

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС АГРОЕКОСИСТЕМИ: ПРОБЛЕМИ ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ

Розглядаються проблеми енергетичного балансу вирощування с.-г. культур. Робиться висновок про необхідність не тільки удосконалення інтенсивних технологій, а й проведення корекції сівозмін у напрямку насичення рослинництва "енергетично дешевими" культурами. Пропонується енергетичні підходи застосувати при аналізі всіх рівнів і ланок АПК України, а коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування с.-г. культур ввести в статистичну звітність підприємств АПК.

Відомо, що впродовж останніх десятиліть затрати енергії на виробництво одиниці сільськогосподарської продукції істотно збільшилися. Встановлено, що сільське господарство, в якому на виробництво харчової калорії витрачається 10 калорій неповновланої енергії, неперспективне[8]. Однак, висвітлення цього питання у вітчизняній спеціальній літературі вкрай недостатнє, незважаючи на те, що в умовах енергетичної кризи воно набуло підвищеної актуальності.

Ще О.Е. Ферсман підкреслював, що "... енергетичний підхід до аналізу процесів природи, які динамічно розвиваються, є кінцевою метою наших пошуків. Ми повинні перейти на єдине мірило

визначення ходу процесів, причому таким може бути або калорія, або кіловат"[10]. З цим повністю збігається і сучасне визначення агроєкосистеми "... як системи рослинних і тваринних угрупавань, висока продуктивність і сталість яких підтримується за рахунок прямих і опосередкованих енергетичних інвестицій..."[6].

Нами зроблена спроба на проектно-технологічному рівні привернути увагу до цієї проблеми. Методологічною і методичною основою досліджень є адаптовані закони термодинаміки та методика біоенергетичної оцінки виробництва продукції рослинництва [9]. В роботі використано відповідний загальний статистичних даних. Енергетична оцінка проведена за співвідношенням енергії, акумульованої врожаєм, і сукупних затрат енергоресурсів на вирощування сільськогосподарських культур, що апроксимується коефіцієнтом енергетичної ефективності (K_{ee}), який може бути більше, менше або дорівнювати одиниці.

Технологія вирощування сільськогосподарських культур може вважатись енергозберігаючою, якщо вона відповідає умові $K_{ee} > 1$

Деталі методів і методик будуть доповнені в міру викладення результатів досліджень.

Аналіз показав, що практично не враховуються такі важливі складові енергетичного балансу, як сонячна енергія і енергопотенціал ґрунту на вході та його зміна на виході [4]. Для того, щоб енергетична оцінка систем землеробства була більш точною, необхідно, зокрема, враховувати не тільки прямі і опосередковані затрати енергоресурсів на виробництво продукції, але і затрати енергії на відтворення родючості ґрунту [2,7], основними статтями яких є енергетичні вкладання на компенсацію втрат гумусу, підтримання кислотності ґрунту і запасів доступних форм фосфору і калію.

Як буде показано нижче, саме втрати гумусу є тим фактором, який примушує внести суттєві корективи в оцінку енергетичної ефективності технологій виробництва продукції рослинництва і в оцінку систем землеробства.

Відомо, що в гумусі зосереджена основна частина енергії біогеоценозу. В шарі чорнозему 0-100 см запас енергії в гумусі складає 96% запасу енергії ґрунту [1].

Запаси гумусу і акумульованої в ньому енергії в ґрунтах різних зон України значно відрізняються, про що дають уявлення дані таблиці 1.

Таблиця 1

Запаси гумусу та його енергії в ґрунтах зон України

Ґрунтова – кліматичні зони	Запаси гумусу, т/га		Запаси гумусу на всій площі орних земель, млн.т		Запаси енергії гумусу, МДж x 10 ⁶ /га		Зональний енергетичний індекс ґрунтів	
	в шарі 0-30 см	в гумусовому профілі	в шарі 0-30 см	в гумусовому профілі	в шарі 0-30 см	в гумусовому профілі	в шарі 0-30 см	в гумусовому профілі
Полісся, в т.ч.	101	150	535,9	774,3	2,33	3,46	0,79	0,55
Житомирська область	103	106	124,4	128,0	2,37	2,44	0,80	0,39
Лісостеп	141	315	1652,2	3680,7	3,25	7,26	1,10	1,15
Степ	129	285	1976,7	4367,2	2,97	6,37	1,01	1,04
Україна	128	274	4116,1	8811,1	2,95	6,31	1,00	1,00

Щорічні втрати гумусу з орних земель України тільки внаслідок водної ерозії складають 23,6 млн.т [3], що еквівалентно $5,2 \times 10^{11}$ МДж або 30 млн. т зерна пшениці. Сільськогосподарські культури суттєво відрізняються за ґрунтозахисними властивостями. Коефіцієнт ерозійної небезпечності багаторічних трав складає 0,08, озимих зернових - 0,30, ярих зернових і однорічних трав - 0,50, просапних культур - 0,85, чистого пару - 1,0 [2]. Втрати гумусу, визначені на основі даних Трепачова М.О. та ін.(1976) за втратами азоту, на полях крутизою до 1° складають: під просапними культурами - 0,1 - 0,2 т/га на рік, під ярими зерновими і зернобобовими - 0,06-0,1, під озимими зерновими - 0,04-0,06 т/га; під багаторічними травами майже не відзначаються. Із збільшенням крутизни схилу до 1-2° втрати зростають в 2 рази, до 2-4° - в 3 рази.

Іншою суттєвою причиною втрат гумусу є мінералізація (внутрішньогрунтове окислення), інтенсивність якої залежить від типу ґрунту, запасів гумусу, удобрення та інших факторів. В орному шарі чорноземів вона щорічно складає 0,4-0,5%, сірих лісових ґрунтів - 0,8-1,0%; в піщаних і супіщаних ґрунтах темпи мінералізації вищі, ніж в суглинкових, а під просапними культурами в 2-3 рази вищі, ніж під культурами суцільної сівби [5].

Втрати гумусу особливо небезпечні в тих регіонах, де його запаси порівняно невеликі (зона Полісся, в т.ч. Житомирська область).

В таблиці 2 наведені вихідні дані для уточненої оцінки технологій вирощування основних культур з урахуванням вищесказаного.

Як свідчить аналіз даних таблиці, наднормативні витрати енергії, пов'язані з необхідністю компенсації втрат гумусу, в більшості випадків складають 50-100% енергетичних витрат на вирощування культур. В результаті коефіцієнт енергетичної ефективності суттєво нижчий визначеного за традиційною методикою. Найнижчим він є (в розрахунку на основну продукцію) для льону-довгунця, гречки, однорічних трав, картоплі, кукурудзи на зерно, пшениці озимої, найвищим - для конюшини, зернових, бобових, ячменю ярого, буряків цукрових. Такі ж висновки, за незначними винятками, можна зробити і при аналізі енергетичної ефективності виробництва не тільки господарсько цінної, а й побічної продукції. Умовно всі культури поділяються на "енергетично дешеві" і "енергетично дорогі". Співвідношенням їх посівних площ в сівозміні визначається ступінь енергетичної збалансованості агроєкосистеми.

Для оцінки енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва в різних ґрунтово-кліматичних зонах були проведені розрахунки на основі вихідних даних двох типових господарств Лісостепу і Полісся, результати яких наведені в таблицях 3,4.

Таблиця 3.

Енергетична оцінка сівозміни КСП ім. Цюрупі Попільнянського району Житомирської області (ґрунт-чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий)

Культури	Коефіцієнт енергетичної ефективності з урахуванням дотацій на компенсацію втрат гумусу	
	$K_{ee\text{ осн}}$	$K_{ee\text{ бон}}$
Конюшина (сіно)	4,52	4,52
Пшениця озима	1,30	2,24
Буряки цукрові	1,80	2,19
Кукурудза (зерно)	1,12	2,60
Горох	1,63	2,55
Пшениця озима	1,30	2,24
Буряки цукрові	1,80	2,19
Кукурудза (силос)	1,55	1,55
Ячмінь ярий з підсівом конюшини	1,63	2,73
Середнє по сівозміні	1,85	2,53

Таблиця 4.

Енергетична оцінка сівозміни ПКСП "Зоря" Володарсько-Волинського району Житомирської області (грунт - дерново-середньопідзолистий глеюватий супіщаний)

Культури	Коефіцієнт енергетичної ефективності з урахуванням дотацій на компенсацію втрат гумусу	
	$K_{\text{еє осн}}$	$K_{\text{еє біол}}$
Багаторічні трави	3,39	3,39
Пшениця озима	0,98	1,68
Льон-довгунець	0,40	0,88
Картопля	0,90	0,90
Зернові бобові	1,47	2,30
Кукурудза (силос)	1,16	1,16
Ярі зернові з підсівом багаторічних трав	1,22	2,05
Середнє по сівозміні	1,36	1,77

2. Енергетична оцінка витрат, пов'язаних з вирощуванням сільськогосподарських культур (зона Лісостепу)

Культури, урожайність основної/ Побічної продукції, ц/га	Енергоємність урожаю, МДж*10 ⁴ /га*		Затрати непоновлюваної енергії на вирощування МДж*10 ⁴ /га*	Втрати гумусу		Сумарні затрати енергії, МДж*10 ⁴ /га	Коефіцієнт енергетичної ефективності			
	Основної продукції	біологічної продукції		т/га	МДж*10 ⁴ /га		Без урахування втрат гумусу		з урахуванням дотацій на компенсацію втрат гумусу	
							$K_{\text{еє осн}}$	$K_{\text{еє біол}}$	$K_{\text{еє осн}}$	$K_{\text{еє біол}}$
Пшениця озима, 50/60	8,23	14,16	4,57	0,8	1,76	6,33	1,80	3,10	1,30	2,24
Ячмінь ярий, 37/39	6,09	10,17	1,97	0,8	1,76	3,73	3,09	5,16	1,63	2,73
Гречка, 20/26	3,34	5,42	1,01	1,0	2,20	4,11	1,75	2,84	0,81	1,32
Просо, 40/48	6,78	11,58	2,24	1,0	2,20	4,44	3,03	5,17	1,52	2,61
Кукурудза (зерно), 50/100	7,57	18,17	3,90	1,3	2,86	6,76	1,94	4,46	1,12	2,60
Кукурудза (силос), 200/-	10,24	10,24	3,73	1,3	2,86	6,59	2,75	2,75	1,55	1,55
Буряки цукрові, 350/200	15,99	19,34	5,32	1,6	3,52	8,84	3,01	3,64	1,80	2,19
Конюшина (сіно), 60/-	2,26**	2,26**	0,50**	0	0	0,50	4,52	4,52	4,52	4,52
Однорічні трави (сіно) 50/-	1,64**	1,64**	1,55**	0,2	0,44	1,99	1,06	1,06	0,82	0,82
Льон-довгунець (волокно), 10/5***	1,60**	3,49**	2,22**	0,8	1,76	3,98	0,72	1,57	0,40	0,88
Картопля, 300/-***	10,98	10,98	7,75	2,0	4,44	12,15	1,42	1,42	0,90	0,90
Зернові бобові, 30/30	5,31**	8,31**	2,82**	0,2	0,44	3,26	1,88	2,95	1,63	2,55

Примітки: * - вихідні дані Медведовського О.К., Іваненка П.І. [8]

** - За розрахунками авторів

*** - Для зони Полісся

Як свідчать дані таблиць, коефіцієнт енергетичної ефективності в сівозміні Полісся помітно нижчий, ніж в сівозміні Лісостепу. Це можна віднести на рахунок низької продуктивності сільськогосподарського поля, більш інтенсивної мінералізації гумусу і, відповідно, більшої енергоємності компенсуючих заходів, обмеженості вирощування "енергетично дешевих" культур.

З метою зниження енергоємності, а значить, і собівартості продукції АПК доцільно не тільки удосконалювати інтенсивні технології, а й проводити корекцію сівозмін у напрямку насичення рослинництва "енергетично дешевими" культурами.

Енергетичні підходи, як найбільш об'єктивні, слід застосовувати при комплексному аналізі всіх рівнів і ланок АПК України, техніко-економічному обґрунтуванні кормовиробництва, національної Продовольчої програми.

Коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування сільськогосподарських культур пропонується ввести окремим параметром в статистичну звітність підприємств АПК незалежно від форм власності.

Література

1. Алиев С.А. Энергетика почвообразования: Лекция.- Новосибирск, 1985.- 27с.
2. Булаткин Г.А. Энергетические аспекты воспроизводства почвенного плодородия // Вестн. с.-х. науки. - 1987. - №1. - С.35-40.
3. Булаткин Г.А. Энергетические проблемы сохранения плодородия пахотных почв // Вестн. с.-х. науки. - 1991. - №5. - С.60-65.
4. Володин В.М. Агробиоэнергетика - новое научное направление // Земледелие. - 1992. - №9-10. - С. 2-4.; №11-12. - С.2-5.
5. Воспроизводство гумуса и хозяйственно-биологический круговорот органического вещества в земледелии (рекомендации) / ВНИПТИОУ.-М.: Агропромиздат, 1989.- 65 с.
6. Кардашов А.Т. Прописи практичних занять з агроекології / ДААУ.-Житомир, 1996.-56 с.
7. Медведев Н.В., Шешин И.А. Об энергетической оценке мер по охране почв // Земледелие.- 1991. №11.- С.36-38.
8. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві.- К.: Урожай, 1988.-208с.
9. Методика бионергетической оценки производства продукции растениеводства.- М.: Агропромиздат, 1989.-50с.
- Ферсман А.Е. Избранные труды.-Т.ІУ. - М.. 1958. - 456с.

КАРДАШОВ *Анатолій Тихонович,*

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Державна агроекологічна академія України, доцент кафедри агроекології

ШУДРЕНКО *Ігор Володимирович*

кандидат сільськогосподарських наук, Державна агроекологічна академія України, в.о. доцента кафедри агроекології