

# 1. БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ

УДК 504.062.2

A. ZAPALOWSKA<sup>1</sup>, U. BASHUTSKA<sup>2</sup>

## THE ACQUISITION OF WOODY BIOMASS FOR ENERGY PURPOSES IN POLAND AND UKRAINE

*Faced with the fact of dwindling conventional energy resources, coupled with increasing fuel consumption by many sectors of the economy, efforts are currently being focussed on improving methods aimed at increasing the share of energy from renewable sources. This situation mobilizes the European Union countries seeking it in different sectors, especially in agriculture and forest areas. Forest biomass in the form of logging residues from cutting or felling timber from thinning are some of the sources of timber harvesting waste for energy purposes. The paper, based on a review of the literature, shows the acquisition system of woody biomass from forests and aspects of using it for energy purposes.*

**Key words:** woody biomass, energy, logging residues, chips, pellets

**Introduction.** Human activity and interactions at all levels require the acquisition and consumption of energy and fuels no matter what the living standards are. Biomass energy continues to be a major source of energy and fuels. Woody biomass, a topic that has received much attention over the past decade, has always been an important source of energy. It includes trees and tree residues (e.g. tree removals, prunings) as well as wood manufacturing residues (e.g. sawdust, bark, culled wood). Woody biomass is the solid portion of stems and branches from trees or residue products made from trees. It can come from a variety of sources, including: non-timber tree removal (removing dead and dying trees, unwanted urban trees), forest management harvesting (the removal of small diameter trees from overpopulated stands for wildfire hazard fuel reduction, pre-commercial thinning of timber stands, or forest health improvement), timber harvesting and logging residues (non-merchantable wood including branches, undersized trees, and non-commercial species removed during typical timber harvesting operations), sawmill and other wood manufacturing residues (includes bark, undersized and defective wood pieces), landfill diversion (wood debris from tree removal and pruning, construction, demolition, discarded shipping materials and other trashed wood products), chaparral management (removal of excess woody shrubs and plants for wildfire fuel hazard reduction or other vegetation management goals) and dedicated forests (fast growing trees grown specifically for biomass

markets [13]. The concept of biomass Polish legislation explains in the Ordinance of the Minister of Economy of 18 October 2012 (Journal of Laws of 2012, poz. 1229) and in the Act on Renewable Energy Sources of 20 February 2015 (Dz. U. 2015 pos. 478). Ratajczak and Bidzińska [20] mention forestry, timber sector, public utilities and agriculture as a primary source of wood biomass being a good source of energy. The largest forest biomass resources in Poland are found in the western and northern provinces of country [4]. According to the Central Statistical Office on 31 December 2014 forest land area in Poland amounted to 9,435 thousand hectares which corresponded to 29,4% of woodiness, while referring to the land area – 30,8% [4]. In Poland there are mostly public forests – 80,9% including State Forests – 77,1% of the total area [4].

The total area of forest land in Ukraine is 10,8 million hectares. The area covered by forests is 9,657 thousand hectares, which represents 16% of the territory [4]. The forests of Ukraine are distributed very irregularly over the country as a result of climatic conditions and anthropogenic impacts over a long period of time. The largest forests territories are concentrated on the north and on the west parts of country, in Polissya zone and in the Ukrainian Carpathians. Coniferous forests occupy 42% of the total forested area, including pine that dominates on 32% and spruce and fir that cover about 10%. Hardwood species cover 43%, of which European oak and common beech dominate at 32%, and almost 15% of the forest area consists of softwood broadleaves

---

<sup>1</sup> ZAPALOWSKA Anita – assist. prof., dr., Department of Bioenergetics and Food Analysis, University of Rzeszów, Poland. Tel.: 0048784702111. E-mail: anise@interia.pl

<sup>2</sup> BASHUTSKA Ulyana – assist. prof., dr., Department of Ecology, National University of Forestry and Wood Technology in Lviv, Ukraine. Tel.: 00380676837277. E-mail: ulyana\_b@ukr.net

and shrubs [14]. Forests in Ukraine belong mainly to the public sector – 66% of the forest fund is managed by the State Forestry Committee, 26% – by the Ministry of Agrarian Policy and 2% – by the Ministry of Defense. Private forests are less than 1% of the forest fund [12].

#### Materials, methods and research requirements.

Based on available reports, yearbooks, statistical studies and publications related to energy use, comparative assessment and prospects for energy development from woody biomass in Poland and Ukraine has been prepared. The most important indicator assessing potential of wood as an energy feedstock, is the obtained timber with its different types. To determine the forest biomass in Poland it has been taken into account the forecast for 2020 prepared by Polish Chamber of Biomass, the growth of forest biomass resulting from increasing forest area and modernization of forest management [4].

The potential of forest biomass in Ukraine was evaluated for the entire forested area, which amounts to 9,4 million hectares (15,6% of the territory of Ukraine) [4]. Energy yields are often expressed as Net Calorific Values. These values increase as moisture content in wood is reduced. All costs associated with transport, storage and biomass collection as well as costs of electricity, amortization, repair, maintenance of machines and employee compensation must be taken into consideration [4].

**Results.** The total area of forest land in Ukraine is 10,8 million hectares. Forest biomass resources in Poland and Ukraine are comparable, while in Ukraine the percentage area covered with forests is almost two times less than in Poland (tab. 1) [4].

Table 1

#### The area of forests in Poland and Ukraine [4]

Country	Forest area	
	[thous. ha]	[% of the land area]
Poland	9,435	30,8
Ukraine	9,657	16,7

According to the report “Potential of biomass for energy in Ukraine, 2010” theoretical potential of forest biomass in Ukraine amounts to 312,24 PJ, PJ technical 89,08 (1PJ=10<sup>15</sup> Joules) (tab. 2). Nearly 35% of the total forest biomass for energy purposes is concentrated in Polissya (forest zone), 30% in the Carpathian Mountains and Forest Steppe zone and 5% in the Steppe zone of Ukraine. From an economic point of view, it is most preferred using biomass energy in the Carpathian region. Carpathians forests are characterized by a maximum density of biomass energy (457,2 kJ·m<sup>-2</sup>), while in Polissya there is 255,8 kJ·m<sup>-2</sup>, in Forest steppe – 144,2 kJ·m<sup>-2</sup>, in Steppe – 36,5 kJ·m<sup>-2</sup>. At the same time, a significant part of the Carpathian forest is not available due to lack of forest roads. Over the past 50 years, a wooded area in Ukraine has increased about 1,5 times through extensive reforestation programs [4].

However, the amount of forests in some areas is still far from optimal (steppes).

Table 2

#### Estimated potential of forest biomass in Ukraine, PJ [14]

Type of forest biomass	Theoretical*	Technical**
Stemwood	263,72	49,95
Primary forest residues	28,70	22,63
Secondary forest residues	19,82	16,50
Total	312,24	89,08

\*(Maximum amount of biomass available within biophysical limits), \*\*(Fraction of theoretical potential that is available within technological possibilities (eg. processing techniques, infrastructure, and accessibility))

According to Bartoszewicz-Burczy [1] the potential market of forest biomass for energy purposes in Poland in 2020, will amount to 12,7 million tonnes (ie. Approximately 16 mln. m<sup>3</sup> of wood), of which 6,4 million tonnes will come directly from the forest and 6,3 million tonnes will come from wood industry (tab. 3).

Table 3

#### The economic potential of forest biomass in Poland in 2080 [1]

Specification	Units of measure	2020	2030	2050	2080
The potential of forest biomass derived directly from forests	Mt	6,43	6,95	7,89	9,47
Biomass from wood industry	Mt	6,30	6,80	7,71	9,25
Total economic potential of biomass	Mt	12,73	13,75	15,60	18,72

Wood, in general, is composed of polymers, which are large organic molecules of lignin and carbohydrates (cellulose and hemicellulose) that are physically and chemically bound together (tab. 4). Different species types have varying amounts of cellulose, hemicellulose and lignin [8].

Table 4

#### Chemicals share in the wood, % [17]

Substance	Softwoods [%]	Hardwood [%]
Cellulose	40- 60	35 - 55
Hemicellulose	7- 15	19 - 21
Lignin	25 - 35	22 - 30
Pectic substances	4 - 5	6 - 12
Protective substances	3 - 4	2 - 3

The most important thermo-physical parameter is calorific value depends on chemical composition and wood moisture [10]. Wood, thanks to the high carbon

content (about 50%) is considered as a very attractive fuel material [23]. Its calorific value with moisture content about 50% (directly after cutting the tree) is at level of 10-12 MJ·kg<sup>-1</sup> and with 15-20% (after drying) – up to 18 MJ·kg<sup>-1</sup> [11]. Timber is divided into dry (20% moisture), air dried (25% moisture), semi-dry (35% moisture) and fresh (over 35% moisture). The moisture content of wood varies greatly and plays a large role in determining the most suitable energy conversion process. The most popular species of firewood is beech (7913,67 MJ·mp<sup>-1</sup>). Oak and ash have calorific value of 7553,96 MJ·mp<sup>-1</sup>. Deciduous alder shows the lowest energy value 5395,68 MJ·mp<sup>-1</sup>. Calorific value of conifer species as fir, larch and pine is in the range from 5395,68 to 6115,11 MJ·mp<sup>-1</sup>. Biomass has about four times more oxygen than the coal and two times less carbon, sulfur and nitrogen (tab. 5)

Table 5

**Comparison physicochemical properties of biomass and coal [2]**

Component	Unit	Biomass	Carbon
Carbon	%	44,0 - 51,0	75,0 - 85,0
Hydrogen	%	5,5 - 7,0	4,8 - 5,5
Oxygen	%	41,0 - 50,0	8,8 - 10,0
Nitrogen	%	0,1 - 0,8	1,4 - 2,3
Chlorine	%	0,01 - 0,7	0,04 - 0,4
The volatiles	%	65,0 - 80,0	35,0 - 42,0
The composition of fly			
SiO <sub>2</sub>	%	26,0 - 54,0	18,0 - 52,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	1,8 - 9,5	10,7 - 33,5
CaO	%	6,8 - 41,7	2,9 - 25,0
Na <sub>2</sub> O	%	0,4 - 0,7	0,7 - 3,8
K <sub>2</sub> O	%	6,4 - 14,3	0,8 - 2,9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,9 - 9,6	0,4 - 4,1

*Forest biomass harvesting technologies for energy purposes*

Interest in woody biomass from forests has increased recently. However, getting woody biomass from the forest to the consumer presents economic and logistical challenges. Taken together, all aspects of woody biomass removals from markets to mechanization, are evolving. Increasing interest in forest biomass resulted in development of techniques and technologies for more efficient and easier acquisition, processing, storage and transport [2]. The residues generated from the forest products industry may be divided into two parts; that which results from harvesting and extracting logs from the forest, and generally considered of no economic use for further processing, and that, which is generated by the forest industries themselves during the process of manufacturing timber, plywood, particleboard, and the like. There are three basic sources of forest woody biomass, these are: logging residues from final fellings, small seized wood e.g. from early thinning and stump wood. Medium sized timber is

designed for both individual and heating plant. Bought by individuals it is used for combustion in household stoves, and fireplaces. The most commonly technology used by large companies that buy raw material is chip production with the main operation of chipping performed with a chipper on a forwarder undercarriage [13]. A commonly used solution are drum chippers, which can be attached to the tractor or mounted on the chassis attachment, forwarders or high-tonnage cars. Stationary chippers are mounted on terminals and final consumer depots. Residues are used in heating and power plants. An important activity in acquiring raw materials is collecting wood remains. Remains are being stacked close to exit tracks. Then they are transported by self-loading trailers designed to be connected to tractors or forwarders. Making wood remains into bales is becoming a popular treatment [2]. The raw material in form of bale is being loaded into containers or timber trucks with side boards. Then the bales are exported to storage yard or to the customer directly, next they are being chipped. For the raw materials acquisition mostly axes and chainsaws are used while skidding is performed by tractor engines. Each stage of the production process generates waste and by-products. It is estimated that after wood processing in carpentry manufacture 6% of wood waste is sawdust. In sawmills the amount of this material reaches 10%. When using high pressure and temperature, pellets can be obtained from sawdust [5]. The resins, which are natural wood constituents, under certain conditions allow to produce pellets without any additional adhesives. Pellet is a stable fuel, easy to transport and storage, and does not pose major problems. It is an attractive raw material compared with other types of fuel. It is characterized by a relatively high calorific value, low moisture content (about 10%) and ash (less than 1%) as well as an environmentally harmful substances [7]. Calorific value of pellets is similar to the inferior quality of coal (tab. 6).

Table 6

**The energy value of selected fuels**

Fuel	The calorific value MJ·kg <sup>-1</sup>	Moisture [%]	Ash [%]	Sulfur-content [%]
Briquette, pellet	16,0 - 20,0	4,3 - 10,0	0,5 - 3,0	0,03 - 0,08
Firewood	13,4 - 13,8	20,0 - 25,0	3,2 - 4,5	0,03 - 0,08
Coal	17,0 - 32,0	3,0 - 7,0	10,0 - 25,0	0,7 - 1,2
Coke	27,0 - 29,5	1,0 - 5,0	10,0 - 11,0	0,65 - 0,8
Straw	12,0 - 14,9	18,0 - 22,0	6,0	0,16
Heating oil	40,0 - 42,0	0,01	0,005	0,2 - 1,0

Source: <http://brykietkominkowy.pl/wartosc-energetyczna-brykietu-i-peletu.php>

**Discussion.** From the dawn of history forests have always been important to human civilization. Besides their protective, ecological, regulatory and social functions, they are a primarily source of energy [19]. Raw material obtained in the forest are in different form, from round wood and chips to bales made from branches. The large area of forest land in the EU-28 makes forest biomass and wood waste (sawdust, chips, pellets and briquettes) useful for energy purposes. Technologies using biomass for processing into heat energy and electricity are among the cheapest and most environmentally friendly. In 2010, the countries of the European Union consumed 167.4 Mtoe of wood, of which 71.1 Mtoe has been used for energy production [18]. Biomass combustion is one of the future methods for electricity and heat. It is the world's fourth largest energy source worldwide, following coal, oil and natural gas. Poland and Ukraine have one of the greatest potentials of biomass in Europe. One of the significant barriers that reduce biomass resources for energy purposes is the legal protection of natural areas (National parks, nature reserves, landscape parks, protected landscape areas, documentation sites, ecological areas and natural monuments) [3, 16]. In Poland, share of renewable energy in 2020 is expected to be about 15% [21]. Combustion of biomass in Ukraine can turn to 2,6 billion m<sup>3</sup> of natural gas. It is assumed that by 2020 the amount of electricity from biomass in Ukraine will be comparable to the equivalent of 7,7 billion m<sup>3</sup> of gas [9]. Share of renewable sources in the energy balance in Ukraine is much lower than in Poland. Contribution of renewable energy in gross final energy consumption in 2013 in Poland amounted to 11,25%, while in Ukraine reached 3,45% [22].

Conclusions. Rising interest in renewable energy is pushing towards searching for new technologies based on forest biomass. Biomass acquisition is a concept that integrates multifaceted aspects. An increase in demand for forest biomass requires its accessing as well as appropriate equipment and work organization. The biomass combustion in various form is the basic historical form of its use. Analysis of the existing methods for energy utilization from forest biomass confirm the potential of its high energy value. In terms of energy efficiency the most efficient are processes of heat extraction from the combustion of biomass characterized by relatively low humidity. The parameters and properties of coal are comparable with the properties of the biomass. The differences are in proportions of basic elements, and this results in a high volatile content. Technological process has an impact on efficiency and effectiveness of forest biomass acquisition. Therefore appropriate technology should be used for efficient biomass processing.

## REFERENCES

1. **Bartoszewicz-Burczy H.** Potencjał i energetyczne wykorzystanie biomasy leśnej w Polsce i w krajach Unii Europejskiej. – 2015. – [Електронний ресурс]. Режим

доступу: file:///G:/Literatura/referat\_h.bartoszewicz-burczy.pdf

2. **Czczko R.** Biomasa rolnicza w energetyce./ Autobusy 10/2012. – 2012.

3. **EC BREC** Możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce. Praca wykonana na zlecenie Ministra Środowiska. – 2007.

4. **Global Forest Resources Assesment 2015**, Country Report on Ukraine, Rome 2015. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.unclearn.org/sites/default/files/inventory/a-i4793e.pdf>

5. **Holubcik M., Jachniak E., Jandacka J.** Utylization of materials from agriculture to produce pellets / Archives of Waste Management and Environmental Protection, vol. 17, issue 2, 2015. – p. 1-10.

6. **Jabłoński W., Wnuk J.** Zarządzanie odnawialnymi źródłami energii. Aspekty ekonomiczno-techniczne / Oficyna Wydawnicza Humanitas, Sosnowiec. ISBN 978-83-89275-40-0. – 2009.

7. **Jenkins B.M., Baxter L.L., Miles Jr. T. R., Miles T.R.** Combustion Properties of Biomass / Fuel Processing Technology, 54, 1998. – p. 17-46.

8. **Kajda-Szcześniak M.D.** Ocena podstawowych właściwości odpadów drzewnych i drewnopochodnych./ Archives of Waste Management and Environmental Protection, vol. 15, issue 1, 2013. – S. 1-10.

9. **Kalinichenko A., Malynska L., Kalinichenko W., Sazonova N.** Energetyka odnawialna problem czy szansa dla Ukrainy / DOI:10.2429/proc.2014.8(1)023. – 2014.

10. **Kowalczyk-Juśko A., Cybulski J.** Biomasa drzewna jako surowiec dla energetyki / Autobusy 10/2012. – 2012.

11. **Lewandowski W.** Proekologiczne odnawialne źródła energii / Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2006. – S. 332-333.

12. **Main Report Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand.** – 2000. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/fra/pdf/fullrep.pdf>

13. **Moskalik T.** Techniczne, technologiczne i organizacyjne uwarunkowania pozyskania i transportu drewna energetycznego / Biomasa leśna na cele energetyczne, wyd. Instytut Badawczy Leśnictwa, 2013. – S. 107-118.

14. **National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine**, Institute of Forestry and Landscape- Park Management, Scientific Engineering Centre “Biomass”, International Institute of Applied System Analysis / Potential of biomass for energy in Ukraine, Kyiv. – 2010.

15. **NL Agency Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation:** Ukraine market opportunities for bioenergy, 2012. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://english.rvo.nl/sites/default/files/2013/12/Factsheet%20Ukraine%20-%20Market%20opportunities%20for%20bioenergy.pdf>

16. **Niedziółka D.** Zielona energia w Polsce. / CeDeWu, Warszawa. ISBN 978-83-7556-467-9. – 2012.

17. **Parczewski W.** Materiały budowlane / PWN, Warszawa. – 1975.

18. **Policy briefing: Forest biomass for energy in the EU- current trends, carbon balance and sustainable potential.** /European Environmental Bureau.

19. **Róžański H., Jabłoński K.** Optymalne technologie pozyskiwania drewna energetycznego z cięć rębnych /Część II. Balloty z pozostałości zrębowych. Technika rolnicza ogrodnicza leśna 1/2013. – 2013.

20. **Ratajczak E., Bidzińska G.** Rynek biomasy drzewnej na cele energetyczne- aspekty ekonomiczne i społeczne / Biomasa leśna na cele energetyczne (red.P.Gołos, A. Kaliszewski). Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 2013. – 248 s. – ISBN 978-83-62830-18-3.

21. **Tytko R.** Odnawialne źródła energii / Wydanie piąte. Warszawa: Wyd. OWG, 2011.

22. **UkrStat** (Derzavna Sluzba Statistiki Ukrainy – Państwowa Służba Statystyki Ukrainy) / Ekspres Wypusk, no.510/0/08.4, 2014.

23. **Wasilewski R., Hrabak J.** Wpływ zawartości chloru, siarki i alkaliów na energetyczne wykorzystanie biomasy odpadowej. Archives of Waste Management and Environmental Protection, vol. 17, issue 1, 2015. – S. 1-8.

*A. Zapalowska, U. Bashutska*

### ОТРИМАННЯ ДЕРЕВНОЇ БІОМАСИ З ЕНЕРГЕТИЧНОЮ МЕТОЮ У ПОЛЬЩІ ТА УКРАЇНІ

В умовах вичерпання традиційних енергетичних ресурсів зусилля зосереджуються на вдосконаленні методів збільшення частки енергії із відновлюваних джерел. Це спонукає країни Європейського Союзу шукати її в багатьох галузях, особливо у сільському та лісовому господарствах. Деревна біомаса у вигляді порубкових залишків від заготівлі деревини чи від рубок догляду є одним із джерел лісозаготівельних відходів в енергетичних цілях.

Найбільші запаси лісової біомаси у Польщі зосереджені у західних і північних провінціях країни. За даними Центрального статистичного управління, на 31 грудня 2014 р. площа лісових угідь у Польщі становила 9435 тис. га. Більшість польських лісів (80,9%) є державної форми власності.

В Україні лісами вкрито 9657 тис. га, що становить 16% території. Ліси України розподілені нерівномірно по країні внаслідок кліматичних умов та антропогенних впливів протягом тривалого періоду часу. Найбільші лісові території зосереджені у північній та західній частинах країни, в Українському Поліссі та в Українських Карпатах. Ліси в Україні переважно належать державі – 66% лісового фонду перебуває у віданні Державного комітету лісового господарства, 26% – Міністерства аграрної політики, 2% – Міністерства оборони. Частка приватних лісів становить менше 1% від лісового фонду.

Потенціал лісової біомаси в Україні оцінено по всій лісистій місцевості. Вихід енергії часто виражається у вигляді величини теплотворної здатності. Її значення збільшується, якщо вміст вологи в деревині знижується. Потрібно враховувати всі витрати, пов'язані із перевезенням, зберіганням та збором біомаси, а також витрати на електроенергію, амортизацію, ремонт, технічне обслуговування машин і компенсації працівникам. З економічного погляду, найкращим є використання енергії деревної біомаси у Карпатському регіоні. Карпатські ліси характеризуються максимальною щільністю енергії біомаси порівняно із насадженнями Полісся, лісостепової та степової зони. Водночас, значна частина Карпатського лісу не доступна через відсутність лісових доріг.

Потенційний ринок лісової біомаси для енергетичних цілей у Польщі у 2020 р. становитиме 12,7 млн т (близько 16 млн м<sup>3</sup> деревини), з яких 6,4 млн т буде надходити безпосередньо з лісу і 6,3 млн т – від деревообробної промисловості. Польща і Україна мають один з найбільших потенціалів біомаси в Європі. Одним з істотних бар'єрів, які зменшують ресурси біомаси для енергетичних цілей, є правова охорона природних територій (національних парків, заповідників, ландшафтних парків, що охороняються, ландшафтних зон, документація об'єктів, екологічних районів і пам'яток природи). У Польщі частка поновлюваних джерел енергії у 2020 р., за очікуваннями, становитиме близько 15%. Частка відновлюваних джерел в енергетичному балансі в Україні є значно нижчою. Внесок поновлюваних джерел енергії до валового кінцевого споживання енергії в 2013 р. у Польщі становив 11,25%, тоді як в Україні – 3,45%.

**Ключові слова:** деревна біомаса, енергія, порубкові залишки, тирса, гранули

*A. Zapalowska, U. Bashutska*

### ПОЛУЧЕНИЕ ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССЫ С ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЦЕЛЬЮ В ПОЛЬШЕ И УКРАИНЕ

В условиях исчерпания традиционных энергетических ресурсов все больше усилий сосредоточивается на совершенствовании методов увеличения долевого участия энергии из возобновляемых источников. Это побуждает страны Европейского Союза искать ее во многих отраслях, особенно в сельском и лесном хозяйствах. Деревная биомасса в виде порубочных остатков от заготовки древесины или от рубок ухода является одним из источников лесозаготовительных отходов в энергетических целях.

Наибольшие запасы лесной биомассы в Польше находятся в западных и северных провинциях страны. По данным Центрального статистического управления, на 31 декабря 2014 г. площадь лесных угодий в Польше составляла 9435 тыс. га.

Большинство польских лесов (80,9%) является государственной формы собственности.

В Украине лесами покрыто 9657 тыс. га, что составляет 16% территории. Леса Украины распределены неравномерно по стране в результате климатических условий и антропогенных воздействий в течение длительного периода времени. Крупнейшие лесные территории сосредоточены в северной и западной частях страны, в Украинском Полесье и в Украинских Карпатах. Леса в Украине преимущественно принадлежат государству – 66% лесного фонда находится в ведении Государственного комитета лесного хозяйства, 26% – Министерства аграрной политики, 2% – Министерства обороны. Частные леса составляют менее 1% лесного фонда.

Потенциал лесной биомассы в Украине оценивали по всей лесистой местности. Выход энергии часто выражается в виде величины теплотворной способности. Её значение увеличивается, если содержание влаги в древесине снижается. Необходимо учитывать все расходы, связанные с перевозкой, хранением и сбором биомассы, а также расходы на электроэнергию, амортизацию, ремонт, техническое обслуживание машин и компенсации работникам. С экономической точки зрения, выгоднее использовать энергию древесной биомассы в Карпатском регионе. Карпатские леса характеризуются максимальной плотностью энергии биомассы в сравнении с насаждениями Полесья, лесостепной и степной зоны. В то же время, значительная часть Карпатского леса не доступна из-за отсутствия лесных дорог.

Потенциальный рынок лесной биомассы для энергетических целей в Польше в 2020 г. составит 12,7 млн т (около 16 млн м<sup>3</sup> древесины), из которых 6,4 млн т будет поступать непосредственно из леса и 6,3 млн т – от деревообрабатывающей промышленности. Польша и Украина имеют один из крупнейших потенциалов биомассы в Европе. Одним из существенных барьеров, которые уменьшают ресурсы биомассы для энергетических целей, является правовая охрана природных территорий (национальных парков, заповедников, ландшафтных парков, охраняемых ландшафтных зон, документация объектов, экологических районов и памятников природы). В Польше долевое участие возобновляемых источников энергии в 2020 г., согласно ожиданиям, составит около 15%. Долевое участие возобновляемых источников в энергетическом балансе в Украине значительно ниже. Вклад возобновляемых источников энергии в валовое конечное потребление энергии в 2013 г. в Польше составил 11,25%, в то время как в Украине – 3,45%.

**Ключевые слова:** древесная биомасса, энергия, порубочные остатки, опилки, гранулы