

Ю.М. ГАЛЬЧИНСЬКА, кандидат економічних наук, доцент

Оцінка потенціалу біомаси побічної продукції сільськогосподарських культур в аграрному секторі економіки

Мета статті - удосконалити методичні підходи щодо оцінки енергетичного потенціалу біомаси побічної продукції сільськогосподарських культур в Україні, розглянути можливості його реалізації та послаблення імпортозалежності від традиційних видів енергетичних ресурсів.

Методика дослідження. В процесі дослідження використано методи: індукції, дедукції, що дало можливість виокремити та поглибити обґрунтування доцільності використання видів біомаси, які не створюють протиріч із продовольчим забезпеченням; системний підхід для послідовної оцінки економічного енергетичного потенціалу конкретних видів біомаси; аналізу та синтезу, групування, що дозволило здійснити оптимальний розподіл виробленої біомаси соломи за потребами; графічний, табличний, метод порівняння дали змогу виявити просторові й часові особливості формування біомаси сільськогосподарського походження; абстрактно-логічний, статистичний, розрахунково-конструктивний, кореляційно-регресійного аналізу та ін.

Результати дослідження. Здійснено оцінку економічного енергетичного потенціалу біомаси побічної продукції сільськогосподарських культур в сільськогосподарських підприємствах, яка отримана після обрізки плодових дерев і винограду, відходів від обробки деревини, промислової переробки сільськогосподарської сировини, соломи та рослинних відходів, що дало можливість визначити загальні можливості аграрного сектору в енергетичному забезпеченні без загроз продовольчій безпеці держави.

Елементи наукової новизни. Запропоновано методичний підхід оптимального розподілу побічної продукції зернових колосових культур, зокрема соломи, за потребами у добривах, для підстилки тварин та для виробництва біоенергії. Запропоновано комплексний підхід та на його основі здійснено розрахунок сукупного економічного енергетичного потенціалу біомаси, отриманої в сільському господарстві без створення загроз продовольчій безпеці держави.

Практична значущість. Здійснено оцінку сукупного економічного енергетичного потенціалу біомаси побічної продукції сільськогосподарських культур в аграрному секторі як у цілому по Україні, так і по регіонах, проведено деталізовані розрахунки по окремих джерелах отримання біомаси, які не є основною продукцією сільського господарства. Табл.: 9. Рис.: 4. Бібліогр.: 21.

Ключові слова: біомаса; біоенергетика; біопаливо; енергетична проблема; сільськогосподарська сировина для виробництва біопалива; традиційні види пального.

Гальчинська Юлія Миколаївна - кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри маркетингу та міжнародної торгівлі, Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, вул. Героїв Оборони, 11)
E-mail: galchynskaya@gmail.com

Постановка проблеми. Україна володіє значними обсягами земельних ресурсів для ведення сільськогосподарського виробництва і здатна не лише забезпечити власні потреби в продуктах харчування, а й виробляти сировину для біоенергетики. Це набуває особливого значення з огляду на те, що лише трохи більше половини внутрішнього споживання первинної енергії задовольняється за рахунок власних енергетичних ресурсів. За такої імпортозалежності традиційних видів енергоресурсів необхідно відходити від енергоємних технологій та вишукувати альтернативні шляхи задоволення енергетичних потреб. Для цього необхідні всебічне дослідження джерел наявних біо-

енергетичних ресурсів у вітчизняному аграрному секторі, оцінка потенціалу біомаси, можливостей залучення її у процес переробки в кінцевий енергетичний продукт, розроблення стратегій цільового використання. При цьому слід враховувати, що аграрні відтворювальні цикли тісно пов'язані з біологічними законами та мають сезонний характер виробничих процесів. У свою чергу це буде зумовлювати особливості виробничих циклів при переробці біомаси, в тому числі й у біопаливо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення можливостей залучення додаткових альтернативних джерел енергії, зокрема біологічних, застосування принципів збереження енергії, оцінка енергетичного потенціалу біосфери, пошук шляхів його

реалізації знаходимо у фундаментальних працях таких науковців, як В. Вернадський [2], Г. Гельмгольц [6], Ф. Кене [11], С. Подолинський [14] та ін. У подальшому, із розвитком біологічної та хімічної наук праці згаданих учених були покладені в основу досліджень щодо пошуку технологій акумуляції та переробки біомаси у різні види біопалива (біогаз, біодизель, біоетанол). Відомі праці Г. Гелетухи [5], С. Девянина [8], В. Дубровіна [1], Л. Сльоза [15] та інших науковців. Дослідження економічних та організаційних аспектів цих проблем представлені в наукових працях Г. Голуба [7], Г. Калетніка [10], І. Кириленка [12], В. Месель-Веселяка [13], О. Шпичака [9, 16] та інших [17-21].

Мета статті - удосконалити методичні підходи щодо оцінки енергетичного потенціалу біомаси побічної продукції сільськогосподарських культур в Україні, розглянути можливості його реалізації та послаблення імпортозалежності від традиційних видів енергетичних ресурсів.

Виклад основних результатів дослідження. Останніми роками, у зв'язку зі світовою енергетичною кризою, продукція й відходи сільського господарства почали розглядати як паливні ресурси. Найбільший енергетичний потенціал серед продукції і відходів сільського господарства припадає на тверду біомасу. Важливою передумовою ефективного використання твердої біомаси сільського господарства в біоенергетиці виступає правильна та достовірна оцінка її потенціалу.

При цьому існує ряд коригуючих факторів, які впливають на оцінку та які практично неможливо врахувати при прогнозі енергетичного потенціалу біомаси. Зокрема це погодні умови, кліматичні зміни, різноманітні стихійні явища, що впливають на врожайність і біологічний розвиток рослин. Тому під час таких розрахунків та їх використання важливо здійснювати відповідні коригування.

На сьогодні набуває поширення виробництво енергії біопалива з біомаси обрізків та викорчуваних багаторічних сільськогосподарських насаджень, що являє собою перспективний і важливий напрям для підвищення енергетичної безпеки на місцевому та національному рівнях. Деревина, що утворюється від обрізків та залишається після очищення виноградників і фруктових

садів наприкінці виробничого циклу, є одним із видів аграрних відходів, які зазвичай спалюють або заорюють у ґрунт з метою їх утилізації.

Деревина, одержана в процесі обрізки чи викорчування багаторічних сільськогосподарських плантації, може бути використана як для власних енергетичних потреб господарства (заміщення природного газу, вугілля), так і реалізована у вигляді дров, тріски чи гранул. Теперішня вітчизняна практика поводження з такими відходами - їх накопичення й спалювання у відкритому вогнищі, та інколи - подрібнення і заорювання у ґрунт з метою підвищення його родючості.

Для оцінки економічного енергетичного потенціалу біомаси обрізків та викорчуваних багаторічних сільськогосподарських насаджень доцільно застосовувати методичний підхід, який враховує динамічні зміни у розмірах площ під відповідними насадженнями, технічну доступність обрізок та їх теплотворну здатність. Формула матиме наступний вигляд:

$$P_e = \sum_{i=1}^n Spac_i \cdot Pr_i \cdot Kt_i \cdot Koe_i, \quad (1)$$

де $Spac_i$ - площа під виноградниками або плодовими деревами i -го виду у плодоносному віці, га;

Pr_i - питомий вихід обрізок виноградників або плодівих дерев i -го виду у плодоносному віці для розрахунку теоретичного потенціалу біомаси, т/га;

$Kt_i = 0,8$ (орієнтовне значення) - коефіцієнт технічної доступності обрізок для розрахунку технічного потенціалу біомаси;

Koe_i - коефіцієнт перерахунку потенціалу біомаси у нафтовий еквівалент: теплотворна здатність відходів рослинництва/теплотворна здатність нафтового еквівалента.

На основі зазначеної методики здійснено оцінку економічного енергетичного потенціалу деревини із обрізків плодівих дерев та виноградників у сільськогосподарських підприємствах України в динаміці (табл. 1). Встановлено, що в цілому протягом 2010-2017 рр. він зменшився практично вдвічі - до 61,3 тис. т н.е. у 2017 р. Це відбулося переважно за рахунок зменшення площ під виноградниками внаслідок окупації Автономної Республіки Крим. Саме на них припала найбільша частка - 49%, у структурі економічного енергетичного потенціалу.

1. Оцінка економічного енергетичного потенціалу деревини з обрізків плодових дерев та виноградників у сільськогосподарських підприємствах України

Насадження	2010		2015		2016		2017		2017 до 2010, %
	тис. т н.е.	структура, %	тис. т н.е.	структура, %	тис. т н.е.	структура, %	тис. т н.е.	структура, %	
Виноградники	51,6	49,2	27,5	40,5	28,4	44,9	26,9	43,9	52,1
Зерняткові	42,5	40,5	32,9	48,5	28,2	44,5	27,7	45,2	65,2
Кісточкові	10,8	10,3	7,5	11,0	6,8	10,7	6,7	10,9	62,0
Разом	104,9	100,0	67,9	100,0	63,3	100,0	61,3	100,0	58,4

Джерело: Розраховано автором.

Також було здійснено оцінку по областях, що забезпечує ширші можливості для пошуку напрямів реалізації останнього (рис. 1). Встановлено, що найбільше біомаси з обрізків виноградників отримують у Миколаївській - 4,8 тис. т н.е., Одеській - 18,8 тис. т

н.е. та Херсонській - 3,4 тис. т н.е. областях. Це пояснюється географічним розташуванням згаданих областей та сприятливими кліматичними умовами для вирощування виноградників і плодових дерев.



Рис. 1. Географія економічного енергетичного потенціалу деревини з обрізків плодових дерев та виноградників в Україні у 2017 р., тис. т н.е.

Джерело: Побудовано автором.

Крім того, необхідно розглянути підходи до визначення енергетичного потенціалу відходів від деревини у лісовому господарстві. Такі відходи класифікуються за двома групами: лісові та виробничі. Перша група - це відходи із загиблих дерев, опалих гілок, згорілих дерев і відходів, що одержують у результаті заготівлі, вибракування і транспортування. Друга група - вибракування дерев.

Враховуючи зазначену класифікацію доцільно використати наступний підхід для визначення енергетичного потенціалу відходів деревини:

$$P_{дер} = (V_{дер} \cdot K_1 + (V_{дер} - V_{екс}) \cdot K_2 + V_{дер} \cdot Q_{дер}), \quad (2)$$

де $V_{дер}$ - об'єм заготівлі деревини, m^3 ;
 $K_1 = 0,1$ - коефіцієнт відходів при лісозаготівлі;

$V_{екс}$ - об'єм лісу (кругляку), поставленого на експорт, m^3 ;

$K_2 = 1 - (0,2 \dots 0,25) = 0,8 \dots 0,75$ - сумарний коефіцієнт відходів первинної і вторинної переробки деревини;

$Q_{дер}$ - теплотворна здатність щільної деревини при лісозаготівлі.

На основі цього підходу визначаємо економічний енергетичний потенціал відходів деревини в Україні та його зміни у просторовому вимірі (табл. 2).

2. Оцінка економічного енергетичного потенціалу відходів деревини в Україні

Рік	Заготівля деревини, тис. м ³ щільн.	Експорт деревини, тис. м ³ щільн.		Об'єми відходів деревини		Заготівля дров, тис. м ³ щільн.	Енергетичний потенціал відходів деревини, тис. т н.е.
		лісо-матеріали	деревина паливна	лісозаготівля, тис. м ³ щільн.	перероблення, тис. м ³ щільн.		
2010	16145,6	2933	900	1615	8619	4102,0	2783,6
2015	19267,7	3009	1698	1927	10192	6293,8	3646,2
2016	19605,7	2075	1703	1961	11080	6922	3934,7
2017	18913,9	14,2	1474	1891	12198	7172	4146,5
2017 до 2010, %	117,1	0,5	163,8	117,1	141,5	174,8	149,0

Джерело: Розраховано автором за даними статистичного збірника «Довкілля України».

Протягом 2010-2017 рр. відбулося нарощування заготівлі деревини на 17%, або на 2768 тис. м³, що у свою чергу збільшило й об'єми відходів деревини через лісозаготівлю та переробку, відповідно на 17 та 41,5%. І хоча заготівля дров зросла на 75%, або 3070 тис. м³, спрямованість тенденцій в їх щорічних змінах подібна. Зважаючи на те, що з 1 листопада 2015 р. забороняється вивезення за межі митної території України в митному режимі експорту необроблених лісоматеріалів: деревних порід (крім сосни) - з 1 листопада 2015 р., деревних порід сосни -

з 1 січня 2017 р., обсяги «офіційного» експорту «ділової» деревини зменшилися. Проте, за оцінками експертів, рівень вирубування лісів не зменшився, а лише перейшов у тіньову площину. У проведених розрахунках неможливо враховувати ці обсяги сировини через відсутність достовірної інформації.

У цілому спостерігається тенденція до стійкого збільшення заготівлі деревини і, відповідно, зростання енергетичного потенціалу відходів такої.

Аналогічні розрахунки виконані по областях (рис. 2).



Рис. 2. Географія оцінки енергетичного потенціалу деревної біомаси у 2017 р., тис. т н.е.

Джерело: Побудовано автором.

Також як один із видів біомаси та відповідно джерел енергетичної сировини слід вказати побічні продукти виробництва і переробки сільськогосподарських культур - соломі, соняшникові стебла та лушпиння, стебла кукурудзи тощо. Окремі із них можна

використовувати як добрива та приорювати, наприклад соломі. В такому випадку сільськогосподарський товаровиробник повинен оцінити доцільність того чи іншого напрямку використання побічної продукції залежно від власних потреб і економічних умов.

Для оцінки економічного енергетичного потенціалу біомаси з побічних продуктів виробництва продукції рослинництва та її переробки було використано наступну формулу:

$$P_e = \sum_{i=1}^n Cpr_i \cdot Kr_i \cdot Koe_i, \quad (3)$$

де Cpr_i - обсяг переробленої сировини i -го типу (наприклад, насіння соняшнику);

Kr_i - коефіцієнт відходів, що визначає обсяг утворення відходів при обробці певного виду сировини;

Koe_i - коефіцієнт перерахунку потенціалу біомаси у нафтовий еквівалент: теплотворна здатність відходів переробки / теплотворна здатність нафтового еквівалента.

Розрахунки здійснено на прикладі лушпиння соняшнику та рису. Дослідження свід-

чать, що протягом 2010-2017 рр. обсяги переробки насіння соняшнику збільшилися на 65% та досягли 11,1 млн т. Щодо рису ситуація протилежна - вони зменшилися більше ніж удвічі - до 63,9 тис. т обсягів виробництва, що у свою чергу зумовлено анексією АР Крим.

Зазначені тенденції позначилися на змінах економічного енергетичного потенціалу відходів переробленої сировини в Україні протягом 2010-2017 рр. (табл. 3). Загальний економічний енергетичний потенціал відходів переробленої сировини підвищився майже вдвічі - до 602 тис. т н.е., за рахунок збільшення обсягів виробництва та площ під посівами соняшнику, що, насамперед, відбулося через високу маржинальність цієї культури.

3. Оцінка економічного енергетичного потенціалу відходів переробленої сировини в Україні

Сировина	2010		2015		2016		2017		2017 до 2010, %
	тис. т н.е.	структура, %	тис. т н.е.	структура, %	тис. т н.е.	структура, %	тис. т н.е.	структура, %	
Лушпиння насіння соняшнику	363	96,8	421	98,6	490	99,0	596	99,0	164,2
Лушпиння рису	12,2	3,3	5,4	1,3	5,6	1,1	5,5	0,9	45,1
Разом	375	100	427	100	495	100	602	100	160,5

Джерело: Розроблено автором.

Розрахунок економічного енергетичного потенціалу відходів переробленої сировини сільськогосподарських підприємств України

по областях представлено за даними 2017 р. (рис. 3).



Рис. 3. Географія оцінки економічного енергетичного потенціалу біомаси відходів переробної промисловості (лушпиння соняшнику та рису) у 2017 р., тис. т н.е.

Джерело: Побудовано автором.

Встановлено, що найбільше біомаси сконцентровано в Одеській, Запорізькій, Миколаївській та Кіровоградській областях, де зосереджено виробництво соняшнику. Відповідно більша частка лушпиння рису у структурі біомаси в Херсонській та Одеській областях, що підтверджується сприятливими кліматичними умовами для вирощування цієї культури.

Крім того, розрахунки потенціалу біомаси виконані в частині таких побічних продуктів вирощування зернових та олійних культур, як солома та стебла кукурудзи. Проблематичністю такої оцінки є складність визначення обсягів соломи, зібраної у кожному регіоні, враховуючи застосування різних технологій для вирощування зернових культур.

У розрахунках було прийнято теоретичну величину виходу соломи, яка змінна в динаміці й залежить від урожайності зернових і олійних культур. Так, для озимої пшениці з урожайністю 10-25 ц/га вихід побічної продукції знаходиться в межах 20,4-45,9 ц/га, а з урожайністю 26-40 ц/га урожайність соломи становить 46,7-57,9 ц/га. Виходячи з цього побудовано рівняння лінійної залежності виходу побічної продукції від урожайності основної культури (рис. 4). Хоча зауважимо, що існують низькостебельні сорти озимої пшениці із високою урожайністю.

За даним рівнянням розраховано теоретичний вихід соломи за роками, яке має вигляд: $Y = a_0 + a_1 X$.

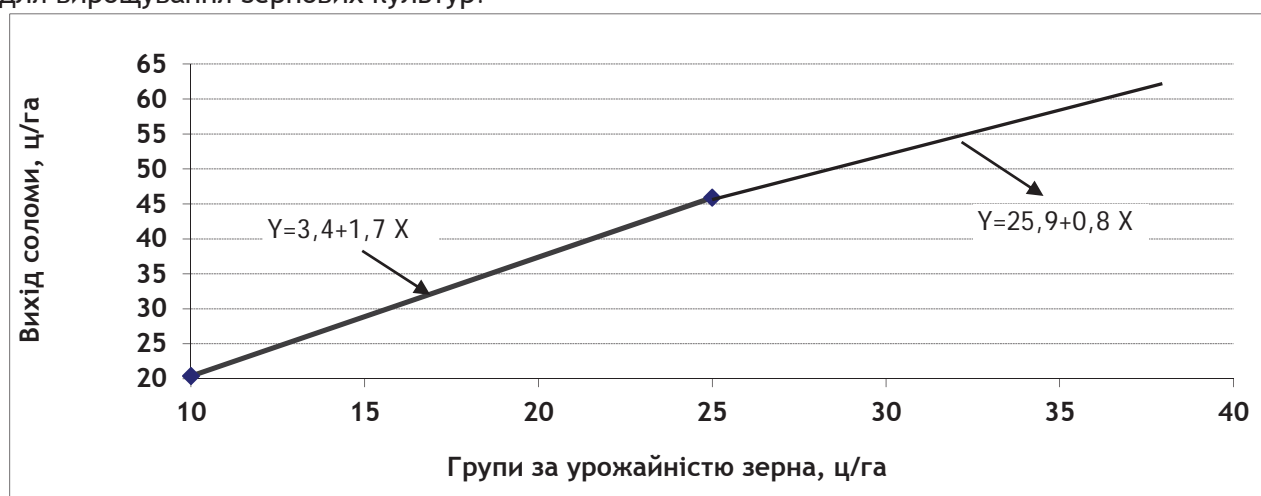


Рис. 4. Рівняння залежності виходу соломи від урожайності пшениці озимої

Джерело: Розраховано й побудовано автором.

При розрахунку енергетичного потенціалу за регіонами нами було враховано відмінності у рівні урожайності залежності від вирощуваних сортів в тій чи іншій природно-

кліматичній зоні. Для цього побудовано рівняння різних видів зернових і олійних культур залежно від виходу побічної продукції при різній урожайності (табл. 4).

4. Рівняння залежності виходу побічної продукції від урожайності основної

Вид продукції	Рівень урожайності, ц/га	Рівняння регресії
Озиме жито	10-25	$Y = 8,47 + 1,33 X$
	26-40	$Y = 25,0 + 1,0 X$
Озима пшениця	10-25	$Y = 3,4 + 1,7 X$
	26-40	$Y = 25,9 + 0,8 X$
Яра пшениця	10-20	$Y = 4,2 + 1,3 X$
	21-30	$Y = 19,8 + 0,5 X$
Ячмінь	10-20	$Y = 6,5 + 0,9 X$
	21-35	$Y = 6,95 + 0,91 X$
Овес	10-20	$Y = 1,2 + 1,5 X$
	21-35	$Y = 16,45 + 0,69 X$
Просо	2-20	$Y = 4,5 + 1,5 X$
	21-30	$Y = -7,0 + 2,0 X$
Кукурудза	10-35	$Y = 17,5 + 1,2 X$
	36-110	$Y = 25,95 + 0,95 X$

Горох	5-21	$Y=4,91+1,22 X$
	22-30	$Y=3,0+1,2 X$
Гречка	5-15	$Y=4,7+1,7 X$
	16-30	$Y=10,09+1,31 X$
Соняшник	8-30	$Y=5,3+1,8 X$
	31-40	$Y=24,67+1,13 X$
Соя	5-15	$Y=4,7+1,7 X$
	16-30	$Y=18,43+0,79 X$
Ріпак	5-15	$Y=4,7+1,7 X$
	16-30	$Y=18,43+0,79 X$

Джерело: Розраховано автором.

Враховуючи наведені вище дані було визначено вихід побічної продукції різних видів зернових та олійних культур у сільськогосподарських підприємствах України протягом 2010-2017 рр. (табл. 5) Результати досліджень свідчать, що обсяг побічної продукції збільшився по таких культурах, як куку-

рудза, соняшник, ріпак та соя, відповідно до збільшення обсягів виробництва через високу прибутковість їх вирощування. Зокрема вихід побічної продукції збільшився по кукурудзі, соняшнику та сої - вдвічі, по ріпаку - в півтора раза.

5. Вихід побічної продукції зернових та олійних культур у сільськогосподарських підприємствах України, тис. т

Культури	2010	2015	2016	2017	2017 до 2010, %
Озиме жито	553	388	407	587	106,1
Озима пшениця	22379	30294	28663	28434	127,1
Яра пшениця	757	445	527	569	75,2
Ячмінь	6770	5483	6302	5074	74,9
Овес	398	303	288	247	62,1
Просо	171	293	249	87	50,9
Кукурудза	14458	26958	31863	29191	201,9
Горох	827	572	1022	1512	182,8
Гречка	285	207	287	313	109,8
Соняшник	12109	20763	25486	24177	199,7
Ріпак	2713	3238	2132	4081	150,4
Соя	3143	7124	7618	7004	222,8

Джерело: Розраховано автором на основі даних Державної служби статистики України.

Таким чином, можна припустити, що обсяг виробленої соломи буде достатнім для різних напрямів використання, зокрема для приорування як добрива, на підстилку для худоби і частини - за енергетичним призначенням.

Поглиблений аналіз досліджень європейських і американських науковців свідчить, що на задоволення енергетичних потреб доцільно залучати 30% від загального обсягу вирощеної соломи (тобто 30% теоретичного потенціалу). Решти обсягу достатньо для задоволення потреб тваринництва та удобрення ґрунту.

При розрахунку економічного потенціалу біомаси пропонується методичний підхід до визначення залишків соломи, що враховуватиме сучасні економічні умови України та стан вітчизняного тваринництва.

Отже, алгоритм визначення теоретичного виходу побічної продукції (соломи) матиме вигляд послідовного розрахунку наступних показників:

- доступної кількості соломи та післяжнивних решток з урахуванням коефіцієнта втрат;
- обсяг побічної продукції, що буде використано як добрива;
- потреба соломи для тваринництва (на корми та підстилку);
- надлишок соломи як різниця між доступною кількістю соломи та розрахунковими потребами для тваринництва та як добриво.

На основі запропоновано підходу солому розподілено за пропонуваними напрямками використання (табл. 6). При цьому враховано, що на годівлю і підстилку використовується переважно солома пшениці, ячменю та жита.

6. Розподіл соломи зернових колосових культур за напрямками використання в сільськогосподарських підприємствах в Україні

Показник	2010	2015	2016	2017	2010	2015	2016	2017
	Для внесення як добриво, тис. т				Для підстилки і на корм тваринам, тис. т			
Усього	14443	17079	16960	16532	3909	3236	3092	2971
У т.ч. озиме жито	249	174	183	264	71	34	35	50
озима пшениця	10071	13632	12898	12795	2872	2678	2468	2437
яра пшениця	341	200	237	256	97	39	45	49
ячмінь	3047	2468	2836	2283	869	485	543	435
овес	179	136	130	111	-	-	-	-
просо	77	132	112	39	-	-	-	-
горох	351	243	434	643	-	-	-	-
гречка	128	93	129	141	-	-	-	-
	Для енергетичного використання, тис. т				Частка енергетичного використан- ня у валовому зборі соломи, %			
Усього	10534	13843	13868	13561	32,8	36,4	36,7	36,8
У т.ч. озиме жито	178	140	148	214	32,2	36,1	36,4	36,5
озима пшениця	7198	10955	10430	10358	32,2	36,2	36,4	36,4
яра пшениця	243	161	192	207	32,1	36,2	36,4	36,4
ячмінь	2178	1983	2293	1848	32,2	36,2	36,4	36,4
овес	179	136	130	111	45,0	44,9	45,1	44,9
просо	77	132	112	39	45,0	45,1	45,0	44,8
горох	351	243	434	643	42,4	42,5	42,5	42,5
гречка	128	93	129	141	44,9	44,9	44,9	45,0

Джерело: Розраховано автором.

Результати розрахунків обсягів соломи за напрямками враховують тенденції, що склалися в рослинницькій і тваринницькій галузях. Частка соломи для енергетичного використання коливається залежно від культури в межах 36,5-45%. Обсяг соломи для енергетичного використання накопичується переважно за рахунок озимої пшениці, на яку припадає 60-75%.

Крім соломи зернових колосових культур розраховано частину біомаси, що формується за рахунок побічної продукції олійних культур. За результатами дослідження, саме за рахунок цих культур та кукурудзи протягом 2010-2017 рр. збільшився обсяг біомаси, доступний для виробництва біоенергії (табл. 7).

7. Обсяг соломи та інших побічних продуктів зернових та олійних культур, доступних для виробництва біоенергії, тис. т

Культура і відходи	2010	2015	2016	2017	2017 до 2010, %
Солома зернових колосових культур	10534	13843	13868	13561	128,7
Солома ріпаку	2441	2915	1919	3673	150,5
Солома сої	2829	6412	6857	6303	222,8
Стебла кукурудзи	11166	21139	25204	22857	204,7
Стебла соняшнику	8477	13379	16554	15132	178,5

Джерело: Розраховано автором.

Встановлено, що у 2017 р. порівняно із 2010 р. майже всі досліджувані види сировини для виробництва енергії збільшилися в обсягах, крім соломи вівса, ячменю та проса, що зумовлено зменшенням площ посівів та кількості збору згаданих культур.

При розрахунку економічного енергетичного потенціалу соломи і рослинних відходів використано наступну формулу:

$$P_c = \sum_{i=1}^n V_{c_i} \cdot \text{Кое}_i, \quad (4)$$

де V_{c_i} - обсяг соломи, доступної для виробництва енергії i -го типу;

Кое_i - коефіцієнт перерахунку потенціалу біомаси у нафтовий еквівалент: теплотворна здатність відходів переробки / теплотворна здатність нафтового еквівалента.

Застосування цього підходу дало можливість визначити загальний енергетичний по-

тенціал соломи і рослинних відходів та його структуру по окремих видах біомаси (табл. 8).

8. Оцінка економічного енергетичного потенціалу соломи і рослинних відходів в Україні

Вид біомаси	2010		2015		2016		2017		2017 до 2010, %
	тис. т н.е.	структура, %	тис. т н.е.	структура, %	тис. т н.е.	структура, %	тис. т н.е.	структура, %	
Солома жита	62	0,7	48	0,3	51	0,3	74	0,5	119,4
Солома пшениці	2575	29,1	3846	27,5	3675	24,4	3656	24,8	142,0
Солома ячменю	753	8,5	686	4,9	793	5,3	640	4,3	85,0
Солома вівса	62	0,7	47	0,3	45	0,3	38	0,3	61,3
Солома проса	27	0,3	46	0,3	39	0,3	13	0,1	48,1
Солома гречки	122	1,4	84	0,6	150	1,0	222	1,5	182,0
Солома гороху	44	0,5	32	0,2	45	0,3	49	0,3	111,4
Солома ріпаку	874	9,9	1043	7,4	687	4,6	1315	8,9	150,5
Солома сої	979	11,1	2218	15,8	2372	15,8	2181	14,8	222,8
Стебла кукурудзи	2133	24,1	4038	28,8	4814	32,0	4366	29,7	204,7
Стебла соняшнику	1212	13,7	1913	13,7	2367	15,7	2164	14,7	178,5
Усього	8842	100,0	14002	100,0	15039	100,0	14718	100,0	166,5

Джерело: Розраховано автором.

Результати дослідження свідчать, що енергетичний потенціал соломи і рослинних відходів у 2017 р. становив 14718 тис. т н.е., що на 66,5 % більше порівняно з 2010 р. Найбільша частка у його структурі припадає на біомасу із соломи пшениці, сої, стебел кукурудзи та соняшнику. В регіональному аспекті найвищі обсяги потенційної біомаси у Вінницькій, Волинській, Івано-Франківській, Тернопільській, Сумській та Рівненській областях.

Ще одним джерелом біомаси, яку можна отримати в сільськогосподарському виробництві, є гній сільськогосподарських тварин

та птиці, а також вирощування енергетичних культур. Результати дослідження та оцінювання економічного енергетичного потенціалу за цими напрямками були висвітлені у публікаціях [3-4]. Тут наведено лише результативні показники цих розрахунків.

Таким чином, враховуючи вищезазначені складові сільськогосподарської біомаси у сільськогосподарських підприємствах країни, визначено сукупний економічний енергетичний потенціал біомаси для виробництва біоенергетичного палива в цілому по Україні (табл. 9).

9. Оцінка сукупного економічного енергетичного потенціалу біомаси у сільськогосподарських підприємствах України

Види біомаси	2010		2015		2016		2017		2017 до 2010, %
	тис. т н.е.	структура, %	тис. т н.е.	структура, %	тис. т н.е.	структура, %	тис. т н.е.	структура, %	
1. Первинні відходи рослинництва (солома та стебла)	8842	56,8	14002	63,3	15039	64,2	14718	57,7	166,5
2. Обрізки плодівих дерев	105	0,7	68	0,3	63	0,3	61	0,2	58,1
3. Відходи переробної промисловості	375	2,4	427	1,9	495	2,1	602	2,4	160,5
4. Деревна біомаса	2784	17,9	3646	16,5	3935	16,8	4147	16,3	149,0
5. Біогаз з гною (на усе поголів'я)	758	4,9	719	3,2	681	2,9	655	2,6	86,4
6. Енергетичні культури	1887	12,1	2331	10,5	2284	9,8	3692	14,5	195,7
у т.ч. верба	908	5,8	1122	5,1	1100	4,7	1778	7,0	195,8

міскантус	607	3,9	750	3,4	735	3,1	1189	4,7	195,9
тополя	371	2,4	458	2,1	449	1,9	726	2,8	195,7
7.Кукурудза (на біогаз)	942	6,0	1164	5,3	1141	4,9	1816	7,1	192,8
Усього	15575	100	22135	100	23417	100	25499	100	163,7

Джерело: Розраховано автором.

Загальний економічний енергетичний потенціал біомаси в Україні в 2017 р. оцінювався у 25,5 млн т н.е. Найбільшими за часткою складовими потенціалу виявилися первинні відходи рослинництва (57,7%), енергетичні культури (14,5%), деревна біомаса (16,3%).

Висновок. Україна – одна з європейських країн, що найбільшою мірою залежить від природних енергетичних ресурсів, особливо від природного газу. Проблема загострюється тим, що ці ресурси зменшуються наростаючими темпами. На нашу думку, для України її вирішення знаходиться в площині реалізації наявного потенціалу сільськогосподарської біомаси, для якої характерні особливості походження по регіонах. Проте усі види такої можуть бути використані для заміщення природного газу та енергетичних природних ресурсів. В результаті досліджень здійснено оцінку економічного енергетичного потенціалу по кожного виду біо-

маси сільськогосподарського походження та визначено енергетичний потенціал для кожної області України. Так, найбільший економічний енергетичний потенціал біомаси виявлено в областях: Житомирській – 1851 тис. т н.е., Чернігівській – 1771 тис. т н.е., Сумській – 1570 тис. т н.е., Вінницькій – 1528 тис. т н.е. Оскільки він формується переважно за рахунок деревної біомаси та стебел кукурудзи, найефективніше розвивати такий потенціал в Поліському регіоні та деяких областях Лісостепу. Забезпечення України енергоресурсами та зниження імпортозалежності за рахунок переробки досліджуваних видів біомаси на біопаливо мають суттєву перевагу над іншими, адже не створюється загроз продовольчій безпеці держави, бо залучаються не основні види продукції сільського господарства та наявна можливість використання непридатних для аграрного виробництва земельних ресурсів.

Список бібліографічних посилань

1. Біопалива (технології, машини і обладнання) / В. Дубровін, М. Корчемний, І. Масло, О. Шептицький та ін. Київ : ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. 256 с.
2. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. Москва : Айрис-пресс, 2004. 576 с.
3. Гальчинська Ю. М. Оцінка можливостей вітчизняного аграрного сектора при вирощуванні енергетичних культур для отримання біоенергетичного палива. *Економіка і Регіон*. 2019. № 1. С. 18-24.
4. Гальчинська Ю. М. Розвиток вітчизняного потенціалу виробництва біогазу. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Економічні науки»*. 2018. № 5. С. 56-67
5. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А. Біоенергетика в Україні: стан розвитку, бар'єри та шляхи їх подолання. *Біоенергетика/Bioenergy*. 2014. № 1 (3). С. 16-19.
6. Гельмгольц Г. О сохранении силы (физическое исследование). Москва: Госиздат, 1922. URL : https://archive.org/details/libgen_00320030/page/n9.
7. Голуб Г. А., Лук'янець С. В. Інвестиційна привабливість виробництва і використання дизельного біопалива. *Економіка АПК*. 2013. № 2. С. 54-61.
8. Девянин С. Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. Х.: Новое слово, 2007. 452 с.
9. Економічна ефективність виробництва біопалива в контексті продовольчої та енергетичної безпеки України / О. М. Шпичак, С. А. Стасіневич, Т. В. Куць, Є. А. Михайлов та ін. Київ : ЗАТ «Нічлава», 2010. 294 с.
10. Калетнік Г. М., Пришляк Н. В. Виробництво біоетанолу з цукрових буряків – один із головних чинників стабілізації галузі. *Економіка АПК*. 2013. № 3. С. 65-69.
11. Кенз Ф., Тюрго А. Р. Ж., Дюпон де Немур П. С. Физикраты. Избранные экономические произведения / предисл. П. Н. Клюкин; пер. с франц., англ., нем. Москва : Эксмо, 2008. 1200 с.

References

1. Dubrovin, V., Korchemnyi, M., Maslo, I., Sheptytskyi, O., et al. (2004). *Biopalyva (tekhnologii, mashyny i obladnannia) [Biofuels (technologies, machines and equipment)]*. Kyiv: TsTI "Enerhetyka i elektrofikatsiia" [In Ukrainian].
2. Vernadskij, V.I. (2004). *Biosfera i noosfera [Biosphere and noosphere]*. Moscow: Ajris-press [In Russian].
3. Halchynska, Yu.M. (2019). Otsinka mozhlyvostei vitchyznianoho sektora pry vyroshchuvanni enerhetychnykh kultur dlia otrymannia bioenerhetychnoho palyva [Estimation of opportunities of the domestic agrarian sector in cultivation of energy crops for the production of bioenergy fuels]. *Ekonomika i rehion*, 1, pp. 18-24 [In Ukrainian].
4. Halchynska, Yu.M. (2018). Rozvytok vitchyznianoho potentsialu vyrobnytstva biohazu [Development of the domestic potential of biogas production]. *Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli. Seriiia "Ekonomichni nauky"*, 5, pp. 56-67 [In Ukrainian].
5. Heletukha, H.H. & Zheliezna, T.A. (2014). Bioenerhetyka v Ukraini: stan rozvytku, bariery ta shliakhy yikh podolannia [Bioenergy in Ukraine: state of development, barriers and ways to overcome them]. *Bioenerhetyka/Bioenergy*, 1 (3), pp. 16-19 [In Ukrainian].
6. Gelmgoic, F.O. (1922). *O sohranenni sily (fizicheskoe issledovanie) [On preservation of power (physical research)]*. Moscow: Gosizdat. Retrieved from: https://archive.org/details/libgen_00320030/page/n9 [In Russian].
7. Holub, H.A. & Lukianets, S.V. (2013). Investytsiina pryvabylivst vyrobnytstva i vykorystannia dyzelnoho biopalyva [Investment attractiveness of production and use of diesel biofuels]. *Ekonomika APK*, 2, pp. 54-61 [In Ukrainian].
8. Devjanin, S.N. (2007). *Rastitelnye masla i topliva na ih osnove dlja dizelnykh dvigatelej [Vegetable oils and fuel based on them for diesel engines]*. Harkiv: Novoe slovo [In Russian].

12. Кириленко І. Г., Дем'янчук В. В., Андрющенко Б. В. Формування ринку українського біопалива: передумови, перспективи, стратегія. *Економіка АПК*. 2010. № 4. С. 62-67.

13. Месель-Веселяк В. Я. Виробництво альтернативних видів енергетичних ресурсів як фактор підвищення ефективності сільськогосподарських підприємств. *Економіка АПК*. 2015. № 2. С. 18-27.

14. Подолінский С. А. Труд человека и его отношение к распределению энергии. Москва : Ноосфера, 1991. 86 с.

15. Сльоз Л. Г. Технічна механіка рідини і газу. Макіївка, 2003. 184 с.

16. Шпичак О. М., Боднар О. В., Пашко С. О. Виробництво біопалива в Україні у контексті оптимального вирішення енергетичної проблеми. *Економіка АПК*. 2019. № 3. С. 13-19.

17. Abbot P. Biofuel, Binding Constrains and Agricultural Commodity Volatility. *NBER Working Paper*. 2013. No. 18873, P. 1-46.

18. de Gorter H., Drabik D., Just D.R. Biofuel Policies and Food Grain Commodity Prices 2006-2012: *All Boom and No Bust? AgBioForum*, 2013. Vol. 16(1). P. 1-13.

19. Schmitz, A., & Meyers W.H. (2015). Transition to Agricultural Market Economies: The future of Kazakhstan, Russia and Ukraine. *CABI*. 2015 URL: <https://www.cabi.org>

20. Tyner W. The integration of energy and agricultural markets. *Agric. Econ.* 2010. vol. 41, issue supplement s1, P. 193-201.

21. Wright B.D. Global Biofuels: Key to the Puzzle of Grain Behavior. *Journal of Economic Perspectives*. 2014. Vol. 28, nr 1, P. 73-98.

9. Shpychak, O.M., Stasinevych, S.A., Kuts, T.V., Mykhailov, Ye.A., et al. (2010). *Ekonomichna efektyvnist vyrobnytstva biopalyva v konteksti prodovolchoi ta enerhetychnoi bezpeky Ukrainy [Economic efficiency of biofuel production in context of Ukraine's food and energy security]*. Kyiv: ZAT "Nichlava" [In Ukrainian].

10. Kaletnik, H.M. & Pryshliak, N.V. (2013). Vyrobnystvo bioetanolu z tsukrovykh buriakiv - odyz iz holovnykh chynnykiv stabilizatsii haluzi [Production of bioethanol from sugar beets is one of the main factors of stabilization of the industry]. *Ekonomika APK*, 3, pp. 65-69 [In Ukrainian].

11. Kenje, F., Tjurgo, A.R.Zh., & Djupon de Nemur, P.S. (2008). *Fiziokraty. Izbrannyye jekonomicheskie proizvedenija [Physiocrats. Selected economic works]*. (Trans.). Moscow: Jeksmo [In Russian].

12. Kyrylenko, I.H., Demianchuk, V.V., & Andriushchenko, B.V. (2010). Formuvannya rynku ukrainskoho biopalyva: peredumovy, perspektyvy, stratehiia [Formation of Ukrainian biofuel market: preconditions, prospects, strategy]. *Ekonomika APK*, 4, pp. 62-67 [In Ukrainian].

13. Mesel-Veseliak, V.Ya. (2015). Vyrobnystvo alternatyvnykh vydiv enerhetychnykh resursiv yak faktor pidvyshchennia efektyvnosti silskohospodarskykh pidpriemstv [Production of alternative types of energy resources as a factor for improving the efficiency of agricultural enterprises]. *Ekonomika APK*, 2, pp. 18-27 [In Ukrainian].

14. Podolinskij, S.A. (1991). *Trud cheloveka i ego otnoshenie k raspredeleniju jenerгии [The man's work and its relation to the distribution of energy]*. Moscow: Noosfera [In Russian].

15. Sloz, L.H. (2003). *Tekhnichna mekhanika ridyny i hazu [Technical mechanics of liquid and gas]*. Makіївка [In Ukrainian].

16. Shpychak, O.M., Bodnar, O.V., & Pashko, S.O. (2019). Vyrobnystvo biopalyva v Ukraini u konteksti optymalnoho vyrishennia enerhetychnoi problem [Biofuel production in Ukraine in context of optimal solving of the energy problem]. *Ekonomika APK*, 3, pp. 13-19 [In Ukrainian].

17. Abbot, P. (2013). Biofuel, binding constrains and agricultural commodity volatility. *NBER Working Paper*, 18873, pp. 1-46 [In English].

18. De Gorter, H., Drabik, D., & Just, D.R. (2013). Biofuel policies and food grain commodity prices 2006-2012: all boom and no bust? *AgBioForum*, 16 (1), pp. 1-13 [In English].

19. Schmitz, A. & Meyers, W.H. (2015). Transition to agricultural market economies: the future of Kazakhstan, Russia and Ukraine. *CABI*. Retrieved from: <https://www.cabi.org> [In English].

20. Tyner, W. (2010). The integration of energy and agricultural markets. *Agric. Econ.*, Vol. 41, Issue supplement s1, pp. 193-201 [In English].

21. Wright, B.D. (2014). Global biofuels: key to the puzzle of grain behavior. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 28, No. 1, pp. 73-98 [In English].

Halchynska Yu.M. Development of biomass potential of by-products of agricultural crops in the agrarian sector of economy

The purpose of the article is to improve methodological approaches to assessing energy potential of different types of biomass in Ukraine, and to consider possibilities of its implementation and reducing import dependence on traditional types of energy resources.

Research methods. In the research process the following methods were used: induction and deduction, which made it possible to indicate and deepen justification of the expediency for using biomass types that do not create contradictions with food provision; the systematic approach for consistent assessment of economic energy potential of specific types of biomass; analysis and synthesis and grouping, which allowed to make an optimal distribution of straw biomass for needs; graphical, tabular, and comparison method, which allowed to reveal spatial and temporal peculiarities for biomass formation by agricultural origin; abstract-logical, statistical, calculation-constructive, correlation-regression analysis, etc.

Research results. There was made an estimation of economic energy potential of biomass in agricultural enterprises, obtained as a result of trimming of fruit trees and grapes, waste as a result of wood processing, industrial processing of agricultural raw materials, straw and vegetable wastes; the estimation made it possible to determine general opportunities for the agricultural sector in providing energy without creating threats to the state food security.

Elements of scientific novelty. It was proposed methodical approach to optimal distribution of cereal by-products, in particular straw, for fertilizer needs, littering animals and bioenergy production. Complex approach was proposed and on its basis was made calculation of total economic and energy potential of biomass obtained in agriculture without creating threats to the state food security.

Practical significance. Estimation of the total economic energy potential of biomass in the agrarian sector in Ukraine in general, as well as by regions, was carried out. In addition, detailed calculations were carried out in context of separate sources of biomass production that are not main agricultural products. *Tabl.: 9. Figs.: 4. Refs.: 21.*

Keywords: biomass; bioenergy; biofuels; energy problem; agricultural raw materials for biofuel production; traditional fuel types.

Halchynska Yuliia Mykolaivna - candidate of economic sciences, associate professor (docent), associate professor (docent) of the department of marketing and international trade, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (11, Heroiv Oborony st., Kyiv)
E-mail: galchynskaya@gmail.com

Гальчинская Ю.Н. Оценка потенциала биомассы побочной продукции сельскохозяйственных культур в аграрном секторе экономики

Цель статьи - усовершенствовать методические подходы к оценке энергетического потенциала биомассы побочной продукции в Украине, рассмотреть возможности его реализации и ослабления импортозависимости от традиционных видов энергетических ресурсов.

Методика исследования. В процессе исследования использованы методы: индукции, дедукции, что дало возможность выделить и углубить обоснование целесообразности использования видов биомассы, которые не создают противоречий с продовольственным обеспечением; системный подход для последовательной оценки экономического энергетического потенциала конкретных видов биомассы; анализа и синтеза, группировки, что позволило осуществить оптимальное распределение произведенной биомассы соломы по потребностям; графический, табличный, метод сравнения позволили выявить пространственные и временные особенности формирования биомассы сельскохозяйственного происхождения; абстрактно-логический, статистический, расчетно-конструктивный, корреляционно-регрессионного анализа и др.

Результаты исследования. Осуществлена оценка экономического энергетического потенциала биомассы в сельскохозяйственных предприятиях, полученная после обрезки плодовых деревьев и винограда, отходов от обработки древесины, промышленной переработки сельскохозяйственного сырья, соломы и растительных отходов, что дало возможность определить общие возможности аграрного сектора в энергетическом обеспечении без угроз продовольственной безопасности государства.

Элементы научной новизны. Предложен методический подход оптимального распределения побочной продукции зерновых колосовых культур, в частности соломы, по потребностям в удобрениях, для подстилки животных и для производства биоэнергии. Предложен комплексный подход и на его основе осуществлен расчет совокупного экономического энергетического потенциала биомассы, полученной в сельском хозяйстве без создания угроз продовольственной безопасности государства.

Практическая значимость. Осуществлена оценка совокупного экономического энергетического потенциала биомассы побочной продукции сельскохозяйственных культур в аграрном секторе как в целом по Украине, так и по регионах, проведены детализированные расчеты по отдельным источникам получения биомассы, которые не являются основной продукцией сельского хозяйства. Табл.: 9. Илл.: 4. Библиогр.: 21.

Ключевые слова: биомасса; биоэнергетика; биотопливо; энергетическая проблема; сельскохозяйственное сырье для производства биотоплива; традиционные виды топлива.

Гальчинская Юлия Николаевна - кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры маркетинга и международной торговли, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (г. Киев, ул. Героев Обороны, 11)
E-mail: galchynskaya@gmail.com

Стаття надійшла до редакції 26.04.2019 р.

Фахове рецензування: 10.05.2019 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Гальчинська Ю. М. Оцінка потенціалу біомаси побічної продукції сільськогосподарських культур в аграрному секторі економіки. *Економіка АПК*. 2019. № 5. С. 15 – 26.

* * *