

## ПОТЕНЦІАЛ БІОМАСИ У ФОРМУВАННІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Ю. Дубневич, здобувач

Львівський національний аграрний університет

---

### *Дубневич Ю. Потенціал біомаси у формуванні енергетичної безпеки України*

*У статті подано результати дослідження можливостей використання біомаси як альтернативного джерела одержання енергії та можливостей заміщення енергією із біомаси енергії з традиційних джерел та створення умов для реалізації цих можливостей.*

**Ключові слова:** енергетична безпека, відновлювані джерела енергії, біоенергетика, біомаса, ефективність.

### *Dubnewych Ju. Biomass potential in energetical security of Ukraine formation*

*Some results of investigation of biomass use as the alternative source of energy obtaining possibilities as well as of energy from traditional sources replacing with energy from biomass possibilities and also of those possibilities realization conditions creation are presented in this article.*

**Key words:** energetical security, renewable energy sources, bioenergetic, biomass, efficiency.

### *Дубневич Ю. Потенциал биомассы в формировании энергетической безопасности Украины*

*В статье представлены результаты исследования возможностей использования биомассы как альтернативного источника получения энергии и возможностей замещения энергией из биомассы энергии из традиционных источников, а также создания условий для реализации этих возможностей.*

**Ключевые слова:** энергетическая безопасность, возобновляемые источники энергии, биоэнергетика, биомасса, эффективность.

---

**Постановка проблеми.** В умовах існування об'єктивної загрози вичерпання природних копалин як джерел одержання палива для потреб людства все більшої актуальності набуває необхідність вирішення проблеми пошуку альтернативних джерел для покриття енергетичних потреб. У цій проблемі особливе місце посідають питання альтернативних видів палива, альтернативність яких традиційним полягає, передусім, у їх екологічності та біологічності. Практично невичерпним джерелом одержання енергії в сучасних умовах є біомаса. Ситуація ускладнюється тим, що ефективність виробництва та використання палива з біомаси поки що є нижчою від ефективності застосування традиційних палив, що є наслідком таких чинників, як відсутність державної підтримки цього напряму розвитку біоенергетики, недостатній розвиток матеріально-технічної бази для реалізації цього напряму і брак можли-

вості її покращання, а також залежність цієї ефективності від цін на традиційне паливо. Тому актуальність дослідження проблеми виробництва та використання біомаси як джерела енергії є надзвичайно актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання ефективного формування бази енергетичних ресурсів вивчались багатьма вченими-економістами, як вітчизняними, так і закордонними. Це стосується таких вчених, як Т. Аль Сеаді, О. Борщ, П. Градзюк, Е. Гутнік, М. Волков, П. Іваненко, М. Ільчук, Ю. Ка-ранов, В. Клименко, В. Коврига, М. Корчемний, В. Котелянець, Б. Косцік, А. Лоза, А. Македонський, М. Малік, О. Медведовський, В. Перебийніс, Г. Підлісецький, В. Руда, П. Саблук, О. Суходоля, В. Федорейко, Г. Черевко, В. Шибанін, М. Михайлов, В. Щербань, В. Ясенецький та низка інших. Однак комплексне вирішення цієї проблеми в агропромисловому комплексі, особливо у сільському господарстві як одній із найбільш

енергоємних його галузей, надалі залишається актуальним, особливо в нових ринкових умовах господарювання і виникнення та функціонування його нових організаційно-правових форм, що органічно потребує оптимального врахування як технологічних, так і організаційно-економічних її аспектів. Особливо актуальним є вивчення можливостей застосування в сільському господарстві, та й в АПК в цілому нетрадиційних і альтернативних джерел енергії, оскільки в наявності такі джерела в Україні є, а використання їх поки що мінімальне (1-2% в загальному енергобалансі країни). Особливе місце в структурі можливих альтернативних джерел одержання енергії займає біомаса, потенціал якої в Україні є досить великим, але ще не до кінця вивченим, що формує широке поле для здійснення наукових досліджень у цій сфері.

**Постановка завдання.** Завданням статті є представлення результатів дослідження можливостей використання біомаси як альтернативного джерела одержання енергії та можливостей заміщення енергією з біомаси енергії з традиційних джерел та створення умов для реалізації цих можливостей.

**Виклад основного матеріалу.** Складність, масштабність і глибина енергетичних проблем сучасності визначають енергетичну безпеку як одну з найважливіших складових національної безпеки країни. Формування належного рівня конкурентоспроможності національної економіки залежить від адекватного забезпечення енергетичними ресурсами. Сучасні масштаби суспільного виробництва потребують використання значної кількості паливних ресурсів, які тією чи іншою мірою забезпечують необхідний рівень енергетичної, а отже, й національної безпеки країни.

Шлемко В.Т. та Бінько І.Ф. зазначають, що під енергетичною безпекою слід розуміти спроможність держави забезпечити ефективне використання власної паливно-енергетичної бази, здійснити оптимальну диверсифікацію джерел і шляхів постачання в Україну енергоносіїв для забезпечення життєдіяльності населення та функціонування національної економіки в режимі звичайного, надзвичайного та

військового стану, попередити різкі цінові коливання на паливно-енергетичні ресурси або ж створити умови для безболісної адаптації національної економіки до нових цін на ці ресурси [1, с. 25]. Прейгер Д. розглядає енергетичну безпеку як здатність енергетичного комплексу держави забезпечувати економічно обґрунтований попит суб'єктів господарювання, населення і ре-зервного фонду достатнім обсягом енергоносіїв відповідної якості з дотриманням екологічних вимог як у мирний час, так і в надзвичайних умовах [2]. Світова енергетична рада в 1992 р. визначила енергетичну безпеку як "стан захищеності окремих громадян, суспільства, економіки і держави від загроз ненадійного паливо- і енергопостачання" [3, с. 53]. Енергетична безпека держави – стан готовності паливно-енергетичного комплексу країни щодо максимально надійного, технічно безпечного, екологічно прийняттого, економічно ефективного та обґрунтовано достатнього енергозабезпечення економіки держави й населення, а також щодо гарантованого забезпечення можливості керівництва держави у формуванні і здійсненні політики захисту національних інтересів у сфері енергетики без зовнішнього і внутрішнього тиску [4, с. 16].

Таким чином, енергетичну безпеку слід розглядати як інтегровану складову частину економічної безпеки, необхідну умову існування й розвитку держави. Економічна безпека, що означає достатність матеріальної бази суспільства для вирішення проблем виживання, є основою соціальної, політичної, екологічної та інших видів безпеки, сукупність яких формує національну безпеку країни.

Інтенсивна економічна діяльність людини і надмірне споживання природних ресурсів негативно впливають на стан кліматичної системи нашої планети. Причиною цього є зростаюча концентрація в атмосфері парникових газів, що затримують інфрачервоне випромінювання Землі. До парникових газів антропогенного походження, викиди яких необхідно контролювати, належать: вуглекислий газ –  $\text{CO}_2$ , метан –  $\text{CH}_4$ , закис азоту –  $\text{N}_2\text{O}$ ; гідрофторовуглеці –  $\text{HFC}$ ; перфторовуглеці –  $\text{PFC}$ , гексафторид сірки –  $\text{SF}_6$  (табл. 1).

Таблиця 1

## Вплив використання традиційних джерел енергії на навколишнє середовище\*

| Технологічний процес           | Складові навколишнього природного середовища   |  |   |  |
|--------------------------------|--|--|---|--|
|                                | повітря  | грунт  | вода  | екосистеми і людина  |
| Видобуток палива (нафти, газу) | Вуглеводне забруднення під час випаровування і втрат   | Пошкодження ґрунту, забруднення нафтою, технічними хімікатами, відходами тощо                      | Забруднення нафтою при видобутку з дна водойм, технологічними хімреактивами та відходами; руйнування водоносних горизонтів тощо | Пошкодження і руйнування екосистем у місцях видобутку, забруднення внаслідок аварій                  |
| Видобуток вугілля, торфу       | Пил від підривних та інших робіт, продукти горіння териконів   | Руйнування ґрунту під час видобутку відкритими методами (кар'єри) та при шахтних методах           | Порушення водоносних структур, скидання у водойми шахтних, високомінералізованих та інших вод                                   | Руйнування екосистем при відкритих методах видобутку, вплив на людину через забруднені воду, повітря |
| Транспортування палива         | Забруднення внаслідок випаровування палива, втрат газу, нафти  | Забруднення внаслідок витоків, аварій  | Забруднення нафтою внаслідок втрат і аварій   | Через забруднені води  |
| Функціонування електростанцій  | Виділення вуглекислого газу, важких металів, окиснення опадів, утворення аерозолів, сажі, радіоактивних відходів | Руйнування і забруднення ґрунтів поблизу підприємств важкими металами та радіоактивними речовинами | Теплове забруднення в результаті викидів підігрітих вод, хімічне забруднення через кислі опади                                  | Руйнування екосистем, особливо лісів. На людину – через забруднене повітря, воду                     |

\* Складено на основі [7].

Економічна та екологічна ситуація вимагає нових шляхів забезпечення людства енергією, що передбачає перехід на відновлювані енергетичні ресурси, як єдино можливий напрям стабільного існування та розвитку. Відновлювані джерела енергії – це джерела, на основі постійно існуючих чи періодично виникаючих у навколишньому середовищі потоків енергії. Відмінна риса відновлюваної енергії – вона не є наслідком цілеспрямованої діяльності людини [5, с. 7].

Відповідно до резолюції № 33/148 Генеральної Асамблеї ООН 1978 р., до нетрадиційних відновлюваних джерел енергії належать: сонячна, вітрова, геотермальна, енергія припливів та морських хвиль, біомаси, деревини, торфу, тварин, сланців, бітумінозних піщаників, гідроенергія [6, с. 10]. Фахівці Міжнародного енергетичного

агентства визначають альтернативну енергію як енергію, отриману з сонця, вітру, біомаси, геотермальних, гідроенергетичних та океанських ресурсів, а також твердої біомаси, біогазу та рідких біопалив [8]. У Законі України “Про альтернативні джерела енергії” визначено, що альтернативні джерела енергії – це поновлювані джерела, до яких належить енергія сонячного випромінювання, вітру, морів, річок, біомаси, теплоти Землі, та вторинні енергетичні ресурси, які існують постійно або виникають періодично у доквітлі [9].

Практика інших країн свідчить, що як альтернативний шлях розвитку енергетичної бази країни найбільш швидкими темпами здатна розвиватись біоенергетика – галузь сучасної світової енергетики, що заснована на отриманні палива з біомаси через її

відповідну переробку. Згідно з прийнятим у Європі визначенням, біомаса – біодеградовані фракції продуктів, відходів та залишків сільського господарства (рослинних і тваринних), лісового господарства та близьких до них галузей промисловості (вуглецевомістких органічних речовин рослинного і тваринного походження: деревина, солома, рослинні залишки сільськогосподарського виробництва, гній тощо) [10, с. 3]. Згідно із Законом України “Про альтернативні види палива”, біомаса – біологічно відновлювана речовина органічного походження, що зазнає біологічного розкладу (відходи сільського господарства (рослинництва і тваринництва), лісового господарства та технологічно пов’язаних з ним галузей промисловості, а також органічна частина промислових та побутових відходів) [11, с. 94].

У біомасі концентрується щорічно менше 1% потоку сонячної енергії. Однак ця енергія значно перевищує ту, яку отримує людина з різних джерел у теперішній час і буде отримувати в майбутньому. Потенціальні енергетичні ресурси біомаси можна розділити на дві групи:

- плантації рослин, які вирощуються за призначенням на енергетичні потреби (наприклад, кукурудза, ріпак, енергетична верба, картопля, топінамбур, міскантус тощо);

- органічні рештки і відходи – рештки культурних рослин, відходи від вирощування і переробки рослинної продукції, відходи тваринництва, комунальні органічні відходи [12, с. 16].

Первинну сировину для отримання енергії поділяють на рідку (рослинна олія, спирт), тверду (солома, деревина чи відходи деревообробної промисловості), газоподібну (біогаз). Біомаса є відновлюваним, екологічно чистим паливом, використання якого не призводить до підсилення

глобального парникового ефекту. Це четверте за значенням паливо у світі, яке дає близько 2 млрд т у. п. на рік, що становить близько 14% загального споживання первинних енергоносіїв у світі (у країнах, що розвиваються, – понад 30%) [13, с. 85].

Біомаса є четвертим за значенням паливом у світі, поступаючись нафті, газу та вугіллю. За рахунок використання біомаси покривається близько 1250 млн т у. п. енергії, що складає  $\approx 15\%$  первинних енергоносіїв у світі (у країнах, що розвиваються, – до 38%). Біомаса відіграє важливу роль і у промислово розвинутих країнах – близько 2,8% від загального енергоспоживання і має постійну тенденцію до зростання (Швеція, Фінляндія – до 20%) [14, с. 79].

Структура використання біомаси у світі має такий сегментарний поділ (рис. 1).

Найбільший обсяг використання припадає на країни Азії та Африки (44% та 21% відповідно); країни Північної Америки використовують 12% загальносвітового виробництва; решта 28% припадає на країни Західної та Східної Європи.

Технічно досяжний річний енергетичний потенціал нетрадиційних відновлюваних джерел енергії України в перерахунку на умовне паливо становить близько 79 млн т у. п. Економічно досяжний потенціал цих джерел енергії за базовим сценарієм складає 57,7 млн т у. п., у тому числі відновлюваних природних джерел енергії – 35,5 млн т у. п., позабалансових (нетрадиційних) – 22,2 млн т у. п. На даний час цей потенціал використовується недостатньо. Частка відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі країни становить 7,2% (6,4% – позабалансові джерела енергії; 0,8% – відновлювані джерела енергії) (табл. 2). Біомаса може стати ресурсом, який збалансує розрив між власними та імпортованими енергетичними ресурсами.

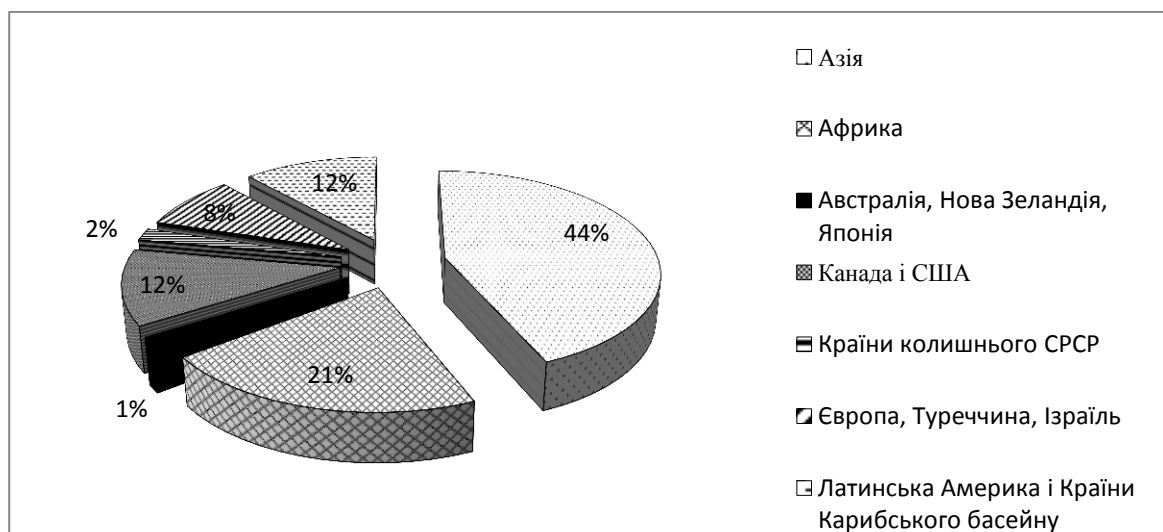


Рис. 1. Використання біомаси у світі\*.

\*Розроблено на основі [15, с. 25].

Таблиця 2

Динаміка використання відновлюваних джерел енергії в Україні, млн т у. п./рік\*

| Напрями освоєння альтернативних джерел енергії | 2005 р. | 2010 р. | 2020 р. | 2030 р. |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Позабалансові джерела енергії, всього          | 13,85   | 15,96   | 18,5    | 22,2    |
| У т.ч. шахтний метан                           | 0,05    | 0,96    | 2,8     | 5,8     |
| Відновлювані джерела енергії, всього, у т.ч.:  | 1,661   | 3,842   | 12,054  | 35,53   |
| біоенергетика                                  | 1,3     | 2,7     | 6,3     | 9,2     |
| мала гідроенергетика                           | 0,12    | 0,52    | 0,85    | 1,13    |
| геотермальна енергетика                        | 0,02    | 0,08    | 0,19    | 0,7     |
| вітроенергетика                                | 0,018   | 0,21    | 0,53    | 0,7     |
| енергія доквілля                               | 0,2     | 0,3     | 3,9     | 22,7    |
| Всього   | 15,51   | 19,83   | 30,55   | 57,73   |

\* [17].

Потенціал використання відходів сільського господарства як джерела енергетичної біомаси величезний. До відходів сільського господарства належать:

- частини сільськогосподарських культур (стебла, лушпиння та ін.);
- пошкоджені при вирощуванні, зборі чи зберіганні рослини;
- гній тварин.

Можливість використання рослинних залишків для отримання енергії залежить від характеру культур, якими засівають великі площі, та від кількості залишків, які можуть бути отримані з одиниці посівної площі. Польові культури дають більше відходів, ніж овочеві. Приблизну кількість рослинних

відходів можна визначити множенням маси культури на характерний їй коефіцієнт залишку. У сої він дорівнює 0,55-2,60; кукурудзи – 0,55-1,20; пшениці – 0,5-1,75; цукрового буряку – 0,07-0,20. Значення коефіцієнтів залежать не тільки від виду культури, а й від умов її вирощування, способів збору, а також від методів визначення коефіцієнта [16, с. 156].

Основними характеристиками рослинних залишків, які за своїм складом є досить однорідними, є розмір часток, щільність, вміст вологи і попелу. Залишки зернових культур належать до відносно сухих: вміст вологи в них складає приблизно 15%. Теплота згоряння рослинних відходів більшості цих культур 11500-18600 кДж/кг.

Солома є одним з основних джерел біопалива в Україні. Середня кількість соломи злакових культур в Україні становить 40,31 млн т. За використання 20% загального збору соломи для енергетичних цілей може бути заміщено 4,3 млн т у. п./рік (близько 2% від загального споживання первинних енергоносіїв в Україні) [18, с. 4]. З брикету соломи вагою 50–60 кг можна одержати 4 кВт·год електроенергії [19].

Після збору зернових культур отримують два види продукції: основну (зерно) і

побічну. Обсяг побічної продукції залежить від низки чинників: урожайності, сорту, погодних умов тощо. Обсяг визначення її кількості залежить від способу збирання та зберігання. Побічна продукція – солома, яка за вітчизняної технології збирається в тюки та зберігається в спеціальних приміщеннях або скиртується. Динаміка сумарного річного обсягу біомаси зернових культур у розрізі областей України наведена в табл. 3.

Таблиця 3

**Динаміка сумарного річного обсягу біомаси зернових культур в Україні, тис. т\***

| Область                   | 2008 р. | 2009 р. | 2010 р. | Відхилення за соломою, тис. т, 2010 р. до 2008 р. |       |
|---------------------------|---------|---------|---------|---|-------|
|                           |         |         |         | +/-   | %     |
| 1                         | 2       | 3       | 4       | 5   | 6     |
| Автономна Республіка Крим | 1387,2  | 1329,6  | 1123,2  | -264  | 80,97 |
| Вінницька                 | 2702,4  | 2473,6  | 2488,8  | -213,6  | 92,09 |
| Волинська                 | 573,6   | 512,0   | 463,2   | -110,4  | 80,75 |
| Дніпропетровська          | 2955,2  | 2253,6  | 2167,2  | -788  | 73,34 |
| Донецька                  | 1865,6  | 1379,2  | 1437,6  | -428  | 77,06 |
| Житомирська               | 881,6   | 990,4   | 869,6   | -12   | 98,64 |
| Закарпатська              | 252,8   | 245,6   | 204,8   | -48   | 81,01 |
| Запорізька                | 2224,0  | 1704,8  | 1524    | -700  | 68,53 |
| Івано-Франківська         | 319,2   | 321,6   | 276,8   | -42,4   | 86,72 |
| Київська                  | 2074,4  | 1986,4  | 1602,4  | -472  | 77,25 |
| Кіровоградська            | 2402,4  | 2027,2  | 1899,2  | -503,2  | 79,05 |
| Луганська                 | 1312,0  | 844,0   | 648,8   | -663,2  | 49,45 |
| Львівська                 | 669,6   | 657,6   | 498,4   | -171,2  | 74,43 |
| Миколаївська              | 1908,8  | 1972,0  | 1760,8  | -148  | 92,25 |
| Одеська                   | 2944,8  | 2271,2  | 2343,2  | -601,6  | 79,57 |
| Полтавська                | 3624,8  | 3064,0  | 2283,2  | -1341,6   | 62,99 |
| Рівненська                | 616,0   | 556,8   | 508,8   | -107,2  | 82,59 |
| Сумська                   | 1892,8  | 1604,0  | 1059,2  | -833,6  | 55,96 |
| Тернопільська             | 1278,4  | 1259,2  | 1008,8  | -269,6  | 78,91 |

Продовження табл. 3

|            |        |        |        |         |       |
|------------|--------|--------|--------|---------|-------|
| 1          | 2      | 3      | 4      | 5       | 6     |
| Харківська | 3037,6 | 2021,6 | 1012,8 | -2024,8 | 33,34 |

|              |         |         |         |        |        |
|--------------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Херсонська   | 1761,6  | 1415,2  | 1212,0  | -549,6 | 68,80  |
| Хмельницька  | 1452,0  | 1361,6  | 1394,4  | -57,6  | 96,03  |
| Черкаська    | 2382,4  | 2556,0  | 2024,8  | -357,6 | 84,99  |
| Чернівецька  | 384,0   | 380,0   | 390,4   | 6,4    | 101,67 |
| Чернігівська | 1728,8  | 1639,2  | 1214,4  | -514,4 | 70,25  |
| Всього       | 42632,0 | 36822,4 | 31416,8 | -11215 | 73,69  |

\*[20].

Галузь тваринництва в Україні через різні обставини є на сьогодні менш ефективна, ніж галузь рослинництва. Рентабельність функціонування цієї галузі набагато нижча, саме тому в країні протягом багатьох останніх років зменшувалося поголів'я худоби. У

структурі валової продукції сільського господарства тваринництво становить 46%. Перспективним напрямом розвитку тваринництва є енергетичне використання відходів цієї галузі (табл. 4).

Таблиця 4

**Динаміка сумарного річного потенціалу тваринницької біомаси в Україні\***

| Область                   | 2008 р. | 2009 р. | 2010 р. | Відхилення за відходами тваринництва, тис. т, 2010 р. до 2008 р. |        |
|---------------------------|---------|---------|---------|--|--------|
|                           |         |         |         | +/-  | %      |
| 1                         | 2       | 3       | 4       | 5  | 6      |
| Автономна Республіка Крим | 3490,41 | 3498,62 | 3399,88 | -90,53   | 97,4   |
| Вінницька                 | 4530,98 | 4222,51 | 3477,25 | -1053,7  | 76,74  |
| Волинська                 | 2786,13 | 2699,19 | 2554,21 | -231,92  | 91,68  |
| Дніпропетровська          | 4524,9  | 4500,06 | 4667,79 | 142,89   | 103,16 |
| Донецька                  | 3557,39 | 3835,72 | 4196,47 | 639,08   | 117,96 |
| Житомирська               | 2841,98 | 2652,02 | 2613,02 | -228,96  | 91,94  |
| Закарпатська              | 2038,95 | 1872,11 | 1870,82 | -168,13  | 91,75  |
| Запорізька                | 2205,52 | 2244,89 | 2229,29 | 23,77  | 101,08 |
| Івано-Франківська         | 2477,43 | 2401,02 | 2620,57 | 143,14   | 105,78 |
| Київська                  | 5317,66 | 5125,01 | 5288,92 | -28,74   | 99,46  |
| Кіровоградська            | 1947,93 | 1872,31 | 1928,58 | -19,35   | 99,01  |
| Луганська                 | 1967,78 | 1972,87 | 1982,73 | 14,95  | 100,76 |
| Львівська                 | 3682,34 | 3528,98 | 3293,74 | -388,6   | 89,45  |
| Миколаївська              | 1773,31 | 1761,25 | 1822,86 | 49,55  | 102,79 |
| Одеська                   | 2783,27 | 2802,61 | 2819,47 | 36,2   | 101,30 |
| Полтавська                | 3274,56 | 3112,26 | 2918,62 | -355,94  | 89,13  |

Продовження табл. 4

| 1             | 2         | 3        | 4       | 5       | 6      |
|---------------|-----------|----------|---------|---------|--------|
| Рівненська    | 2643,15   | 2547,37  | 2502,62 | -140,53 | 94,68  |
| Сумська       | 2124,22   | 1968,38  | 1921,62 | -202,6  | 90,46  |
| Тернопільська | 2513,39   | 2421,81  | 2353,89 | -159,5  | 93,65  |
| Харківська    | 2994,83   | 2964,31  | 3316,12 | 321,29  | 110,73 |
| Херсонська    | 1799,48   | 1885,45  | 1718,1  | -81,38  | 95,48  |
| Хмельницька   | 2998,15   | 2827,45  | 2953,7  | -44,45  | 98,52  |
| Черкаська     | 4711,35   | 6353,35  | 6554    | 1842,65 | 139,11 |
| Чернівецька   | 1743,28   | 1669,01  | 1557,39 | -185,89 | 89,34  |
| Чернігівська  | 2727,29   | 73212,83 | 2426,34 | -300,95 | 88,97  |
| Всього        | 73456,888 | 73212,83 | 73800,0 | 343,11  | 100,5  |

\*[20]

Одним із можливих способів одержання енергії з біомаси тваринного і рослинного походження є її анаеробне (без доступу кисню) зброджування. За цих умов під дією наявних у біомасі бактерій частина органічних речовин розкладається з утворенням метану та вуглекислого газу, суміш яких становить так званий біогаз. Як сировину для одержання біогазу можна використати органічні відходи різноманітних виробництв сільського господарства і підприємств з переробки сільськогосподарської продукції, що мають рідку або напіврідку консистенцію або доведені до такого стану. До них належать екскременти тварин, рослинні рештки (солома, бадилля, трава та інші рештки, невикористовувані без-посередньо як корм), осади стічних вод тваринницьких та птахівничих підприємств тощо.

Перспективною в Україні є комплексна переробка відходів тваринництва за допомогою метанового зброджування. Продукт такого зброджування – біогаз. Залежно від вмісту в ньому метану, його енергоємність може бути різною. Біогаз з вмістом 56% метану має енергоємність 20 МДж/м<sup>3</sup>, 62% – 22,7 МДж/м<sup>3</sup>, 70% – 25 МДж/м<sup>3</sup> (природний газ – 33,6 МДж/м<sup>3</sup>).

Дрова були основним видом палива доти, доки в кінці XIX століття на заміну їм не прийшли викопні види палива – вугілля, природний газ, нафта. Поява цих видів палива та постійне збільшення потреб у лісотехнічній сировині призвели до різкого зменшення використання продукції лісової

промисловості як палива. Близько 85% зрубаного лісу використовується для виробництва паперу та лісоматеріалів, 4% – як паливо. Решта 11% – відходи під час заготівлі, транспортування, які утилізуються або можуть бути використані як джерело енергії.

Відходи, що накопичуються в процесі лісозаготівлі та лісопереробки, поділяються на дві групи: відходи лісу і відходи виробництва. Перші утворюються безпосередньо в лісі (дерева, що загинули, відбраковані, гілки), другі – ті, що виникають у процесі заготівлі та транспортування.

Кількість відходів першої групи залежить від виду лісу, його географічного положення та інших чинників. Відходи лісозаготівлі складаються з деревини і целюлози. Їх складовими елементами є вуглець (50%), кисень (40%) і водень (5%). Кількість попелу в деревині – 1%, у корі – 2-10%. Сумарна кількість енергії, яку можна отримати внаслідок спалювання відходів лісу, становить близько 1,3-1015 кДж/год.

Одним із найпотужніших джерел біомаси в Україні є відходи деревини, що утворюються в процесі її технологічної обробки. Під відходами деревини розуміють вторинно використовувану деревину, яка раніше використовувалася в енергетичних цілях. До пов-торно використовуваної деревини можна віднести відходи будівництва і реконструкції будинків, дверні і віконні рами, дерев'яні контейнери і піддони, шпали, меблі тощо. Така деревина значно відрізняється за розміром і повинна



подрібнюватися перед спалюванням. Для підприємств комунального сектору найбільш доступними є деревні відходи від будівництва і реконструкції житла та відходи, отримані внаслідок чисток міських насаджень. Вартість такої деревини практично нульова. Для виробництва енергії з біомаси можна використовувати суміші з деревини і торфу, деревини і вугілля. При загальному запасі деревини в Україні понад 107 млрд м<sup>3</sup> заготовлюється близько 15 млн м<sup>3</sup> щорічно. Після переробки деревини утворюються відходи, що згідно з нормативами становлять:

- 12% від обсягу заготівельних робіт;
- 35% від обсягу лісопереробних робіт;
- 31% при виробництві віконних і дверних блоків, тари;
- 54% при виробництві меблів [21, с. 349].

Україна має великий потенціал відходів лісу (табл. 5). Доцільним є пряме спалювання цих відходів з метою отримання енергії та додаткова переробка для підвищення теплотворної здатності (виробництво брикетів).

Суттєві переваги деревного палива полягають в його екологічній чистоті: деревина не містить сірки, хлору та інших шкідливих для атмосфери елементів. Під час спалювання деревина виділяє таку ж кількість діоксиду вуглецю, яка була поглинута при її зростанні, тобто є CO<sub>2</sub>-нейтральною.

Деревна біомаса поділяється на декілька груп відповідно до її походження:

- спеціально заготовлювана в лісі паливна деревина;
- відходи лісозаготівель;
- відходи целюлозно-паперової промисловості;
- відходи деревообробки;
- міська деревина.

Деревна щепка може бути отримана з ділової деревини, дерев, зрубаних під час проріджування молодих насаджень і рубках догляду в старих, з відходів лісозаготівлі (вершинки, гілки). До групи відходів деревообробки входять відходи, що утворюються під час промислової обробки деревини (обрізки, кора, тирса тощо).

Таблиця 5

**Динаміка обсягів відходів лісу в Україні, тис. м<sup>3</sup>\***

| Область                   | 2008 р. | 2009 р. | 2010 р. | Відхилення, тис. м <sup>3</sup> , 2010 р. до 2008 р. |        |
|---------------------------|---------|---------|---------|--|--------|
|                           |         |         |         | +/-  | %      |
| 1                         | 2       | 3       | 4       | 5  | 6      |
| Автономна Республіка Крим | 10,79   | 9,83    | 8,89    | -1,89  | 82,49  |
| Вінницька                 | 103,53  | 95,94   | 100,09  | -3,435   | 96,68  |
| Волинська                 | 136,09  | 127,39  | 146,51  | 10,41  | 107,65 |
| Дніпропетровська          | 9,18    | 5,48    | 1,74    | -7,44  | 18,95  |
| Донецька                  | 9,42    | 9,93    | 12,18   | 2,76   | 129,29 |
| Житомирська               | 323,59  | 314,94  | 366,62  | 43,02  | 113,29 |
| Закарпатська              | 143,01  | 135,78  | 150,56  | 7,55   | 105,28 |
| Запорізька                | 3,48    | 3,74    | 4,2     | 0,72   | 120,69 |
| Івано-Франківська         | 129,71  | 125,89  | 138,48  | 8,78   | 106,77 |
| Київська                  | 181,53  | 149,93  | 191,21  | 9,675  | 105,33 |
| Кіровоградська            | 30,41   | 27,15   | 27,42   | -2,99  | 90,18  |
| Луганська                 | 27,26   | 25,11   | 34,55   | 7,29   | 126,75 |
| Львівська                 | 174,89  | 144,06  | 166,02  | -8,87  | 94,93  |

|              |      |      |       |      |        |
|--------------|------|------|-------|------|--------|
| Миколаївська | 5,03 | 5,12 | 5,089 | 0,06 | 101,19 |
|--------------|------|------|-------|------|--------|

Продовження табл. 5

| 1             | 2       | 3       | 4       | 5      | 6      |
|---------------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Одеська       | 15,08   | 13,25   | 11,55   | -3,525 | 76,62  |
| Полтавська    | 48,71   | 47,37   | 55,07   | 6,36   | 113,06 |
| Рівненська    | 198,09  | 188,52  | 211,43  | 13,335 | 106,73 |
| Сумська       | 143,24  | 128,22  | 144,33  | 1,095  | 100,76 |
| Тернопільська | 39,38   | 33,48   | 37,08   | -2,295 | 94,17  |
| Харківська    | 67,67   | 63,41   | 63,21   | -4,455 | 93,42  |
| Херсонська    | 23,29   | 19,58   | 19,05   | -4,245 | 81,78  |
| Хмельницька   | 88,53   | 83,58   | 86,42   | -2,115 | 97,61  |
| Черкаська     | 88,23   | 81,72   | 91,2    | 2,97   | 103,37 |
| Чернівецька   | 129,92  | 123,27  | 134,99  | 5,07   | 103,90 |
| Чернігівська  | 210,02  | 157,73  | 185,69  | -24,33 | 88,42  |
| Всього        | 2358,56 | 2133,21 | 2421,84 | 63,29  | 102,68 |

\* Розраховано автором на основі [20].

Особливої уваги для використання як палива заслуговує тріска і тирса. Тріска – подрібнені вздовж волокон кусочки деревини розміром до 50 мм, отримані зі стовбурів дерев, пеньків і гілок. Тирса – більш дрібні частинки деревини розміром до 5 мм, отримані під час пиляння тощо.

Негативними властивостями природної лісової біомаси є:

- низька енергетична щільність біомаси;
- висока вологість і витрати енергії на пароутворення під час спалювання;
- неоднорідність форми лісової біомаси, що ускладнює механізацію і автоматизацію заготовки й спалювання цього палива.

Оцінка ресурсів біомаси у розрізі адміністративних областей України доводить, що у всіх регіонах наявні достатні для енергетичного використання обсяги біомаси. Найбільшим потенціалом біомаси володіють Вінницька, Дніпропетровська, Одеська, Київська, Полтавська, Черкаська, Хмельницька області. Вони розташовані у Західній і Південній Україні, для яких характерна інтенсивна сільськогосподарська діяльність. У цих областях відходи сільського господарства ста-новлять понад 70% загальних ресурсів біомаси.

Проблеми залежності промисловості та всієї життєдіяльності людей від традиційних енергоносіїв набувають

глобальних масштабів. Внаслідок економічного розвитку зростає споживання енергії, а це у свою чергу призводить до збільшення імпорту енергоносіїв. Водночас запаси традиційних енергоресурсів стрімко зменшуються, а ціни на них зростають. Україна спожила у 2011 ро-ці близько 170 млн т у. п. За рахунок сумарного потенціалу рослинної і тваринної біомаси в Україні можна замінити щорічно від 15 до 23 млн т у. п. (рис. 2).

На сьогодні Україна споживає біомасу переважно у вигляді деревного палива (спалювання дров у приватних будинках та котлах підприємств лісової і деревообробної галузей) – близько 1 млн т у. п./рік [13, с. 87].

Ефективною сировиною для виробництва біогазу можуть додатково слугувати відходи спиртових заводів. Вони містять практично всі компоненти вихідної сировини, крім цукру. Вихід біогазу при зброджуванні 1 м<sup>3</sup> цих відходів – 28-30 м<sup>3</sup>. На одному спиртзаводі середньої потужності можна одержати за добу 24 тис. м<sup>3</sup> газу, за рік – майже 6 млн м<sup>3</sup>. Спалювання біогазу в котельні заводу дасть змогу заощаджувати близько 4800 т умовного палива на рік. Для організації виробництва біогазу на спиртзаводі середньої потужності доцільно встановити чотири біореактори по 600 м<sup>3</sup>, затрати на їх встановлення завдяки економії

палива окупляться протягом одного року [22, с. 6].



Рис. 2. Динаміка можливостей заміни паливно-енергетичних ресурсів за рахунок сумарного потенціалу біомаси в Україні.\*

\*Власні орієнтовні розрахунки автора.

З метою поширення практики виробництва та використання енергії, одержаної з біомаси, доцільним є налагодження відповідної регламентації та інституційного забезпечення цього виду енергетичної діяльності. Біомаса, що походить від різних виробників, з огляду на різні джерела походження, агро-технічні прийоми, терміни і технології виготовлення, може істотно відрізнитись за своїми фізико-хімічними властивостями. Тому необхідними є якісні характеристики палива, що виробляється з різних видів біомаси. Але наразі в Україні зовсім не опрацьовано норм стосовно сфери аналізу чи вимог до біомаси, призначеної на енергетичні цілі внаслідок її спалювання. У європейських країнах сертифікація біомаси, призначеної до спалювання, відбувається на основі норм: ONORM M 7133 в Австрії, BPM 1-6 у Голландії, SS 187170-78 у Швеції, натомість сертифікація гранульованих видів палива з натурального дерева здійснюється на основі норм ONORM M 7135 в Австрії, NBN M11-001 у Бельгії, DIN 51731 у Німеччині, NS 3165-8 у Норвегії, SS 187120 у Швеції, STI-R 04/5 в Італії, British Biogen (Кодекс Доброї Практики) – у Великобританії [12, с. 19].

Відсутність нормативної бази у сфері виробництва і використання енергії,

одержуваної з біомаси, не дозволяє на цивілізованому рівні розширювати цей напрям підприємництва і водночас формувати самостійну альтернативну енергетичну базу країни.

**Висновки.** Залучення нетрадиційних альтернативних джерел енергії до процесу формування необхідного рівня енергетичної безпеки в Україні є об'єктивним і необхідним як з економічного, так і з екологічного погляду. Найважливішу роль серед цих видів джерел енергії в умовах України на най-ближчу перспективу може відіграти біомаса, особливо – сільськогосподарського та лісового походження. Використання біомаси як джерела енергії в Україні може дозволити замінити від 15 до 23 млн т умовного палива, одержуваного з традиційних джерел.

Отримання енергії з біомаси (деревних і сільськогосподарських відходів, соломи, гною, органічної частини твердих побутових відходів) є однією з галузей, що найбільш динамічно розвиваються у світі. Цьому сприяють такі її властивості, як великий енергетичний потенціал і відновлюваний характер. Власне вагомою перевагою біомаси як енергетичного ресурсу є те, що її ресурси поновлюються щороку і практично постійно. Біомаса сільського і лісового господарства – доступне місцеве паливо, що може

використовуватися в системах опалення житлових, виробничих, адміністративних будинків, в об'єктах соціальної інфраструктури (школах, дитячих садочках), що розташовані в сільській місцевості. Використання біомаси в енергетичних цілях дозволить забезпечити ці об'єкти власними енергоносіями і зменшити витрати на придбання традиційного палива.

Становлення й розвиток відновлюваних джерел енергії має відбуватися на основі створення умов для забезпечення справедливої економічної конкуренції з іншими джерелами енергії з одночасним впровадженням заходів державної підтримки розвитку перспективних технологій, що відображають су-спільний інтерес до підвищення рівня енергетичної безпеки, екологічної чистоти та протидії глобальним негативним змінам якості навколишнього природного середовища і клімату.

Широке поле для подальших наукових досліджень у сфері виробництва та використання біомаси як альтернативного джерела енергії створює необхідність вивчення проблеми розробки методики визначення економічної доцільності застосування конкрет-ного виду біомаси в енергетичних цілях та альтернативної оцінки його ефективності.

**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. Економічна безпека України : сутність і напрямки забезпечення : монографія / В. Т. Шлемко, І. Ф. Бінько. – К. : НІСД, 1997. – 144 с.
2. Прейгер Д. Енергетична незалежність як складова економічної безпеки: український вимір [Електронний ресурс] / Д. Прейгер. – Режим доступу : <http://eai.org.ua/magazine>.
3. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-энергетические аспекты. Энергетическая безопасность. (Проблемы функционирования и развития электроэнергетики). – М. : МГФ “Знание”, 2001. – 475 с.
4. Енергетична безпека України. Стратегія та механізми забезпечення / за заг. ред. А. І. Шевцова. – Дніпропетровськ : Пороги, 2002. – 264 с.
5. Городов Р. В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учеб. пособие / Р. В. Городов, В. Е. Губин, А. С. Матвеев. – 1-е изд. – Томск : Изд-во Томск. политех. ун-та, 2009. – 294 с.
6. Агеев В. А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / В. А. Агеев. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2004. – 174 с.
7. Гелетуха Г. Додаткові інвестиції в енергозбереження [Електронний ресурс] / Г. Гелетуха, Ю. Матвєєв, О. Філоненко ; Ін-т технічної теплофізики НАН України. – Режим доступу : [www.biomass.kiev.ua](http://www.biomass.kiev.ua).
8. Огляд відновлюваних джерел енергії в сільському та лісовому господарстві України [Електронний ресурс] / Ін-т екон. досліджень та політ. консультацій. – Режим доступу : [www.ier.kiev.ua](http://www.ier.kiev.ua).
9. Про альтернативні джерела енергії [Електронний ресурс] : Закон України від 20 лютого 2003 р. № 555-15. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/>.
10. Кухар В. Екобіотехнологія та біоенергетика: проблеми становлення та розвитку / В. Кухар, Є. Кузьмінський, Н. Голуб // Вісник НАН України. – 2005. – № 9. – С. 3-18.
11. Про альтернативні види рідкого та газоподібного палива : Закон України від 14 січня 2000 р. № 1391-14 [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. – 2000. – № 12. – С. 94. – Режим доступу : [main.cgi?nreg=555-15](http://main.cgi?nreg=555-15).
12. Szyszlak-Bargłowich J. Charakterystyka biomasy jako paliwa / Szyszlak-Bargłowich J., Piekarski W. // *Wiś Jutra*. – 2011. – N 10. – S. 16-19.
13. Використання місцевих видів палива для виробництва енергії в Україні / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железна, Ю. Б. Матвєєв, М. М. Жовнір // *Промышленная теплотехника*. – 2006. – Т. 28, № 2. – С. 85-93.
14. Современное состояние и перспективы развития биоэнергетики в Украине / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железная, Н. М. Жовмир, Ю. Б. Матвеев // *Промышленная теплотехника*. – 2005. – Т. 27, № 1. – С. 78-85.
15. Vis M. Harmonization of biomass resource assessments. Volume I : Best practices and methods handbook / Martin Vis // Report on WP5 of the EC FP7 Project “Biomass Energy Europe” / BTG Biomass Technology Group B.V. – Netherlands, 2010. – P. 43.
16. Заборски О. Биомасса как источник энергии / О. Заборски. – М. : Мир, 1985. – 368 с.
17. Енергетична стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс] : Постанова КМ України від 15.03.2006 р. №145-р. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/>.
18. Гелетуха Г. Г. Обзор технологий сжигания соломы с целью выработки тепла и электроэнергии / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железна // *Экотехнология и ресурсосбережение*. – 1998. – № 6. – С. 3-12.
19. Мізернюк С. Чи змінить біодизель село, як колись світ – дизельний двигун? [Електронний ресурс] / С. Мізернюк. – Режим доступу : <http://ukrslowo.com.ua>.
20. Статистичний щорічник України за 2010 рік / під ред. О. Г. Осауленка ; Держкомстат України. – К., 2011. – 569 с.
21. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії : навч. посіб. / О. І. Соловей, Ю. Г. Лега, В. П. Розен [та ін.] ; за заг. ред. О. І. Солов'я. – Черкаси : ЧДТУ, 2007. – 483 с.
22. Домарецький В. Джерело відновлюваної енергії / В. Домарецький, П. Шиян // *Харчова і переробна промисловість*. – 2007. – № 6. – С. 4-6.



