

вания в моделировании процессов влияния физических воздействий на биологический объект.

**Ключевые слова:** растительная продукция с сочными тканями, хранение, аэроионы, сокращение потерь, биопотенциалы, режимы обработки.

#### MODE OF ELECTROMAGNETIC TREATMENT OF BIOLOGICAL OBJECTS

*An expression that makes it possible to predict the effectiveness of treatment depending on the mode of processing in the electromagnetic field: the duration, intensity and frequency electromagnetic fields, and properties of the object processing.*

*The expressions that allow you to optimize treatment regimes depending on the planned performance and processing properties of the object processing.*

*Methodical principles set out in the work, suitable for use in modeling processes influence of physical factors on biological objects.*

**Key words:** vegetative production with juicy fabrics, air, ion, treatment, storage, abridgement of waste, biopotentials, modes of processing.

УДК 620.92

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ФОТОБІОРЕАКТОРА ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ\*

С.О. Тарнавський, наук. співр.  
ННЦ «ІМЕСГ»

---

*Приведено дані експериментальних досліджень по культивуванню мікрроводорості у фотобіореакторі, в якому застосовано принцип розширювання суспензії на вертикальних підстилаючих поверхнях.*

**Ключові слова:** фотобіореактор, процес культивування мікрроводоростей, приріст.

---

**Проблема.** Останнім часом у світі постала проблема обмеження запасів викопного палива – вугілля, нафти, газу. Підвищення попиту на

---

\* Науковий керівник – д.т.н., проф. О.І. Адаменко

© С.О. Тарнавський.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97. 2013.

ці види палива рано чи пізно призведе до енергетичної кризи. До того ж спалювання викопного палива призводить до викидів вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ), накопичення якого веде до глобального потепління. Тому гостро постала проблема пошуку нових джерел енергії. Спроба часткової заміни викопних палив енергетичними культурами призводить до заняття великих площ землі і виснажування родючих ґрунтів. Найбільш ефективною енергетичною культурою, яка має великий потенціал з точки зору виробітку енергії, являються мікродорості. Вони є ефективними утилізаторами вуглекислоти і разом із цим дають можливість отримати в 15 – 100 разів більше сировини для виробництва альтернативних видів палива з гектара, ніж ріпак, пальмова олія чи соя. Для культивування мікродорості не потребують орних земель, їх швидкість росту в 20 – 30 разів більша, ніж сільськогосподарських рослин (деякі види мікродоростей можуть подвоювати свою масу декілька разів на добу). Зростаючі потреби в біомасі і її складових призвели до розробки технологій культивування мікродоростей у фотобіореакторах, які забезпечують контрольовані умови, що дає можливість з високою точністю реалізувати весь процес виробництва її біомаси із заданим біохімічним складом. Розвиток біотехнологічних методів промислового виробництва біомаси мікродоростей стримується через недосконалість промислових фотобіореакторів, які не забезпечують технологічні вимоги і не реалізують високі продукційні можливості мікродоростей. Тому актуальною науково-прикладною задачею є розробка нових фотобіореакторів для культивування мікродоростей з максимально ефективним використанням світла та високими масообмінними характеристиками.

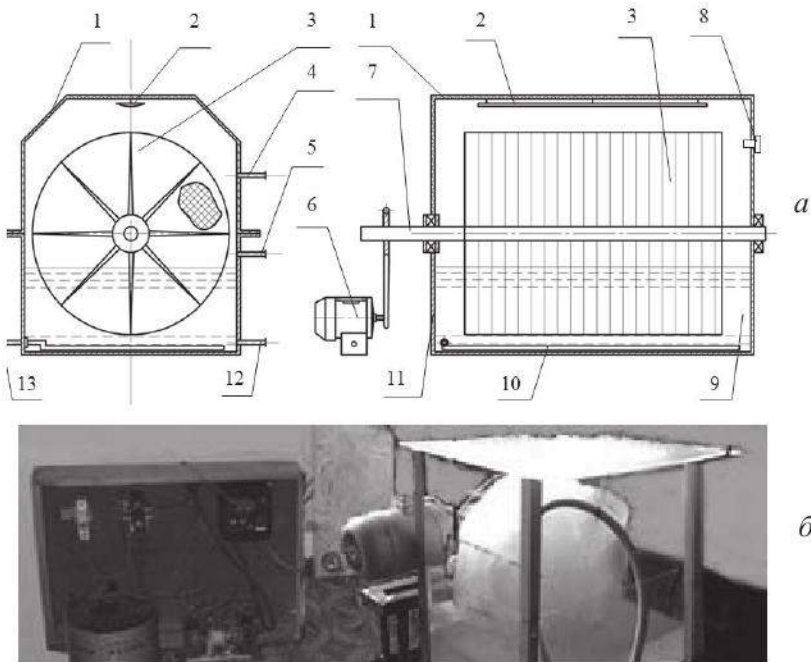
**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Промислове культивування мікродоростей здійснюють у відкритих і закритих (фотобіореактори) системах.

Використання відкритих установок для вирощування мікродоростей раціонально лише тоді, коли є умови для термінового використання отриманої біомаси. Крім того відкриті установки мають ряд недоліків, таких як випаровування суспензії і її забруднення мікроорганізмами, тому експлуатація цих систем допускається в екологічно чистих регіонах, де протягом року забезпечуються оптимальні умови культивування (хімічний склад води та її величина рН, тривалість світлового дня, рівень сонячної радіації та інші фактори). Фотобіореактори закритого типу створені в результаті роботи по усуненню недоліків, які характерні для відкритих систем культивування. Такі фото-

біореактори дають можливість контролювати значно більшу кількість технологічних параметрів культивування. За даними досліджень, нині найпоширенішими видами установок, які використовуються для промислового культивування мікробіодоростей, являються фотобіореактори зрощувального, трубчатого і площинного типу. Проведені дослідження [1] показують, що найбільший вплив на показник приросту мікробіодоростей у фотобіореакторах мають освітлення суспензії, температура, склад  $\text{CO}_2$  і кислотність живильного середовища. Водночас у публікаціях [2, 3, 4] приводяться результати лише показника приросту без досліджень впливу основних факторів або беруться до уваги лише показник освітлення чи температури.

**Мета дослідження** – вивчити вплив основних штучних факторів фотобіореактора на показник приросту мікробіодорості.

**Результати досліджень.** Для проведення експериментальних досліджень процесу культивування мікробіодоростей була створена фізична модель фотобіореактора (рис.1).



**Рис. 1.** Фізична модель фотобіореактора для культивування мікробіодоростей (а – конструктивно – технологічна схема; б – за-

гальний вигляд): 1 – світлопрозора кришка із вмонтованими світлодіодами; 2 – пристрій додаткового зрошення; 3 – сітчастий барабан; 4 – патрубок для виведення кисню; 5 – завантажувальний патрубок; 6 – електричний двигун; 7 – вал; 8 – посадочне гніздо; 9 – суспензія; 10 – перфорована трубка; 11 – ємність фотобіореактора; 12 – патрубок відбору суспензії; 13 – патрубок подачі газоповітряної суміші

При плануванні експериментальних досліджень використана матриця оптимального плану Бокса ( $B_4$ ) для чотирифакторного експерименту [5]. В якості критерію оптимізації було прийнято показник приросту –  $P$ , г/л·доба. Інтервали і рівні варіювання факторів вибрані на основі аналізу теоретичних і експериментальних даних попередньо проведених досліджень і приведені у таблиці. В результаті проведення експериментальних досліджень отримано дані показника приросту мікроводорості *Spirulina* від дії досліджуваних факторів.

**Таблиця.** Рівні та інтервали варіювання факторів при проведенні досліджень по культивуванні мікроводоростей

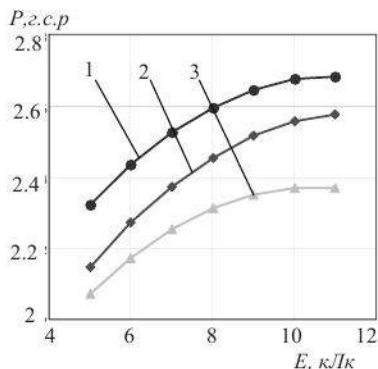
Рівні і інтервали варіювання	Кодоване значення	Фактори і їх позначення			
		Освітлення суспензії $E$ , клк	Температура суспензії $T$ , $^{\circ}C$	Кислотність суспензії рН, в/о	Вміст $CO_2$ у газоповітряній суміші $co_2$ , %
Верхній рівень	+1	15	32	10,5	4
Основний рівень	0	10	30	10	2
Нижній рівень	-1	5	28	9,5	0
Інтервал варіювання		5	2	0,5	2

Результати експериментальних досліджень оброблялися за стандартними методиками за допомогою програм MathCad 13, STAT.EXE, RegMod.exe. В результаті проведених розрахунків отримано рівняння регресії, що описує технологічний процес культивування мікроводоростей у фотобіореакторі із розшаруванням суспензії:

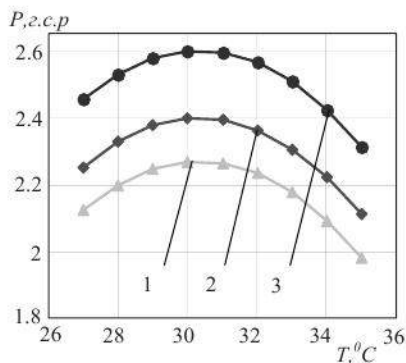
$$C = -114,371 + 0,824 \cdot t + 20,952 \cdot ph + 0,096 \cdot co_2 - 0,01 \cdot e^2 - \\ - 0,002 \cdot e \cdot t + 0,031 \cdot e \cdot ph - 0,013 \cdot t^2 - 1,066 \cdot ph^2 - 0,022 \cdot co_2^2$$

Результати досліджень представлені графічними залежностями приросту мікрородорості Р від освітлення Е, температури суспензії Т, кислотності рН та концентрації вуглекислоти CO<sub>2</sub>, (рис. 2 - рис. 4).

Із аналізу рис. 2 і 3 випливає, що при підвищенні освітленості до 11 клк і температури суспензії до 31<sup>0</sup>С можна досягти приросту 2,6 г с.р (сухої речовини). Також максимальний приріст спостерігається при показнику кислотності рН=10. При збільшенні температури до 35<sup>0</sup>С і підвищенні кислотності до показника рН=10,5 спостерігається різкий спад значення приросту.

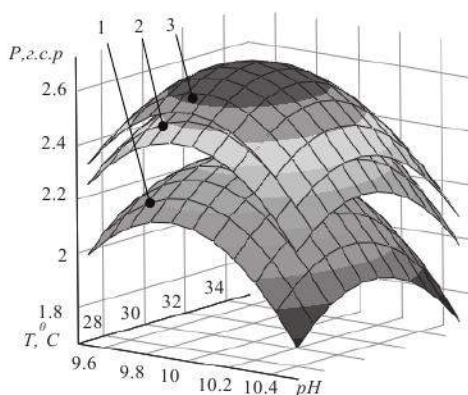


**Рис. 2.** Залежність приросту Р від освітлення Е при температурі: 1 – Т=31<sup>0</sup>С; 2 – Т=27<sup>0</sup>С; 3 – Т=35<sup>0</sup>С



**Рис. 3.** Залежність приросту Р від температури Т при кислотності: 1 – рН=10,5; 2 – рН=9,5; 3 – рН=10

Аналіз поверхонь відгуку, представлених на рис. 4, дає можливість зробити висновок про те, що при збільшенні освітлення до 11 клк, стабілізації показника кислотності в межах рН = 9,9...10,1 і температури в межах 30,5...31,5<sup>0</sup>С спостерігається підвищення значення приросту. Подальше зростання освітлення призводить до зменшення приросту, що пов'язано з пригніченням фотосинтетичного апарата клітин мікрородорості.



**Рис. 4.** Поверхня відгуку приросту  $P$  від кислотності  $pH$  і температури  $T$  при освітленості: 1 –  $E=5$  кЛк; 2 –  $E=8$  кЛк; 3 –  $E=11$  кЛк

**Висновки.** Визначено вплив штучних факторів на показник приросту мікрободоростей у фотобіореакторі із розшаруванням суспензії. З аналізу побудованих графічних залежностей випливає необхідність стабілізації факторів впливу на оптимальних значеннях для отримання максимального приросту мікрободоростей.

#### БІБЛІОГРАФІЯ

1. *А.А. Штоль, Е.С. Мельников, Б.Г. Ковров.* Расчет и конструирование культиваторов для одноклеточных водорослей. – Красноярск: Красноярск. кн. изд-во, 1976. – 96 с.
2. *О.І. Адаменко, І.М. Голодний.* Технічні засоби для масового вирощування одноклітинних водоростей. Вісник аграрної науки. –1996. –№2. –С.65–71.
3. *Р.П. Тренкеншу, А.Б. Боровков, А.С. Лелеков.* Унифицированная лабораторная установка для исследования низших фототрофов. – Севастополь:ОЦ НАНУ, 2009. – 40 с.
4. *Аманов Ч.А.* Температурный и радиационный режим промышленных фотореакторов по производству хлореллы. – Ашхабат: «Ылым», 1989. – 308 с.
5. *Мельников С.В.* Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1980. – 168 с., ил.

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ФОТОБИОРЕАКТОРА ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ**

*Приведены данные экспериментальных исследований по культивированию микроводорослей в фотобиореакторе, в котором применяется принцип расслоения суспензии на вертикальных подстилающих поверхностях.*

*Ключевые слова:* фотобиореактор, процесс культивирования микроводорослей, простота.

### **EXPERIMENTAL VALIDATION OF RATIONAL MODES OF OPERATION PHOTOBIOREACTOR FOR MICROALGAE CULTIVATION**

*The data of experimental research on cultivation of microalgae in photobioreactor in which the principle of suspension separation on the underlying surfaces is applied are presented.*

*Key words:* photobioreactor, process of microalgae cultivation, growth rate

УДК 621.548, 631.311.24

### **СВІТЛОДІОДНЕ ОСВІТЛЕННЯ ГОСПОДАРЧИХ ДВОРІВ З ЖИВЛЕННЯМ ВІД ВІТРОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ**

**Д.В. Тимошук**, мол. наук. співр.  
ННЦ «ІМЕСГ»

---

*Проведено порівняльний аналіз системи освітлення на світлодіодах і традиційних систем освітлення господарчих площадок з використанням ламп розжарювання та люмінесцентних ламп. Показано переваги світлодіодного обладнання, зокрема при живленні від автономної вітроелектричної станції.*

*Ключові слова:* світлодіод, вітроелектрична установка, джерело світла, зовнішнє освітлення.

---

**Проблема.** На фоні загострення енергетичної кризи продовжують широко застосовуватись для освітлення господарчих об'єктів енергоємні системи освітлення на базі ламп розжарювання та люмінесцентних ламп. Впровадження ж високоекономічних систем освітлення на

---

Науковий керівник – к.т.н. В.І. Жоров.

© Д.В. Тимошук.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97. 2013.