

УДК 631.11.1  
© 2010

*Ю.О. Тараріко,*  
*член-кореспондент УААН*  
*Інститут гідротехніки*  
*і меліорації УААН*

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ В АПК**

*Показано, що комплексне використання сучасних технологічних можливостей і створення ланцюгів безвідходних виробничих циклів дає змогу оптимально розподілити органічний вуглець рослинної біомаси між продовольством, енергоносіями і ґрунтом з супутнім переходом до біоорганічної системи землеробства. Формування аграрних виробничих систем на біоенергетичній основі дає змогу реалізувати агроресурсний потенціал сільськогосподарських територій, підвищити енергетичну незалежність і продовольчу безпеку держави.*

Результати аналітичних досліджень останніх років показали реальну можливість загострення глобальної енергетичної кризи після точки початку безповоротного неконтрольованого зниження видобутку вичерпаного пального. Єдиний шлях упередження всесвітнього голоду — сплановане та стрімке обмеження використання нафти і газу, що зумовлює необхідність фундаментальної перебудови світової системи сільськогосподарського виробництва, незалежного від непоновлюваних джерел енергії [1, 2].

В Україні нафта і газ у загальному балансі первинної енергії перевищують 60% усіх енергетичних ресурсів, що споживаються. В сучасних умовах забезпечення держави власним природним газом і нафтою в повному обсязі неможливе. Видобуток газу за рік становить 20 млрд м<sup>3</sup> за потреби 50—55, нафти і газового конденсату — майже 4, за щорічного використання не менше 24 млн т [3]. Водночас АПК України має великий потенціал біомаси як сировини для виробництва біоенергетичних ресурсів. Однак частка споживання населенням України м'яса у 3 рази, а молокопродуктів у 2,5 рази менше порівняно з розвинутими країнами світу [4]. У зв'язку з цим важливим завданням є вивчення можливостей трансформації системи сільського господарства в напрямі оптимального поєднання виробництва біоенергії і продовольства за умови збереження земельних ресурсів від деградації. З цією метою здійснено аналіз перспективних сценаріїв ведення аграрного виробництва на прикладі сільськогосподарського комплексу площею 20 тис. га (табл. 1). Моделювання проводили з урахуванням сучасних технологічних можливостей отримання біогазу, біогумусу, рідкого біопального, використання модульних технологій зберігання та переробки сировини та сучасних інформаційних технологій.

Особливості моделі «Енергетична сировина» можна розглядати з двох точок зору. З позицій виробника це найпростіший технологіч-

ний цикл з одержанням продукції з мінімальними зусиллями, у сівозміні тільки енергетичної культури, значна частина прибутку формується за рахунок експлуатації ґрунтової родючості, система цілком залежить від зовнішніх ресурсів і спрямована на задоволення негайних інтересів виробника. З позицій імпортерів — вартість завезених з сировиною макро- і мікроелементів у перерахунку на добрива становить не менше 20% вихідних витрат на придбання сировини, вартість рідкого біопального компенсує вихідні затрати, прибуток від продуктів тваринництва, що можна отримати зі шроту, значно перевищує вартість сировини, а сумарний дохід від переробленої продукції майже утричі перебільшує витрати на закупівлю зерна. За такої практики рівень використання агроресурсного потенціалу низький, втрачається родючість ґрунту, агроєкосистема розвивається деструктивно, а цей напрям можна вважати безперспективним.

До особливостей моделі «Енергоносії» також відноситься пріоритет вирощування енергетичних культур, але зібрану сировину передбачається використовувати для одержання енергоносіїв, зокрема рідкого біопального (рис. 1). У свою чергу шрот і солому доцільно переробити на біогаз та біогумус, для чого додатково необхідні елеватор для зберігання сировини, установки для виробництва біодизелю і біогазу, інфраструктура для його використання та сховища для зберігання органічних добрив. Забезпечується замкнутий цикл макро- і мікроелементів, але при цьому кількість органічного вуглецю для відновлення гумусного стану ґрунту недостатня. Головна особливість моделі — високий рівень енергогенерації, але без виробництва продовольства.

Сценарій «Продовольство рослинництва» відрізняється переходом до оптимального чергування культур у сівозміні (рис. 2). За відсутності тваринництва зелену масу переробляють на біогаз, що і дає змогу забезпечити кращі

### 1. Моделі аграрного виробництва сільськогосподарського комплексу площею 20 тис. га

Пріоритет/побічне виробництво	Продуктивність	Основний зміст
1. Енергетична сировина (ріпак)	2 т/га	Сучасна практика з пріоритетом вирощування енергетичної сировини з її відчуженням за межі агроєкосистеми без відновлення родючості ґрунту
2. Енергоносії біодизель → 0,8 т/га біогаз → 1,9 тис. м³/га біогумус* → 1,6 т/га		Вирощування і переробка енергетичної сировини на рідке біопальне на прикладі біодизелю, а шроту і соломи — на біогаз і біогумус
3. Продовольство рослинництва біогаз → 2,3 тис. м³/га біодизель → 0,2 т/га біогумус → 2,0 т/га	0,5 т/га	Сівозміна з кращими попередниками, переробка зерна на продовольство рослинництва, енергетичної сировини на біодизель, а шроту, зерновідходів, зеленої маси кукурудзи і трав на біогаз та біогумус
4. Продовольство тваринництва біогаз → 1,4 тис.м³/га біодизель → 0,2 т/га біогумус → 1,2 т/га	0,5 т/га	Трансформація шроту, зерна і зеленої маси кукурудзи і трав в м'ясо-молочне продовольство, біодизель на власні потреби, отримання з гною та інших відходів біогазу і біогумусу
5. Біоенергетичне аграрне виробництво продовольство → 0,7 т/га біоенергія → 90 ГДж/га** біогумус → 1,8 т/га		Збалансоване високопродуктивне виробництво продовольства і біоенергії у зрошуваних агроєкосистемах, що динамічно розвиваються

1 — деструктивний розвиток; 2—5 — біоорганічне землеробство із замкнутим циклом макро- і мікроелементів; \* знезаражений від шкочодчинних організмів і звільнений від насіння бур'янів залишок сухої органічної речовини після газогенерації, що не розкладається метановими бактеріями і містить усі винесені з ґрунту макро- і мікроелементи; \*\* 90 ГДж = 2,1 т дизельного пального = 2,5 тис. м³ метану.

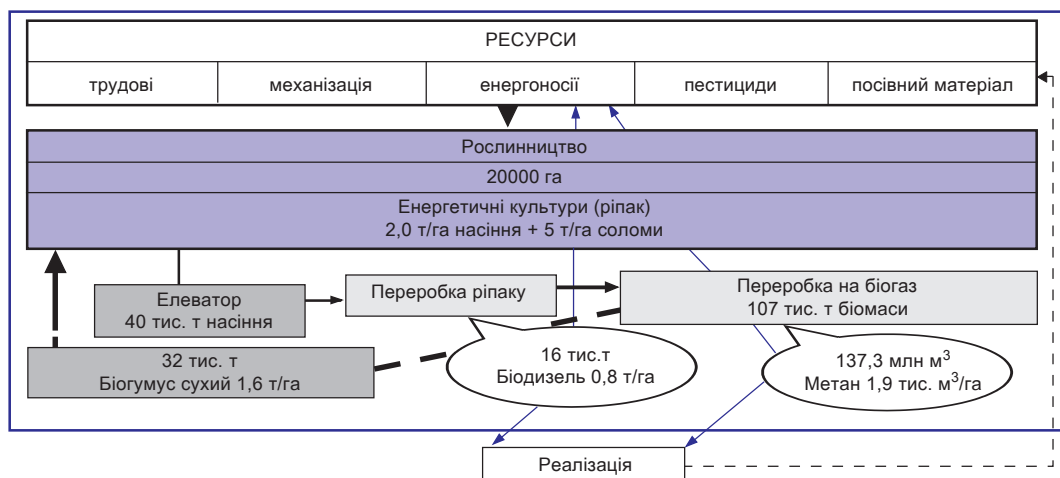
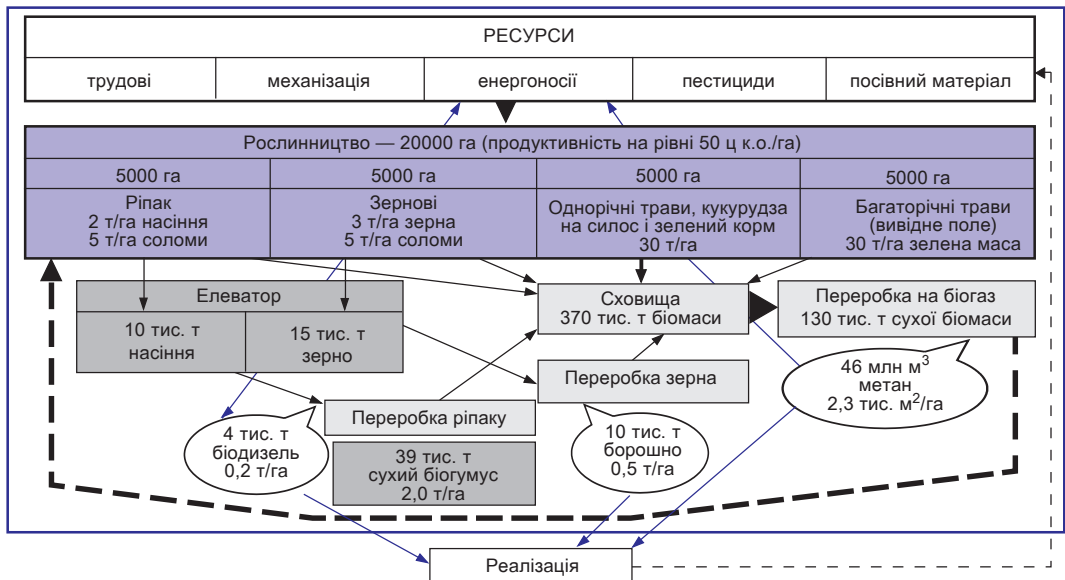


Рис. 1. Модель галузевої структури для сільськогосподарського комплексу площею 20 тис. га з пріоритетом виробництва енергоносіїв:  $\rightarrow$  – потоки рослинної біомаси;  $\rightarrow$  – енергетичні потреби виробництва і надлишки на реалізацію;  $\Rightarrow$  – органічні добрива;  $\dashrightarrow$  – придбання ресурсів;  $\square$  – зберігання;  $\square$  – переробка;  $\circ$  – готова продукція;  $\text{---}$  – межа системи



**Рис. 2. Модель галузевої структури для сільськогосподарського комплексу площею 20 тис. га з пріоритетом виробництва продовольства рослинництва:** — — потоки рослинної біомаси; — — енергетичні потреби виробництва і надлишки на реалізацію; — — органічні добрива; — — придбання ресурсів; ■ — зберігання; □ — переробка; ○ — готова продукція; — — межа системи

попередники для продовольчих зернових та енергетичних культур з оптимальною періодичністю їх повернення на попереднє місце вирощування. Додатково необхідні сховища для силосу з соломи, зеленої маси кукурудзи та багаторічних бобових трав, а також обладнання для виробництва рослинного продовольства. За достатньої для досягнення бездефіцитного балансу гумусу кількості органічних добрив, майже повної рециркуляції біогенних елементів і наявності у сівозміні бобових багаторічних трав з додатковим накопиченням 50—60 кг/га сівозміни біологічного азоту [5] забезпечується розширене відтворення родючості ґрунту. В результаті досягається цілкова енергетична незалежність агроєкосистеми, але асортимент продовольства обмежений продукцією рослинництва.

Модель «Продовольство тваринництва» з аналогічною попередній структурою рослинництва, але всю отриману біомасу, за винятком біопального, використовують на корм і підстилку тваринам (див. кольорову вклейку на 4 стор. обкладинки). При цьому формується ще більш складна агроєкосистема з тваринницькою галуззю і комплексною переробкою всієї сировини до кінцевої продукції. Необхідність оцінки доцільності формування такої галузевої структури пов'язана з тим, що сукупність шроту, зерна, біомаси кукурудзи і трав є оптимально збалансованою кормовою базою для утримання

сільськогосподарських тварин з навантаженням 100 у.г. на 100 га ріллі з трансформацією гною та інших відходів у біогаз і біогумус.

За такої виробничої структури одночасно вирішується низка завдань: відновлюється родючість ґрунту, агротехнологічні процеси в рослинництві забезпечуються власним дешевим паливом, за рахунок біогазу задовольняються енергетичні потреби населення, тваринництва, переробки та зберігання з отриманням найбільш цінного тваринного продовольства.

При цьому потенціал ґрунтової родючості зберігається на засадах біоорганічного землеробства з мінімальним застосуванням **агрохімікатів**. Обсяги застосування промислових **мінеральних добрив** зменшуються за рахунок біоазоту (25% багаторічних бобових трав у структурі посівних площ) та багаторазового використання макро- і мікроелементів у замкнутому циклі з біогумусом, а **пестицидів** — шляхом дотримання оптимального чергування культур у сівозміні та систематичного незараження усіх відходів у процесі газогенерації. Створення різногалузевої інфраструктури виробництва спрощується завдяки сучасному модульному устаткуванню і обладнанню різної потужності зі зберігання і переробки сировини з можливістю поетапного нарощування обсягів виробництва продукції щодо специфіки конкретних умов. При цьому капітальні вкладення в основні фонди, навіть при залученні дорогих

2. Економічна ефективність моделей в масштабі України (20 млн га), млрд у.о.

Модель	Дохід від реалізації продукції							Витрати				Валовий прибуток	
	насіння ріпаку	біодизель	борошно	м'ясо- молочні продукти	метан	разом	виробничі	компенсація виносу НРК з ґрунту	на кредит	разом		до	після погашення кредиту**
«Енергетична сировина»	15,0(40,0)*	–	–	–	–	15,0	3,7	2,5	3,3	9,5		5,5	8,8
«Енергоносії»	–	14,0(16,0)	–	–	9,3 (37,3)	23,3	3,8	–	3,6	7,4		16,0	19,6
«Продовольство рослинництва»	–	3,5(4,0)	4,4(10,0)	–	11,5 (46,0)	19,4	5,3	–	4,4	9,7		9,7	14,1
«Продовольство тваринництва»	–	3,5(4,0)	–	54,6(10,0)	7,0 (28,0)	65,1	16,3	–	19,9	36,2		29,3	49,2
«Біоенергетичне аграрне виробництво»	–	6,1(7,0)	–	74,9 (13,6)	10,5(42,0)	91,5	23,4	–	28,9	52,3		39,1	68,5

\* у дужках виробництво продукції, млн т (метан, млрд м³); \*\* кредит на створення інфраструктури на 10-річний період зі ставкою 26%.

кредитних ресурсів, відносно швидко повертаються через скорочення обсягів застосування обігових засобів, зокрема енергоносіїв і агрохімікатів. У результаті цього забезпечується досягнення високого рівня ресурсної незалежності, виробництво великої кількості найбільш цінних продуктів тваринництва з супутнім переходом до біоорганічних систем землеробства.

Навіть за оптимальних параметрів родючості ґрунту врожайність культур залежить від особливостей агрометеорологічних умов року. Наприклад, у Північному Степу врожайність озимої пшениці дуже нестабільна і навіть після чорного пару за роками коливається у межах від 15 до 70 ц/га. Навіть на Поліссі до 10% років є несприятливими через недостатнє забезпечення посівів вологою. У Південному Степу частка таких років сягає 60%. Причому за зрошення коефіцієнт варіації продуктивності типової зернокарбової сівозміни порівняно з богарою скорочується з 44 до 19% [8]. Тому стабільно високого виходу продукції рослинництва досягають за оптимізації водного режиму на меліорованих землях, площа яких становить близько 6 млн га.

У зв'язку з цим розглядається сценарій «Біоенергетичне аграрне виробництво», що моделює найскладнішу виробничу систему з тваринництвом, комплексною переробкою і зрошенням. Досягається збалансоване виробництво великих обсягів енергоносіїв і найбільш цінних продуктів харчування. При цьому оптимізація водного режиму, надходження у ґрунт достатньої кількості органічної речовини, замкнуті цикли макро- й мікроелементів за освоєння сівозмін із часткою бобових багаторічних трав до 25% та фіксацією 60—70 кг/га сівозмінної площі біологічного азоту дає змогу перейти до стабільно високопродуктивного на рівні 70 ц к.о./га біоорганічного зрошувального землеробства. За такого сценарію агресурсний потенціал використовується максимально, а агроекосистемі можна розглядати як таку, що динамічно розвивається з поетапним переходом на більш високі енергетичні рівні. Накопичення великої кількості органічних добрив і біоазоту супроводжується формуванням більш потужних потоків рециркуляції макро- й мікроелементів, створенням сприятливих фітосанітарних умов, підвищенням продуктивності сівозмін, тваринництва і агроекосистеми у цілому з накопиченням ще більших обсягів органічних відходів і біологічного азоту.

Сільськогосподарські угіддя у земельному фонді займають 42,3 млн га. З них близько половини можна віднести до малопродуктивних, деградованих або забруднених. Тому економічну оцінку моделей в масштабі України проводили на площу 20 млн га найбільш родючих земель.

За щорічної потреби АПК у нафтопродуктах 2,5 млн т потенціал виробництва рідкого біо-

пального по моделях коливається від 4 до 16 млн т (табл. 2). Водночас можна додатково отримати від 28 до 46 млрд м<sup>3</sup> газу метану. За розвитку тваринництва виробництво молока і м'ясопродуктів може досягти 10 млн. т, а за умови раціонального використання меліорованих територій цей показник зросте майже до 14 млн т. При цьому загальна вартість продукції збільшується по моделях з 15 до 92 млрд у.о. зі значною перевагою продовольства над біоенергоносіями. Витрати також істотно зростають по мірі ускладнення галузевої структури виробництва (див. табл. 2). Так, сума капітальних вкладень становить по моделях відповідно 15,3; 16,5; 20,1; 91,7 та 133,2 млрд у.о. Однак, навіть у період виконання кредитних зобов'язань досягається досить висока економічна ефективність.

Зрозуміло, що йдеться про гіпотетичні моделі, але вони будуються на конкретних результатах довгострокових досліджень і розкривають потенціал сільськогосподарського виробництва у забезпеченні продовольчої безпеки та енергетичної незалежності держави, а одержані результати є підставою для обґрунтування відновлення і цільового використання всіх земель сільськогосподарського призначення.

Проблема також полягає в тому, що розвиток АПК на біоенергетичній основі необхідно здійснювати через велику кількість окремих господарських формувань. Існує безліч варіантів їх функціонування, а пошук близької до оптимальної галузевої структури ґрунтується на багатоваріантному моделюванні щодо специфіки конкретних умов. Це складний процес, що прискорюється за використання сучасних інформаційних технологій. Комп'ютерне моделювання дає змогу оперативного опрацювати велику кількість перспективних сценаріїв розвитку, прогнозувати наслідки управлінських рішень ще до їх реалізації у виробничих системах, для яких натурний експеримент може призвести до великих втрат або навіть загибелі. Перевага моделювання полягає в тому, що користувач шляхом зміни одного з виробничих параметрів може оцінювати коливання інших. У процесі такого моделювання можна віднайти найбільш прийнятний і збалансований варіант розвитку аграрного підприємства.

Масштабну та цілеспрямовану переорієнтацію АПК можна здійснити через державну політику та шляхом створення експериментальних виробничих комплексів для визначення їх ефективності та перепідготовки кадрів.

## Висновки

Сучасні технологічні можливості дають змогу реалізувати біоенергетичний потенціал АПК: 0,5—0,7 т/га (10—14 млн т) продовольства тваринництва, 0,2—0,4 т/га (4—8 млн т) рідкого пального та 1,4—2,3 тис. м<sup>3</sup>/га (30—45 млрд м<sup>3</sup>) газу метану.

Оптимізація галузевої структури з комплексною переробкою сировини і відходів до готових продуктів дає змогу відчужувати за межі агроєкосистем тільки складові повітря: вуглець, азот, кисень і водень у складі вугледодів, жирів, білків і вуглеводнів.

Розширення замкнутого циклу біогенних елементів, активізація азотфіксації, позитивний баланс органічної речовини, її знезараження та освоєння сівозмін супроводжується пе-

реходом на біоорганічне землеробство з обмеженим застосуванням агрохімікатів та систематичним збільшенням виробництва енергії і продовольства без додаткових витрат на поновлюваних ресурсів. Перехід на біоенергетичне аграрне виробництво сприятиме покращенню стану довкілля та гармонізації життя сільського населення, зокрема за відтворення та раціонального використання усіх земель сільськогосподарського призначення. Переорієнтація АПК досягається шляхом формування державної політики, через створення діючих зональних експериментальних виробничих біоенергетичних комплексів, набуття та розповсюдження отриманого досвіду.

## Бібліографія

1. Біоенергетичні зрошувані агроєкосистеми. — К.: ДІА, 2010. — С. 19.
2. Горкавий Ф.Л. Технология содержания молочных коров. — Елгава, 1980. — 109 с.
3. Губенко В.І. Стан і проблеми забезпечення розвитку виробництва та експорту продукції АПК в умовах СOT/Економіка АПК. — 2008. — № 5. — С. 70—73.
4. Діак І. Енергетична безпека держави: найближ-

- чі кроки. «Голос України» № 0610 від 06.10.2005.
5. Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства. — К., 1998. — С. 44.
6. Пономаренко В. Проблема 2033.
7. Справочник по удобрениям. — М.: Колос, 1964. — С. 93—122.
8. Heinberg R. Blackout: Coal, Climate, and the Last Energy Crisis (2009).