

УДК 631.6:502.6:582

**ВЕЛИЧИНА АНТРОПОГЕННОЇ ЕНЕРГІЇ
ЯК КРИТЕРІЙ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
НАВАНТАЖЕННЯ НА АГРОЛАНДШАФТИ
СТЕПУ УКРАЇНИ**

*С.Г.Чорний, доктор сільськогосподарських наук, професор
Миколаївський державний аграрний університет*

Енергія, як відомо, є спроможністю виконувати роботу. Природні ландшафти та окремі живі організми є відкритими неурівноваженими термодинамічними системами, які постійно обмінюються з навколишнім середовищем енергією і речовиною, що зменшує їх внутрішню ентропію, але за законами термодинаміки, збільшує ентропію зовнішню. Тобто всі перетворення енергії в природних ландшафтах завжди відповідають термодинамічній моделі незамкнутої системи. В природному, в т.ч. і степовому, ландшафті фундаментальне значення має той факт, що кількість спожитої енергії завжди менше або дорівнює енергії, що входить. Тобто для природних ландшафтів існує додатний або нульовий енергетичний баланс. Зокрема, на перших етапах утворення природних ландшафтів при додатному енергетичному балансі сонячна енергія накопичується в ґрунті у вигляді енергії хімічних зв'язків органічних сполук гумусу.

Антропогенна деструкція природних ландшафтів та створення штучних природно-господарських територіальних систем приводить до змін не тільки в напрямках та інтенсивності внутрішніх системних потоків енергії, а і до повної трансформації вхідних і вихідних її складових. Штучній природно-господарській територіальній системі аграрного типу, що має ще назву агроландшафт (АЛ), як правило, притаманний від'ємний баланс природної енергії, що пов'язано з вилученням частини енергії з врожаєм, а тому для більш-менш успішного існування АЛ необхідні додаткові енерге-

тичні інвестиції. Отже АЛ протягом технічного року одержує енергетичні дотації антропогенного походження, так звану антропогенну енергію. Паливо для сільгоспмашин, добрива, м'язова сила тварин і людини — це така ж енергія, як і сонячне світло.

Як образно відзначив Ю.Одум [9], хліб, рис або кукурудза “частково зроблені з нафти”.

Але АЛ суттєво відрізняються один від одного кількістю привнесеної антропогенної енергії. Інтенсифікація виробництва характеризувався збільшенням витраченої людської енергії на виробництво сільськогосподарської продукції (табл.1). З розвитком землеробства кількість привнесеної енергії зростає, врожайність збільшується, та зменшується залежність землероба від зовнішніх факторів — погоди, шкідників, природної родючості ґрунту тощо.

Таблиця 1

**Величини антропогенної енергії, енергоємність врожаю ($\times 10^3$ мДж/га)
та коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{EE})**

Країна, джерело	Культури	Антропогенна енергія	Енергоємність врожаю	K_{EE}	Коментар
США [11]	Кукурудза (зерно)	35,2	102,9	2,9	Виробничі умови
США [11]	Кукурудза (зерно)	30,2	100,8	3,4	Використання тільки кінної тяги
Мексика [11]	Кукурудза (зерно)	2,3	29,0	12,6	Використання тільки ручної праці
УСРСР [8]	Озима пшениця	46,1	78,1	1,7	Дані науково-дослідних установ
УСРСР [7]	Яровий ячмінь	19,7	59,6	3,0	Теж саме
УСРСР [7]	Кукурудза (зерно)	29,3	57,4	2,0	Теж саме
УСРСР [7]	Цукровий буряк	38,9	89,4	2,3	Теж саме
Україна	Озима пшениця	8,2	23,9	2,9	ПСП "Воронівка" Вознесенський р-н Миколаївська обл., 2002 рік
Україна	Соняшник	4,1	19,0	4,6	Теж саме

Зроблений огляд величин антропогенної енергії в сучасних АЛ показує (табл.1,2), що зараз людиною для одержання будь якої сільськогосподарської продукції привноситься $2 \cdot 10^3$ – $50 \cdot 10^3$ мДж/га енергії. Слід також відзначити, що в степових АЛ України використання великої кількості антропогенної енергії, тобто впровадження повного циклу обробітку ґрунту, внесення великої кількості добрив та засобів захисту рослин від шкідників та бур'янів приводить, на загал, до зменшення енергетичної ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур. Це наглядно демонструє показник K_{EE} (відношення енергетичної ємності врожаю до енергетичних витрат на вирощування певної культури). Чим менші енергетичні витрати (чим менша антропогенна енергія), тим енергетична ефективність АЛ вища (табл.2). Відзначимо невеликі витрати енергії на вирощування сільськогосподарських культур в сучасних, перманентно кризових, виробничих умовах степової зони України (табл.2). Виключення добрив та пестицидів з технологій вирощування, зменшення кількості обробітків ґрунту, заміна оранки на менш енергомісткі технології основного обробітку ґрунту призводить до абсолютного зменшення використаної антропогенної енергії в АЛ. Однак слід визначити, що в таких умовах зростає залежність від зовнішніх, особливо, погодних факторів.

Отже, якщо ввести поняття енергетичного потенціалу агроландшафту (ЕПАЛ), то він буде складатися з природної (сонячної) складової, ґрунтової енергії та антропогенної. Якщо перша складова є величиною відносно постійною, то дві інші безперервно змінюються в часі. Доля антропогенної енергії проілюстрована в таблицях, а ґрунтова складова ЕПАЛ, як правило, зменшується в часі під дією різних процесів антропогенного походження, зокрема існує винос ґрунтової енергії за межі АЛ з процесами ерозії та дефляції. Тобто сонячна енергія минулих епох, що була акумульована у вигляді енергії хімічних зв'язків органічної речовини ґрунту використовується досить непродуктивно.

Задача землеробства, з одного боку, полягає в якісному використанні антропогенної енергії для збільшення продуктивності АЛ, а з іншого, в підтриманні ЕПАЛ на певному рівні. По суті, антропогенна енергія, що привноситься в АЛ, є лише інструментом

Таблиця 2

**Енергетична ємність врожаю сільськогосподарських культур мДж/га ($\times 10^3$)
в ПСП "Воронівка" Миколаївської області**

Рік, культура	Врожайність зерна (т/га)		Врожайність соломи (т/га)		Енергетична ємність врожаю зерна (мДжх 10^3)	Енергетична ємність врожаю соломи (мДжх 10^3)	Сумарна енергетична ємність врожаю (мДжх 10^3)	Антропогенна енергія (мДжх 10^3)	K_{EE1}	K_{EE2}^*
	Загальна	Сухої речовини	Загальна	Сухої речовини						
2001, Яровий ячмінь	2,2	1,9	2,7	2,2	36,3	33,6	69,9	7,3	9,5	4,9
2002, Яровий ячмінь	1,2	1,1	1,7	1,4	20,3	21,8	42,1	7,3	5,7	2,8
2003, Яровий ячмінь	0,9	0,8	1,4	1,2	14,7	18,0	32,7	7,3	4,5	2,0
2001, Осінь пшениця	2,7	2,4	4,8	4,0	45,3	64,5	109,8	8,2	13,4	5,5
2002, Осінь пшениця	1,4	1,2	2,8	2,4	23,9	37,6	61,5	8,2	7,5	2,9
2001, Соняшник	1,1	1,0	–	–	–	–	20,0	4,1	–	4,8
2002, Соняшник	1,0	1,0	–	–	–	–	18,8	4,1	–	4,6
2003, Соняшник	1,1	1,0	–	–	–	–	19,6	4,1	–	4,7
2001, Кукурудза на силос	5,1	0,9	–	–	–	–	15,1	7,3	–	2,0
2002, Кукурудза на силос	3,8	0,7	–	–	–	–	11,1	7,3	–	1,5
2003, Кукурудза на силос	8,1	1,5	–	–	–	–	23,4	7,3	–	3,2

* з урахуванням соломи, як складової врожаю

його поточного управління. Інші складові енергетичного потенціалу АЛ – сонячна енергія і ґрунтова, піддаються управлінню лише частково. Наприклад, можна розглядати, як спробу управління потоком сонячної енергії, землеробство закритого ґрунту. До заходів щодо управління ґрунтовою енергією слід віднести всі ґрунтоза-

хисні заходи, раціональні сівозміни, внесення органічних добрив тощо. Але все перераховане має лише стратегічну мету в підтриманні та підвищенні запасів ґрунтової енергії на певному рівні і мало впливає на продуктивність АЛ поточного року.

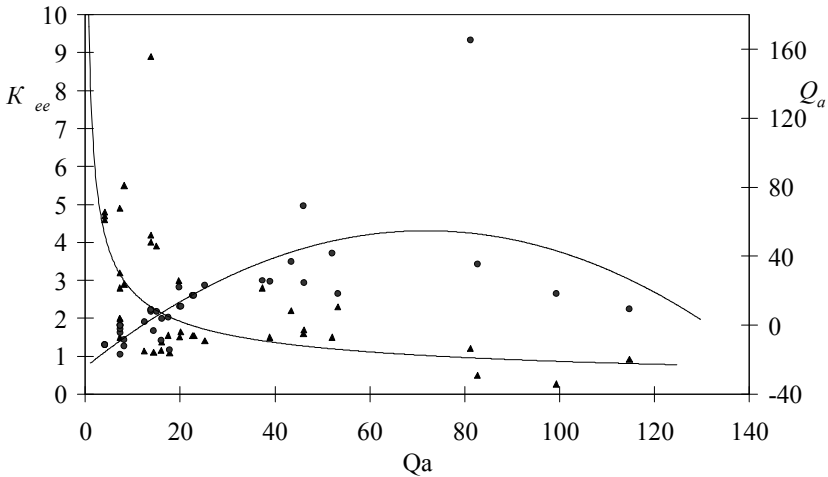


Рис. Залежність між величинами антропогенної енергії ($Q_a \times 1000$ мДж), коефіцієнтом енергетичної ефективності (K_{ee}) та балансом ґрунтової енергії ($Q_e \times 1000$ мДж) для АЛ Степу України

В той же час збільшення величин антропогенної енергії, інтенсифікація землеробства має і суто екологічні застереження. Як відомо [8], безпосередньо до рослин доходить лише 30-50 % діючої речовини добрив, 10-15 % поливної води, а ККД двигунів сільськогосподарських машин не перевищує 15 %. Решта енергії направлена на виконання роботи по хімічному та тепловому забрудненню підземних та поверхневих вод, повітря та ґрунту. А тому існує необхідність в установленні граничної величини антропогенної енергії, перевищення якої приводить до того, що АЛ стає безперервним джерелом емісії хімічних речовин. Слід зауважити, що одночасно з привнесенням антропогенної енергії, як

правило, йде процес зміни кількості ґрунтової складової ЕПАЛ. Зокрема, зменшення величини ґрунтової енергії призводить до інтенсифікації процесів опустелювання [15]. Тобто кількість антропогенної енергії прямо або непрямо викликає як процеси деградації ЕПАЛ, так і негативний вплив на навколишнє середовище. Отже існує необхідність у визначенні її граничної величини антропогенної енергії, як універсального критерію “екологічності” землеробства.

Існують досить загальні оцінки такого критерію. Зокрема О.Жученко [4] вважав, що такою величиною є 168000 мДж/га (40 млн. Ккал). В.Ківер та Д.Онопенко [6] пропонують “як попередню” величину в 5000 – 6000 мДж/га, тобто приблизно в 25-30 разів меншу, ніж у О.Жученко. І в першому, і в другому випадку більш-менш надійних методик та розрахунків не приведено.

На рисунку побудовано залежності між величиною антропогенної енергії в степових АЛ України (Q_a), показником її ефективності (K_{ee}) (крива 1) та балансом ґрунтової енергії (Q_r) (крива 2). При побудові цього графіка використовувалися літературні дані різних авторів [1, 3, 5, 8, 10, 12, 14 та інші], а також власні дані по ПСП “Воронівка” Вознесенського р-ну Миколаївської області. Розрахунок балансу ґрунтової енергії проводився за наступною формулою:

$$Q_r = 21 \cdot 10^3 [y \cdot k_g \cdot k_z - (y \cdot k_n + 0,009 \cdot N)]$$

В цій формулі y – врожайність сільськогосподарських культур (т/га), k_B – коефіцієнт виходу рослинних решток [5, 13], k_r – коефіцієнт гуміфікації [5, 13], k_n – коефіцієнт мінералізації гумусу [5, 13], N – норма азотних добрив (кг д. р.). $21 \cdot 10^3$ – вміст енергії в 1 т гумусу (мДж) [2, 8].

На наш погляд, гранична величина антропогенної енергії в АЛ повинна бути компромісом між енергетичною та екологічною ефективністю землеробства та витратами ґрунтової енергії. Очевидно, що показник енергетичної ефективності для умов мінімальних втрат антропогенної енергії на забруднення навколишнього середовища повинен дорівнювати приблизно 1,7-2,2. Збільшення антропогенних енергетичних витрат до 100000-120000 приводить не

тільки до зменшення енергетичної ефективності агроландшафту ($K_{ee} < 1$), а і до катастрофічного збільшення навантаження навколишнього середовища з викладених вище причин. В той же час, невисокі значення K_{ee} можуть показувати на відносно невеликі врожайності, що, як правило, є наслідком невикористання добрив та зрошення і приводить до від'ємного баланс енергії в ґрунті. Отже, для оцінки граничної величини антропогенної енергії треба знайти певний компроміс між відносно високою екологічною та енергетичною ефективністю її використання ($K_{ee} \sim 1,7-2,2$) та найменні приблизно нульовим балансом ґрунтової енергії в АЛ. Згідно з рис.1 така компромісна величина для степових АЛ України буде дорівнювати приблизно 18000-25000 мДж/га.

В той же час, слід визначити, що ця величина є дуже приблизною і повинна корегуватися з врахуванням структури посівних площ та сівозмін, наявності зрошення тощо. Слід також визначити, що в розрахунках балансу енергії не враховуються ймовірні втрати ґрунтової енергії з процесами водної та вітрової ерозії. На наш погляд, більш точна оцінка граничної величини антропогенної енергії можлива при використанні в графічному аналізі, подібному до рисунку 1, середніх багаторічних величин антропогенної, ґрунтової енергії та K_{ee} на один гектар сівозмінної площі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Амброзьяк Ю.В., Ільченко Т.В. Енергоекономічна ефективність вирощування кукурудзи за безгербіцидною технологією з використанням різних культураторів //Бюллетень Інституту зернового господарства. – 1999. – №10. – С.28-33.
2. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974. – 128 с.
3. Голобородько С.П., Ковтун В.А. Шляхи зниження енерговитрат при вирощуванні кормових культур у степовій зоні України при зрошенні //Таврійський науковий вісник. – 2002. – Вип. 23. – С.186-191.
4. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство. – Кишинев: Изд-во Штиинца, 1990. – 431 с.
5. Каштанов А.Н., Лисецкий Ф.Н., Швец Г.И. Основы ландшафтного земледелия. – М.: Колос, 1994. – 128 с.
6. Ківер В.Х., Онопенко Д.М. Комплексна меліорація земель в адаптивно-ландшафтному землеробстві //Таврійський науковий вісник. – 2004. – Вип. 31. – С.76-81.
7. Медведовський В.В. Енергетичний аналіз робіт на поливних землях // Вісник аграрної науки. – 1987. – №12. – С.75-80.

8. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільському господарстві. – К.: Урожай, 1988. – 208с.
9. Одум Ю. Экология. В 2-х т. Т.1. – М.: Мир, 1986. – 328с.
10. Пабат І.В., Рибка В.С., Чугук В.І. Енергозберігаючі технології вирощування зернових культур після кукурудзи на силос //Бюллетень Інституту зернового господарства – 1999. – №11. – С.3-5.
11. Пиментел Д. Затрати енергії в агрокосистемах //Сельскохозяйственные экосистемы. – М.: Агропромиздат, 1987. – С.119-131.
12. Рибка В.С., Демішев Л.С., Стеблюк А.В. Енергоекономічна оцінка ефективності застосування мінеральних добрив і засобів захисту рослин при вирощуванні ярової твердої пшениці в Степу України //Бюллетень Інституту зернового господарства, 1999. – №10. – С.62-64.
13. Справочник по почвозащитному земледелию. Под ред. И.Н.Безручко и Л.Я.Мильчевской. – К.: Урожай, 1990. – 278с.
14. Ткаліч І.Д., Ковальчук Н.Л. Економічна та енергетична оцінка ефективності виробництва гречки в післяякісних посівах на фоні різних систем обробітку ґрунту і добрив //Бюллетень Інституту зернового господарства. – 1999. – №11. – С.6-9.
15. Чорний С.Г., Тищенко Г.І. Аналіз факторів та елементарних процесів опустелювання (на прикладі Херсонщини) //Наукові записки Вінницького державно-педагогічного університету ім. М.Коцюбинського. Сер. Географія. – Вінниця, 2003. – Вип.6. – С.51-55.

УДК 631.155:633.1

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Р.М.Скупський, асистент

О.Ф.Рожок, старший викладач

А.О.Олейнікова, асистент

Миколаївський державний аграрний університет

Подальша інтенсифікація насінництва зернових культур можлива лише за умов застосування енерго- і ресурсозберігаючих технологій, які на основі більш повного використання генетичного потенціалу сортів і гібридів та відповідної сортової агротехніки підвищують конкурентоспроможність галузі навіть при більш високих витратах на одиницю площі. Енергозберігаюча технологія вирощування насіннєвого матеріалу вимагає системного забезпечення належних умов для повного задоволення потреб рослин, що дає