

УДК 663.18; 621.311.26.031

ВИКОРИСТАННЯ ФОТОБІОРЕАКТОРА В АЛЬТЕРНАТИВНИХ СИСТЕМАХ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Пальчик А.О., к.т.н.,

Бурега Н.В., інж.

Тернопільський національний педагогічний університет імені

Володимира Гнатюка

Тел. (0352) 43-57-77

Анотація – запропоновано структурну схему енергетичної системи на основі фотоанаеробних біотехнологій та твердооксидного паливного елемента.

Ключові слова – фотобіореактор, мікроводорості, хлорела, біомаса, система, твердооксидний паливний елемент.

Постановка проблеми. Споживання енергії у світі зростає, ресурси надр біосфери та техносфери постійно зменшуються. Екологічні проблеми виникають у зв'язку з їх надмірною емісією. Втручання техногенезу у речовинно-енергетичний баланс планети постійно збільшується і в даний момент досягає рівня загрози. Для вирішення даної проблеми, значний науковий та виробничий потенціал розвинених країн світу було сконцентровано на використання енергії біопалива, сонця, вітру, мікроорганізмів, води тощо.

Одним із перспективних напрямків, які на сьогодні розвиваються, є використання мікроорганізмів у енергетичному комплексі та інших галузях народного господарства. Окрім енергетичної сировини для генерації біогазу та біодизелю, мікроорганізми використовуються для виготовлення фармацевтичних препаратів; як вітаміни та фізіологічно активні речовини для сільськогосподарських господарств; як джерело кормового і харчового білка; для підвищення ґрунтової родючості та самоочищення природних і стічних вод.

Аналіз останніх досліджень. Сьогодні практикується вирощування олійних культур, для генерації біодизеля. Цей підхід має суттєві недоліки, які пов'язані з тим, що вирощування великої кількості олійних культур витісняє харчові культури (що негативно впливає на задоволення харчових потреб людства), крім того олійні культури суттєво виснажують ґрунти (в подальшому впливаючи на їх родючість).

Проведений аналіз виходу рослинного масла з одиниці площі показав, що найбільш продуктивними культурами можуть стати мікродорості, такі як хлорела (*Chlorella*) та спіруліна (*Spirulina*) (таблиця 1) [1].

Таблиця 1 – Виробництво мастила з різної сировини з одного гектара землі

Культура	кг масла/га	літрів масла/га
Кукурудза	145	172
Соя	375	446
Соняшник	800	952
Кокос	2260	2689
Пальмове масло	5000	5950
Водорості	94000	95000

Формулювання мети статті. Мета статті – аналіз типів фотобіореакторів та визначення факторів впливу на ріст одноклітинних водоростей і методів їх забезпечення.

Основна частина. Можливість накопичувати у клітинах велику кількість ліпідів (до 80% у перерахунку на суху масу) та подвоєння біомаси кожні 40 годин робить мікродорості перспективними для застосування їх у енергетиці та інших галузях народного господарства. Інтенсивний ріст мікродоростей забезпечується їх здатністю ефективно поглинати CO₂ та сонячну радіацію. Однією з культур, яка ефективно використовує сонячну енергію є хлорела (25 - 30% у той час як квіткові рослини – лише 7-13%). Вона невибаглива до умов існування та завдяки простому життєвому циклу, пристосована до розвитку у різноманітних середовищах: прісних водоймах, морях, ґрунті тощо.

Хлорела активно синтезує білки, вуглеводи, жири, вітаміни, тому її суха біомаса має більше 50% білка (близько 40 амінокислот), 30% вуглеводів, 10% жирів і до 10% мінералів.

Експерименти з масового культивування мікродоростей проводяться з початку 50-х років. За період з 1950 по 1970 р. був досягнутий значний прогрес в технології їх масового культивування в таких країнах, як Японія, ФРН, Ізраїль, Франція, США і Мексика. Культивування проводилося як в спеціально побудованих для цієї мети установках, так і в природних водоймах. У цих країнах отримано наступну середню продуктивність росту: в США 30 г/м² в день, Японії - 12 г/м² в день, Ізраїлі – від 10 до 40 г/м² для зимових та літніх умов відповідно [4]. Змінюючи температурний режим, склад живильного середовища, відповідно змінюється склад хлорели. Вона може накопичувати від 8 до 88% білків; від 4 до 85% жирів і від 5 до 37% вуглеводів (кро-

хмалю або цукру). Урожай водорості, за вмістом білка з 1 га дорівнює врожаю пшениці з 25 га та врожаю картоплі з 10 га [3].

Для вирощування мікроводоростей використовують фотобіореактори. В основному – це закриті або відкриті контейнери, які піддаються впливу сонячного або штучного освітлення, деякі з них мають можливість регуляції температури середовища та подачі газів (CO_2). Можна виділити наступні типи:

- відкрита система ставків або дрібних басейнів – це найпростіша форма, що дозволяє забезпечити великий об'єм біореактора при низьких капіталовкладеннях, проте така конструкція представляє ризик забруднення культури мікроводоростей або її перехресного зараження;

- трубчасті або контейнерного типу – це більш складні системи, налаштовані горизонтально або вертикально. Труби можуть бути виготовлені зі скла, полікарбонату або поліетилену;

- плоскі – біореактори виготовляють із скла та прозорого полікарбонату у вигляді закритих ємкостей прямокутної форми;

- проточні – це системи прозорих ємкостей (труб), усередині яких циркулює живильне середовище (азот, фосфор, калій, мікроелементи) з мікроводоростями. Пройшовши весь шлях по прозорих трубах, суспензія хлорели надходить у спеціальний накопичувальний резервуар, де отримує чергову порцію CO_2 , який в ході подальшого руху рівномірно розподіляється по всій біомасі [5].

Фотобіореактор – це контрольована екосистема функціонування, яка підтримується за рахунок технологічних можливостей біореактора (температура, рН, освітленості, тощо) що контролюється вимірювальним модулем.

Проаналізувавши конструкції основних типів фотобіореакторів, слід відмітити, що вони виконують функції контролю та вимірювання температури, кислотності, освітленості, а також концентрації розчинених у воді солей та газів (рис. 1). Окрім того, фотобіореактор повинен забезпечувати можливість перемішування культури під дією сонячної радіації (штучного освітлення), та запобігати її прилипанню на стінках. Як правило, перемішування відбувається за рахунок використання мішалок, циркуляційних насосів або бульбашок. Прилипання до стінок усувається за допомогою використання ультразвуку.

Для росту водоростей рівень рН та температура є критичними параметрами. В проточних фотобіореакторах, як правило, температуру регулюють за допомогою теплообміну між поживним середовищем та підведеним теплоносієм, а рівень рН – шляхом введення відповідної кількості CO_2 або солей із слабкою кислотною основою додаткової води.

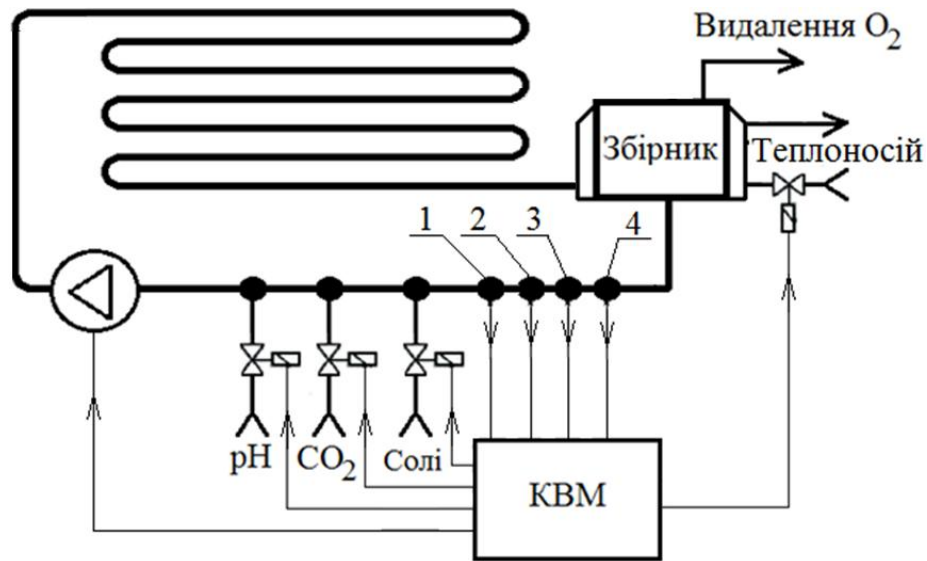


Рис. 1. Фотобіореактор проточного типу: 1 – датчик температури; 2 – датчик рівня рН; 3 – датчик освітленості; 4 – датчик концентрації мікроборостей.

При вирощуванні хлорели фотобіореактор повинен відповідати за біологічну чистоту культури, запобігати потраплянню в неї бактерій та інших мікроборостей і при потребі пригнічувати їх. Як правило, для знищення бактерій використовують ультрафіолетове освітлення середньої довжини хвилі, антибіотики, або бактеріофаги.

Контрольно-вимірювальний модуль фотобіореактора, окрім стану харчового середовища, повинен постійно визначати реакцію біологічної культури на дане середовище. Тобто, в процесі вирощування мікроборостей постає завдання визначення їх питомої концентрації та стану для підтримання необхідного газо-солевого балансу. В існуючих фотобіореакторах дана проблема вирішується за рахунок вимірювання оптичної щільності, проте, такий підхід не дозволяє отримати вичерпної інформації про стан клітин та наявність в суспензії інших культур. Одним із методів вирішення даної проблеми може бути використання методів гранулометричного аналізу цифрових зображень [2]. Оскільки, фотобіореактор – це симбіоз технологічної системи та біологічного об'єкта, його успішна реалізація цілком залежатиме від інженерних рішень за інтелектуальним контролем середовища.

Для проведення лабораторних досліджень на кафедрі машинознавства та транспорту в лабораторії енергетичного менеджменту розроблений пілотний проект фотобіореактора, об'ємом 3 літра, який відрізняється від існуючих конструкцій, наявністю параболічного рефлектора, що фокусує сонячне випромінювання та можливістю досвітки трьома типами світлодіодів (рис. 2). На базі розробленого фотобіореактора ведуться роботи по автоматизації його систем, та досліджу-

ються методи оцінки реакцій біологічної системи (хлорели та анабени) на зміни у харчовому середовищі та температурних і світлових режимах.



Рис. 2. Пілотний фотобіореактор.

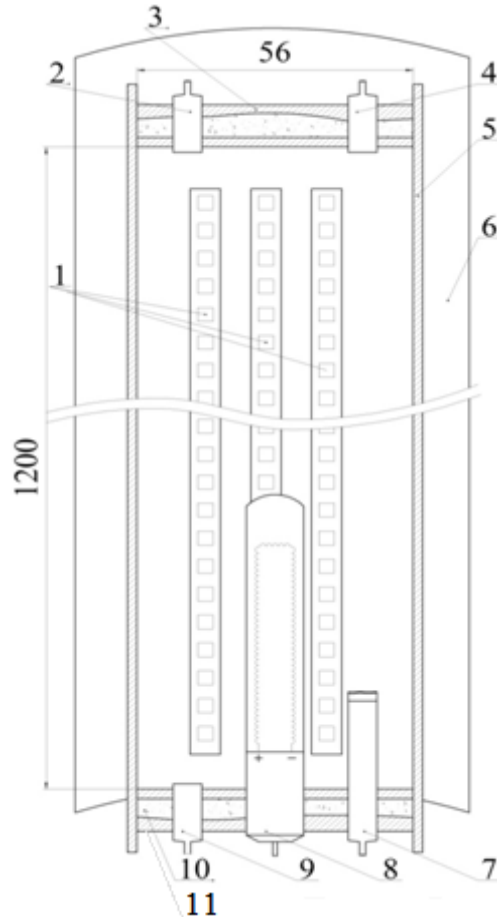


Рис. 3. Структурна схема фотобіореактора.

На структурній схемі фотобіореактора є (рис. 3): 1 – світлодіодна стрічка, 2 – отвір для відведення кисню, 3,10 – полікарбонатна кришка, 4 – отвір для введення харчового середовища, 5 – полікарбонатна труба товщиною 4,5 мм, 6 – параболічний рефлектор, 7 – отвір для подачі вуглекислоти, 8 – підігрівач із регулятором температури, 9 – отвір для зливу біомаси, 11 – шар силікону та епоксидної смоли.

На сьогодні, фотобіореактори розробляються для вирощування мікроводоростей з метою генерації біомаси, що потім використовується в якості харчових білків, біодизелю, сировини для косметики та медицини. Проте, потенціал застосування даної технології значно ширший, її використання разом із системами анаеробного бродіння та паливними елементами може дозволити побудову енергосистеми нового покоління (рис. 4).

Енергосистема на основі паливних елементів фото та анаеробних біотехнологій володіє замкнутим колом кругообігу вуглекислоти (в фотоанаеробному біореакторі). Передбачається використання побутових харчових відходів та відходів тваринництва і рослинництва для генерації біогазу, який очищується від домішок сірководню та вуглекислоти. Утворений газ використовується для генерації електричної та теплової енергії.

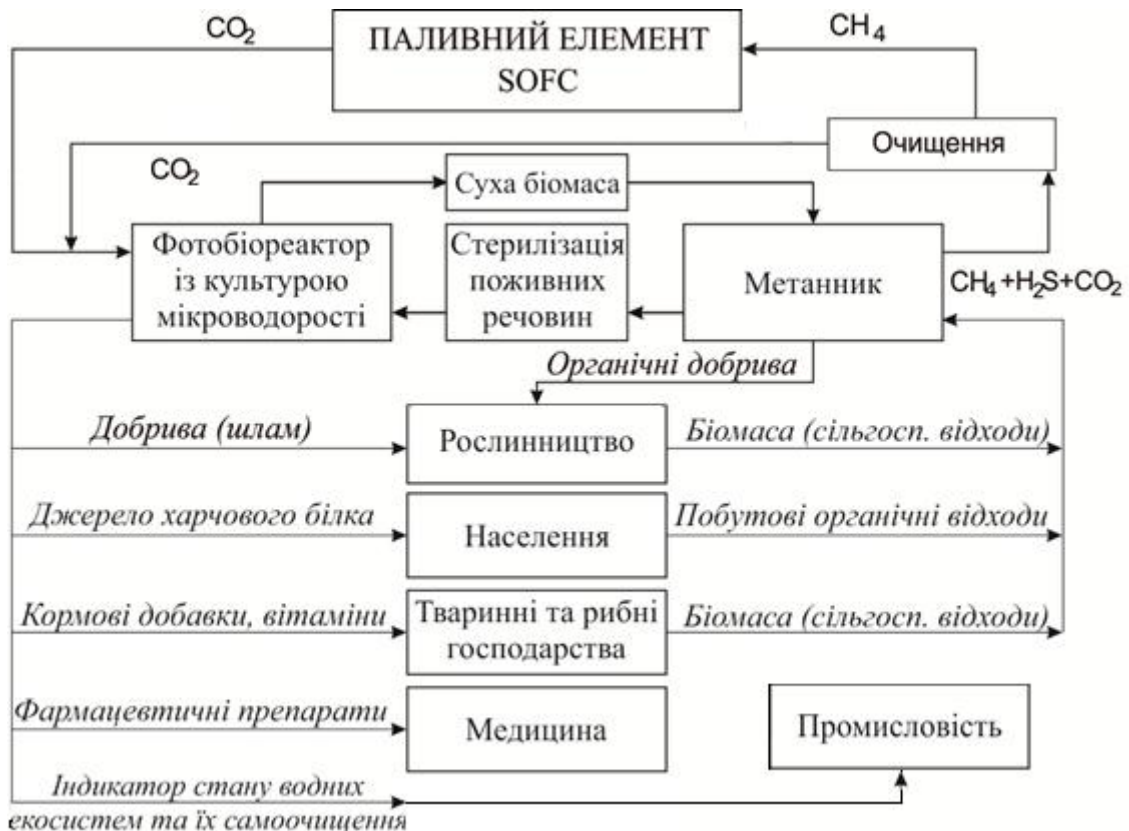


Рис. 4. Структурна схема енергосистеми на основі паливного елемента та фотобіореактора.

Діоксид вуглецю, отриманий під час спалювання та після анаеробної ферментації, повинен використовуватись для створення поживного середовища в фотобіореакторі. В результаті, отримана біомаса використовується для подальшого виробництва біогазу або є джерелом харчового білка та вітамінів. Дана енергосистема за рахунок використання анаеробної ферментації дозволяє продукувати біодобрива для збагачення ґрунтів поживними речовинами.

Висновки. Розроблено конструкцію фотобіореактора, що забезпечило можливість дослідження методів оцінки реакцій біологічної системи на зміни у харчовому середовищі, температурних та світлових режимах. Запропонована структурна схема енергозабезпечення на основі фотоанаеробного біореактора та твердооксидного паливного елемента, яка здатна забезпечити переробку органічних відходів та

генерувати теплову і електричну енергії без викидів вуглекислого газу в атмосферу.

Література

1. *Андреева В.М.* Почвенные и аерофильные зеленые водоросли (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales) / *В.М. Андреева.* –СПб.: Наука, 1998. – 351 с.
2. *Матвійків В.П.* Використання методів комп'ютерної обробки зображень в задачах гранулометрії зернової маси [Електронний ресурс] / *В.П. Матвійків.* – Режим доступу: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/nn/2002_2009/statti/vup25/25-1/48.pdf. – Назва з екрану.
3. Водоросли и биодизель [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://www.build-tec.eu/Biodiz/biodizel.htm>. – Название с экрана.
4. *Магомедов А.М.* Альтернативная энергетика. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Микроводоросли [Электронный ресурс] / *А.М. Магомедов.* – Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/alterEnergy/27.htm>. – Название с экрана.
5. *Сидоров Ю.И.* Фотобиореакторы / *Ю.И. Сидоров.* [Электронный ресурс] – Режим доступу: http://biotechnology.kiev.ua/storage/2010/5_2010/Sidorov%20%235_2010.pdf. – Назва з екрану.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОБИОРЕАКТОРА В АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СИСТЕМАХ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Пальчык А.О., Бурега Н.В.

Аннотация

Предложена структурная схема энергетической системы на основе фотоанаэробных биотехнологий и твердооксидных топливных элементов.

USE FOTOBIOREAKTOR IN ALTERNATIVE SYSTEM OF ENERGY

A.Palchyk, N. Burega

Summary

It is proposed a block diagram of system based on energy foto biotechnology and solid oxide fuel cell.