



УДК 577.23:620.95

## МІКРОВОДОРСТІ – АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПОНОВЛЮВАНЕ ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ І ЛЮДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я\*



**І. М. Федоткін**, докт. техн. наук,  
**В. О. Тарасов**, докт. техн. наук

**Вступ.** Нині у світі невинно нарощується обсяг досліджень у галузі МКВ як альтернативного поновлюваного джерела енергії та речовин, які забезпечують високу якість життя і довголіття людини. Створюються десятки концернів, виділяються мільйонні асигнування для досліджень у галузі вирощування і переробки мікроводоростей (МКВ).

Багато спеціалістів (у тому числі і в Україні) розглядають можливість вирощування великої кількості

олійних культур для вирішення проблеми харчової кризи. Цей підхід має два недоліки: по-перше, вирощування великої кількості олійних культур витискатиме харчові культури, по-друге, традиційні олійні культури далеко не найпродуктивніші джерела рослинної олії. Виявилось, що олійною культурою, здатною давати найбільш високий потенційний вихід енергії, є мікроводорості (табл. 1).

В останній час розроблено біофотореактори, в яких

Таблиця 1

Виробництво олії (масла) з різних олійних культур з 1 га

Культура	Олія		Культура	Олія	
	кг	л		кг	л
Кукурудза	145	172	Рижій	490	583
Кеш'ю	148	176	Кунжут	585	696
Овес	183	217	Рис	696	828
Люпин	195	232	Соняшник	800	952
Календула	256	305	Какао	863	1026
Бавовна	273	325	Арахіс	890	1059
Конопля	305	363	Мак	978	1163
Соя	375	446	Рапс	1000	1190
Кава	386	459	Олива	1019	1212
Льон	402	478	Кастор	1188	1413
Лісовий горіх	405	482	Кокос	2260	2689
Насіння гарбуза	449	534	Пальмова олія	5000	5950
Коріандр	450	536	Водорості		95000
Насіння гірчиці	481	572			

\*Продовження статті буде опубліковано в наступному номері журналу «НТІ».

у результаті споживання водоростями вуглекислого і димових газів, а також стічних вод комунальних, сільськогосподарських і промислових підприємств, за допомогою біофотосинтезу нарощується біомаса вдвічі за 3-6 годин. Такі біофотореактори застосовуються для виробництва біодизельного палива й інших цінних біопродуктів з олії (масла), яка виробляється з МКВ на основі запатентованих технологій. Ці технології не потребують великих капіталовкладень і адаптовані до очищення атмосфери від вуглекислого газу та до знежирення і очищення стічних вод, крім того вони можуть давати надзвичайно високий вихід біодизельного палива. Водорості можуть знаходитися всередині розробленої системи біофотореакторів безперервної дії всього 3,5 години, після чого вони надходять на переробку.

Преваги МКВ над іншими олійними культурами надзвичайно великі:

- мікрководорості ростуть протягом усього року з надзвичайно коротким життєвим циклом – подвоюють свою біомасу за 3–5 год;

- для МКВ потрібна легкодоступна сировина: сонячне світло (або штучне освітлення), вода, вуглекислий газ, який дає 94% біомаси, а 6% – живильні речовини P і N – мікродози фосфорних і азотних добрив, побіжно мікрофлора і речовини стічних вод;

- МКВ ростуть у 100 разів швидше за дерева;
- з мікрководоростей можна отримувати багато природних продуктів, зокрема: пігменти, білки, ензими (ферменти), амінокислоти, у тому числі всі незамінні, цукри, жири, мікроелементи, вітаміни, антибіотики і ліки;

- МКВ здійснюють біофотосинтез на основі поглинання вуглекислого газу і знезараження стічних вод. Їхнє вирощування супроводжується очищенням атмосфери від вуглекислого газу і великим викидом в атмосферу кисню, а також знезараженням і очищенням стічних вод;

- біомаса і кінцеве біопаливо, що виробляються фотосинтезуючими водоростями, мають молекулярну структуру аналогічну нафті і нафтопродуктам;

- отримана з фотосинтезуючих водоростей біоолія може використовуватися для виробництва всього асортименту палива: біодизельного, бензину, керосину, мазуту і ракетного.

**Речовини, які можна отримувати з фотосинтезуючих мікрководоростей методом (технологія розроблена нами) вибіркової кристалогідратної екстракції**

До фотосинтезуючих водоростей належать: синьо-зелені водорості – хлорела, спіруліна, хлорококові, ціанобактерії та різноманітні їхні штами. Це одноклітинні мікроскопічні рослини з хроматофорами зеленого кольору і діаметром клітин від 1,5 до 15 мікрон.

Кліткові стінки хлорококових водоростей мають

такий хімічний склад, %: нейтральні цукри – 24–74; уранілові кислоти – 1–24; білки – 2–16; глюкозамін – 0–15. Нейтральні цукри – рамноза, галактоза, манноза, глюкоза. В оболонці цієї групи водоростей є локалізовані в зовнішньому шарі ліпідні включення, які являють собою гідрокарбонати.

У білках хлорели містяться всі незамінні амінокислоти. В 100 г загального азоту хлорели, за даними Рахімова і Якубова (1971 р.), міститься, г: аспарагінової амінокислоти – 6,4; гліцину – 6,2; альніна – 7,7; глютамінової амінокислоти – 7,8; серину – 3,3; триозину – 2,8; проліну – 5,8; цистину – 0,2; валіну – 5,5; аргініну – 15,8; гістідіну – 3,3; ізолейцину – 3,5; лейцину – 6,1; лізину – 10,2; метіоніну – 1,4; триптофану – 2,1.

За вмістом вітамінів хлорела переважає всі рослинні корми і культури сільськогосподарського виробництва.

В 1 г маси сухої речовини хлорели міститься каротину 1600 мкг; вітаміну А – 100; В<sub>1</sub> – 18; В<sub>2</sub> – 28; В<sub>6</sub> – 9; В<sub>12</sub> – 0,1; С – 1300; провітаміну D – 1000; К – 6; РР – 180; Е – до 350; пантотенової кислоти – 17; фолієвої кислоти – до 485; біотину – 0,1; лейковорину – 22 мкг.

Крім того, хлорела містить велику кількість життєво необхідних мікроелементів.

У хлорелі, крім амінокислот, вітамінів, мікроелементів, містяться: антибіотик хлорелін; арахідонова кислота, що належить до умовно незамінних органічних кислот організму, зниження рівня яких пригнічує репродуктивну функцію, викликає дерматити і хвороби, пов'язані з порушенням обміну речовин. Арахідонова кислота є найбільш ефективною за впливом і дією на організм, знижує склеротичні явища, стимулює розвиток і нормалізацію репродуктивних органів, а також фактор або хлон А, речовина, яка індукує в організмі вироблення інтерферону і пригнічує віруси грипу.

У хлорелі містяться регулятори росту і розвитку рослин – ауксини і гіберрелиноподібні речовини, застосування яких у рослинництві дає великий ефект.

Хлорела в процесі росту виділяє в середовище дуже корисні метаболіти, в клітинній масі – до 350, в середовищі – 310.

#### **Актуальність проблеми МКВ**

Мікрководорості визнані вченими всього світу як нове ефективне альтернативне поновлюване джерело енергії (енергоносій).

А в цей час ціни на нафту і газ у світі невпинно зростають, запаси традиційних енергоносій на Землі постійно скорочуються, що загрожує енергетичною кризою, викиди в атмосферу забруднюють повітря, промислові побутові і сільськогосподарські стічні води позбавляють людей питної води.

Застосування МКВ вирішує ці проблеми, оскільки вони очищують повітря від CO<sub>2</sub>, очищують і знеза-

ражують стічні води, забезпечують людство поновлюваними енергоносіями.

В Україні, де ці проблеми стоять ще більш гостро, висувалися пропозиції щодо їхнього вирішення, а саме: на 189 спиртових заводах України налагодити виробництво технічного спирту-сирцю з відходів сільгосппродукції (підгнилих овочів і фруктів, відходів кукурудзи, жмиху, буряків, целюлозних, бавовняних відходів) з метою переведення автотранспорту на спиртове паливо.

В Україні за нашими розробками було створено біогенератори, у тому числі і дешевого напільного кагатного типу, для переробки гною і курячого посліду на високоякісні добрива, горючий газ метан і рафіновану сірку.

На побудованому за нашою участю біогенераторі на Київській птахофабриці і досі переробляється курячий послід, завдяки чому ліквідуються джерела зарази, створюється екологічно чисте біоактивне добриво.

Крім того, надавалися пропозиції різних установ НН і ентузіастів щодо будівництва біогенераторів, базальтових фільтрів для переробки гною, курячого посліду, фекальних вод комунальних господарств, стічних вод підприємств харчової промисловості, м'ясокомбінатів, масло-маргаринових заводів, спиртових, цукрових заводів на високоякісні органічні добрива і суміш горючих газів (метан, бутан, пропан) для палива з метою поліпшення екології.

Зараз в Україні взято курс на вироблення біопалива з рослинної сировини, яку передбачається вирощувати спеціально з цією метою.

Серед біо-об'єктів – рослин-носіїв жирних кислот і масел (олії), придатних для переробки на біодизельне паливо, пропонувалося використовувати рапс, сою, кукурудзу, амарант, соняшник, роголісник, рдест, нитчатку тощо.

При цьому абсолютна перевага надається (дивись табл. 1) виробництву рослинної олії з одноклітинних мікроводоростей типу спіруліна, хлорела морська, прісноводна, ціанобактерії тощо. Вироблена з МКВ олія переробляється на біопаливо, розганяється на ректифікаційних колонах на бензин, керосин, біодизельне паливо, ракетне паливо для реактивних двигунів. При цьому отримують ще кубовий залишок – мазут (тяжка фракція).

Завдяки тому, що водяні рослини не потребують міцного стебла і кореневої системи і можуть вбирати живильні речовини всією своєю поверхнею, вони вирізняються інтенсивним ефективним фотосинтезом. Використовуючи світло і світлові промені різних видів, структуровану морську воду і розчинений  $\text{CO}_2$  (крім газоподібного  $\text{CO}_2$ ), водорості можуть набагато швидше нарощувати біомасу, ніж будь-які сухопутні рослини.

Наведемо аргументи провідних енергокомпаній

світу на користь МКВ.

Компанія Valeent products використовує різновид одноклітинних МКВ, який є найбільш швидкорослою рослиною на планеті і вирізняється високим масовим вмістом олії – до 50%.

Компанія наводить такі дані: «На одному акрі ( $4047 \text{ м}^2$ ) землі можна виростити кукурудзу, якої вистачить для виробництва 18 галонів пального у рік. Акр пальмової плантації за рік дасть пальмове масло для виробництва 700–800 галонів біопалива, а ферма на основі біореакторів для вирощування водоростей виробляє ліпідну сировину, з якої може бути отримано до 20 тис. галонів палива».

Слід наголосити ще на одній перевазі вирощування водоростей в біореакторах із застосуванням штучного освітлення, яке триває 22 години на добу: цілий рік відбувається інтенсивний фотосинтез, біомаса водоростей подвоюється щодоби. Ніякі наземні рослини не мають таких можливостей.

Крім того, властивості жирів можна змінювати, змінюючи склад культурального середовища залежно від того, який вид палива планується виробляти.

Спеціалісти Боїнга вважають, що оптимальною сировиною для виробництва біопалива стануть морські водорості, з яких отримують у 150–300 разів більше масла, ніж із сої. За їхніми прогнозами, біопаливо з водоростей – це майбутнє авіації, а вже нині здійснено пробні польоти літаків на біодизельному паливі.

Американські вчені Вірджинського університету в пошуках найбільш вигідного джерела біопалива розробили стратегію, яка дає змогу одночасно вирішувати дві глобальні екологічні проблеми: виробляти альтернативне «чисте паливо» і очищати атмосферу від вуглекислого газу.

Основою для здійснення подібного проекту стане використання звичайних морських водоростей, які є одним із найбільш енергоємних видів рослин. З них можна одержати значно більше палива, ніж із сої або рапсу. Так, із сої, вирощеної на одному акрі ( $4047 \text{ м}^2$ ), виробляється 189 л палива на рік; із рапсу – 568; із морських водоростей – 37 тис. л біопалива на рік.

Дуглас Р.Хенстон, генеральний директор американської компанії Solix, яка виробляє біопаливо, підрахував, що для заміни всього солярного масла, що використовується у США на біопаливо з водоростей, потрібно буде зайняти зеленою сировиною лише 0,5% сільськогосподарського земельного фонду штатів.

Крім того, від усіх інших видів рослинної сировини водорості відрізняються тим, що живляться не спеціальними дорогими добривами, а  $\text{CO}_2$ . При цьому збільшують свою вагу при інтенсивному фотосинтезі в 15 разів швидше. Якщо ж вирощувати водорості на забрудненій, фекальній, стічній воді від харчових підприємств, масложирових комбінатів, м'ясокомбінатів, буряко-цукрових, спиртових заводів, маргаринових

підприємств, комунальних господарств тощо, то досягається подвійний ефект – очистка води від забруднень, знешкодження бактерій.

Автори мають власний досвід вирощування хлорели для очищення гнилісної і зараженої транспортерномийної води на цукровому заводі за радянських часів. Результат – повне знезараження, знешкодження, очищення, знищення всієї бактеріальної мікрофлори, пригнічення гноїння, повна очистка води.

Отже, до переваг використання водоростей слід віднести такі:

- обсяг росту біомаси водоростей перевищує обсяг росту наземних сухопутних маслоємних культур у 15–80 разів;

- для вирощування водоростей не потрібно дорогих добрив;

- ріст водоростей супроводжується інтенсивним поглинанням  $\text{CO}_2$  із атмосфери, викидів із котельень ТЕЦ, металургійних заводів, транспорту, що сприяє оздоровленню екології планети. Одночасно водорості інтенсивно поповнюють атмосферу киснем;

- вирощування водоростей прекрасно поєднується з очисткою забруднених стічних вод підприємств харчової промисловості, комунального господарства, металургійної промисловості, нафтопереробних заводів тощо;

- за допомогою водоростей можна здійснювати знезараження стічних вод;

- біопаливо, що виробляється з водоростей, можна диференціювати за призначенням, змінюючи культуральне середовище;

- найбільш інтенсивний ріст водоростей можна здійснювати в спеціальних біофотореакторах, в яких для створення оптимальних умов вирощування використовуються найновіші досягнення науки.

Спираючись на цей останній висновок, проведемо порівняння найбільш ефективних проектів, технологій, апаратури і схем, розроблених у США і пропонованих авторами в Україні. Наш український проект передбачає застосування спеціальних науково доведених і обґрунтованих методів стимулювання

темтів росту водоростей, використання трьох джерел поставки  $\text{CO}_2$  водоростям: сорбція газового  $\text{CO}_2$  водою; сорбція з утворення гідрокарбонатів і клітковинні бактерії; насичені  $\text{CO}_2$  димові гази поглинаються всі, включаючи  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , які з водою утворюють азотну і сірчану кислоти, що знищують водорості. Запобігання цьому – застосування дефекосатурації з утворенням гідрокарбонатів, які, вступаючи в обмінну реакцію з сірчаною і азотною кислотою, дають  $\text{CaSO}_4$  і  $\text{CaNO}_4$ , який використовується як азотне і сірчане живлення водоростей. Проте в американському проекті димові гази розділяються на мембранах і оксиди азоту і сірки викидаються в атмосферу. Крім того, в нашому проекті водорості не знищують, добуваючи з них жирні кислоти, а лишають цілими і непошкодженими, повертаючи їх у цикл нарощування біомаси, а жирні кислоти з них вилучають за допомогою вибіркової кристалогідратної екстракції.

### Порівняння американського і українського проектів вирощування МКВ

Американська компанія пропонує унікальну технологію виробництва біопалива з водоростей 5-го покоління. Нова технологія надає можливість шляхом біокаталітичного крекінгу отримувати синтетичні нафтопродукти дуже високої якості з біомаси водоростей.

Сутність технології полягає в отриманні максимальної енергії з органічних продуктів, при синтезі яких у живій клітині була затрачена на порядок менша енергія. На відміну від інших схем отримання біопалива дана технологія дає змогу перетворювати всю біомасу у високоякісне паливо.

У результаті швидкого біокаталітичного крекінгу біомаси водоростей без доступу кисню утворюються тверді, рідкі і газоподібні горючі продукти (табл. 2).

Паливо, яке отримують у результаті перегонки біомаси, можна використовувати в будь-яких двигунах внутрішнього згоряння.

Вуглеводні рідкої фази являють собою набір вуглеводнів, які містяться в бензиновій, керосиновій, дизельній фракціях нафти (табл. 3).

Таблиця 2

Вихід палива при біокаталітичному крекінгу (масова частка), %

Рідка фаза	Газоподібна фаза	Кокс
70–75	20–27	3–5

Таблиця 3

Вуглеводні рідкої фази (масова частка від рідкої фази), %

Фракція		
Бензинова	Керосинова	Дизельна
7–10	10–15	75–83



За своїми властивостями вуглеводні рідкої фази повністю відповідають вуглеводням аналогічних фракцій нафти і навіть переважають їх, маючи більш високі октанові і цетанові числа, більш низькі температури застигання.

Компанія дає короткий опис технологічної схеми установки біокаталітичного крекінгу (БКК) біомаси водоростей, які вирощувалися в емнісних біофотореакторах (рис. 1).

Після автоматичної вивантажки біомаса проходить лінію сепарації (гідроциклон спеціальної конструкції) і надходить на виробництво біопалива.

Вихідна сировина (біомаса) у змішувачі змішується зі свіжим газом-носієм і подається циркуляційним компресором у реактор. Схема передбачає наявність циркуляції (рециркуляції – авт.) по тракту змішувач – реактор – змішувач. Частина біомаси, що прореагувала (синтетичне паливо), виводиться з реактора в розподільвальну колону, де за рахунок залишкового тепловмісту (ентальпії) синтетичне паливо розділяється на фракції. Усі вуглецеві гази допалюються на газогенераторі.

Під час здійснення процесу виробляється достатня кількість електроенергії для освітлення, компресії і  $CO_2$ , які необхідні водоростям для росту. Таким чином, установка в промисловому режимі являє собою замкнений цикл, а технологія – повністю безвідходне виробництво палива з поновлюваного джерела (водоростевої маси).

Виробництво синтетичного палива в замкненому

циклі є однією з найбільш перспективних на цей час технологій альтернативної енергетики. Компанія США випускає кілька видів таких установок, зокрема:

	Ціна, тис. євро (без НДС)
Установка для отримання біомаси БіоМ-500, установка біокаталітичного крекінгу БКК 50	220
БіоМ-500 БКК-500 10-12	388
БіоМ-1 БКК-1 20-24	820
БіоМ-1 БКК-150.1	630
БіоМ-1 БКК-1100.3	200

Далі ми даємо більш повний і докладний опис роботи блоків технологічної системи БКК з детальним розкриттям усіх процесів і функціонального призначення обладнання в блоках.

Застосування установки біокаталітичного крекінгу надає можливість із біомаси водоростей в суміші з мазутом, а також з домішкою для звичайного крекінгу водню і оксиду вуглецю ( $H+CO$ ) виробляти дизельне паливо, бензин, керосин і горючі гази ( $C_nH_m$ ). Саме цим замикається технологічний цикл, і на цій основі створюється безвідходна технологія (рис. 2).

Крім того, БКК виробляє вуглекислий газ для живлення водоростей і електроенергію на включеній в її цикл енергетичній установці.

**Додаткова лінія переробки органіки на метан-**

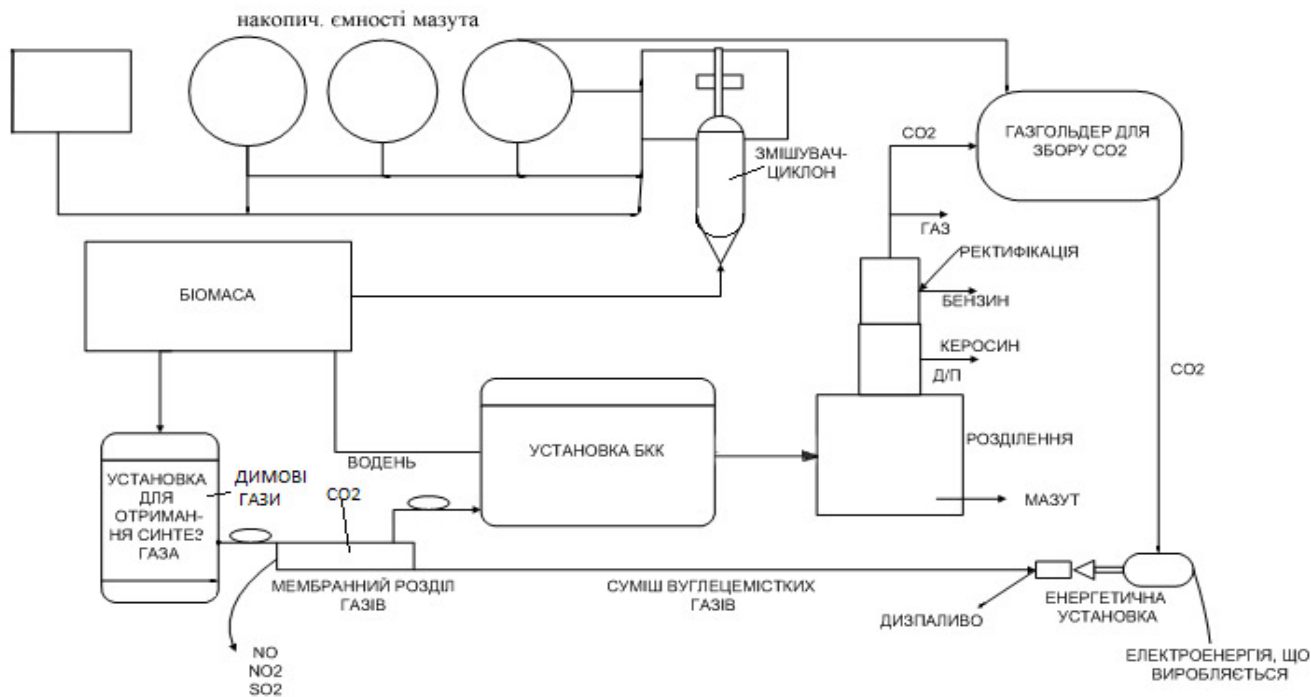


Рис. 1. Функціональна блок-схема установки біокаталітичного крекінгу суміші біомаси з мазутом



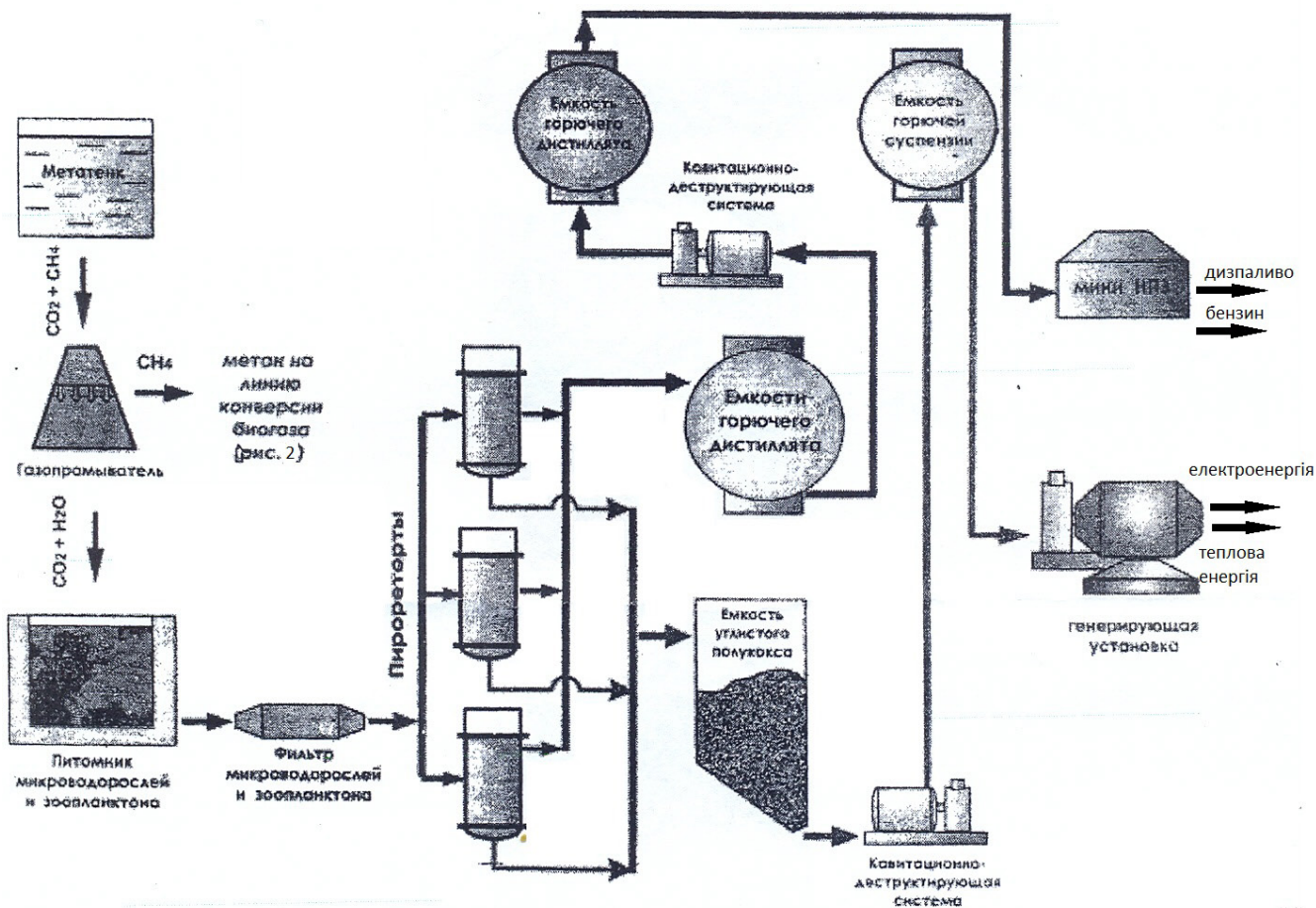


Рис. 3. Функціональна схема додаткової лінії переробки органіки на метантенках і біореакторах з утилізацією вуглекислого газу

біркової кристалогідратної екстракції і вилучення з них жирних кислот за збереження їхньої цілісності. А вже з жирних кислот отримують біодизельне паливо;

- у БКК не використовується  $CO_2$  з атмосфери або з димових газів, а виробляється в самій установці. При цьому повністю використовуються димові гази, без розділення їх і повернення оксидів азоту й сірки в атмосферу;

- виділення шкідливих окислів азоту  $NO$ ,  $NO_2$  і сірки  $SO_2$ , які утворюють з водою сірчану  $H_2SO_4$  і азотну  $H_2NO_4$  кислоти, знищуючи водорості, не проводиться за допомогою малоєфективного процесу мембранного розділення на стадії розділення газів, і ці шкідливі окисли не повертаються в атмосферу. І взагалі таке розділення не вводиться, а утворені кислоти в реакціях обміну з гідрокарбонатами перетворюються на азотне і сірчане живлення для водоростей за допомогою технології буряко-цукрового виробництва з використанням вапнякового методу очищення і процесів дефекації і сатурації.

Принцип роботи установки БКК такий:

живлення для БКК – біомаса і вуглекислий газ після мембранного розділення димових газів і виділення з них газоподібного  $CO_2$  (дивись рис. 1 – функціональна схема включення БКК). Мембранне

розділення важко здійснити через дуже малу різницю атомарних мас молекул. Так,  $CO_2 - A = 12 + 2 \cdot 16 = 44$ , а  $NO_2 - A = 17 + 2 \cdot 16 = 49$ ,  $49 - 44 = 5$ . У блоці приготування суспензії, в мішалці якірного типу (на схемі – не кавітаційної) біомаса змішується з мазутом, який надходить у мішалку з розділювального блоку, а саме – з ректифікаційної колони, на якій провадиться розділення біодизельного палива на фракції: газова, бензин, керосин, дизельна, мазут.

Суспензія з мішалки в блоці її приготування через кавітатор для кавітаційного подрібнення водоростей з рециркуляцією надходить на дозуючий насос і спрямовується в реактор біокаталітичного крекінгу, куди для крекінгу подається водень  $H_2$  і оксид вуглецю  $CO$ . Суміш газів  $H_2$  і  $CO$  для крекінгу отримується на мембранних установках у блоці газорозділення, де виділяються гази  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$  і  $C_nH_m$ , які подаються в енергетичну установку.

Ректифікація в блоці розділення біодизельного палива здійснюється під вакуумом, для його створення використовується вакуумний насос. Біокаталітичний крекінг здійснюється за стандартною схемою: біомаса+мазут+ $CO+H_2$  при анаеробних умовах без доступу повітря в потрібному температурному режимі. Він описаний в методах очищення газів. Отримане в



блочи БКК біопаливо надходить на ректифікаційну колону в блок розділення біопалива.

Газ-паливо, бензин, керосин, дизельна фракція збираються в накопичувальних місткостях, а тяжкий кубовий залишок ректифікації – мазут – спрямовується в блок приготування суспензії.

### Методи стимулювання росту одноклітинних водоростей, запропоновані в нашому проекті

1. Підготовка повноцінного субстрату живильного середовища, який містить всі мікроелементи і живильні речовини. Для цього в комплекс включається установка для експрес-методу вирощування дріжджів [1–3, 45с.; 2], кавітаційні диспергатори [3; 4; 5; 11; 12; 13], дефекатор і сатуратор [1-1, 54с.; 5; 6; 7], розчинно-струминний абсорбер [1–4, 16с.; 5; 6; 7], дозатор гідроксиду кальцію [1; 7], кавітаційний активатор [1–1, 15с.; 5; 14] вапняного розчину.

Незважаючи на те, що біомаса водоростей зростає від засвоєння  $\text{CO}_2$  на 94%, а від живильних речовин – лише на 6%, наявність усіх потрібних мікроелементів, десяти обов'язкових речовин, гідрокарбонатів, азотного і фосфорного живлення, марганцю (0,2 мг/л) надзвичайно стимулює темп росту.

2. Пришвидщення засвоєння живильних речовин водоростями з субстрату шляхом:

- інтенсифікації конвективної дифузії в разі пришвидщення відносного руху субстрату відносно водоростей [1; 3]; рециркуляції суспензії, вібрації суспензії [6], барботажу [1; 2; 3], електро- і магнітодифузії [2];

- кавітаційної сорбції  $\text{CO}_2$  при сатурації з утворенням гідрокарбонатів при розпиленні, барботажу, рециркуляції в сатураторах (97%  $\text{CO}_2$ ) [1; 2; 3; 5; 11; 12], екстракторах [6];

- використання активованої, структурованої, електризованої води [2; 3; 6], з записом інформаційно-хвильових характеристик водоростей [9];

- водопідготовки, активації води [2; 3; 8] – один з найбільш ефективних для найближчого застосування спосіб. Після використання можна застосувати інший метод. Одночасне застосування двох різних методів нейтралізує активацію.

Структурування води магнітним полем [3; 8], використання високовольтного (30-60 кВ), високо-частотного (10-30 кГц) розряду і електростатичного поля, електророзрядної кавітації, насичення води вільними електронами, її озонування і обеззараження поряд з кавітаційним знешкодженням. Під час структурування води її кластери, в які зв'язані десятки і сотні молекул, розпадаються на окремі високоактивні молекули й іони, які переносять живильні речовини, легко проходячи через клітинні мембрани водоростей. Ці процеси сполучаються з процесами приготування живильного субстрату;

- прискорення фотосинтезу в клітинах водоростей завдяки комбінуванню різних видів світла і освіт-

лення, які стимулюють фотосинтез: інфрачервоне (ІЧ) освітлення, що об'ємно рівномірно прогріває суспензію і створює в пограншарі навколо клітин водоростей термодифузію; лазерне УФО, опромінення когерентним короткохвильовим світлом з довжиною хвилі 220–240 нм, яке стимулює ріст клітини. Освітлення люмінесцентними і флуоресцентними лампами застосовується з обох боків фотореактора. Для всіх видів освітлення використовують спінові поляризатори джерел електричного струму.

3. Стимулювання росту шляхом створення невагомості в основному реакторі при використанні схрещеного електричного і магнітного поля [7]. Одночасно здійснюється електро- і магнітодифузія, створюється вихрова циркуляція субстрату навколо клітин водоростей і повздовжня циркуляція в каналах реактора.

4. Використання пульсаційного, вібраційного і барботажного перемішування [4; 8; 11; 12], а також перемішування шляхом рециркуляції, теорія якої викладена в [7].

5. Комбінована кавітаційна, струминна, розпилювальна і барботажна сорбція  $\text{CO}_2$  [1; 5]. Кавітаційна сорбція здійснюється у двох режимах: пухирцевий з точковим стискуванням під час захоплення до 12 тис. атм. і температурою до  $3200^\circ\text{C}$ ; суперкавітаційна сорбція з аерозольним розпилюванням на межі каверни і рідини [3; 14] зі стимуляцією пухирцевої сорбції гідропульсаціями і гідродуарами.

6. Використання інформаційно-хвильових впливів і дій в аутонозодному режимі для прямого стимулювання росту водоростей [9], виключення негативних енергій, випромінювань і знищення патогенної мікрофлори, яку не здатні поглинути водорості [9].

7. Видалення жирних кислот для біодизельного пального шляхом вибіркової кристалогідратної екстракції [2; 10], що надає можливість повертати їх у цикл вирощування.

8. Утилізація відходів (жмих, рештки водоростей, частина біомаси тощо) шляхом вибіркової екстракції на базі кристалогідратної технології [2; 10] і вуглекислотної екстракції [6].

### ЛІТЕРАТУРА

1. Федоткин И. М., Шаповалюк Н. И. Процессы и аппараты спиртовой промышленности. – К.: Химджест, 1999. – 487 с.
2. Федоткин И. М., Боровский В. В. Математическое моделирование технологических процессов методом аналогизации. – Винница, 2002. – 353 с.
3. Федоткин И. М., Гульий И. С. Кавитация, кавитационная техника и технология. Ч. 1. – Киев: Полиграфкнига, 1998. – 890 с.
4. Гульий И. С., Федоткин И. М., Боровский В. В. Интенсификация процессов смешения, диспергирования и гомогенизации гидродинамической кавитацией. – К.: Арктур-А, 1999. – 240 с.
5. Федоткин И. М., Жарик Б. Н. Интенсификация технологических процессов пищевых производств. – К.: Техника, 1984. – 174 с.



6. Федоткин И. М., Шаповалюк Н. И. Производство углекислотных и водно-спиртовых растительных экстрактов. – К.: Химджест. – 2001. – 284 с.
7. Федоткин И. М. Интенсификация технологических процессов. – К.: Вища школа, 1979. – 342 с.
8. Федоткин И. М., Гулый И. С. Кавитация, кавитационная техника и технология. Ч. 2. – К.: АО «ОКО», 2002. – 892 с.
9. Федоткин И. М. Заметки по теории информационно-волновой медицины. – К.: Химджест, 2002. – 68 с.
10. Федоткин И. М., Банашик В. Э. Экспериментальные и теоретические основы фторалкановой кристаллогидратной техно-

логии. – Кишинев: Штиинца, 1985. – 212 с.

11. Ткаченко А. Н., Федоткин И. М., Тарасов В. А. Кавитационная техника и технологии. – К.: Техника, 2001. – 462 с.
12. Ткаченко А. Н., Федоткин И. М. Производство избыточной энергии. – К.: Техника, 2002. – 331 с.
13. Ткаченко А. Н., Федоткин И. М., Тарасов В. А. Пат. Украины №35514А / Спосіб виробництва надлишкової енергії та кавітаційний теплогенератор для його здійснення; опубл. 1.06.2000.
14. Федоткин И. М., Тарасов В. О. Механізм виникнення надлишкової енергії при кавітації та особливості енергії робочих процесів в енергогенераторі Ф-101.

УДК 001.895

## ПОКАЗНИКИ (ИНДИКАТОРИ) ГАРМОНИЙНОГО ІННОВАЦІЙНОГО ПОСТУПУ



**Г. І. Калитич,**  
*докт. екон. наук*

**Постановка проблеми.** Людство ще не пододало вселенську фундаментальну суперечність – постійно зростаючий розрив між технічними можливостями людини і її духовно-моральним рівнем. Це, а також глобальні світові і стратегічні вітчизняні виклики вимагають шукати, знаходити і використовувати нові підходи до дослідження українського поступу взагалі й інноваційного зокрема.

Важливою складовою загального поступу є інноваційний поступ. Цей поступ пройшов складну діалектику видозмін: технічний прогрес, науково-технічний прогрес, науково-технічний розвиток, науково-технологічний розвиток, науково-технологічний та інноваційний розвиток тощо.

Цю проблематику висвітлено в сотнях монографій, тисячах статей зарубіжних і вітчизняних науковців. На особливу увагу заслуговують наукові праці В. П. Семиноженка, Б. А. Маліцького, В. М. Геєця, В. П. Соловйова, Ю. М. Канигіна, І. Ю. Єгорова, О. С. Поповича, В. Я. Рубана, В. Д. Пархоменка, А. В. Ямчука та інших. Однак питання управління гармонією цієї категорії ні у світовій, ні у вітчизняній літературі ще не досліджено.

У зарубіжних і наших джерелах інноваційного поступу властивий фетишизм, апологетика і замовчування його істотних вад. У зв'язку з цим головна проблема сьогодення – як довго Україна перебуватиме в технологічній стадії постіндустріалізму – фазі небаченого ресурсопоглинання на шкоду природі, екології,

системі духовних, моральних, культурних засад, перетворюючи все у величезний хаос. Ось чому виникає об'єктивна потреба в гармонізації інноваційного поступу – безальтернативної парадигми радикального забезпечення достойного майбуття України.

Ми переконані, що причиною всіх криз є відсутність розуміння істинних ферментів поступу. Людство використовувало (і то не завжди ефективно) лише інформацію і знання, які не мають кінцевого імпульсу поступу. Таким імпульсом поступу є Мудрість (матір усіх чеснот, енергія гармонії, найбільше благо в житті) і його системотворний фактор – Гармонія. Гармонія істина поступу. Гармонія понад усе! (Перша з сімнадцяти заповідей державного японського діяча давнини Сьотоку).

Стратегічною тріадою гармонії є Дух, Інтелект і Дія. Основне завдання – перетворення цієї триєдиної, єдиносутнісної тріади на засадах мудрості в головні ресурси поступу і визначення гармонії їхньої взаємодії: Дух в Інтелекті, Інтелект в Дусі й усе – у Дії.

Мудрість досягається на завершальному етапі консолідації: консолідація інформації для знання, консолідація знання для мудрості, консолідація мудрості для гармонії.

Арістотель говорив, що мудрість – це найточніша з наук, а персонаж Роберта Шеклі стверджував, що мудрість є проникливість.

**Мета статті** – на підставі власних досліджень запропонувати нові теоретичні і практичні методи обґрунтування і використання показників (індикаторів) гармонії інноваційного поступу.

**Визначення основних понять.** *Гармонійний інноваційний поступ (ГІП)* – процес проектування майбутнього на основі консолідації і втілення мудрості в усіх складових: сферах, функціональних підсистемах, модулях. Це – раціональна і чітка відповідність, об'єднання, злагодженість, взаємна відповідність