

С. Л. Семірненко, к.т.н, доцент, Сумський національний аграрний університет

*Стаття присвячена питанням використання соломи для енергетичних потреб в умовах конкретного регіону. В статті визначені параметри, які впливають на потенціал соломи, доступної для енергетичного використання. Розроблена методика розрахунку коефіцієнта енерговикористання соломи озимої пшениці (з технологічних міркувань) для оцінки її потенціалу.*

*Запропонована оцінка енергопотенціалу соломи та приведений розрахунок коефіцієнта енерговикористання соломи озимої пшениці можуть бути застосовані для розрахунку енергетичного потенціалу тієї чи іншої зернової сільськогосподарської культури будь-якого регіону чи господарства.*

**Ключові слова:** біомаса, солома, ресурс, озима пшениця, екологічна безпека, коефіцієнт, енергопотенціал, енерговикористання, біопаливо, калорійний еквівалент.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Біомаса є одним із найбільш універсальних ресурсів на землі. Доступність та економічна доцільність використання різних видів біомаси в енергетичних цілях різна. Але при будь-якому способі енергетичного використання біомаси зберігаються природні ресурси; кардинально вирішується проблема викидів парникового газу  $\text{CO}_2$ ; зменшується забруднення атмосфери викидами  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , золаю; знижується вартість виробленої енергії, створюються додаткові робочі місця. Все це робить перспективним використання біомаси в енергетиці [7].

Розширення площ під зерновими культурами як Сумської області, так і України в цілому, привело до збільшення виробництва солом'яної біомаси. На даний момент, солома не є товарним продуктом, що має свою ціну. Кожне господарство на свій розсуд розпоряджається соломом, що утворюється на полях. Використання соломи в Україні залежить від потреби: корм чи підстилка для тварин, органічні добрива. Надлишок соломи 20-40% можна використовувати як паливо для одержання теплової енергії.

Але цей вигідний для використання ресурс просто спалюється на полях, або стає тягарем у вигляді залишків, що гниють [8]. Щорічне спалювання залишеної на полі соломи не тільки погіршує екологічний стан довкілля, але й не дозволяє отримувати корисну теплову енергію. Тому для стимулювання сільгоспвиробників в частині вживання заходів по недопущенню нанесення шкоди навколишньому середовищу є доцільним реалізація соломи в енергетичних цілях [6]. Це приведе до вирішення проблеми несанкціонованого спалювання соломи на полях.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Системи отримання палива із біомаси повинні бути інтегровані з системами виробництва продовольства і матеріалів. Знання того, де і коли слід переорієнтуватися з виробництва продовольства і матеріалів на виробництво палива такі ж важливі, як і знання того, як виробляти це паливо [10].

Виробництво біопалив та отримання енергії з

них є одним з перспективних шляхів заощадження традиційних енергоносіїв та сировинних ресурсів, зниження забруднення навколишнього середовища і підвищення енергетичної безпеки України. Незважаючи на низький рівень розвитку відновлюваної енергетики сьогодні, країна має великий потенціал біомаси, доступної для енергетичного використання та передумови для майбутнього розвитку цього напрямку. Основними складовими потенціалу біомаси, доступної для виробництва енергії, є відходи сільського господарства, деревини, а в перспективі – енергетичні культури. Вирішенням екологічних та ресурсозберігаючих завдань є залучення в паливний баланс брикетного палива на їх основі [5,7].

Реалізація потенціалу ускладнюється нерозвиненістю інфраструктури та сировинної бази для забезпечення безперервних поставок сировини, низьким рівнем розвитку галузей-постачальників устаткування. Внаслідок зазначених причин динаміка виробництва біоенергії відставатиме від інших джерел. Такий стан справ можна пояснити недостатністю наукового обґрунтування цих питань. Однак біомаса може стати важливою складовою у балансі виробництва теплової енергії [5,7]. Так в Україні щорічно утворюється близько 50 млн т целюлозомістких відходів, а використовується в енергетичних цілях менше 1% від потенціалу [3,4].

В роботах [1,2] вважається, що використання 20% ресурсів соломи в Україні (ця кількість соломи щорічно втрачається) в енергетичних цілях дозволить покращити екологічну ситуацію, а також частково забезпечити власними енергоресурсами агропромисловий комплекс.

У даний час висловлюються кардинально протилежні думки з приводу ефективності та перспектив виробництва біопалива, що потребує додаткових досліджень і узагальнень. Якщо правильно використовувати наявний потенціал країни та новітні технології переробки відходів, то можна успішно вирішувати і продовольчу проблему, і проблему енергетичної та екологічної безпеки.

**Формулювання цілей статті (постановка**

**завдання).** Важливою передумовою успішного використання рослинної біомаси для енергетичних потреб є правильна оцінка її потенціалу. Розробка програм і проектів використання енергії біомаси в умовах конкретного регіону розпочинається з визначення на основі статистичних даних наявного потенціалу біомаси, що на наступних етапах слугує основою для розрахунку експлуатаційно-технологічних і економічних показників, які, в свою чергу, повинні переконати виробника або потенційного інвестора в перспективності того чи іншого проекту. Використання неуточнених кількісних і якісних показників може призвести до прийняття помилкових і неефективних технологічних і розпорядчих рішень.

Існують різні погляди щодо оцінки потенціалу соломи в Україні. Такі оцінки стали актуальними тільки з появою попиту на солому. Деякі дослідники стверджують, що великі обсяги соломи необхідні для годівлі тварин та удобрення ґрунтів. Однак, у сучасному тваринництві використовується незначна кількість соломи [4,6]. А для підтримки родючості ґрунтів немає необхідності у використанні великих обсягів соломи [4].

Метою роботи є оцінка енергопотенціалу соломи розрахунок коефіцієнта енерговикористання соломи озимої пшениці.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Параметрами, які впливають на потенціал соломи, доступної для енергетичного використання, є площа земель та кількість соломи на одну тону зібраного зерна. В основу розрахунку покладено оцінку енергетичного потенціалу побічної продукції тієї чи іншої (*i*-ї) сільськогосподарської культури, яка припадає на одиницю площі збирання:

$$m_{ni} = u_i \cdot k_{ni}, \quad (1)$$

$$p_{ni} = m_{ni} \cdot h_{ni}, \quad (2)$$

де  $m_{ni}$  – маса побічної продукції *i*-ї культури з одиниці площі, т/га;

$u_i$  – урожайність основної продукції *i*-ї сільськогосподарської культури, т/га;

$k_{ni}$  – коефіцієнт, який характеризує відношення маси зібраної побічної продукції до врожаю основної продукції *i*-ї культури (коефіцієнт відношення мас);

$p_{ni}$  – можливий енергетичний потенціал побічної продукції *i*-ї сільськогосподарської культури, що припадає на одиницю площі збирання, ГДж/га;

$h_{ni}$  – теплотворна здатність побічної продукції *i*-ї культури, МДж/кг.

Враховуючи частку  $k_{ei}$  (коефіцієнт енергетичного використання) зібраної побічної продукції сільськогосподарської культури, яка може бути використана як енергетична сировина, можна одержати оцінку доступного енергопотенціалу:

$$m_{ei} = m_{ni} \cdot k_{ei}, \quad (3)$$

$$p_{ei} = p_{ni} \cdot k_{ei}, \quad (4)$$

де  $m_{ei}$  – маса побічної продукції *i*-ї сільськогосподарської культури з одиниці площі збирання, яка може бути використана як енергетична сировина, т/га;

$p_{ei}$  – доступний енергетичний потенціал побічної продукції *i*-ї сільськогосподарської культури, що припадає на одиницю площі збирання, ГДж/га.

Саме питомі показники  $m_{ni}$ ,  $p_{ni}$ ,  $m_{ei}$  та  $p_{ei}$  є важливими характеристиками можливого та доступного енергетичного потенціалу побічної продукції рослинництва.

Той чи інший територіальний енергетичний потенціал *i*-ї сільськогосподарської культури обчислюють, виходячи з площі її збирання:

$$M_{ni} = m_{ni} \cdot S_i, \quad (5)$$

$$P_{ni} = p_{ni} \cdot S_i, \quad (6)$$

$$M_{ei} = m_{ei} \cdot S_i, \quad (7)$$

$$P_{ei} = p_{ei} \cdot S_i, \quad (8)$$

де  $M_{ni}$ ,  $M_{ei}$  – маса побічної продукції *i*-ї сільськогосподарської культури та частина її, яка може бути використана як енергетична сировина, млн т;

$P_{ni}$ ,  $P_{ei}$  – можливий та доступний енергетичний потенціал побічної продукції *i*-ї сільськогосподарської культури, МДж;

$S_i$  – площа збирання *i*-ї сільськогосподарської культури, млн га.

В основу розрахунку покладено оцінку теоретично можливого і технічно доступного енергетичного потенціалу солом'яної біомаси тієї чи іншої сільськогосподарської культури по валовому збору даної (*i*-ї) культури  $B_{zi}$ , тис. т:

– виробництво зернових, всього  $B_{z_1}$ , тис. т;

– виробництво озимої пшениці  $B_{оз.пш.}$ , тис. т

Теоретичний потенціал являє собою максимальну продуктивність при теоретично оптимальному менеджменті з урахуванням обмежень, що впливають з температури, сонячної радіації та опадів. Технічний потенціал соломи являє собою частку теоретичного потенціалу, доступну за певних технічно-структурних умов та поточних технологічних можливостей. Економічний потенціал – частка технічного потенціалу, що задовольняє критеріям економічної доцільності за даних умов [3].

Всі втрати соломи при збиранні, що залишаються в полі й попадають в ґрунт можна оцінити в межах 10-15% від біологічного врожаю зернових колосових [6], коефіцієнт технічної доступності ресурсів 0,85–0,9.

Технічно доступний потенціал соломи визначається за формулою

$$T_{TD} = B_{zi} \cdot k_{ni} \cdot k_{TD}, \quad (9)$$

де  $B_{zi}$  – виробництво зерна *i*-ї зернової культури в регіоні (на Україні), тис. т;

$k_{ni}$  – коефіцієнт відношення мас, приймаємо

1, застосовуючи методологію 1:1 для соломи [4];  
 $k_{\text{тд}}$  – коефіцієнт технічної доступності соломи зернових, приймаємо 0,8.

Оцінити економічний енергопотенціал соломи  $E_{\text{с.з.}}$ , тис. т  $i$ -ї зернової культури пропонуємо за формулою

$$E_{\text{с.з.}} = T_{\text{тд.з.}} \cdot k_e, \quad (10)$$

де  $k_e$  – коефіцієнт енергетичного використання  $i$ -ї зернової культури.

Враховуючи, що 20% соломи зернових доступні для енергетичного використання приймаємо коефіцієнт енергетичного використання  $k_{\text{ес.з.}}$  рівним 0,2.

З метою енерговикористання лише соломи озимої пшениці (з технологічних міркувань) замість 20% соломи всіх зернових, знаходимо економічно доцільний коефіцієнт енерговикористання соломи озимої пшениці  $k_{\text{ес.оз.пш.}}$ , як відношення економічного енергопотенціалу соломи зернових  $E_{\text{с.з.}}$  до технічно доступного потенціалу соломи озимої пшениці  $T_{\text{тд.оз.пш.}}$ .

$$k_{\text{ес.оз.пш.}} = \frac{E_{\text{с.з.}}}{T_{\text{тд.оз.пш.}}} \quad (11)$$

В якості єдиного, узагальнюючого вимірювача енергоресурсів для зіставлення ефективності різних видів палива та сумарного обліку, використовується умовно-натуральний показник – тонна умовного палива (т у.п.) з нижчою теплою згоряння 1 кг палива – 29,3 МДж/кг (7000 кКал/кг).

В загальному вигляді співвідношення між умовним і натуральним паливом визначається як

$$V_y = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{p}}}{7000} N = K \cdot N, \quad (12)$$

де  $V_y$  – маса еквівалентної кількості умовного палива, тис. т;

$N$  – маса натурального палива, кг (тверде та рідке паливо) або м<sup>3</sup> (газоподібне);

$Q_{\text{н}}^{\text{p}}$  – нижча теплота згоряння даного натурального палива, кКал/кг або кКал/м<sup>3</sup>;

$K$  – калорійний еквівалент, коефіцієнт, що визначає рівноцінну кількість натурального палива для перерахунку за теплотворною здатністю в умовне паливо

$$K = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{p}}}{7000}. \quad (13)$$

Середні калорійні еквіваленти для перевodu натурального палива в умовне (рекомендовані при заповненні форм звітності про стан реалізації галузевих та регіональних програм підвищення енергоефективності):

$K_r = 1,14$  – калорійний еквівалент для природного газу на 1 тис. м<sup>3</sup>;

$K_b = 0,627$  – калорійний еквівалент для вугілля кам'яного на 1 т.

Для соломи калорійний еквівалент приймаємо із розрахунку, що середнє значення нижчої теплотворної здатності  $h_{\text{ни}}$  побічної продукції рослинництва 14 МДж/кг

( $Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 3344$  кКал/кг) [1, 8], тоді згідно формули (13)

$K_c = 0,4777$  – калорійний еквівалент для соломи на 1 т.

Після проведення розрахунків енергетичного потенціалу соломи від загальної кількості зернових в Україні, отримаємо доступний енергетичний потенціал соломи  $V_y$ , тис. т умовного палива. Для перерахунку умовно палива в натуральне  $N$  ( $N_r$ , тис. м<sup>3</sup> газу або  $N_b$ , тис. т кам'яного вугілля) використовуємо калорійні еквіваленти  $K$ . Тоді

$$N = \frac{V_y}{K}. \quad (14)$$

**Висновки.** Запропонована оцінка енергопотенціалу соломи та методика розрахунку коефіцієнта енерговикористання соломи озимої пшениці (з технологічних міркувань) можуть бути застосовані для розрахунку енергетичного потенціалу тієї чи іншої зернової сільськогосподарської культури будь-якого регіону чи господарства.

### Список використаної літератури:

1. Білодід В.Д. Енергетичний потенціал окремих видів альтернативного палива та оцінка енерговитрат на їх підготовку для прямого спалювання в котлоагрегатах / В.Д. Білодід, Г.О. Куц // Проблеми загальної енергетики. – 2011. – Вип. 1 (24). – С. 32–39.
2. Габрель М.С. Виробництво твердого біопалива в Україні: стан та перспективи розвитку / М.С. Габрель // Науковий вісник НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.9. – С. 126–131.
3. Енергетичний потенціал біомаси в Україні / Г. Г. Гелетуша, Т. А. Железна, М. М. Жовмір, Ю. Б. Матвєєв // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2010. – № 153. – С. 36–41.
4. Кузнецова А. Використання соломи в Україні – можливості та перспективи: німецько-український аграрний діалог / А. Кузнецова. – К.: Інститут економічних досліджень та політичних консультацій, 2010. – 24 с.
5. Локтев Е. М. Поновлювані енергетичні ресурси – шлях до енергетичної незалежності України / Е. М. Локтев, Д. О. Захарченко // Економіка будівництва і міського господарства. – 2011. – Т. 7, № 1, – С. 25–30.
6. Месель-Веселяк В.Я. Ефективність енергетичного самозабезпечення сільського господарства / В.Я. Месель-Веселяк // Економіка АПК. – 2009. – №2. – С.10–14.
7. Мироненко В.Г. Тверде біопаливо в теплозабезпеченні села / В.Г. Мироненко, В.О. Глотова, А.В. Філатова // Науковий вісник НУБіП України. – 2011. – Вип. 158. – С. 90–98.
8. Олійник Є. Зістріємось соломою / Е. Олійник // Коммунальное хозяйство. – 2007. – №5. – С. 32–35.
9. Родькин О. И. Производство возобновляемого биотоплива в аграрных ландшафтах: экологические и технологические аспекты: монография / О. И. Родькин. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. – 212 с.
10. Семірненко Ю.І. Вторинна продукція сільського господарства як альтернативне джерело енергії / Ю.І. Семірненко, С.Л. Семірненко // Вісник Сумського національного аграрного університету: (механізація та автоматизація)

**Семирненко С.Л. Расчет энергетического потенциала соломы озимой пшеницы**

Статья посвящена вопросам использования соломы для энергетических потребностей в условиях конкретного региона. В статье определены параметры, которые влияют на потенциал соломы, доступной для энергетического использования. Разработана методика расчета коэффициента энергопотребления соломы озимой пшеницы (по технологическим соображениям) для оценки ее потенциала.

Предложенная оценка энергопотенциала соломы и приведенный расчет коэффициента энергопотребления соломы озимой пшеницы могут быть применены для расчета энергетического потенциала той или иной зерновой сельскохозяйственной культуры любого региона или хозяйства.

**Ключевые слова:** биомасса, солома, ресурс, озимая пшеница, экологическая безопасность, коэффициент, энергопотенциал, энергопотребление, биотопливо, калорийный эквивалент.

**Semirnenko S. Calculation of energy potential of winter wheat straw**

Article is devoted to the use of straw for energy in a particular region. Using 20% of resources in Ukraine straw (the straw lost each year) for energy will improve the environmental situation and partially own energy resources agriculture. An important prerequisite for successful use of biomass for energy production is a correct assessment of potential on the basis of statistical data on these stages serve as the basis for calculating the operational and technological and economic performance, which in turn must convince the producer or investor's perspective of a another project. Using approximate quantitative and qualitative indicators could lead to erroneous and inefficient technology and administrative decisions.

In this article the parameters that influence the potential of straw available for energy use. Adjusted Calculation of energy use wheat straw (for technological reasons) to assess its potential. The basis of calculation laid estimate theoretically possible and technically accessible straw biomass energy potential of a crop on total gathering of culture. As a single, generalizing energy meter to compare the effectiveness of different fuels and cumulative accounting is used conventionally natural rate - tons of fuel.

In order to use only the power of winter wheat straw instead of 20% of all cereal straw, we find a cost-effective use of energy coefficient of winter wheat straw as the ratio of economic power potential cereal straw to straw technically feasible potential of winter wheat.

The proposed evaluation of the energy potential of straw and method calculation of energy use wheat straw can be used to estimate the energy potential of a grain crop any region or sector.

**Keywords:** biomass, straw, resource, winter wheat, environmental safety, coefficient, energy potential, energy use, biofuels, caloric equivalent.

Стаття надійшла в редакцію 12.10.2014р.

Рецензент: д.т.н., професор Павлюченко А.М.

УДК 631.6:556.3

**PRODUCTION OF ENVIRONMENTAL FERTILIZERS BY UKRAINIAN PHOSPHATE INDUSTRY**

**S. V. Vakal**, Sumy State Research Institute of Fertilizers and Pigments

**A.B. Shandyba**, Sumy National Agrarian University

**D. N. Shpetny**, Sumy National Agrarian University

Fertilizer consumption had increased rapidly until the mid- 1970s due to the continued expansion of the fertilizer production capacity and concerted efforts by the government to encourage fertiltzer application by providing fertilizer subsidies and various agricultural extension services. Many organic materials serve as both fertilizers and soil conditioners—they feed both soils and plants. This is one of the most important differences between a chemical approach and an organic approach toward soil care and fertilizing. Soluble chemical fertilizers contain mineral salts that plant roots can absorb quickly. However, these salts do not provide a food source for soil microorganisms and will even repel earthworms because they acidify the soil. Over time, soils treated only with synthetic chemical fertilizers lose organic matter and the all-important living organisms that help to build a quality soil[1-3].

The increase in yield per hectare was due largely to the improvement in biological/genetic technology and production techniques as well as the continuous application of fertilizers and pesticides. The Sumy State Research Institute of Fertilizers & Pigments (MINDIP) had successfully coordinated with the Sokolovski Soil and Agro-Chemistry Institute (Kharkov) and Agrarian Research Centre “AKCO” (Kyiv) in developing high-yielding organic-mineral fertilizers. These complex fertilizers were found to be as effective alternative and