

УДК 630\*658.011

**В. Л. КОРЖОВ<sup>1</sup>**

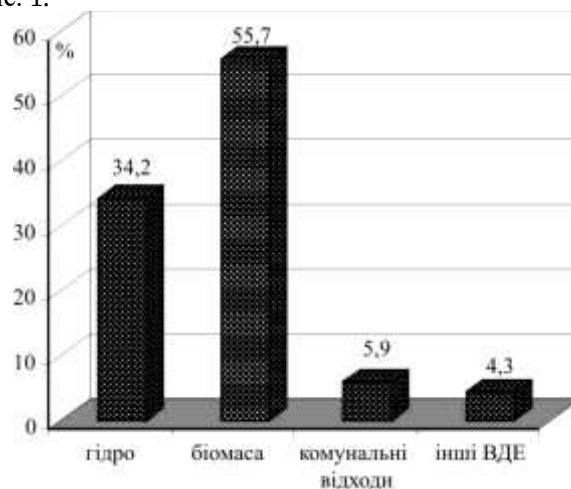
## **ЗНАЧЕННЯ БІОМАСИ ДЕРЕВ У ПРОЦЕСІ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ УКРАЇНИ**

*Подано аналіз використання відновлюваних джерел енергії, з-поміж яких найвагомішою є біомаса. Встановлено тенденції розвитку технологічних процесів і систем машин для енергетичного використання біомаси дерев і запропоновано заходи щодо їх застосування в Україні.*

**Вступ.** Споживання енергетичних ресурсів в Україні зорієнтовано, здебільшого, на традиційні, не відновлювані джерела енергії: природний газ 41-43 %, нафта й вугілля по 19 %, уран – 17 %. Гідроенергетика та інші відновлювані джерела енергії (ВДЕ) становлять лише 4 %. До того ж Україна є державою з надмірним споживанням енергоносіїв та з енергетичною залежністю від імпорту всіх основних енергоносіїв (нафти, природного газу, ядерного палива). Питома енергомисткість внутрішнього валового продукту в 2,6 рази перевищує середній світовий показник [1]. Ця обставина істотно стримує розвиток нашої держави, тому потрібно негайно приймати ефективні рішення, спрямовані на оптимізацію енергетичного балансу.

На сучасному етапі розвитку світової цивілізації енергетичні проблеми вийшли за межі технічних рішень, вони дедалі більше узалежнені від економічних, екологічних, соціальних і політичних чинників, а енергетика стала одним із головних рушіїв виробничого поступу та рівня матеріального добробуту кожної країни. Тому конкурентоспроможність продуцентів енергії, безпека транспортування енергоносіїв та охорона довкілля є засадами європейської енергетичної політики. Європейський Союз (ЄС) зацікавлений у використанні відновлюваних джерел енергії в поєднанні зі збільшенням частки децентралізованих і місцевих джерел тепла та електроенергії. У руслі цієї політики Європейська комісія (ЄК) фінансово підтримує технологічні проекти використання ВДЕ та їх реалізацію.

**Біомаса – найбільше джерело відновлюваної енергії.** У Білій книзі "Енергія майбутнього – відновлювані джерела енергії" [2], яку видала ЄК для окреслення політичних, юридичних, адміністративних, господарських і економічних аспектів розвитку ВДЕ, висвітлено стан справ і аргументовано доцільність їх використання у країнах ЄС, спрогнозовано рівень насичення ринку технологіями з використання ВДЕ. Констатовано, що в країнах Європи використовують такі вагомі види ВДЕ: гідроенергетику, енергію біомаси, комунальні відходи, енергію вітру, фотоелектричні джерела енергії, сонячне випромінювання і геотермальну енергію. Частка кожного виду в енергобалансі різна. Розподіл виробництва первинної енергії у країнах ЄС за видами ВДЕ на початку XXI ст. зображено на рис. 1.



**Рис. 1. Розподіл виробництва первинної енергії у країнах ЄС за видами ВДЕ**

Біомаса – найвагоміше джерело енергії, яке становить понад половину від загального виробництва ВДЕ. Найбільше енергії з біомаси використовують у Франції, Швеції та Фінляндії. У прогнозованому майбутньому біомаса буде основним видом ВДЕ. Передбачено зростання її обсягів у три рази. Гідроенергія – друге найважливіше джерело ВДЕ, на її частку припадає понад третина обсягів. Найбільше цієї енергії (80 %) виробляють у Франції, Італії, Швеції, Австрії та Іспанії. З екологічних причин велика енергетика не матиме значного розвитку. Прогнозують збільшити частку гідроелектростанцій невеликої потужності (до 100 МВт). Енергія, отримана завдяки перероблянню комунальних відходів, становить близько 6 % загальних обсягів ВДЕ. Найбільше її виробляють в Німеччині, Франції, Данії та Голландії. Енергія вітру є перспективним джерелом, хоча обсяги продукції вітроенергетики не сягають навіть 1 % від обсягів використовуваної енергії з біомаси. Застосування фотоелектричних джерел енергії і сонячних колекторів у Європі невинно зростає, але їхня енергетична потужність надто мала. Геотермальну енергію використовують лише в країнах з певним геотермальним потенціалом (Італія – 92,2 % і Франція 5,2 % від цього виду енергії) [2, 3].

Для теплоенергетичного устаткування зі спалювання біомаси характерна порівняно висока металомісткість і вартість, воно потребує значних

<sup>1</sup> **Володимир Леонідович КОРЖОВ** – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, канд. техн. наук, ст. наук. співроб., перший заступник директора з наукової роботи Українського науково-дослідного інституту гірського лісівництва ім. П.С. Пастернака. Україна, м. Івано-Франківськ.  
Тел. +38(034) 222 52 16, +38067-380-25-08. E-mail: uktrimf@ivf.ukrpack.net

виробничих площ, великогабаритних топків котельних установок. Це зумовлено тим, що біомаса належить до громіздких низькокалорійних видів палива. Тому в більшості країн, де широко виробляють енергію з біомаси, практикують надання субсидій (до 50 % капітальних затрат) чи дешевих кредитів, особливо на перших етапах становлення теплоенергетичних підприємств [4]. Однак, з розвитком науково-технічного прогресу, теплоенергетичне устаткування вдосконалюється. Це дає змогу отримувати дешевшу енергію ніж внаслідок використання традиційних джерел. До прикладу, на рис. 2 зображено динаміку питомої вартості генерації електроенергії із різних видів енергоносіїв у вісімдесятих роках минулого століття [5].

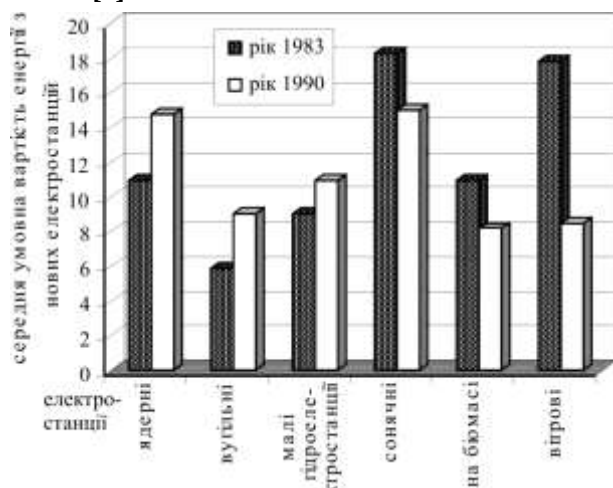


Рис. 2. Динаміка питомої вартості генерації електроенергії

Попри здорожчання майже на четверть електроенергії, яку виробляють на атомних, вугільних чи малих гідроелектростанціях, відчутно здешевшала електроенергія, отримана від сонця, вітру чи біомаси. З-поміж ВДЕ отримувана з біомаси електроенергія є найдешевшою. Її вартість конкурує з електроенергією вугільних електростанцій.

**Світові тенденції енергетичного використання біомаси дерев.** З аналізу світового досвіду вирішення проблем енергетичного забезпечення промислово – господарського комплексу видно, що деревина є однією із найвагоміших і дешевих ВДЕ. Біомаса дерев – не тільки відновлюване джерело енергії, процесами утворення якого, на відміну від традиційних (вугілля, нафти, газу), можна управляти, але ще й одне з не багатьох екологічно чистих видів палива. Унаслідок спалювання деревини не порушується тепловий баланс планети. Для деревини як енергоносія властива сталість. Вітрове, сонячне і геотермальне джерела енергії схожі тим, що їх енерговіддача має випадковий характер, який не дає гарантованого мінімуму.

Наприкінці ХХ ст. частка використовуваної для одержання енергії деревини становила (у % від загального обсягу вивезеної деревини) для Данії 60,6 %, Франції – 55,9 %, Норвегії – 28,5 %, Швеції – 29,0 %, Швейцарії – 56,1 %. У середньому, ця частка по Європі становила 39 %, а у США – 46,2 %. Так, у ФРН, де енергозабезпечення приблизно на 60 % залежить від імпорту, із 17-20 млн м<sup>3</sup> деревинних відходів деревообробних підприємств, приблизно

45 % ідуть на одержання енергії, а ліквідні відходи лісозаготівельних підприємств (близько 2-3 млн м<sup>3</sup>) тільки зрідка використовують як сировину. Їх, зазвичай, спалюють. Крім цього, розроблено техніко-економічне та екологічне обґрунтування потреби збільшення використання порубних відходів у 3-5 разів. Частка енергії, яку одержували з деревини в загальному енергопостачанні в країнах Європи, становила в середньому 4,39 %, у США – 5,09 % [6, 7].

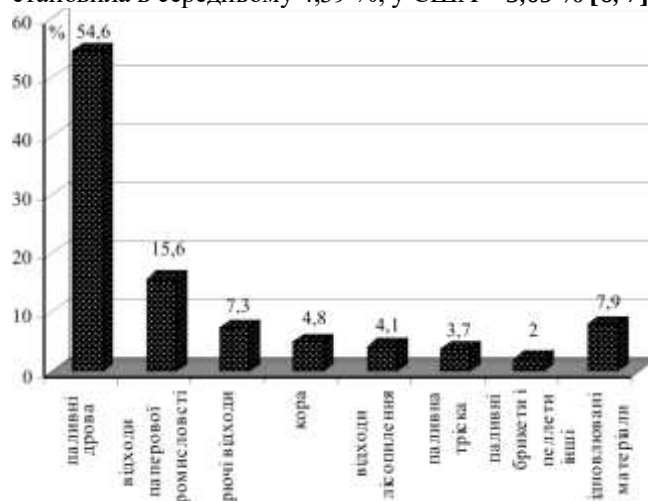


Рис. 3. Розподіл відновлюваних джерел енергії за обсягами отримуваної енергії в Австрії

До прикладу, на рис. 3 зображено структуру ВДЕ (без гідроенергетики) та її розподіл за обсягами отримуваної енергії в Австрії у 2003 р. (у % від загального обсягу ВДЕ). Більше половини (54,6 %) становили паливні дерева. На другому місці відходи паперової промисловості (15,6 %). На відходи лісопилення і паливну тріску із лісопорубних решток припадає близько 8 %. Паливні брикети й пелети становлять тільки 2 %. Наголосимо, що в Австрії близько третини домогосподарств використовують деревину для опалювання [8]. У Білорусі будують централізовані теплоенергетичні вузли високої потужності, які використовують подрібнену деревину.

У 2008 р. (за даними ФАО ООН) біомаса дерев становила 10,6 % від загального обсягу споживання первинної енергії. Науковці прогнозують подальше зростання частки використання деревини в енергетиці. До 2030 р. її заготовлятимуть на 10 % більше, а виробництво електроенергії із біомаси дерев зросте в 4 рази. У розроблених проектах використання джерел енергії у біомасі дерев відводять роль найвагомішого та сталого ВДЕ з великим потенціалом. Тому у Франції працює Міжнародний інститут енергії з деревини – ITEVE [9-11].

Показовим прикладом своєчасності та ефективності заходів, спрямованих на розширене використання енергії із біомаси дерев, може слугувати Швеція, яка у 1977 р. на 78 % задовольняла свої потреби за рахунок імпорту нафти і лише на 8 % – за рахунок деревини. Шведські вчені розробили науково-дослідну програму щодо отримання енергії із біомаси дерев, яка містить два напрямки:

"лісова енергія" – заготівля і використання деревини від рубань у різних групах лісів, а також відходів лісозаготівлі та лісопилення;

"енергетичний ліс" – створення енергетичних плантацій на землях не сільськогосподарського призначення.

Внаслідок реалізації згаданої вище програми до 2000 р. частка біомаси в енергобалансі Швеції становила вже 21 % [12]. І, мабуть, не випадково, що координатором європейського науково-дослідного проекту "FOREENERGY" (вартість 1,61 млн дол. США), завдання якого – розробити економічну, продуктивну і безпечну для довкілля концепцію промислової заготівлі біомаси, призначено компанію Timberjack (зараз входить до складу групи John Deere) – світового лідера лісового машинобудування з центральним офісом у Швеції [13].



Рис. 4. Пакети із біомаси дерев

**Застосовувані технологічні процеси і обладнання.** У країнах ЄС на основі раціональної цінової політики створені системи податкових пільг і субсидій, а також успішно працюють сучасні системи машин і технології, які забезпечують функціонування процесів, починаючи від збирання, перероблення та транспортування біомаси дерев, аж до отримання з неї енергії на економному і високопродуктивному обладнанні. При цьому використовують не тільки відходи промислового перероблення деревини, нагромаджені у населених пунктах, але й порубні відходи.

Варто звернути увагу на застосування двох технологічних схем заготівляння біомаси дерев із порубних відходів. Перша передбачає збір і подрібнення порубних відходів системою мобільних машин і подальше транспортування подрібненої біомаси дерев. За другою схемою, із зібраної деревної біомаси формують пакети, за формою подібні до колод (рис. 4).

Ці пакети є транспортабельні та зручні в технологічному аспекті. Лісовозні машини підвозять їх для подрібнення на стаціонарних рубальних машинах, встановлених у місцях безпосереднього перетворення біомаси в енергію.

У межах згаданого вище проекту "FOREENERGY" розроблено і випробувано нагромаджувальні звалювальні головки для харвестерів і машину для пакетування порубних відходів. Роботу цієї машини на енергетичній плантації зображено на рис. 5.

Застосування такої технології призводить до значного збільшення обсягів заготовленої в деревостанах біомаси [13, 14].



Рис. 5. Пакетування біомаси дерев на енергетичній плантації

У розвинених країнах налагоджено серійний випуск різноманітного (як за призначенням, так і потужністю) сучасного високомеханізованого енергетичного обладнання для спалювання деревини, зокрема котли для домашнього використання з попереднім газовиділенням з біомаси дерев, що дає змогу автоматизовано управляти процесом горіння. У цих країнах технологічні процеси спалювання деревини набули поширення і вийшли на комерційний рівень використання. На рис. 6 зображено конструктивні схеми сучасних високомеханізованих промислових котлів для спалювання подрібненої деревини різної вологості.

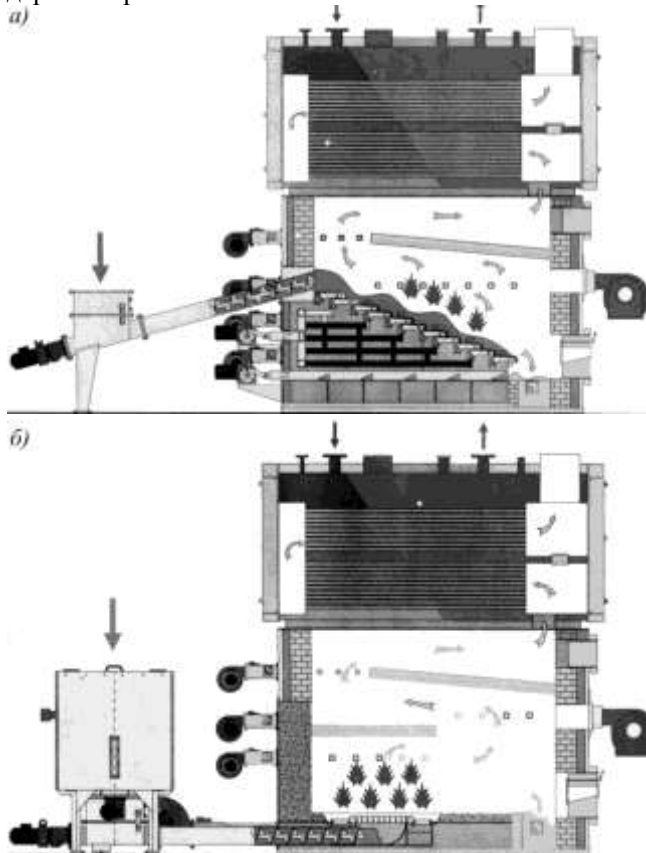


Рис. 6. Конструктивні схеми котлів для спалювання подрібненої деревини: а – з вологістю до 35-40 %; б – з вологістю більше 35-40 %

**Екологічні аспекти процесів спалювання деревини.** Порівняно зі спалюванням вугілля, питомі викиди парникових газів менші в 20-50 разів. Екологічні аспекти роботи котлів для спалювання деревини характеризуються такими показниками [4]:

- викиди  $\text{SO}_2$  відповідають встановленим нормам без додаткових заходів, через незначний вміст сірки в деревині;
- допустимий рівень викидів  $\text{CO}$  і  $\text{NO}$  можна досягти шляхом контролю за процесом горіння;
- викиди твердих частинок, у середньому, становлять  $300 \text{ мг/нм}^3$ , що вимагає встановлення мультициклонів чи тканинних або електростатичних фільтрів для задоволення нормативних вимог.

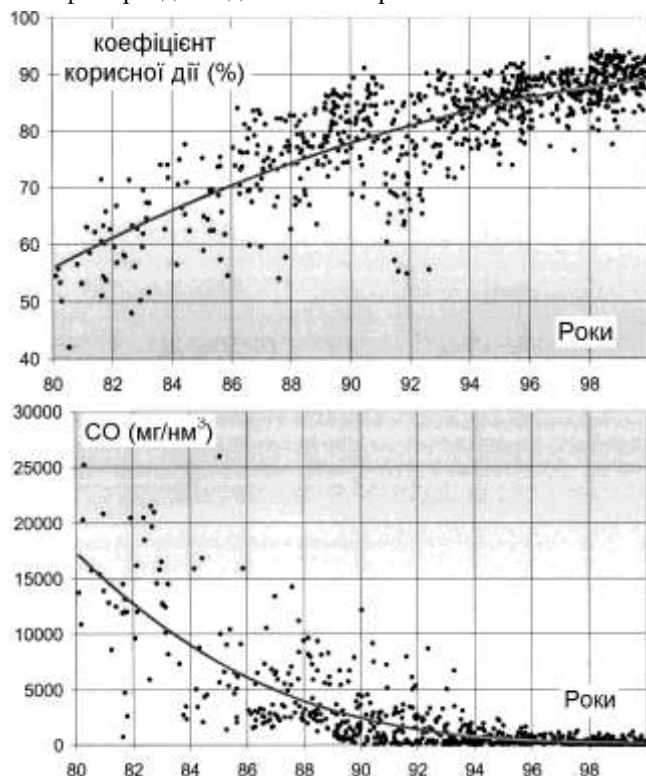


Рис. 7. Динаміка основних показників котлів для спалювання деревини

Завдяки вдосконаленню конструкції котлів і процесів управління горінням деревини отримано позитивну динаміку зниження емісії  $\text{CO}$ , а також не вдалося підвищити коефіцієнт корисної дії паливних агрегатів (рис. 7) [15].

**Стан енергетичного використання деревини в Україні.** Дедалі зростає зацікавленість деревиною як енергоносієм. Проблеми отримання енергії з біомаси дерев вирішують вчені наукових установ, зокрема Інститут технічної теплофізики НАН України, Державний науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут нетрадиційної енергетики й електротехніки, Національний лісотехнічний університет України. Тут здійснюють дослідження з визначення об'ємів утвореної і нагромадженої біомаси дерев та визначення вітчизняних ресурсів для можливого їх використання в енергетиці [16, 17]. Також діє науково-технічний центр "Біомаса", за участю якого реалізовано низку проектів, які забезпечують утилізацію деревних відходів з метою отримання енергії. Ще в 2001 р. розроблено "Концепцію розвитку біоенергетики в Україні" [18].

На основі швейцарсько-українського проекту розвитку лісів Закарпаття (FORZA) тривалий час вживають інформаційно-просвітницьких заходів, спрямованих на розширення обсягів і ефективне використання деревини для отримання теплової енергії в регіоні. Керівники лісопромислових підприємств різних форм власності, лісгоспів Державного комітету лісового господарства України, а також органів місцевої влади активізували співпрацю у цьому напрямку.

Відрадно, що українські підприємства, зокрема "Житомирремхарчомаш", "Роск-Львів", "Київавтоматика", "КАФ" й інші розпочали серійний випуск промислових і побутових котлів різноманітної потужності для спалювання деревини, які успішно працюють як на лісопромислових підприємствах, так і в котельнях соціальної сфери.

Найактивніші щодо використання деревини як джерела енергії – лісопромислові підприємства приватної форми власності, що здійснюють глибоку переробку деревної сировини. Зазвичай, на таких підприємствах основним джерелом теплової енергії, яку використовують для промислових і побутових потреб, є котельні, що працюють на деревинних відходах. На новостворених підприємствах переважно застосовують сучасне теплоенергетичне устаткування, внаслідок чого без затрат ручної праці, в автоматизованому режимі та з високим коефіцієнтом корисної дії отримують потрібну кількість теплової енергії з мінімальним впливом на навколишнє середовище. Тому усувається негативний вплив від утилізації деревинних відходів у традиційний спосіб.

Однак темпи й обсяги залучення біомаси дерев до енергобалансу України не відповідають ані наявним ресурсам, ані потребам енергетики. Значну кількість біомаси дерев, нагромаджену як у деревостанах різних категорій лісів, так і в деревинних відходах дрібних лісопромислових підприємств, а також у комунальних, дорожніх та інших організаціях переважно не використовують. Значну частину відходів, утворюваних під час перероблення деревини, зазвичай, вивозять на звалища. У зоні дії лісопилних підприємств нагромаджуються значні обсяги деревинної біомаси. Трапляються поодинокі випадки безсистемного і без-дозвільного складування деревинних відходів чи безконтрольного їх спалювання. На жаль, в Україні біомаса дерев, незважаючи на наведені вище переваги, не має жодних пріоритетів перед іншими джерелами енергії. Загальнодержавної програми енергетично-зорієнтованого використання біомаси дерев немає [12, 19, 20].

### Висновки та пропозиції

1. В Україні потрібно негайно розширити використання біомаси дерев в енергетиці.
2. Технологічні процеси енергетичного використання деревини, поряд із корисними економічними й екологічними ефектами, позитивно впливають на соціальну сферу шляхом створення нових робочих місць, надходження грошей в місцевий бюджет, а також зниження витрат на імпорт енергоносіїв.
3. Доцільно організувати раціональне, планомірне та поетапне використання різних видів

деревної біомаси без завдання шкоди довкіллю та з урахуванням всіх чинників (потенціалу, транспортної та економічної доступності, наявності споживачів тощо).

4. Для того, аби оптимізувати енергобаланс країни, скоротити потреби національної економіки у привізних енергоносіях, забезпечити лісопромислові підприємства тепловою енергією і громадян паливом, а також вирішити питання комплексного використання деревини й утилізації деревинних відходів, потрібно в найкоротші терміни:

удосконалити системи обліку лісових ресурсів і утворюваних деревинних відходів та їх ефективне використання;

посилити відповідальність шляхом уведення штрафів або підвищення платежів за неефективне використання деревини та деревних відходів, чи їх вивіз на звалища;

здійснити дослідження з метою створення енергетичних плантацій, розширити використання низькоякісної і неліквідної деревини та порубних відходів;

розробити системи машин і технологічних процесів, організувати збирання і транспортування біомаси дерев до місць перероблення або споживання, їх подрібнення і сортування;

запропонувати підприємствам і громадянам сучасні котли промислового та побутового призначення з високим ступенем механізації (автоматизації) для спалювання цілісної чи подрібненої деревини, або її газифікації;

організувати максимальне використання деревних відходів і низькоякісної деревини, щоб теплову енергію отримували з неї лісопромислові підприємства, організації і жителі населених пунктів лісистих регіонів;

пропагувати використання деревної біомаси як палива, запровадити систему надання пільг чи субсидій виробникам обладнання і споживачам енергії із деревини, з метою використання деревини в енергетиці,

Для того, щоби швидко й ефективно вирішити ці проблеми, потрібно розробити Державну програму енергетичного використання біомаси дерев в Україні та її реалізувати. Це дасть змогу вирішити важливі загальногосподарські, лісогосподарські, екологічні та природоохоронні завдання, зокрема посприяти:

економії викопних енергоносіїв (вугілля, нафти, газу); зменшенню об'єму імпортованих енергоносіїв і їх здешевленню;

зменшенню обсягів шкідливих викидів, зменшенню шкідливого впливу енергетики на довкілля;

підвищенню лісистості країни завдяки створенню енергетичних плантацій;

поліпшенню санітарного стану лісових масивів і промислових майданчиків деревообробних підприємств;

підвищенню зайнятості в Україні шляхом створення нових робочих місць.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Поліщук С. Ядерне майбутнє України / Голос України. – 2007. – № 75.

2. **Energy for the future:** renewable sources of energy. White paper for a community strategy and action plan. Bruxelles, 1997. – 53 p.

3. Вах Е., Мікелсвіч Д. Відновлювані джерела енергії в енергетичній політиці європейських країн // Ринок інсталяційний. – 2000. – № 6. – С. 7-9.

4. Гелетуа Г.Р., Железна Т.А. Обзор современных технологий сжигания древесины для выработки тепла и электроэнергии // Оборудование и инструмент для профессионалов. – 2005. – № 3. – С. 64-68.

5. Кабат М., Собанські Р. Відновлювані джерела енергії в енергетичному господарстві сільських районів // Ринок інсталяційний. – 2000. – № 6. – С. 12-17.

6. Принс К. Анализ получения энергии из древесины в 80-х годах // В кн.: Материалы симпозиума международной выставки "Лесдревмаш-89". Часть 1. – М. : ВНИПИЭИлеспром. – 1990. – С. 41- 67.

7. Фрювальд А. Использование отходов лесозаготовок и промышленных древесных отходов: состояние техники, границы и возможности // В кн.: Материалы симпозиума международной выставки "Лесдревмаш-89". Часть 1. – М. : ВНИПИЭИлеспром. – 1990. – С. 67-76 с.

8. **Renewable energy in Austria.** – Vienna: Federal Ministry of Economics and Labour. – 2003. – 23 p.

9. **Forest and energy.** Key issues. // FAO forestry paper. № 154. – Rome: FAO UN. – 2008. – 56 p.

10. Hellberg M. Biomass – the alternative to fossil fuel with the greatest potential // Timberjack News. – 1999. – № 2. – P. 12-14.

11. Teronen T. A bright future for energy wood // In the forest. – 2007. – № 2. – P. 6-7.

12. Коржов В.Л. Энергия из древесины. Реалии и проблемы // Wood business. – 2000. – № 2. – С. 22-29.

13. Биоэнергия интересующая всю Европу // Timberjack News. – 2003. – № 1. – С. 18-19.

14. Uuskoski T. Fiberpac bundles bioenergy for power plants // Timberjack News. – 2001. – № 1. – P. 12-13.

15. Schrottnaier J., Lasselsberger L. The influence of BLT Wieselburg on the situation of bioenergy in Austria and Europe/ BLT Wieselburg. – 2001. – 9 p.

16. Жовмір М.М., Недовесов В.І., Смірнов О.П., Талько А.Й., Торосов А.С., Шахнер Е.Н., Коржов В.Л., Абрамович І.О., Югіна А.С., Бондар І.Л. Ресурси біомаси для енергетичного використання в Україні // Енергетика і електрифікація. – 2002. – № 6. – С. 38-45.

17. Жовмір М.М., Смірнов О.П., Торосов А.С., Коржов В.Л., Абрамович І.О., Югіна А.С., Бондар І.Л., Колесник В.В. Значення біомаси в енергозабезпеченні України та основні напрями її використання при виробництві енергії // Енергетика і електрифікація. – 2002. – № 9. – С. 28-34.

18. Концепція розвитку біоенергетики в Україні / Гелетуа Г.Р., Железна Т.А., Тишаєв С.В., Кобзар С.Г., Копейкін К.О. – К. : Ін-т технічної теплофізики НАН України, 2001. – 15 с.

19. Коржов В.Л. Шляхи вирішення проблеми використання біомаси дерев для одержання енергії // Науковий вісник УкрДЛТУ : Лісовий комплекс напередодні ХХІ століття: освіта, наука, виробництво. – Львів : РВВ УкрДЛТУ. – 1999. – Вип. 9.6. – С. 52-56.

20. Коржов В.Л. Энергия из биомассы деревьев. Перспективы использования // Оборудование и инструмент для профессионалов. – 2008. – № 2. – С. 18-20.

V. L. Korzhov

## THE ROLE OF WOODEN BIOMASS FOR THE ENERGY BALANCE OPTIMIZATION IN UKRAINE

The analysis of renewable sources of energy use is presented. A biomass is the most important of these sources. The development tendencies of technological

*processes and systems of machines for energy use from wooden biomass are demonstrated and the measures for their implementation in Ukraine are proposed.*

