

досягнути при необмежених тривалості, інтенсивності та періодичності обробки;  
а також

$$Y_p = \frac{Q_p - Q_\infty^{abc}}{Q_{уст} - Q_\infty^{abc}}, \quad (3)$$

де  $Y_p$  – ефективність релаксації;

$Q_p$  – значення біопотенціалу після релаксації.

З урахуванням того, що  $Q_p = Q_{зб\ об}$  за допомогою рівнянь енергетичного балансу отримано вираз

$$Y_{зб\ об} = \left[ 1 - \frac{(Q_{поч} - Q_\infty^{abc}) \left( e^{\frac{f_{об}}{w_{об}} + e^{\frac{\eta_{об}}{\vartheta_{об}} + e^{\frac{t_{об}}{\tau_{об}}} - e^{\frac{f_{об}}{w_{об}} e^{\frac{\eta_{об}}{\vartheta_{об}}} - \right)}{(Q_{уст} - Q_\infty^{abc}) \left( -e^{\frac{f_{об}}{w_{об}} e^{\frac{t_{об}}{\tau_{об}}} - e^{\frac{\eta_{об}}{\vartheta_{об}} e^{\frac{t_{об}}{\tau_{об}}} + e^{\frac{f_{об}}{w_{об}} e^{\frac{\eta_{об}}{\vartheta_{об}} e^{\frac{t_{об}}{\tau_{об}}} \right)} \right]} e^{\frac{t_{зб\ об}}{\tau_{зб\ об}}} \right]. \quad (4)$$

де  $Q_{поч}$  - початкове значення біопотенціалу об'єкта (до початку обробки);

$f_{об}$  – періодичність обробки;

$w_{об}$  – стала періодичності обробки;

$\eta_{об}$  – концентрація аероіонів (інтенсивність обробки);

$\vartheta_{об}$  – стала інтенсивності обробки;

$t_{об}$  – тривалість обробки;

$\tau_{об}$  – стала тривалості обробки.

Ввівши поняття коефіцієнта релаксації

$$K_p = \frac{Q_{поч} - Q_\infty^{abc}}{Q_{уст} - Q_\infty^{abc}}, \quad (5)$$

маємо залежність ефективності зберігання обробленого матеріалу від коефіцієнта релаксації та тривалості зберігання обробленого матеріалу, а також режимів обробки та властивостей матеріалу, що обробляється, виражених через відповідні сталі.

$$Y_{зб\ об} = \left[ 1 - K_p \left( e^{\frac{f_{об}}{w_{об}} + e^{\frac{\eta_{об}}{\vartheta_{об}} + e^{\frac{t_{об}}{\tau_{об}}} - e^{\frac{f_{об}}{w_{об}} e^{\frac{\eta_{об}}{\vartheta_{об}}} - \right)}{-e^{\frac{f_{об}}{w_{об}} e^{\frac{t_{об}}{\tau_{об}}} - e^{\frac{\eta_{об}}{\vartheta_{об}} e^{\frac{t_{об}}{\tau_{об}}} + e^{\frac{f_{об}}{w_{об}} e^{\frac{\eta_{об}}{\vartheta_{об}} e^{\frac{t_{об}}{\tau_{об}}} \right)} \right]} e^{\frac{t_{зб\ об}}{\tau_{зб\ об}}} \right]. \quad (6)$$

$$Y_{зб\ об} = [1 - K_p (1 - Y_{об})] e^{-\frac{t_{зб\ об}}{\tau_{зб\ об}}}. \quad (7)$$

Якщо в результаті зберігання об'єкт повертається до того енергетичного рівня, який був до початку обробки, тобто виконується умова  $Q_{уст} = Q_{поч}$ , то

$K_p = 1$ , тоді

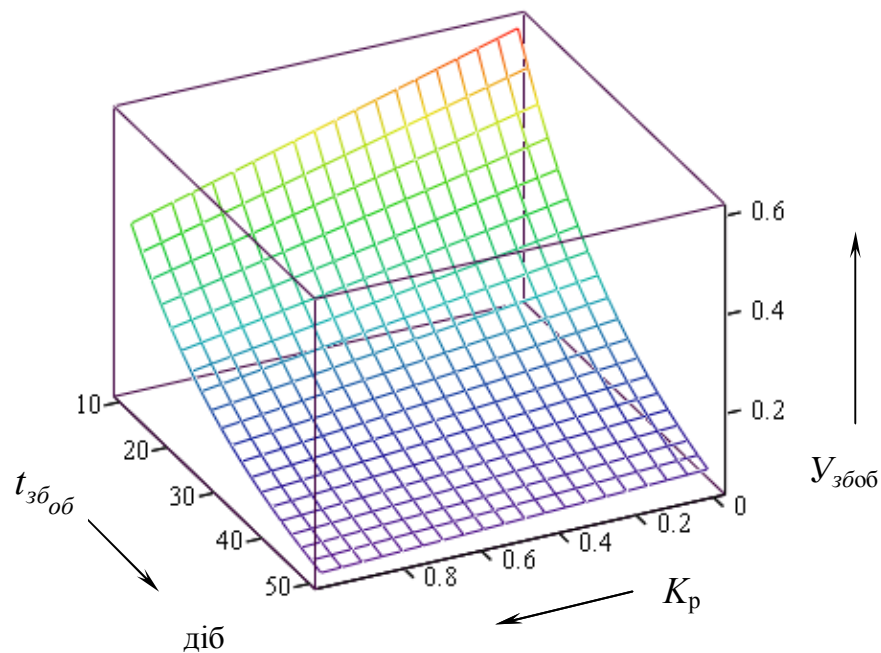
$$Y_{зб\ об} = Y_{об} e^{-\frac{t_{зб\ об}}{\tau_{зб\ об}}}, \quad (8)$$

$$t_{зб\ об} = -\tau_{зб\ об} \ln \frac{Y_{зб\ об}}{Y_{об}}. \quad (9)$$

При  $Q_{поч} = Q_{\infty\ обс}$  обробка не впливає на стан об'єкта; а при  $Q_{поч} = Q_{уст}$  об'єкт надається обробці, ця обробка не викликає в ньому незворотних змін, об'єкт після неї відновлюється до попереднього стану, але сам по собі змінити свій стан не може.

Залежність ефективності зберігання обробленого матеріалу від коефіцієнта релаксації та тривалості зберігання обробленого матеріалу (6) при співвідношенні режимів обробки (тривалості, інтенсивності і періодичності) та відповідних сталих  $\frac{f_{об}}{w_{об}} = \frac{\eta_{об}}{\vartheta_{об}} = \frac{t_{об}}{\tau_{об}} = 2$ ; а також сталій тривалості зберігання

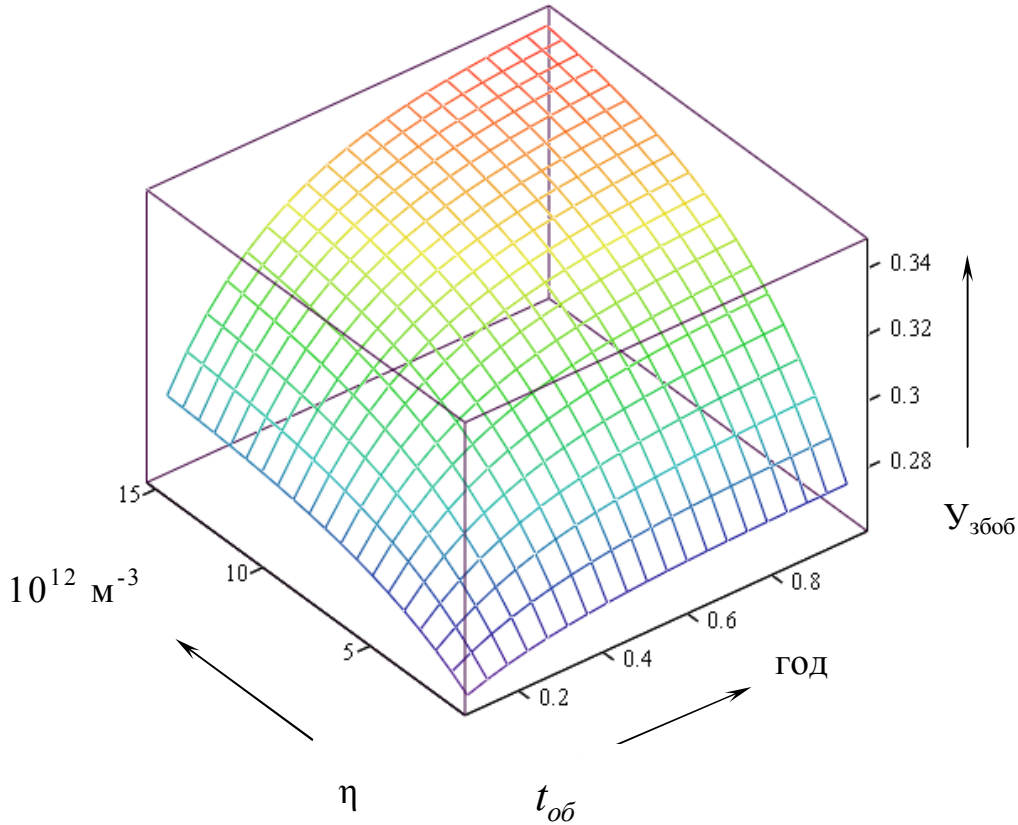
обробленого матеріалу  $\tau_{зб\ об} = 20$  діб показана на рисунку 1.



**Рис. 1. Залежність ефективності зберігання обробленого матеріалу від коефіцієнта релаксації та тривалості зберігання обробленого матеріалу**

Залежність ефективності зберігання обробленого матеріалу від тривалості та інтенсивності обробки (6) при коефіцієнті релаксації обробленого матеріалу  $K_p = 0,3$ , сталій тривалості обробки  $\tau_{об} = 0,25$  год, сталій інтенсивності обробки

$\eta = 5 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-3}$ , співвідношенні періодичності обробки та сталої періодичності обробки  $\frac{f_{об}}{w_{об}} = 2$ , співвідношенні тривалості зберігання обробленого матеріалу і відповідної сталі  $\frac{t_{зб_{об}}}{\tau_{зб_{об}}} = 1$  показана на рисунку 2.



**Рис. 2. Залежність ефективності зберігання обробленого матеріалу від тривалості та інтенсивності обробки**

Згідно [6]

$$(Q_{уст} - Q_{зб_{об}}) + (Q_{зб_{об}} - Q_{\infty}^{abc}) = Q_{уст} - Q_{\infty}^{abc} \quad (10)$$

Тому з (2) та (3) при умові, що  $Q_p = Q_{зб_{об}}$  маємо

$$Y_p = 1 - Y_{зб_{об}} \quad (11)$$

Відповідно з урахуванням того, що  $Q_p = Q_{зб_{об}}$  ефективність релаксації визначиться виразом

$$Y_p = 1 - \left[ 1 - K_p \left( e^{\frac{f_{об}}{w_{об}} + \frac{\eta_{об}}{\vartheta_{об}} + \frac{t_{об}}{\tau_{об}}} - e^{\frac{f_{об}}{w_{об}} + \frac{\eta_{об}}{\vartheta_{об}}} - e^{\frac{f_{об}}{w_{об}} + \frac{t_{об}}{\tau_{об}}} - e^{\frac{\eta_{об}}{\vartheta_{об}} + \frac{t_{об}}{\tau_{об}}} + e^{\frac{f_{об}}{w_{об}} + \frac{t_{об}}{\tau_{об}}} + e^{\frac{\eta_{об}}{\vartheta_{об}} + \frac{t_{об}}{\tau_{об}}} \right) \right] e^{-\frac{t_p}{\tau_p}}, \quad (12)$$

а тривалість релаксації

$$t_p = -\tau_p \ln \frac{Y_p}{1 - K_p \left( e^{-\frac{\eta_{об}}{\vartheta_{об}}} + e^{-\frac{t_{об}}{\tau_{об}}} - e^{-\frac{t_{об}}{\tau_{об}}} e^{-\frac{\eta_{об}}{\vartheta_{об}}} \right)}. \quad (13)$$

### Висновки

Досліджені закономірності зміни стану рослинної продукції з соковитими тканинами в процесі обробки та зберігання. Отримані аналітичні залежності, які описують вплив режимів обробки та тривалості зберігання біологічного об'єкта на ефективність цього процесу. Розроблені передумови створення системи керування біологічними об'єктами на основі використання зворотного зв'язку від об'єкта обробки та зберігання. У подальшому це дозволить оптимізувати режими обробки та прогнозувати стан біологічного об'єкта після обробки.

### Список літератури

1. А.с. 1657113 ССРСР, МКИ<sup>5</sup> А01G 7/00. Способ измерения биоэлектрического потенциала биологических объектов / В.И.Медвецкий, В.В.Петрушенко (СССР). – Заявлено 07.02.89. Опубл. 23.06.91. Бюл. №23.
2. Загинайлов В.И. Автоматизированные биоинформационные технологии сельскохозяйственного производства / В.И. Загинайлов // Автоматизация сельскохозяйственного производства: Тез. докл. науч.-техн. конф. Углич, 13-16 мая 1997г. / Всерос. научн.-исслед. ин-т механизации сел. хоз-ва. – М., 1997. – Т.1. – С. 59–61.
3. Коршунов Б.П. Ресурсо и энергосберегающие электротехнологии для хранения и первичной обработки сельскохозяйственной продукции / Б.П. Коршунов, Ф.Г. Марьяхин, А.Б. Коршунов // Труды 4-й междунар. научно – техн. конф. Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. – Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике 12-13 мая 2004 г. Москва. – ч. 3. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2004. – С. 90–95.
4. Музиченко В.А. Визначення режимів електрообробки рослинної продукції з соковитими тканинами / В.А Музиченко І.В. Бондаренко // Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип.97. Т.2. – 2013. – С. 194–200.
5. Музиченко В.А. Використання біопотенціалів для контролю за станом рослинної продукції. / В.А Музиченко // Механізація і енергетика сільського господарства // Збірник наукових праць НАУ. – Т.14. – К., 2003. – С.352–356.
6. Музиченко В.А. Моделювання процесу аероїонної обробки рослинної сировини / В.А Музиченко // Вісник аграрної науки, 1998. – №4. – С.54–57.
7. Мурзін В.К. Використання біоелектричних властивостей продуктів рослинництва при зберіганні / В.К. Мурзін, О.В. Мішяк // Вісник аграрної науки. – 1996. – №8. – С.26–27.

8. Окушко О.В. Біоелектричний потенціал як показник динаміки зміни якості при зберіганні сільськогосподарської продукції / О.В. Окушко // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – 2005. – №1. – С. 49 – 52.

9. Патент 10574А Україна, МПК А23L 3/32. Спосіб зберігання рослинної сировини з соковитими тканинами / М.О. Корчемний, В.А. Музиченко, О.Ю. Синявський. (Україна). – Заявлено 30.07.93. Опубл. 25.12.96. Бюл. №4. – 8с.

10. Пат.56552U Україна, МПК А23L 3/32, G01N 33/02. Спосіб прогнозування лежкості плодоовочевої продукції. Іноземцев Г.Б., Окушко О.В. (Україна). Заявлено 03.06.2008, Опубл. 25.01.2011, Бюл. № 2. – 3 с.

11. Романовський І.Я. Електрофізичні методи контролю якості продуктів харчування / І.Я. Романовський. – К.: Наукова думка, 1996. – 184с.

*На примере растительной продукции с сочными тканями получены аналитические зависимости, описывающие влияние режимов обработки и продолжительности хранения биологического объекта на эффективность этого процесса. Разработаны предпосылки создания системы управления биологическими объектами с использованием обратной связи от объекта обработки и хранения.*

***Биологический объект, режим обработки, длительность хранения, обратная связь, аналитические зависимости, растительная продукция.***

*For example plant products with succulent tissues obtained analytical dependences that describe the impact of processing modes and longevity biological object on the efficiency of the process. Designed conditions create control systems biological objects using feedback from the object handling and storage.*

***Biological object, mode processing, storage time, feedback, analytical dependence, plant products.***