

УДК 620.95

Голуб Г.А.

(Національний науковий центр “Інститут механізації та електрифікації сільського господарства” Національної академії аграрних наук України)

ПРОБЛЕМИ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ АВТОНОМНОСТІ АГРОЕКОСИСТЕМ

Приведены научно-технические и экономические проблемы, которые касаются производства и использования биотоплив в агроэкосистемах и пути их решения.

Scientific, technical and economic problems which touch a production and use of biofuels in agroecosystems and ways of their decision are resulted.

Вступ

Продовольча, енергетична та екологічна проблеми, які постали на сучасному етапі перед людством потребують максимально ефективного балансування харчових, сировинних та енергетичних потреб із можливостями агроекосистем при одночасному акумулюванні сонячної енергії у вигляді гумусу та утриманні й розширенні біологічного різноманіття біоценозів. Вирішення проблеми виробництва біопалив у агроекосистемах повинно поєднуватися із отриманням високоякісної та екологічно безпечної продукції.

Уведення в енергетичний баланс біологічних видів палива, які за своєю природою є поновлюваними ресурсами акумульованої сонячної енергії – одне з актуальних завдань сьогодення. Це дасть змогу зменшити використання викопних не поновлюваних джерел енергії, забруднення природного середовища токсичними речовинами та парниковими газами.

Поширення використання біологічних енергоресурсів є доволі складним процесом і потребує удосконалення технічного та технологічного забезпечення, а також розробки і впровадження відповідних інвестиційних програм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В Україні виробляються теплогенератори з повітряним теплоносієм для спалювання соломи, які можна агрегатувати з сушарками та використовувати для опалення теплиць й виробничих приміщень, водонагрівальні котли для обігріву виробничих приміщень та соціально-культурних об'єктів, котли-теплогенератори для спалювання відходів деревообробки, пресове обладнання для виробництва гранул та брикетів, обладнання для отримання та фільтрації рослинних олій, а також обладнання для отримання метилових ефірів (дизельного біопалива) [1].

Нашими дослідженнями встановлено, що використання біоенергоконверсії органічної сировини в агроекосистемах з виробництвом біопалив дає змогу забезпечити часткову енергетичну автономність виробництва із збереженням родючості ґрунтів [2].

У той же час, удосконалення технічного та технологічного забезпечення виробництва і використання біопалив в агроекосистемах на основі аналізу існуючих проблем, потребує вирішення наукових та технічних задач, без чого неможливий подальший розвиток цієї галузі.

Мета дослідження

Проаналізувати науково-технічні та економічні проблеми виробництва і використання біопалив та намітити шляхи удосконалення техніко-технологічного забезпечення енергетичної автономності агроекосистем.

Результати досліджень

Кожен захід, який пропонується для реалізації в агроекосистемах повинен не тільки підтримувати родючість ґрунту, а й сприяти, по можливості, розширеному відтворенню родючості ґрунтів. Це має безпосереднє відношення і до виробництва та використання біопалив. У зв'язку з цим, серйозною науковою проблемою є визначення обсягів рослинної біомаси, яка може бути задіяна на теплові потреби без шкоди для відтворення родючості ґрунтів.

З урахуванням загальновідомих закономірностей та результатів досліджень, проведених в нашому Інституті [3], розроблено структурну схему та імітаційну модель диверсифікованого виробництва продукції з біологічною і енергетичною конверсією органічної сировини для 6-пільної сівозміни загальною площею 300 га (рис. 1). Розрахунки можуть бути поширені на сівозміну довільної площі.

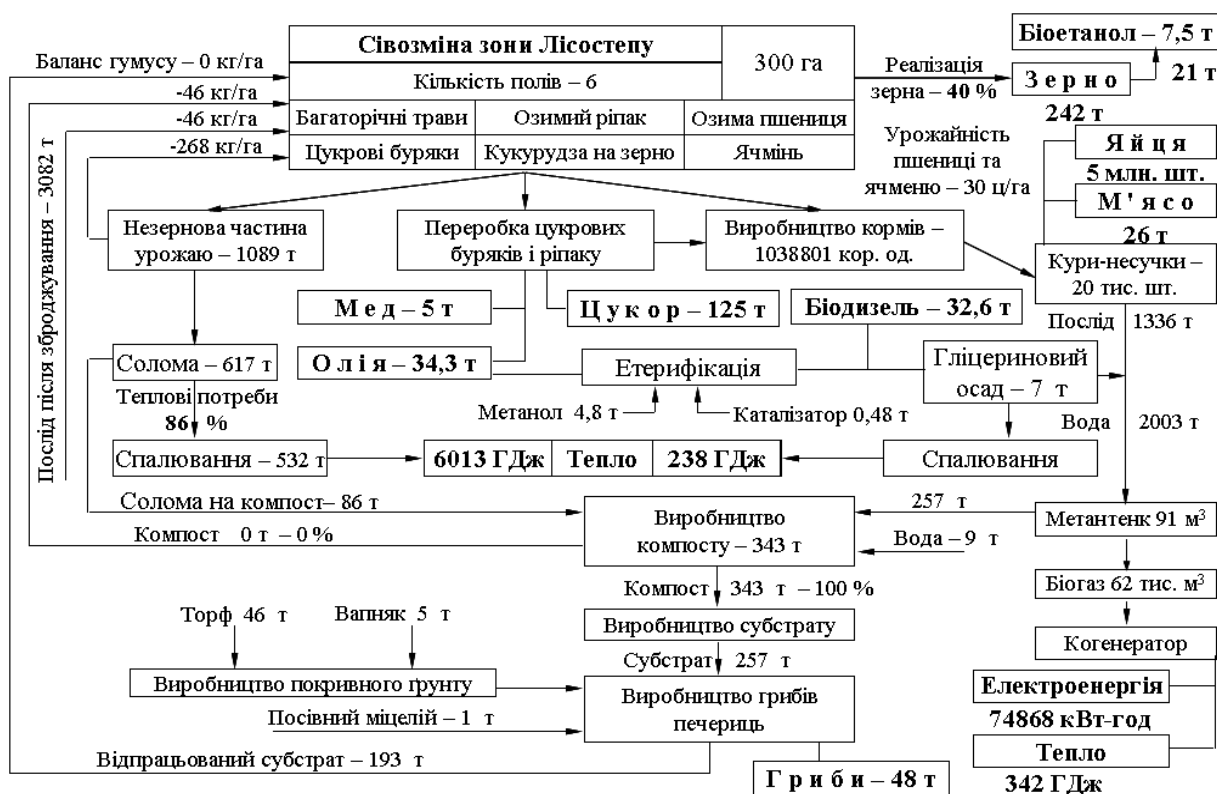


Рис. 1. - Структурна схема виробництва продукції та енергії на основі біопалив

Структурна схема диверсифікованого виробництва сільськогосподарської продукції та енергії передбачає: вирощування польових культур сівозміни з виробництвом зерна та цукрових буряків; збирання соломи зернових культур та стебел ріпаку; залишення подрібнених стебел кукурудзи на полі у вигляді мульчі; виробництво кормів для птахівництва; виробництво продуктів птахівництва; метанове (анаеробне) зброджування пташиного посліду з виробництвом тепла та електроенергії з біогазу; підготовка і використання соломи зернових культур та стебел ріпаку на теплові потреби у вигляді брикетів, рулонів або січки; використання соломи зернових культур, стебел ріпаку та посліду після зброджування для виробництва компосту; виробництво субстрату для вирощування печериць із компосту та виробництво грибів печериць; виробництво дизельного біопалива з ріпакового насіння; використання гліцеринового осаду на теплові потреби або його анаеробне зброджування.

Розроблена комп'ютерна імітаційна модель дає змогу встановити частку соломи, яка може спрямовуватись на теплові потреби індивідуально для кожного господарства. Так, в умовах, показаних на рисунку, на теплові потреби є можливість зарезервувати 86 %

загального обсягу соломи, а для повної компенсації втрат гумусу частину зібраної соломи в кількості 86 т необхідно спрямовувати на компенсацію дефіциту гумусу. Це можна здійснювати двома методами – залишати частину подрібненої соломи на полях або виробити на її основі компост чи субстрат для вирощування печериць.

Баланс гумусу в сівозміні визначається як різниця між кількістю мінералізованого гумусу та його надходженням за рахунок гуміфікації корневих решток, пожнивних залишок, біомаси бур'янів та сидератів, а також внесеного підстилкового гною та інших органічних речовин. Вихідними параметрами (даними) для розрахунку балансу гумусу сівозміні є комплекс статистичних, агрономічних та агрозоотехнічних показників. Серед них мінералізація гумусу культурами сівозміни, вихід сухої маси корневих решток та сухої біомаси польових культур є такими, що залежать від урожайності польових культур і які згідно літературних джерел змінюються у широких межах [4]. Це не дає можливості розробити наближений до реальності алгоритм розрахунку балансу гумусу.

Вихід соломи та стебел для теплових потреб визначається як різниця між кількістю біомаси зернових і зернобобових культур та стебел ріпаку і сої (за виключенням стебел кукурудзи на зерно та соняшнику, рослинна біомаса яких у більшості випадків залишається на полі у повному обсязі) та втрат при збиранні і стерні, а також витрат соломи на годівлю тварин та на підстилку. Частину соломи використовують для виробництва грибної продукції. Визначення обсягів соломи та стебел польових культур для теплових потреб також потребує наявності обґрунтованих значень виходу сухої біомаси польових культур. У разі наявності обґрунтованого значення цього показника існувала б можливість об'єктивного визначення річного обсягу соломи та стебел польових культур для теплових потреб. Тому серйозною проблемою є визначення обсягів рослинної біомаси, яка може бути задіяна на теплові потреби без шкоди для відтворення родючості ґрунтів. Рівень оцінки обсягів рослинної біомаси для теплових потреб згідно існуючих методик може коливатися від 30 до 100 % від загальної кількості.

Для забезпечення використання на теплові потреби бадилля кукурудзи та соняшнику, а також стебел ріпаку, залишаються не вирішеними технічні питання заготівлі цієї рослинної біомаси і в даний час її, як правило, подрібнюють та залишають на полях.

Загальновідомо, що зернові культури, які є основними продуцентами вегетативної маси, традиційно займають у структурі посівів від 40 до 55 %. Нами були отримані емпіричні залежності для визначення теплоти згоряння різних видів соломи. Однак, для обґрунтування використання рослинної біомаси для окремого регіону або держави в цілому, теплоту згорання соломи доцільно визначати із урахуванням вагомості обсягів соломи конкретного виду [5].

Однак, у практиці застосування соломи як палива, отримати розрахунковий рівень теплоти згоряння, як правило, не вдається, що обумовлено, в основному, втратою летких сполук з димовими газами. Умови спалювання соломи визначають коефіцієнтом корисної дії, який для існуючих топків котлів і теплогенераторів, що випускаються в Україні становить від 0,75 до 0,84 відн. од. Із урахуванням цього, кількість тепла, отриманого при спалюванні соломи, буде меншою приблизно у 2 рази ніж при спалюванні кам'яного вугілля та у 3 рази ніж при спалюванні природного газу.

За нашими оцінками, якщо бадилля кукурудзи на зерно та соняшнику залишати у подрібненому вигляді на полях, оскільки їх недоцільно використовувати в нинішніх умовах для спалювання в котлах, то використання соломи в існуючих обсягах дозволило б зекономити природний газ у межах від 4,5 до 14,3 млрд. м³.

Із зменшенням поголів'я тварин, витрати соломи на кормові цілі та підстилку зменшувалися, що зумовлювало спалювання надлишку соломи на полях (рис. 2).

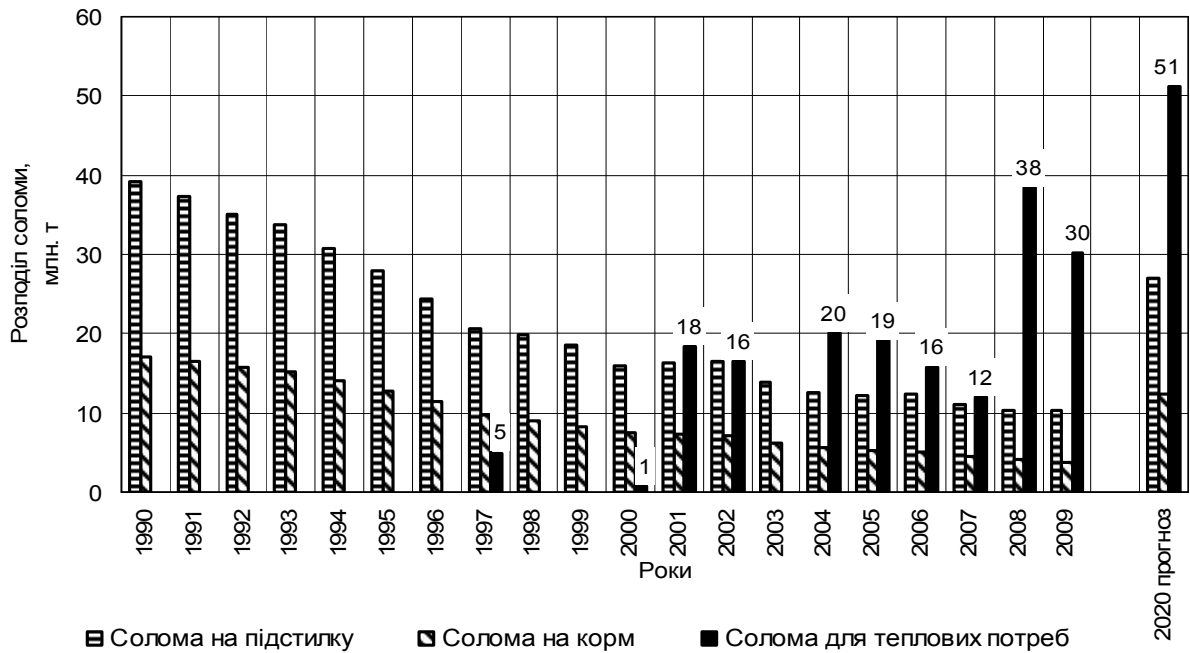


Рис. 2. - Розподіл соломи за напрямками використання по роках

Слід відмітити доцільність і перспективність заготівлі соломи ущільненої в рулони, оскільки ця технологія забезпечує швидке вилучення соломи із поля та реалізується за допомогою нескладних та надійних технічних засобів.

Нами проведені розрахунки ефективності спалювання соломи на основі порівняння із варіантом отримання тепла за рахунок спалювання природного газу. (рис. 3).

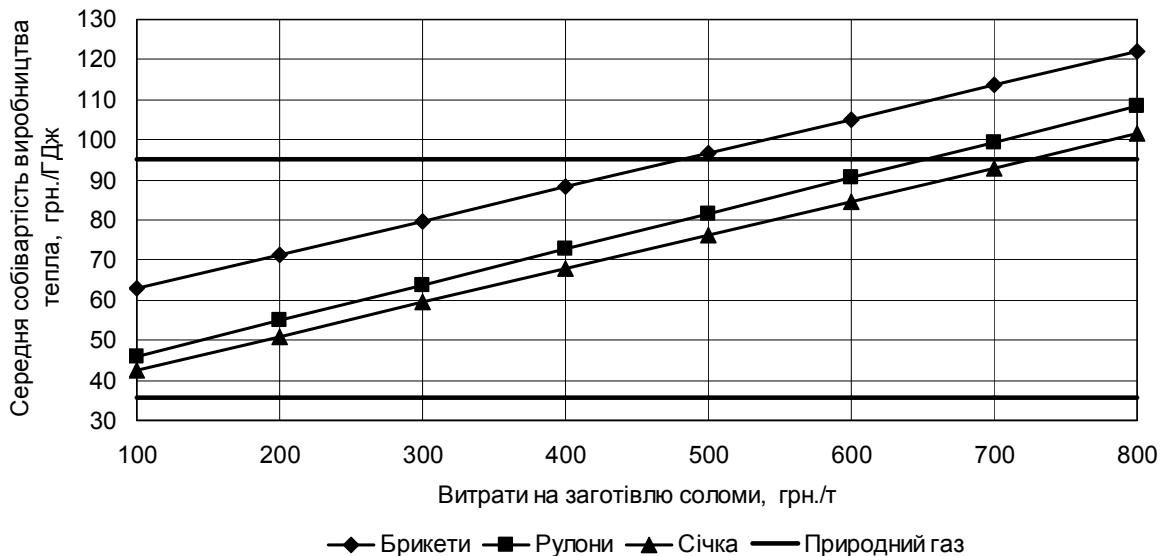


Рис. 3. - Ефективність виробництва тепла із соломи у порівнянні з газовим опаленням при зміні вартості соломи

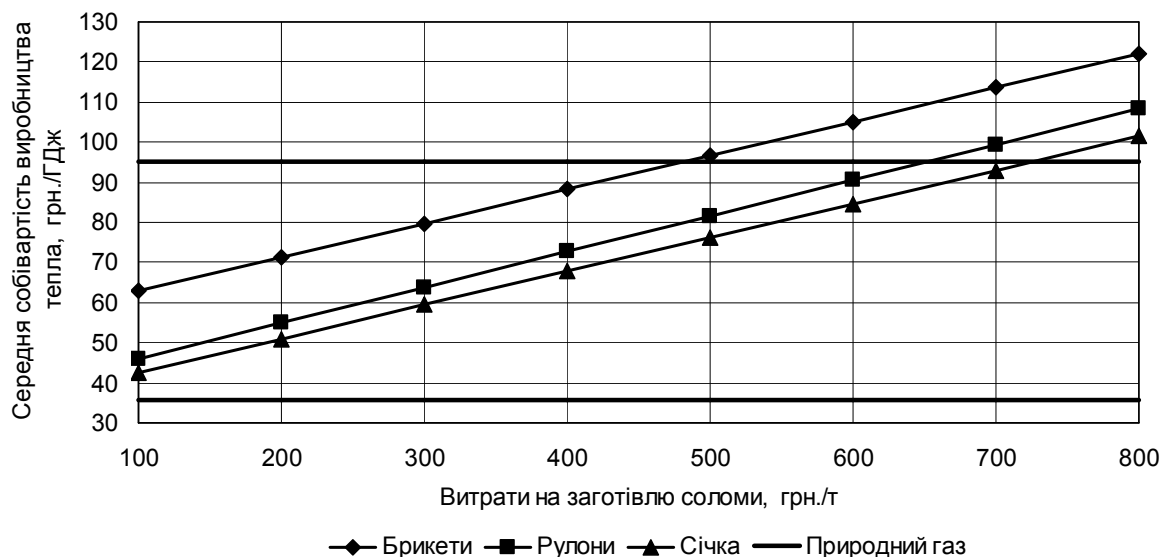


Рис. 3. Ефективність виробництва тепла із соломи у порівнянні з газовим опаленням при зміні вартості соломи

Реалізація технологічного процесу спалювання соломи потребує технічного забезпечення, частина із якого в даний час наявна в господарствах (трактори, навантажувачі), а частина потребує придбання. Додаткові капіталовкладення необхідні на придбання обладнання для брикетування соломи, прес-підбирачів та перевізників рулонів, а також обладнання для спалювання соломи (котли та теплогенератори).

За нашими оцінками, при річному об'ємі спалювання соломи в 30 млн. т загальна кількість вивільненого природного газу становитиме 10,9 млрд. м³. У даних умовах додаткові капіталовкладення на підготовку та спалювання соломи становитимуть 14,6 млрд. грн., а їх термін окупності становитиме від 1,2 до 1,3 років.

У нашому Інституті проводиться відпрацювання системи опалення адміністративних корпусів на базі рулонів і тюків соломи. Така система забезпечує за опалювальний сезон фактичну економію витрат у порівнянні із системою опалення на природному газі від 400 до 500 тис. грн., а її термін окупності не перевищує 3 років.

Незважаючи на вирішеність технічних питань нагріву води за рахунок спалювання соломи, задача використання соломи для сушки зерна залишається відкритою. Це пов'язано з тим, що при продуктивності сушарки 20 т/год., спалювання соломи повинно бути забезпечено в кількості не менше 500 кг/год. при тепловій потужності теплогенератора 2000 кВт. Ця технічна задача, на наш погляд, не може бути вирішена без розробки технічних засобів для газифікації соломи.

Стосовно проблем виробництва дизельного біопалива слід відмітити, що в Україні існують підприємства, які виробляють і продають обладнання для виробництва дизельного біопалива або просто продають імпортоване обладнання різної продуктивності, із застосуванням автоматизації і без неї, а також використовують дешеві чи дорогі матеріали, що впливає на вартість обладнання, однак в структурі собівартості виробництва дизельного біопалива близько 60 % становить олійна сировина та близько 20 % хімічні реактиви. Середня собівартість виробництва зерна ріпаку у 2009 році становила 1910,8 грн./т. Середні експлуатаційні витрати на виробництво дизельного біопалива становлять від 900 до 1000 грн./т, а повні витрати – від 4700 до 6000 грн./т. При дрібно гуртовій ціні дизельного палива 7,1 грн./л (7889 грн./т), гранична собівартість насіння, при якій витрати на виробництво дизельного біопалива будуть дорівнювати вартості дизельного палива, становить від 2500 до 2900 грн./т. Фактична собівартість виробництва насіння нижча за отримане граничне значення собівартості насіння. Нерідко це призводить до невірних висновку про те, що виробництво дизельного біопалива в умовах сільськогосподарського виробництва є економічно доцільним, оскільки витрати на виробництво дизельного біопалива нижчі ніж на придбання дизельного

палива. Однак, з іншої сторони, економічний ефект від продажу насіння, як різниця ціни реалізації насіння та собівартості його виробництва, перевищує економічний ефект від виробництва дизельного біопалива. Так при ринковій вартості насіння ріпаку 3000 грн./т та вказаній вище собівартості його виробництва, гранична вартість дизельного палива становитиме 14400 грн./т (12,7 грн./л), що у 1,8 рази перевищує існуючі ринкові дрібно гуртові ціни на дизельне паливо.

Необхідно враховувати також те, що навіть при виникненні ситуації, коли економічний ефект від виробництва дизельного біопалива буде дорівнювати економічному ефекту від реалізації насіння, виробники насіння будуть продовжувати його реалізацію, оскільки отримання такого ж економічного ефекту від виробництва дизельного біопалива, на відміну від виробництва насіння, буде потребувати від них суттєвих капіталовкладень.

При існуючих валових зборах зерна ріпаку в межах від 2500 до 3000 тис. т, виробництво дизельного біопалива може становити від 800 до 900 тис. т. При споживанні сільськогосподарським виробництвом 1500 тис. т дизельного палива його можлива заміна може становити від 50 до 60 %, а при загальному споживанні в країні 4500 тис. т дизельного палива можливе його вивільнення може сягати до 20 %.

Перехід на часткове споживання дизельного біопалива у суміші із дизельним, як це робиться у країнах Європейського Союзу, неможливий без політичних рішень, обумовлених необхідністю збереження та покращення існуючого стану природного середовища. Найбільш доцільним у даній ситуації є заборона продавати дизельне паливо без додавання біопалива, як це прийнято у країнах Європейського Союзу. У такій ситуації виробники дизельного палива будуть інвестувати кошти у виробництво дизельного біопалива. Створення мережі заводів по виробництву дизельного біопалива має бути організоване таким чином, щоб виробництво ріпакової олії проводилося в умовах сільськогосподарського виробництва, що забезпечить використання макухи на кормові потреби та сприятиме розвитку кормової бази тваринництва. У той же час виробництво дизельного біопалива в умовах сільськогосподарського виробництва потребує техніко-економічного обґрунтування у порівнянні з базовим варіантом, який передбачає безпосередню реалізацію зерна.

Використання біогазових установок у сільськогосподарському виробництві обумовлено трьома основними факторами. Це виробництво поновлюваної енергії, екологічно чистих органічних добрив та покращення санітарно-епідеміологічного стану довкілля. Привабливість застосування біогазових установок обумовлена широкою різноманітністю сировини, яка може застосовуватися для їх роботи.

У світовій практиці створення біогазових установок існують два основних варіанти технологічних процесів і конструктивних рішень біогазових установок – екстенсивний, коли біомасу зброджують у мезофільному режимі з використанням вертикальних реакторів робочим об'ємом 1000 м³ і більше та інтенсивний, коли біомасу зброджують у термофільному режимі з використанням модульних реакторів робочим об'ємом до 120 м³.

У першому варіанті вартість анаеробного реактора відносно невелика при спрощеній схемі технологічного процесу. У той же час, відсутня можливість забезпечити необхідну експозицію по всьому об'єму субстрату та відсутні засоби усунення баластування реакторів органічною та мінеральною складовими субстрату, а виведення метантенків на робочі технологічні параметри при їх розгоні є досить складним.

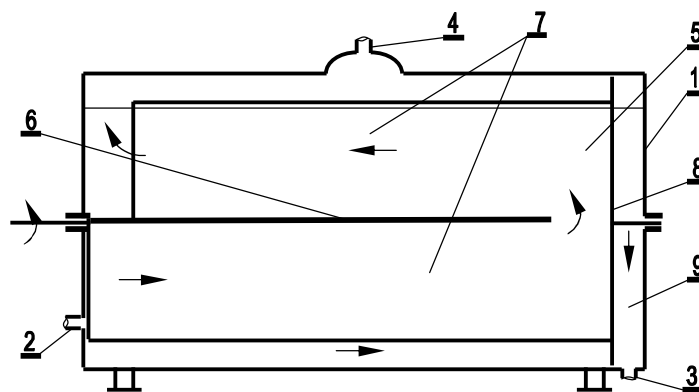
У другому варіанті, незважаючи на ускладнення технологічного процесу та обладнання, експозиція процесу метаногенезу і знезараження біомаси в 2-3 рази менша ніж при екстенсивному методі зброджування, відсутнє баластування метантенків органічною та мінеральною складовими субстрату, забезпечується необхідна експозиція по всьому об'єму субстрату, спрощується застосування інокуляції органічної маси, крім того при аварійних ситуаціях кількість токсичної та інфекційно небезпечної біомаси на об'єкті піддається контролю.

Враховуючи той факт, що в Україні існують значні виробничі потужності металургійних і машинобудівних підприємств доцільно розвивати напрямок інтенсивного

виробництва біогазу, коли біомасу зброджують у термофільному режимі з використанням металомісткого обладнання модульних реакторів, що покращує контрольованість ведення технологічного процесу та економічні показники біогазових установок, на противагу будівництву реакторів великих об'ємів з екстенсивним методом зброджування, що пропонують іноземні фірми і який набув значного поширення в країнах Європейського Союзу.

Наявного гною та посліду у даний час достатньо для забезпеченні потреб сільськогосподарського виробництва в горючому газі.

Нами розроблено і запатентовано декілька конструкцій модульних метантенків обертового типу [6], один із яких представлений на рис. 4. Зацікавленість у виготовленні біогазових установок на базі таких реакторів проявляє ряд крупних машинобудівних заводів України. У даний час ведуться переговори щодо розробки документації та дослідного зразка такої установки.



1 – циліндричний корпус; 2, 3 4 – патрубки для підводу й відводу органічної маси та біогазу; 5 – циліндричний перемішувальний пристрій; 6 – перегородка; 7 – камера зброджування; 8 – основа циліндричного перемішувального пристрою; 9 – вивантажувальна камера

Рис. 4.- Схема обертового метантенка

Основною проблемою, щодо використання біогазових установок є те, що термін їх окупності в даний час, приблизно дорівнює терміну їх експлуатації. Без дотацій на охорону навколишнього середовища від забруднення стічними водами тваринницьких, птахівничих та переробних підприємств або без дієвих штрафних санкцій за забруднення, впроваджувати біогазові установки неможливо. Сфера застосування біогазових установок може бути розширена, лише коли суспільство не погодиться споживати дешеві продукти харчування в умовах суттєвого антропогенного навантаження.

Останнім часом намітилася тенденція переробляти рослинну біомасу шляхом піролізу та газифікації. Так, використання піролізу дозволяє отримати біонафту безпосередньо із рослинної біомаси, що дозволяє уникнути конкуренції при виробництві біопалива із виробництвом продуктів харчування. Цей процес у більшості випадків досліджувався щодо отримання біонафти із відходів деревопереробних підприємств та побутових відходів.

Таким чином, вирішення інженерних проблем щодо виробництва і використання біопалив дозволить отримати практичний досвід, наукові напрацювання та закономірності для визначення конструктивно-технологічних параметрів машин та обладнання, зменшити закупівлі не поновлюваних викопних видів палива, підвищити рівень зайнятості сільського населення за рахунок створення додаткових робочих місць для виробництва біологічних видів палива, покращити екологічний стан природного середовища шляхом зменшення викидів токсичних речовин та парникових газів. У остаточному підсумку це забезпечить підвищення рівня енергетичної автономності агроєкосистем порівняно з практично нульовим його значенням нині.

*Література*

1. Молодик М.В., Голуб Г.А., Лук'янець В.О., Рубан Б.О., Вільовка М.І. Енергоавтономність виробництва на основі біологічних видів палива // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 11. – С. 39-44.
2. Голуб Г.А. Проблеми біоконверсії органічної сировини в агроценозах // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 1 – С. 43-48.
3. Голуб Г.А. Енергетична автономність агросистем // Вісник аграрної науки. – 2010. – № 3. – С. 50-54.
4. Голуб Г.А. Проблеми використання соломи в якості палива // Вісник аграрної науки. – 2010. – № 8. – С. 49-52.
5. Голуб Г.А., Лук'янець В.О., Субота С.В.. Теплоота згоряння та умови спалювання соломи. – Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / Редколегія: Д.О. Мельничук (відповідальний редактор) та інші – К., 2009. – Вип. 134, ч. 2. – 284 с. – С. 275-278.
6. Голуб Г.А. Техніко-технологічне забезпечення енергетичної автономності агроєкосистем. – Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК / Редколегія: Д.О. Мельничук (відповідальний редактор) та інші – К., 2010. – Вип. 144, ч. 4. – 417 с. – С. 303-312.