

УДК 620.95

© С.М. Кухарець к.т.н.; Г.А. Голуб д.т.н.  
Національний університет біоресурсів і природокористування  
України

## **РЕГУЛЮВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ОРГАНІЧНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА**

*В статті представлено алгоритм регулювання використання органічних ресурсів для виробництва біопалива. Виконання такого алгоритму дозволяє визначити доступний потенціал органічної сировини та встановити напрямки конверсії органічної сировини*

### **ОРГАНІЧНІ РЕСУРСИ, БІОМАСА, БІОПАЛИВО**

**Постановка проблеми.** Використання в енергетичному балансі країни палива отриманого на основі органічної сировини аграрного походження, по-перше, скорочує загальні витрати енергії в сільськогосподарському виробництві, по-друге, збільшує обсяг відновлювальних джерел енергії, по-третє, сприяє більш раціональному використанню залишків соломи та стебел основних культур, щорічні накопичення яких складають 15–20 млн т [1]. Раціональне використання біомаси в енергетичних цілях дозволяє зменшити викиди вуглекислого газу, сірки, оксидів азоту в атмосферу та відновити родючий шар ґрунту [1, 2].

Проте використання біопалива потребує ретельного балансування з огляду на продовольчі та енергетичні потреби. Тому, поширення використання біологічних енергоресурсів неможливе без ретельного обґрунтування параметрів його технічного та технологічного забезпечення. При цьому, в процесі перетворення органічної сировини в біопаливо необхідно узгоджувати технічні, технологічні, економічні, екологічні та соціальні показники.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Кожен захід, який пропонується для реалізації в агроєкосистемах повинен бути спрямований на підтримання родючості ґрунту, а за можливістю сприяти 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.

Крім того, важливий вплив на збереження родючості ґрунтів мають технології їх обробітку, вирощування та збирання відповідних сільського господарських культур та параметри техніки, що при цьому застосовується.

Баланс гумусу в сівозміні визначається як різниця між кількістю мінералізованого гумусу та його надходженням за рахунок гуміфікації кореневих решток, поживних 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 кореневих решток та сухої біомаси польових культур є такими, що залежать від урожайності польових культур і які згідно з літературними джерелами змінюються у широких межах [3, 4].

Вихід же 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 витрат при збиранні і стерні, а також витрат соломи на годівлю тварин та на підстилку [5, 6]. Частину соломи використовують для компостування та виробництва твердого біопалива. 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.

Після встановлення обсягів доступної біомаси необхідно розробити напрямки раціонального її використання для енергопотреб, та визначити конструктивно-технологічні параметри обладнання для конверсії сировини рослинного походження.

**Мета дослідження.** Встановити залежності для визначення обсягів рослинної біомаси, що може бути

використана для енергоконверсії. Визначити шляхи удосконалення техніко-технологічного забезпечення з отриманням максимального рівня автономності агроєкосистеми.

**Результати досліджень.** Розглянемо склад типової агроєкосистеми (рис. 1). Така система передбачає вирощування культур у відповідній сівозміні [3]; виробництво основної продукції рослинництва та тваринництва; виробництво кормів для тваринництва та птахівництва; виробництво тепла та енергії із біогазу отриманого в результаті зброджування продуктів життєдіяльності тварин та птиці; підготовка та використання деякої частки незернової частини урожаю на теплові потреби у вигляді пеллет, брикетів, рулонів або січки; виробництво компосту, з використанням відходів конверсії органічної сировини; виробництво рідких біопалив – дизельного та етанолу.

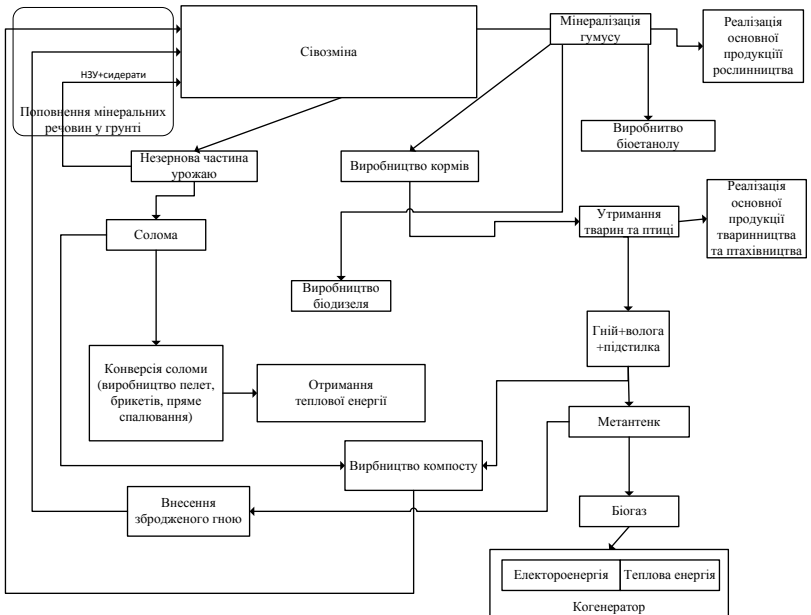


Рис. 1 – Структурна схема моделі агроєкосистеми

Для визначення потенціалу доступної для енерговикористання органічної сировини слід дотримуватись

певних умов, які повинні враховувати дотримання позитивного балансу гумусу, обмеження розміру виділеної посівної площі під відповідні культури, обмеження наявних грошових ресурсів, що можуть бути використанні в рослинництві, забезпечення тваринництва побічною продукцією рослинництва. Тому математична модель, для встановлення потенціалу має вигляд (1–7):

$$\begin{aligned}
 BG = & \sum_{i=1}^n s_i u_i \left( k_{sp}^{iz} k_{sp}^{ia} + k_{mn}^{iz} k_{mn}^{ia} \right) + \\
 & + k_{oc} k_{op} \sum_{j=1}^m N_j T_j \left( m_e^j + m_a^j + m_n^j \right) + \\
 & + k_{oc} \left( \sum_{i=1}^n s_i u_i k_c^i + k_{oc} \sum_{j=1}^m N_j T_j \left( m_e^j + m_a^j + m_n^j \right) \right) +
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 & + s_e u_e k_{oc} - \sum_{i=1}^n k_m^i s_i u_i \geq 0; \\
 CE = & \sum_{i=1}^n s_i u_i \left( k_{mn}^i - \left( k_{mn}^{ia} + k_c^i \right) - \sum_{j=1}^m N_j T_j m_n^j \right) \rightarrow max;
 \end{aligned} \tag{2}$$

$$Z = \sum_{i=1}^n \left( \left( p_{on}^i + p_{mn}^i \left( k_{mn}^i - k_{mn}^{ia} \right) \right) s_i u_i - s_i c_i \right) \rightarrow max; \tag{3}$$

$$k_{mn}^i - \left( k_{mn}^{ia} + k_c^i \right) \geq 0; \tag{4}$$

$$s_i \leq \sum_{i=1}^n s_i; \tag{5}$$

$$s_i \geq s_{min}^i; \tag{6}$$

$$N_j \geq N_{min}^j; \tag{7}$$

де  $BG$  – баланс гумусу сівозміни, кг;  $n$  – кількість культур в сівозміні;  $s_i$  – площа виділена під вирощування  $i$ -ї культури, га;  $u_i$  – урожайність  $i$ -ї культури, ц/га  $k_{sp}^{iz}$ ;  $k_{mn}^{iz}$  – коефіцієнти гуміфікації кореневих решток та побічної продукції  $i$ -ї культури;  $k_{sp}^{ia}$ ;  $k_{mn}^{ia}$  – коефіцієнти що враховують обсяг кореневої системи та побічної продукції, що залишається на полі після збирання  $i$ -ї культури;  $k_{oc}$  – коефіцієнт гуміфікації збродженого гною;  $k_{op}$  – коефіцієнт використання гною в біогазових установках (коефіцієнт збродження гною);  $m$  – кількість груп тварин, що отримують корми із сівозміни;  $N_j$  – поголів'я тварин та птиці  $j$ -

го виду;  $T_j$  – стійловий період поголів'я тварин та птиці  $j$ -го виду, діб;  
 $m_e^j$  – маса екскрементів  $j$ -го виду тварин та птиці, кг/голову за добу;  $m_v^j$  – маса вологи, що надходить в екскременти  $j$ -го виду тварин та птиці, кг/голову за добу;  $m_n^j$  – маса підстилки для  $j$ -го виду тварин та птиці, кг/голову за добу;  $k_{sc}$  – коефіцієнт гуміфікації компостів;  
 $k_c^i$  – коефіцієнт надходження побічної продукції на компостування;  
 $k_{sc}$  – коефіцієнт надходження гною на компостування;  $s_c$  – площа виділена під сидерати, га;  $u_c$  – урожайність сидератів, ц/га;  $k_{sc}$  – коефіцієнт гуміфікації сидератів;  $k_m^i$  – коефіцієнт мінералізації гумусу  $i$ -ю культурою;  $CE$  – вихід із сівозміни побічної продукції рослинництва (соломи) придатної для енергетичних потреб, кг  $k_{mn}^i$  – коефіцієнт виходу побічної продукції  $i$ -ї культури;  $Z$  – прибуток сівозміни, грн;  $p_{om}^i$  – вартість основної продукції  $i$ -ї культур, грн/ц;  $p_{mn}^i$  – вартість побічної продукції  $i$ -ї культур, грн/ц;  $c_i$  – затрати на вирощування та збирання  $i$ -го виду продукції, грн/га;  $s_{min}^i$  – мінімальна площа  $i$ -ї культури в сівозміні, га;  $N_{min}^j$  – мінімальна кількість  $j$ -го виду тварин та птиці.

За показниками, що характеризують сільськогосподарське виробництво упродовж останніх років, було розраховано граничні обсяги рослинної біомаси (соломи), яку можна використати на теплові потреби. Ця залежність, визначена у відсотках до загальної кількості соломи, має такий вигляд:

$$CE\% = -0,6D + 40 \quad (8)$$

де  $D$  – річний дефіцит гумусу, кг/га.

Слід зазначити, що за загального дефіциту гумусу в більше 67 кг/га, використання соломи на теплові потреби неможливе через недотримання умови позитивного балансу гумусу. Граничний обсяг соломи, яку можна використовувати на теплові потреби, за нульового балансу гумусу, становить близько 40 %.

Розрахунок коефіцієнта виходу соломи для енергетичних потреб в Житомирській області згідно моделі (1–7) в

Коростенському, Лугинському, Олевському має від'ємне значення, тобто в цих районах залишок соломи для енергетичних потреб відсутній (табл. 1). В Андрушівському, Бердичівському, Брусилівському, Любарському, Народицькому, Новоград-Волинському, Попільнянському, Романівському, Ружинському, Червоноармійському, Чуднівському районах (райони Лісостепової та декілька районів Перехідної зони) коефіцієнт залишку соломи вищий за загальноприйнятий в Україні.

Таблиця 1 – Розрахунок залишку соломи по районах Житомирської області для енергетичних потреб (в середньому за 2005–2011 рр.)

Райони	Доступна кількість соломи, тис. т	Поголів'я тварин, тис. гол	Потреба в соломі для тварин, тис. т	Бал ґрунту	Посівна площа, тис. га	Розрахунковий залишок, тис. т	Розрахунковий коефіцієнт, %
Андрушівський	64,7	5	3,5	50,0	37,7	23,9	36,9
Баранівський	16,1	3	2,0	35,0	14,4	0,1	0,5
Бердичівський	49,1	5	3,5	47,0	28,4	17,4	35,5
Брусилівський	27,1	3	2,0	39,0	14,1	11,2	41,2
Вол.-Волинський	6,5	3	2,2	29,0	8,6	-4,3	0,0
Смільчинський	28,0	6	4,5	29,0	22,1	1,6	5,6
Житомирський	23,0	3	2,2	40,0	21,2	0,2	1,0
Коростенський	12,4	4	2,5	31,0	16,6	-6,6	0,0
Коростишівський	10,9	2	1,4	38,0	11,7	-2,1	0,0
Лугинський	6,7	2	1,6	28,0	7,1	-2,0	0,0
Любарський	73,9	7	5,2	50,0	35,6	33,4	45,2
Малинський	12,6	2	1,7	26,0	11,1	0,5	4,0
Народицький	5,7	2	1,5	26,0	4,5	-0,1	0,0
Нов.-Волинський	60,8	12	8,4	41,0	34,9	20,0	31,7
Овруцький	28,8	8	5,6	33,0	18,5	4,9	17,0
Олевський	10,1	5	3,2	25,0	9,0	-2,2	0,0
Попільнянський	119,1	15	10,5	49,0	50,6	58,5	49,1

Радомишльський	21,7	4	2,9	29,0	14,1	4,8	22,3
Романівський	24,9	5	3,5	37,0	14,4	7,2	28,8
Ружинський	84,2	15	10,5	58,0	48,5	25,7	30,5
Червоноармійський	17,0	5	3,7	29,0	12,9	0,5	3,1
Черняхівський	15,5	4	2,5	34,0	12,2	0,9	5,5
Чуднівський	60,1	6	3,9	48,0	32,3	24,2	40,2
Разом	778,7	125	87,0	х	480,2	234,8	30,0

Тобто сільськогосподарські підприємства у районах зазначених природно-кліматичних зон мають можливість використовувати солому для енергетичних потреб в більшій кількості, ніж в середньому по Україні. У районах, віднесених до зони Полісся, розрахунковий коефіцієнт нижчий за фіксований, тому в сільськогосподарських підприємствах при прийнятті управлінських рішень щодо використання сільськогосподарської органічної сировини доречним буде корегування процесу конверсії органічної сировини відповідно до поставлених цілей господарювання. Загалом доступний залишок соломи та стебел зернових культур для конверсії в енергоресурс є досить значним і становить у Житомирській області в середньому 234,8 тис. т.

Проте для раціонального використання побічної продукції рослинництва для енергетичних проблем необхідно вирішити ряд технічних проблем.

Для підвищення рівня енергетичної автономності сільськогосподарського виробництва за рахунок біологічного палива у найближчі роки необхідно вирішити такі завдання: визначити ресурсний потенціал біологічних видів палива в сільськогосподарському виробництві; розробити основні принципи проведення енергетичного аудиту сільськогосподарського виробництва та оптимізувати структуру енергетичного обладнання для отримання теплової енергії із біологічних видів палива.

Також необхідно обґрунтувати інфраструктуру для заготівлі, транспортування та зберігання рослинної сировини, що використовується як біологічне паливо; удосконалити обладнання для газифікації рослинної сировини з подальшим отриманням електроенергії; розробити та освоїти виробництво обладнання для отримання теплової енергії шляхом спалювання рослинної сировини у вихрових камерах; удосконалити обладнання для підготовки паливної рослинної сировини шляхом виробництва брикетів та пеллет, в тому числі із добавкою більш калорійних відходів переробки сільськогосподарської сировини.

**Висновок.** Підтримання балансу гумусу в ґрунтах є визначальним фактором при використанні побічної продукції рослинництва на енергетичні потреби. Водночас, кількість побічної продукції, яку можна використати на теплові потреби, обернено пропорційна дефіциту гумусу в ґрунтах сівозміни. Так, збільшення дефіциту гумусу на 10 кг/га зумовлює необхідність зменшення використання побічної продукції на енергетичні потреби на величину до 5 %. Отже, необхідне чітке визначення прийнятих значень показників для розрахунку або методики визначення балансу гумусу для отримання адекватних висновків про можливість використання соломи на теплові потреби.

#### Література

1. Новітні технології біоконверсії: Монографія / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуха, І.П. Григорюк, В.О. Дубровін, А.І. Ємець, Г.М. Забарний, Г.М. Калетник та ін. – К.: Аграр Медіа Груп, 2010. – 326 с.
2. Калетник Г.М. Розвиток ринку біопалив в Україні: монографія / Г.М. Калетник. – К.: Аграр. наука, 2008. – 464 с.
3. Сівозміни у землеробстві України / за редакцією В.Ф. Сайка, П.І. Бойка. – К.: Аграрна наука, 2002. – 147 с.
4. Голуб Г.А. Проблеми використання соломи в якості палива / Г.А.Голуб // Вісник аграрної науки. – 2010. – № 8. – С. 49–52.
5. Голуб Г.А. Науково-технічні та економічні Проблеми виробництва і використання біопалив у агроєкосистемах / Г.А.Голуб // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія “Механізація та автоматизація виробничих процесів.” – Випуск 1 (21). – Суми: СНАУ, 2010. – 172 с. – С. 72–80.
6. Кухарець С.М. Енергоавтономність агроєкосистем на основі біологічних видів палива / Кухарець С.М. // Зб. наук. пр. Спеціальний випуск до VII науково–практичної конференції «Сучасні проблеми збалансованого природокористування». – Кам’янець-Подільський: ПДАТУ, 2012. – С.149–154.