

УДК 620.952

Г.Г.Дідківська, канд.техн.наук (Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ)

До проблеми виробництва рідких моторних біопалив із мікроводоростей

В статті досліджені можливості створення альтернативного джерела сировини, необхідної для виробництва біологічних палив, здатних замінити собою дефіцитні мінеральні палива, зокрема, рідкі моторні палива для дизельних двигунів. Одним із таких джерел може слугувати біомаса мікроводоростей, що вирощуються у спеціальних установках – фотобіореакторах. Бібл. 3, рис. 5.

Ключові слова: біомаса, олія, мікроводорості, фотобіореактор.

ORCID 0000-0002-8314-9606

Вступ. Щодо виробництва в Україні енергії з альтернативних джерел, зокрема, з біологічної сировини, то в останні роки основна увага зосереджена на твердому біопаливі на основі соломи та тріски (брикети, пелети і пряме спалювання). Дана галузь характеризується наявністю необхідної сировини, достатньо потужним обладнанням та постійним удосконаленням технологій.

Рідкі енергоносії представлені двома видами: на основі біоетанолу і на основі рослинних олій (біобензин та біодизель).

Метою даної роботи є обґрунтування необхідності створення дослідно-експериментальної установки для виробництва мікроводоростей та отримання при їх переробці біопалива.

Відмітимо, що головною проблемою виробництва біодизелю є проблема наявності необхідної сировини, якою може виступати рослинна олія та в певній мірі жирові відходи м'ясної і харчової промисловості, які в цій галузі не відіграють суттєвої ролі. Використання даного типу сировини породжує наступні проблеми: по-перше, рослинна олія є важливим харчовим продуктом, а по-друге, для її отримання необхідні родючі орні землі для посіву соняшнику, ріпаку або сої, не кажучи вже про великі витрати коштів на техніку, агропромислові заходи та на робочу силу. Таке положення породжує дилему: або харчові продукти, або біопаливо.

Найбільш прийнятною альтернативою на сьогоднішній день виявилась рослинна олія, що виробляється з біомаси мікроводоростей (МВ).

Такий тип нетрадиційного відновлюваного енергетичного потенціалу в світі відомий, хоча широко ще не застосовується. Тим не менше, такими транснаціональними корпораціями, як Boing, Shell, Toyota та ін. на сьогодні проводяться наукові дослідження та вже досягнений значний позитивний результат.

Сучасний світовий досвід підтверджує, що з одного гектара водної поверхні можна отримати у багато разів більше олії з МВ, ніж із такої ж площі орної землі з наземних олійних рослин [1]. Дані показники обумовлені наступними характеристиками МВ: по-перше, вони містять у своїй біомасі ліпіди, а по-друге, темпи їх росту в декілька разів перевищують швидкість росту будь-якої рослини на Землі, що й обумовлює наведені вище кількісні показники. Слід зазначити, що рілля, добрива та посівний матеріал не потрібні при вирощуванні МВ. Для забезпечення росту в природному середовищі (водоймах) вони використовують тільки воду, сонячне світло і вуглекислоту з повітря.

В багатьох країнах Заходу ведуться дослідження як на пошуковому рівні, так і за програмами, що фінансуються у великих обсягах, у тому числі з державних бюджетів. Так, програма "Aquatic Species Program" (США) передбачає апробацію можливості отримання біодизелю з МВ у промислових масштабах. Проводились тривалі великомасштабні культивування мікроводоростей з набору 3000 штамів у відкритих ставках. Продуктивність біомаси складала у середньому від 30 до

60 г/м²/добу при вмісті 40% олії, або 73 т/га/рік. На основі даних проекту була проведена економічна оцінка. Вартість біодизелю може сягати від 39 до 127 дол. за барель або 26-86 центів за літр [2].

Зокрема був здійснений проект із цього напрямку на Гавайях. Об'єктом культивування було вибрано зелену МВ *Haematococcus pluvialis*. На першій стадії в закритому фотобіореакторі (ФБР) підтримувалися постійні оптимальні умови. На другій стадії клітини МВ піддавались обмеженню в поживних речовинах, а також надлишковому освітленню з перенесенням культури із ФБР до відкритого культиватора. Підсумкова продуктивність по біомасі при різних умовах складала від 38,1 (у середньому) до 91,8 т/га/рік (максимально). Вміст олії в умовах стресу досягав у середньому 25-30%, у результаті продуктивність МВ по олії складала біля 11,4 т/га/рік (у середньому за рік) та до 27,5 т/га/рік у коротко-

строкові періоди. При двосторонньому культивуванні МВ в експериментальних умовах оцінка собівартості біодизелю дала 56 дол. за барель (біля 40 центів/л) [2].

Для отримання високої продуктивності МВ у промислових умовах за масою і місткістю жирів необхідно створювати умови, що підвищують інтенсивність їх розмноження. Такі умови створюються у спеціальних установках, де біохімічні процеси розвитку МВ стимулюються відповідними фізичними і біохімічними заходами, які здійснюються у фотобіореакторах.

ФБР за своїм конструктивним рішенням різняться між собою, однак спільним для всіх типів залишається біологічний процес вирощування мікроводоростей. ФБР можуть бути у вигляді плоских горизонтальних басейнів (рис. 1), ставків (рис. 2) або у вигляді товстотрубних похилих конструкцій (рис. 3).



Рис. 1. Критий басейн.



Рис. 2. Відкритий басейн (ставок).



Рис. 3. Товстотрубний непроточний фотобіореактор.

Усі вищенаведені конструкції не можна в повній мірі віднести до промислових зразків через їх непристосованість до виробництва у промислових масштабах. Досконала ж конструкція – це промислове підприємство, яке передбачає замкнений цикл із вирощування та переробки біомаси МВ. На вході циклу є вода, вуглекислота, освітлення і тепло. На виході – готова рослинна олія, а по максимуму – рідке моторне паливо. Дана установка вже є підприємством, створення якої передбачає значні капітальні вкладення.

Для росту МВ необхідні три основні компоненти: тепло, світло і вуглекислий газ. Слід зазначити, що на теплоелектростанціях у надлишку є скидна теплота, у нічний час – надлишки електроенергії на нічний режим освітлення, а вуглекислота знаходиться в димових газах. При кваліфікованому підході на кожній теплоелектростанції можна отримувати певні кількості рідкого палива і твердих відходів, що спалюються в котлах разом із мазутом, вугіллям, газом. Незважаючи на необхідність достатньо вагомих первинних капіталовкладень, створення ФБР виправдовується можливістю забезпечення контрольованих умов вирощування з високим, майже рівним теоретичному, виходом готової продукції та відсутністю прямої залежності ФБР від клімату, пори року і метеорологічних умов регіону.

В ІВЕ НАН України розроблено узагальнені конструктивно-технологічні параметри установок для вирощування і переробки МВ для умов ТЕС (рис. 4), а також практичні рекомендації щодо впровадження цього досвіду в галузь ПЕК України. Створена структурна схема технологічних процесів вирощування і безвідходної переробки МВ, схема сигнальних, командних і продуктивних комунікацій. На рис. 5 показано фрагмент основних елементів біотехнологічної структури – фотобіореакторів.

Основними перевагами здійснення технологічного процесу в закритих культиваторах типу ФБР є:

- можливість застосування автоматизованих систем управління технологічними процесами;
- максимальна ефективність використання освітлення і, як наслідок, значно більш висока цілодобова продуктивність;
- економія простору, модульне і вертикальне розташування ФБР;
- можливість створення конфігурацій будь-якого розміру;
- зменшення потреби в робочій силі та ліквідація проблем із завантаженням-розвантаженням.

Вирощування МВ саме в ФБР дозволяє отримувати екологічно чистий продукт і виробляти на його основі не тільки паливну олію, а й цілу низку побічних корисних продуктів, таких як білкові кормові та харчові добавки, тверде паливо (пелети, брикети тощо), медичні та косметичні препарати, амінокислоти, а також повноцінні корми для риби, птахів і тварин.

Конструкція промислового ФБР, розробленого в ІВЕ НАН України, являє собою промислового будівлю шириною 36 м, висотою 12 м і довжиною, пропорційною розміру ширини, з пірамідальним розташуванням елементів фотобіореактора у вигляді ємностей об'ємом 0,5-1 м³ кожна. Весь простір під такою поверхнею зайнятий технологічним обладнанням і переробним устаткуванням.

Будівництво такого підприємства (рис. 4, 5) без попереднього відпрацювання усіх можливих біотехнологічних, конструктивних, енергетичних і навіть будівельних особливостей є нераціональним і несе значні фінансові ризики [3].

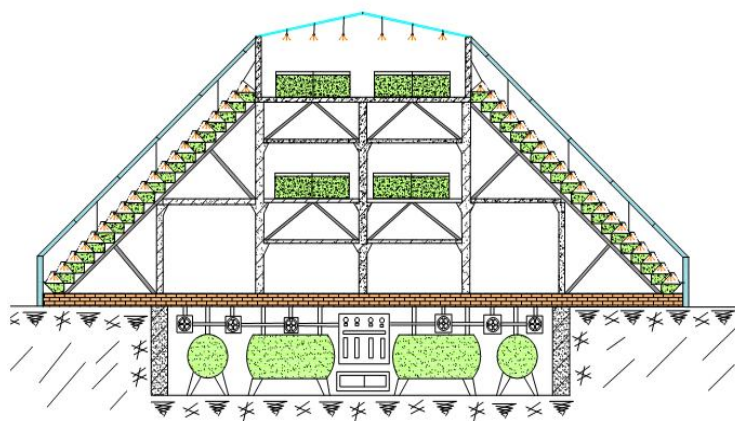


Рис. 4. Схема будови промислового ФБР.

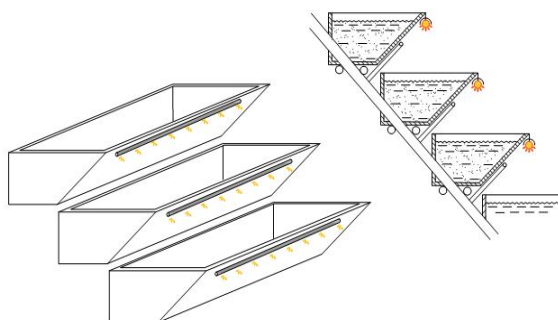


Рис. 5. Взаємне розташування головних елементів ФБР – біореакторних ємностей.

Доцільним є створення дослідного стенда, що являє собою одиничний, але повномасштабний за біотехнологічними функціями, елемент "ємність" промислового ФБР, оснащений усією мережею необхідних комунікацій (вода, освітлення, теплота, вуглекислота, повітря, циркуляційні насоси, грубі і тонкі фільтри, сантехнічна арматура тощо) та органів контролю і управління. Практично стенд являтиме собою спеціалізовану біохімічну лабораторію. Він дозволить максимально об'єктивно, у реальному часі, з метрологічним контролем визначити усі витратні показники та матеріальні надходження, а також дослідити біологічні чинники з вибору штамів і середовищ культивування, що інтенсифікують утворення біомаси.

Цей стенд буде реально діючою ФБР установкою, габарити якої (зокрема, розміри біореакторного стенда $3 \times 1 \times 0,6$ м) та інші характеристики уможливають розміщення у звичайному лабораторному приміщенні та не несуть жодних екологічних загроз. При функціонуванні ФБР у навколишнє середовище виділяється тільки кисень

(як продукт перетворення мікробами вуглекислоти CO_2).

Результати, отримані при експлуатації стенда, дозволять однозначно визначити вихідні дані, необхідні для розрахунків біотехнологічних, конструктивних і техніко-економічних параметрів повнорозмірного ФБР площею дзеркальної поверхні біосуспензії 1 га (10 тис. m^2) як кінцевого результату перед інвестуванням капітальних вкладень у будівництво реального промислового або дослідно-промислового ФБР.

Висновки. Виконані в ІВЕ НАН України початкові дослідження підтверджують нагальну потребу створити дослідно-промислову установку (фотобіореактор) для здійснення замкнутого циклу виробництва біодизелю з МВ, яка відрізняється від відомих ФБР удосконаленими конструктивними показниками. Така технологія і конструкція – це практично завод, що виробляє біодизель із води, вуглекислоти та низькопотенційної скидної теплоти з будь-яких димових газів.

При підтвердженні на практиці прогнозованих результатів передбачається ініціювати пошук інвесторів для промислової реалізації такого проекту.

1. Пащикова Т.В., Третьяков О.В., Пацко О.В. Застосування мікроелементів для оптимізації мінерального живлення за промислового культивування мікроскопічних водоростей/физиология и биохимия культ. растений, 2010, Т. 42, № 5, С. 403–413.

2. Чернова Н.И., Киселева С.В., Попель О.С. Энергосбережение, новые и возобновляемые источники энергии/Теплоэнергетика, 2014, №6, С. 14–21.

3. Звіт про науково-дослідну роботу "Розробка науково-технічних засад ефективного перетворення біомаси на основі оптимізації режимів функціонування біоенергетичних установок ("Органіка-2")", номер державної реєстрації 0113U000929, Київ, 2013 р.

REFERENCES

1. Pashkova T.V., Tretjakov O.V., Patsko O.V. The use of trace elements for optimization of mineral nutrition for the industrial cultivation of microscopic algae / physiology and biochemistry of cultivated plants, 2010, V. 42, N 5, P. 403–413.

2. Chernova N.I., Kiseleva S.V., Popel O.S. Energy efficiency and new and renewable sources of energy / Heat power, 2014, N 6, P. 14–21.

3. The report on the research work "Development of scientific and technical foundations for efficient conversion of biomass osno gar optimization operation of bioenergy plants ("Organic-2")," state registration 0113U000929, Kyiv, 2013.

А.Г. Дидковская, канд.техн.наук (Институт возобновляемой энергетики НАН Украины, Киев)

К проблеме производства жидких моторных биотоплив из микроводорослей

В статье исследованы возможности создания альтернативного источника сырья, необходимого для производства биологических топлив, способных заменить собой дефицитные минеральные топлива, в частности, жидкие моторные топлива для дизельных двигателей. Одним из таких источников может служить биомасса микроводорослей, которые выращиваются в специальных установках – фотобиореакторах. Библ. 3, рис. 5.

Ключевые слова: биомасса, масло, микроводоросли (МВ), фотобиореактор (ФБР).

Didkivska H. Institute for renewable energy at NAS of Ukraine, Kyiv)

To the problem of raw materials for the production of liquid biofuels

The article explored one possible creation of alternative sources of raw materials required for the production of biofuels, able to bear a scarce mineral fuels, including liquid motor fuels for diesel engines. This can serve as a source of biomass of microalgae grown in special units – fotobioreaktorah, the creation of which the author works. References 3, figures 5.

Keywords: biomass, oil, microalgae, fotobioreaktor

SYNOPSIS

Particular attention in recent years focused on the production of solid biofuels from straw and wood chips (briquettes, pellets and direct burning). The industry is characterized by the presence of the necessary raw materials, equipment and enough powerful improvement of technology.

The situation with liquid energy, which in Ukraine is two types – biopetrol and biodiesel significantly worse due to some problems. The basis of this article is to point out these problems, particularly in the production of biodiesel and identify possible alternatives to overcome them.

In the production of biodiesel main problems are the high cost of raw materials, that can be only vegetable oil that is a food export grade, and second, it is necessary to use arable land planted with sunflower, rapeseed or soy. This situation creates a dilemma: food or biofuels. MA include in its biomass lipids that are similar in chemical composition to vegetable oils, and second, the pace of growth is several times higher than the rate of growth of any plant on earth. It should be noted that arable land, fertilizers and seeds are not used in the cultivation MA. To ensure and support growth in the natural environment they use only water, sunlight and carbon dioxide from the air.

In IRE NAS of Ukraine initiated investigation to establish research and industrial design FBR. It is assumed that in order to prevent undue costs to create a possible inadequacy calculations when transferring biotechnology parameters based desktop laboratory experiments to industrial volumes, you must create a laboratory stand, which is a single, but a full-scale, the biotech functions of the enterprise element ("trough") industrial fotobioreactor equipped with all necessary communications network (water, light, heat, carbon dioxide, air circulators, coarse and fine filters, sanitary fittings, etc.) and of monitoring and control.

Стаття надійшла до редакції 13.07.16

Остаточна версія 26.09.16