



УДК 631.11.1

© 2015

*М.І. Ромащенко,*  
академік НААН, доктор  
технічних наук

*Ю.О. Тараріко,*  
член-кореспондент НААН,  
доктор сільсько-  
господарських наук

*Інститут водних проблем  
і меліорації НААН*

## КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ АГРОЕКОСИСТЕМ

*Розроблено засади формування систем збалансованого виробництва продовольства і біоенергії, які забезпечують розширене відтворення агроресурсного потенціалу сільськогосподарських територій, дають змогу комплексно розв'язувати проблеми розвитку аграрного сектору економіки. Розглянуто сучасні тенденції розвитку вітчизняного аграрного сектору. Розроблено перспективні регіональні моделі виробництва сільськогосподарської продукції. Підтверджено переваги різногалузевої спеціалізації та необхідність використання переробних і біоенергетичних потужностей за модернізації або створення нових сільськогосподарських підприємств. Формування біоенергетичних агроecosистем на Поліссі, у Лісостепу та Степу за значних стартових капіталовкладень забезпечує високий рівень прибутковості і короткі строки їх окупності.*

**Ключові слова:** стратегія, різногалузева спеціалізація, агроecosистема, рециркуляція, біоенергія, моделювання.

Сучасна система аграрного виробництва в Україні, основною складовою якої є виробництво зерна, потребує затрат великих обсягів мінеральних добрив, пестицидів та пально-мастильних матеріалів, зумовлює посилення деградаційних процесів в агроecosистемах та збільшення потреби в промислових ресурсах та енергії. В умовах їх високої вартості вкрай обмежено використовуються поновлювані енергетичні джерела. З іншого боку, за категоріями продовольчої безпеки Україна займає 50-те місце за економічною доступністю харчових продуктів, 65-те — їх фізичною доступністю і 42-ге — за якістю та безпечністю їжі [5].

Станом на 1990 р. щільність поголів'я сільськогосподарських тварин становила 0,81 ум. гол./га, зокрема великої рогатої

худоби — 0,57 ум. гол./га; на 2013 р. ці показники відповідно були 0,29 і 0,11 ум. гол./га. При цьому площа кормових культур у структурі посівних площ зменшилася з 12,0 до 2,3 млн га, або з 37 до 8%, а зернових і олійних — зросла з 16,7 до 23,8 млн га, або з 52 до 84% [7].

Унаслідок такої трансформації змінилися й обсяги отримання продукції тваринництва. Так, Україна за виробництвом основних видів тваринницької продукції в 1990–1991 рр. займала одне з провідних місць в Європі. Нині споживання молока і молочних продуктів порівняно з 1990 р. зменшилося з 373 до 214 кг, м'яса і м'ясопродуктів — з 68,2 до 50,6 кг [8].

За площі зернових і олійних культур 24 млн га обсяги накопичення малоцінної частини врожаю становлять не менше 2 т/га,

або 50 млн т. Поголов'я великої рогатої худоби в Україні станом на 1 серпня 2014 р. налічувало 4,9 млн гол., свиней — 8,1 млн гол., овець і кіз — 1,9 млн гол., птиці — 268,5 млн гол. із сумарним накопиченням відходів тваринництва близько 15 млн т сухої речовини [7]. З цієї кількості відходів рослинництва і тваринництва за використання біогазових станцій можна отримати близько 20 млрд м<sup>3</sup> метану. На жаль, нині об'єм споживання біомаси як біопалива становить 2,3 млн т умовного палива, 1,2% від загального обсягу споживання енергії, а річний рівень використання потенціалу біомаси не перевищує 4–6% [9].

Поліпшення умов вирощування, зміни в структурі посівних площ зернових на користь кукурудзи і загальне підвищення рівня агротехніки значною мірою позначаються на збільшенні валових зборів зерна. Так, скажімо, у 2013 і 2014 рр. отримано понад 63 млн т зерна. Щороку з цим зерном вносився з ґрунту 2 млн т азоту, фосфору і калію, або в перерахунку на фізичну вагу мінеральних добрив 5,6 млн т на суму майже 2 млрд у.о. При цьому вартість зібраного зерна становить близько 9 млрд у.о. За статистичними даними, фактично внесено промислових туків 1,4 млн т, решта потреби для формування врожаю покрито за рахунок запасів ґрунту. Такий стан супроводжується агрохімічною деградацією ґрунтів та їх виснаженням. До того ж за сучасної структури посівних площ, рівнів урожайності вирощуваних культур і застосування органічних добрив формується негативний баланс гумусу –0,3–0,5 т/га щороку [6]. За енергоємністю в масштабах країни — це 300–350 млн ГДж [3], що еквівалентно 8–10 млн т нафти і свідчить про значні масштаби втрат органічного вуглецю та енергії в агросфері України.

Це зумовлює необхідність розробки систем аграрного виробництва, що дасть змогу комплексно розв'язати проблеми в сільському господарстві України. В Інституті водних проблем і меліорації НААН теоретично обґрунтовано і розроблено засади формування збалансованого виробництва продовольства і біоенергії, які забезпечують розширене відтворення агресурсного потенціалу сільськогосподарських територій та дають змогу комплексно розв'язувати проблеми сталого розвитку аграрного сектору економіки.

За формування інфраструктури біоенергетичних агроєкосистем важливим завданням є об'єктивна оцінка потенціалу біопродуктивності

сільськогосподарських територій. Проблема полягає в значних змінах урожайності культур і продуктивності сівозмін залежно від особливостей погодних умов окремих років, особливо в контексті змін клімату. Проте багаторічні врожайні дані польових дослідів дають змогу за усередненими показниками точно встановлювати значення різних факторів та їх поєднань в оптимальній реалізації наявного агресурсного потенціалу.

В модельних експериментах опрацьовано перспективні варіанти розподілу продукційного потенціалу агроєкосистем між продовольчою частиною, біоенергією, ґрунтом і емісією CO<sub>2</sub>. За рослинницько-тваринницької спеціалізації при продуктивності сівозміни 10 т/га сухої біомаси за збалансованої інфраструктури органічна речовина трансформується в 2,6 т/га м'ясо-молочних продуктів, олії і цукру, у 0,8 т/га гумусу та 1,2 т/га метану. Тобто з 10 т/га отриманої в процесі фотосинтезу органічної речовини приблизно половина витрачається на функціонування самої агроєкосистеми, і половина отримується в акумульованому вигляді. Підвищення чи зниження рівня реалізації агресурсного потенціалу відповідно впливатиме на ці показники.

Обґрунтування моделей біоенергетичних агроєкосистем із мінімальним залученням промислових мінеральних добрив можливе лише за умови оцінки обсягів рециркуляції або багаторазового використання макро- і мікроелементів за різної спеціалізації або галузевої структури аграрного виробництва. Для цього порівнюється внос з урожаєм із ґрунту біогенних елементів з їх кількістю в продукції, що реалізується за межі агроєкосистеми. За безповоротного відчуження отриманої рослинної біомаси всю кількість винесених з ґрунту біогенних елементів потрібно компенсувати промисловими мінеральними добривами. Перехід на засади біоенергетичного аграрного виробництва та адаптація галузевої структури до умов конкретного землекористування дають змогу забезпечити повторне використання до 85–90% винесеного з ґрунту азоту, 90–95% — фосфору і до 99% — калію і мікроелементів, тобто створюють передумови для екологічно та енергетично сталого використання основного засобу аграрного виробництва — ґрунту.

За використання спеціального програмного забезпечення для різних ґрунтово-кліматичних зон опрацьовано перспективні варіанти галузевої структури аграрного

виробництва стосовно специфіки конкретних сільськогосподарських підприємств. Збалансована інфраструктура передбачає створення специфічної низки замкнених технологічних циклів, де відходи одних є цінною сировиною для інших. Вона може містити високопродуктивне рослинництво, сучасні тваринницькі комплекси, модулі з підготовки кормів, біоенергетичні станції з переробки рослинної біомаси та утилізації відходів з отриманням тепла, електроенергії, біогазу та органічних добрив, модульні технологічні комплекси зі зберігання та переробки сировини з отриманням цукру, олії, м'ясо-молочної, овочевої та іншої продукції, лінії з виробництва рідкого біопального (метилового ефіру, біоетанолу), системи зрошення та осушення, аналітично-інформаційні центри з управління складною системою взаємопов'язаних технологічних процесів.

Моделювання адаптованої до наявного агроресурсного потенціалу галузевої структури конкретного сільськогосподарського підприємства здійснюється за допомогою спеціального програмного забезпечення, що дає змогу оперативно проводити імітаційне комп'ютерне моделювання різних моделей розвитку аграрного виробництва. Приклади перспективних варіантів біоенергетичної інфраструктури наведено на базі сільськогосподарського підприємства — філіалу Державного підприємства «Чайка», розміщеного в Козелецькому районі Чернігівської області. Розглядали такі варіанти його розвитку [2]:

№ 1 «Сучасна практика» — площа ріллі 2,5 тис. га, свиней — 5 тис. гол., великої рогатої худоби — 900 гол., продуктивність по молоку — 6,6 тис. кг на рік, на корм не використовується 25% рослинної біомаси, переробка м'ясопродуктів — 82 т, реалізація живої ваги — 520 т, незбираного молока — 2 тис. т; № 2 «Поголів'я відповідне кормовій базі»; № 3 «Варіант № 2 + повна переробка молока і м'яса»; № 4 «Варіант № 3 + високопродуктивна сівозміна»; № 5 «Варіант № 4 + біоенергетична установка»; № 6 «Варіант № 5 + розвиток скотарства за рахунок свинарства»; № 7 «Варіант № 6 + відновлення осушувально-зволожувальної системи».

За сучасної практики виробничої діяльності та умови використання на добриво всіх надлишків побічної продукції рециркуляція азоту становить 75%, фосфору — 83 і калію — 94%. Впровадження адаптованої до наявного агроресурсного потенціалу

інфраструктури дасть змогу підвищити ці показники до 92, 91 і 100%.

За наявних чисельності і структури тваринництва обсяги виробництва гною не забезпечують бездефіцитного балансу гумусу. Розширення поголів'я відповідно до існуючої кормової бази дає змогу досягти рівня виробництва органічних добрив, що забезпечує розширене відтворення гумусного стану ґрунту. При цьому за використання біогазової станції в процесі переробки гною приблизно половина органічного вуглецю переходить у біогаз, а друга половина залишається нерозкладеною у вигляді так званого біогумусу. Коефіцієнт його гуміфікації — 0,40–0,43, і цієї кількості органічних добрив вистачає для відновлення гумусного та енергетичного станів ґрунту.

Аналіз економічної ефективності досліджуваних варіантів інфраструктури аграрного виробництва показав, що розвиток молочного скотарства з реалізацією сировини (незбираного молока і живої ваги) має великі строки окупності капітальних затрат, а із залученням кредитних ресурсів є збитковим (таблиця). Переробка продукції тваринництва на місці є потужним засобом підвищення прибутковості підприємства. Уведення в інфраструктуру біоенергетичної установки за значних додаткових капітальних затрат все ж таки дає змогу збільшити чистий прибуток майже в 1,3 раза. За відновлення роботи осушувально-зрошувальної системи з відповідними змінами потужності інших складових інфраструктури очікуваний рівень прибутковості становитиме 70 тис. грн/га.

У процесі опрацювання різних варіантів галузевої структури підприємства з досить розвинутою інфраструктурою встановлено, що найістотніше зростання його економічної ефективності забезпечується за повної реалізації наявного потенціалу біопродуктивності з відповідною адаптацією потужностей до кормової бази.

Високоефективним є підвищення продуктивності молочного стада, жирності та білковості молока. Це пов'язано зі зниженням питомих затрат кормів на одиницю продукції та значним збільшенням обсягів виробництва готової молочної продукції практично без істотного підвищення обсягів поточних виробничих і, особливо капітальних фінансових затрат.

У системі біоенергетичного аграрного виробництва за рівнем прибутку відзначається перевага молочного скотарства над свинарством. Головним чином це пояснюється здатністю великої рогатої худоби на відміну

від свиней трансформувати в м'ясо-молочну продукцію, крім концентрованих кормів, практично всі відходи рослинництва (солому, стебла, бадилля та ін.), а також грубі корми, отримані на природних кормових угіддях.

На органічних ґрунтах Полісся дієвими заходами підвищення ефективності використання агресурсного потенціалу є відновлення регулювання водно-повітряного режиму на меліорованих землях та заміна в сівозміні традиційних культур на продуктивніші малопоширені в регіоні кормові культури. За низької врожайності зернових на всій площі землекористування доцільно вирощувати кормові культури, а концентровані корми закуповувати в інших регіонах, що особливо важливо для територій з радіоактивно забрудненими ґрунтами. Очікуваний чистий дохід при цьому становить 100–110 тис. грн/га.

У Лісостепу прибутковість аграрного виробництва на рівні 40 тис. грн/га забезпечується залученням до складу біоенергетичної інфраструктури потужностей з виробництва цукру та олії і використанням усіх відходів переробки (шроту, меляси, жому, гички) на корм тваринам. Важливо, що додатково отримана від цих відходів продукція тваринництва за вартістю не поступається доходу від реалізації основної продукції — цукру та олії [4].

У Степу, навіть за пільгового кредитування, відновлювати системи зрошення за сучасної зернової спеціалізації господарств проблематично в зв'язку зі значними виробничими затратами на досягнення прийнятної продуктивності посівів і довгим терміном окупності капітальних вкладень. Найадаптованішою до агресурсного потенціалу зони зрошення є інфраструктура з вирощуванням овочів за

одночасного використання відходів їх вирощування і переробки на корм для великої рогатої худоби з подальшою переробкою на місці всієї виробленої сировини з доведенням до кінцевих продуктів споживання, а органічних відходів — на біоенергію та добрива. Відновлення зрошення в складі такої інфраструктури дає змогу збільшити чистий дохід у 1,5 раза — до 90 тис. грн/га [1].

Формування біоенергетичних агроecosистем потребує значних стартових капіталовкладень — 10–40 тис. грн/га, а на меліорованих землях із відновленням, реконструкцією або будівництвом меліоративних систем — до 100 тис. грн/га. Ці затрати також значною мірою визначаються потенціалом біопродуктивності агроecosистем — чим більше вихідної рослинної біомаси, тим потужнішою і дорожчою є інфраструктура з її переробки та зберігання. Однак впровадження адаптованої до конкретних умов моделі аграрного виробництва забезпечує високий рівень прибутковості і короткі строки її окупності.

Інші важливі переваги біоенергетичних агроecosистем полягають в їх енергетичній незалежності і високих рівнях рециркуляції біогенних елементів, що дає змогу забезпечувати розширене відтворення родючості ґрунту без значних витрат хіміко-техногенних, енергетичних і фінансових ресурсів з переходом на засади органічного виробництва. Ці переваги зумовлюють можливість динамічного розвитку виробництва конкурентоспроможної високоякісної та доступної продукції рослинництва і тваринництва.

Так, з одного боку, систематична переробка і знезараження відходів, дотримання оптимального чергування культур у сівозмінах,

**Показники економічної ефективності за різних варіантів галузевої структури аграрного виробництва**

Показник, тис. грн/га	Варіант галузевої структури						
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
Валовий дохід	7,8	11,2	21,4	54,7	62,6	76,9	116,0
Витрати на інфраструктуру	–	8,6	9,8	41,7	47,9	67,0	118,3
Виробничі витрати	6,3	11,0	12,6	26,0	26,5	29,0	43,5
<i>Фінансування з держбюджету</i>							
Чистий прибуток	1,5	0,2	8,8	28,7	36,2	48,0	72,6
Строк окупності, років	–	32	3	3	3	3	3
<i>Залучення кредитних ресурсів під 22% річних</i>							
Сплата кредиту	–	1,6	1,9	7,9	9,1	12,7	22,5
Усього витрат	–	12,6	14,5	33,9	35,6	41,7	66,0
Чистий прибуток	–	–1,4	6,9	20,8	27,1	35,2	50,1
Строк окупності, років	–	–	3	3	3	3	4

забезпечення бездефіцитного балансу макро- і мікроелементів та органічного вуглецю супроводжуватимуться постійним зростанням біопродуктивності агроecosистем за рахунок поліпшення фітосанітарного стану доквілля, залучення в замкнений колообіг ґрунтових запасів біогенних елементів та активізації азотфіксації. З другого боку, висока прибутковість впровадження біоенергетичних систем аграрного виробництва дає змогу систематично щороку розширювати їх площу на 50% без залучення зовнішніх запозичень.

Якщо, скажімо, сільськогосподарські підприємства державної власності займають площу 500 тис. га за умови залучення інвестиційних ресурсів в обсягах, що забезпечать розвиток біоенергетичної інфраструктури на площі 100 тис. га, то після виконання

зобов'язань із кредитування чистий прибуток дасть змогу розширити цю площу до 500 тис. га за 5 років без залучення коштів зовнішнього походження. При цьому, якщо стартові капітальні затрати взяти на рівні 20–30 тис. грн/га, на 100 тис. га — 2–3 млрд грн, то після реалізації такого проекту з площі 500 тис. га до державного бюджету щороку надходитиме як мінімум 15–20 млрд грн.

До переваг біоенергетичних агроecosистем також належать розв'язання соціальних проблем на селі, зокрема створення значної кількості додаткових робочих місць, та поліпшення екологічного стану доквілля. З позиції екології та економіки біоенергетичні агроecosистеми забезпечують також оптимальну адаптацію до змін клімату через істотне скорочення викидів парникових газів, зокрема CO<sub>2</sub> — 8–10 т/га.

## Висновки

*Реалізація проектів біоенергетичного аграрного виробництва в широкій практиці забезпечить незалежність від зовнішніх джерел хіміко-техногенних та енергетичних ресурсів, дасть змогу істотно знизити собівартість, підвищити конкурентоспроможність продукції, збільшивши чистий дохід із сучасних 1,0–1,5 тис. грн/га до 50–70, а на меліорованих землях — до 100–110 тис. грн/га. При цьому термін окупності капітальних затрат становитиме 1–3 роки. У земельному фонді держави сільськогосподарські угіддя займають 42,3 млн га, що дає уявлення про потенціал виробництва продовольства і біоенергії та можливості формування фінансових ресурсів в аграрному секторі економіки України.*

*Для реалізації стратегії розвитку аграрного сектору економіки на базі державних*

*сільськогосподарських підприємств, зокрема Національної академії аграрних наук, пропонується створити експериментальні діючі зональні біоенергетичні виробничі системи. Це дасть змогу відпрацювати достатні нормативно-правові засади у сфері земельних відносин, фінансової і регуляторної політики, розвитку окремих галузей аграрного сектору та раціонального використання природних ресурсів. Разом зі створенням на їх прикладі системи підготовки і перепідготовки кадрів та інформаційно-консультативного забезпечення малого, середнього та великого агробізнесу з'являться передумови для принципово нового комплексного розвитку аграрної сфери, зміцнення енергетичної незалежності, підвищення продовольчої безпеки та експортного потенціалу України.*

## Бібліографія

1. Біоенергетичні зрошувані агроecosистеми. — К.: ДІА, 2010. — 86 с.
2. Біоорганічні системи землеробства в зоні осушення. Рекомендації з формування біоенергетичних агроecosистем. — К.: ДІА, 2014. — 216 с.
3. Методика біоенергетичного оцінювання систем землеробства. — К.: Аграр.наука, 2013. — 40 с.
4. Науково-технологічне забезпечення аграрного виробництва (Лівобережний Лісостеп). — К.: ДІА, 2010. — 156 с.
5. Проект Єдиної комплексної стратегії розвитку сільського господарства та сільських територій

на 2015 — 2020 рр. — [Електр. ресурс]. — Режим доступу: [minagro.gov.ua/node/16025](http://minagro.gov.ua/node/16025)

6. Раціональне використання ґрунтових ресурсів і відтворення родючості ґрунтів: організаційно-економічні, екологічні й нормативно-правові аспекти [колективна моногр.]; за ред. С.А. Балюка, А.В. Кучера. — Х., 2015. — 432 с.

7. <http://www.ukrstat.gov.ua/>

8. [http://khntusg.com.ua/files/sbomik/vestnik\\_108/39.pdf](http://khntusg.com.ua/files/sbomik/vestnik_108/39.pdf)

9. <http://www.uabio.org/>

10. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/806-2013-%D1%80>

Надійшла 8.06.2015.