

УДК 620.92

Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А., Дроздова О.І., Гелетуха Г.І.

Інститут технічної теплофізики НАН України

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ СЕКТОРІВ БІОЕНЕРГЕТИКИ В ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗІ

Розглянуто сучасний стан та перспективи розвитку основних секторів біоенергетики Європейського Союзу: виробництво теплової та електричної енергії, виробництво біогазу і моторних біопалив. Проаналізовано основні рушійні сили розвитку сектору біоенергетики в ЄС. Зроблено висновок, що тверда біомаса, яка використовується, переважно, для виробництва теплоти, є наразі і буде в подальшому основною складовою різних видів біомаси та біопалив.

Рассмотрено современное состояние и перспективы развития основных секторов биоэнергетики Европейского Союза: производство тепловой и электрической энергии, производство биогаза и моторных биотоплив. Проанализированы основные движущие силы развития сектора биоэнергетики в ЕС. Сделан вывод, что твердая биомасса, которая используется, главным образом, для производства теплоты, является сейчас и будет в дальнейшем основной составляющей различных видов биомассы и биотоплив

The paper presents analysis of the state of the art and future trends in the development of the main sectors of bioenergy in the European Union: heat and power production, biogas and biofuels for transport. The main drivers for bioenergy development in the EU are analyzed. It is concluded that solid biomass, which is used mainly for heat production, is now and will be in prospect the major constituent of different types of biomass and biofuels.

ДЕ – відновлювані джерела енергії;  
 ВЕС – вітроелектростанція;  
 ГЕС – гідроелектростанція;  
 ЄС – Європейський Союз;

ТПВ – тверді побутові відходи;  
 e/e – електроенергія;  
 н.е. – нафтовий еквівалент.

**Загальна характеристика сектору біоенергетики**

Сьогодні біомаса як паливо впевнено займає четверте місце в світі за обсягами виробництва енергії. Із біомаси та відновлюваної частини органічних відходів виробляється близько 10 % загального обсягу первинної енергії – 1203 млн. т н.е./рік, в тому числі (млн. т н.е./рік): в Китаї – 195, Індії – 162, Європейському Союзі – 98, США – 82, Росії – 7, Україні – близько 1. Аналіз структури виробництва енергії з відновлюваних джерел показує, що біомаса є найпотужнішим з них, і її частка становить майже 77 % серед всіх ВДЕ (табл. 1). А з різних видів біомаси/біопалив перше місце посідає тверда біомаса – 93 % (рідкі біопалива – 4 %, біогаз – 1,3 %, тверді побутові відходи – 1,2 %) [1, 2].

Основним поштовхом до розвитку сектору біоенергетики в Європі послужили нафтові кризи 1970-х років. З кінця минулого сторіччя більшість європейських країн розпочала вживати серйозні заходи для зменшення своєї

Табл. 1. Структура виробництва первинної енергії в світі, 2008 рік (загалом 12264 млн. т н.е.) [1]

Джерела енергії	Частка у виробництві первинної енергії
Нафта	33,1 %
Вугілля	27,0 %
Природний газ	21,1 %
ВДЕ, у тому числі:	12,8 %
біомаса	9,8 %
гідроенергія	2,2 %
інші ВДЕ*	0,7 %
Атомна енергія	5,8 %
Інше	0,2 %

\* Геотермальна енергія, енергія вітру, сонця, припливів.

залежності від нафти і для диверсифікації енергоносіїв, в тому числі за рахунок біомаси. В результаті цих дій структура споживання первинної енергії в ЄС дещо змінилася

порівняно з початком 1990-х років (табл. 2). Так, частка вугілля зменшилася, а частка природного газу, навпаки, збільшилася. Внесок атомної енергії і гідроенергії залишився незмінним. Хоча частка нафти в енергоспоживанні в середньому по ЄС зменшилася лише на 2 %, треба відмітити, що окремі країни досягли значно більших успіхів. Наприклад, Данія зменшила свою залежність від нафти з 90 % до 40 %, Швеція – з 65 % до 27 %, Фінляндія – з 50 % до 29 % [2, 3].

Частка біомаси у валовому внутрішньому споживанні енергії в ЄС зросла з 3 % у 1995 році до 5,4 % в теперішній час. Якщо порівняти цей показник з індикативною ціллю, яку було поставлено в Білій Книзі Європейської Комісії (1997 р.) [4] – 8,5 % у 2010 році – то очевидно, що ціль не досягнуто. Це можна пояснити трьома факторами. По-перше, у 1997 році було важко зробити точний прогноз по темпах росту сектору біоенергетики в Європі. По-друге, прогнози по загальному росту енергоспоживання в ЄС виявилися заниженими. По-третє, деяким європейським країнам, особливо з невеликою територією, просто не вистачає власної біомаси для досягнення цілей Білої Книги. Крім того, ці цілі були індикативними, отже, по суті

Табл. 2. Структура валового внутрішнього споживання енергії в Європейському Союзі (загалом 1806 млн. т н.е.) [2, 3]

Джерела енергії	Частка у валовому внутрішньому споживанні енергії	
	1991 рік	2007 рік
Нафта	38 %	36,4 %
Вугілля	26 %	18,3 %
Природний газ	18 %	24 %
Атомна енергія	13 %	13,4 %
Біомаса	3 %	5,4 %
Гідроенергія	1,5 %	1,5 %
Інше	0,5 %	1,0 %

необов'язковими для виконання. При цьому в ряді країн показник по енергетичному використанню біомаси набагато вищий за середньоєвропейський. Наприклад, в Латвії частка біомаси у валовому внутрішньому енергоспоживанні становить 24 % (лідер серед країн ЄС), в Швеції і Фінляндії – 21 %, в Австрії – 15,5 %, в Данії – 14,5 %, в Німеччині – 7 % (рис. 1) [1, 2].

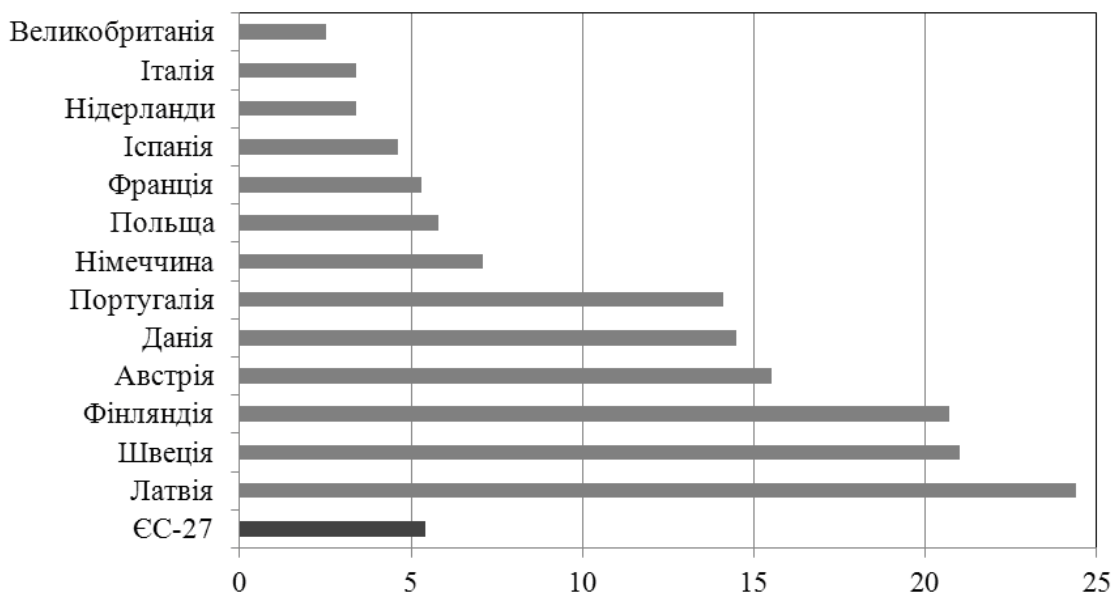


Рис. 1. Внесок біомаси до загального енергоспоживання деяких країн ЄС-27 (2009 р.) [1, 2].

Погляди на темпи розвитку відновлюваних джерел енергії в Євросоюзі було переглянуто в новому Енергетичному плані Європейської Комісії 2007 року [5, 6]. За мету було поставлено досягти частки ВДЕ у загальному енергоспоживанні – 20 % та частки моторних біопалив – мінімум 10 % у 2020 році. Для порівняння: раніше планувалося досягти 12 % ВДЕ і 5,75 % моторних біопалив у 2010 році. На сьогодні реально досягнуто тільки 8 % ВДЕ і 4 % біопалив на транспорті. Особливістю нового Енергетичного плану є те, що поставлені цілі є обов'язковими для виконання країнами-членами ЄС. В так званій Дорожній Карті по розвитку ВДЕ не тільки зафіксовані ці цілі, але й проаналізовано за рахунок чого вони можуть бути досягнуті. Так, ріст «зеленої» електроенергії може бути забезпечено шляхом подальшого нарощування потужностей вітрових електростанцій, в тому числі близько третини – офшорних, і збільшення обсягів використання деревної біомаси, енергетичних культур і органічних відходів на електростанціях [7-9].

### *Теплова енергія*

Найбільш динамічно розвивається сектор теплової енергії з біомаси. Із всіх цілей, поставлених в Білій Книзі, було досягнуто лише одну – по виробництву теплової енергії з біомаси і відновлюваних джерел енергії в цілому. В Білій Книзі було заплановано, що у 2010 році в Європейському Союзі частка ВДЕ у виробництві теплоти складатиме 8,4 %, в тому числі біомаси – 7,9 %. Наразі з біомаси та відновлюваної частини органічних відходів виробляється 13 % загального обсягу теплоти в ЄС – третє місце за обсягами виробництва після природного газу (43 %) і вугілля (32 %). Практично вся тепла енергія з ВДЕ отримується за рахунок біомаси і органічних відходів (табл. 3). В ряді країн показник виробництва теплоти з біомаси значно вищий за середньоєвропейський: Швеція – 64 % (лідер серед країн ЄС), Австрія – 39 %, Фінляндія і Данія – 29 %, Латвія – 16 % [1, 10].

Згідно прогнозу Європейської Комісії, на-

Табл. 3. Структура виробництва теплової енергії в ЄС-27 (2008 р.) [10]

Енергоносії	Обсяг виробництва, ПДж
Природний газ	10386
Вугілля	7826
Біомаса та органічні відходи	3175
Нафта	1552
Атомна енергія	63
Геотермальна енергія	22
Сонячна енергія (теплові колектори)	0,58
Інші	1302,42
Всього виробництво теплоти	24327
Частка біомаси в загальному виробництві теплоти	13 %

веденого в Дорожній Карті по розвитку ВДЕ, у 2020 році в ЄС з відновлюваних джерел буде вироблятися 120 млн. т н.е. (5000 ПДж) теплової енергії. З них близько 75 % – з біомаси, а решта, приблизно порівну, – з геотермальної енергії (теплові насоси) та сонячної енергії (теплові колектори).

Особливу увагу треба звернути на дані по енергетичному використанню твердої біомаси. З усіх видів біомаси/біопалив саме на неї стабільно припадає лівова частка використання: в 2006 р. – 80 %, в 2007 р. – 77 %, в 2010 р. – 69 %. Обсяги виробництва енергії з твердої біомаси зростають кожного року, а певне падіння питомої ваги у суміші різних видів біомаси/біопалив можна пояснити тим, що останніми роками спостерігається дуже активний розвиток сектору рідких біопалив [11, 12].

Швецію і Латвію можна навести як приклад країн з особливо розвинутим напрямком виробництва теплової енергії з біомаси, в основному деревної. Швеція має дуже розвинуту систему централізованого тепlopостачання.

Практично всі міста і містечка підключені до такої системи. Серед усіх палив, що використовуються в системі централізованого теплопостачання, частка біомаси становить до 70 %. За даними Шведського енергетичного агентства, у 2009 році ця країна досягла того, що частка біомаси в кінцевому енергоспоживанні по секторах економіки (31,7 %) перевищила частку нафти (30,8 %). Це є важливим, оскільки Швеція поставила собі за мету суттєво знизити свою залежність від нафти.

Латвія має значні ресурси лісової біомаси і активно використовує їх для опалення житла. Особливістю цієї країни є те, що саме житловий сектор споживає найбільшу частку енергії в загальній структурі енергоспоживання – більше 1,5 млн. т н.е., з яких близько 50 % забезпечується біомасою. Частка біомаси в загальному виробництві теплової енергії складає 16 %.

### **Електроенергія**

Наразі з біомаси в середньому по Європейському Союзу виробляється тільки 3 % загального обсягу електроенергії. В цьому секторі серед всіх ВДЕ лідируючу позицію займає гідроенергія (59 %), біомаса знаходиться на третьому місці (19 %) після вітрових електростанцій (20 %) (табл. 4).

В окремих країнах питомий показник виробництва електроенергії з біомаси значно вищий за середньоєвропейський: Фінляндія – 12,4 % (європейський лідер), Данія – 9,8 %, Швеція – 7,1 %, Австрія – 6 %, Німеччина – 4,7 %. В абсолютних одиницях найбільший обсяг електроенергії з біомаси виробляється в Німеччині – 30 ТВт·год./рік. Ця країна має один з найвищих в Європі темпів нарощування електроенергетики з ВДЕ, в тому числі з біомаси – близько 1 % на рік. Вже у 2006 році Німеччина досягла своєї національної індикативної цілі по «зеленій» електроенергії – 12,5 % у 2010 році [7]. Такий успіх можна пояснити тим, що з початку 1990-х років в країні діє «зелений» тариф на електроенергію, вироблену з ВДЕ. Цей тариф є диференційованим не тільки по окремих джерелах, але й всередині певного ВДЕ –

Табл. 4. Структура виробництва електричної енергії в ЄС-27 (2007 р.) [2]

Вид ВДЕ	ТВт·год.
Гідроенергія	310
Енергія вітру	104
Біомаса та органічні відходи	102
Сонячна енергія (фотоелементи)	3,8
Геотермальна енергія	5,8
Всього ВДЕ	525,6
Виробництво електроенергії в ЄС, всього	3362
Частка ВДЕ в загальному виробництві е/е	15,6 %
Частка біомаси в загальному виробництві е/е	3,0 %
Частка біомаси серед всіх ВДЕ	19,4 %

за рядом характеристик (для біомаси – це вид біомаси, вид технології та потужність установки). З моменту введення «зелений» тариф в Німеччині переглядався кілька разів. Наразі для електроенергії з біомаси він становить від 6,16...14,67 євроцентів/кВт·год. Найменшим є тариф для біогазових установок потужністю 500...5000 кВт (біогаз полігонів ТПВ та станцій аерації), найбільшим – для когенераційних установок потужністю  $\leq 150$  кВт [13].

Згідно прогнозу, зробленому в Дорожній Карті по розвитку ВДЕ, в 2020 році в Євросоюзі буде вироблятися близько 1200 ТВт·год. електричної енергії, з них 36 % – на вітрових електростанціях, 32 % – великими ГЕС, 26 % – з біомаси (в основному, тверда біомаса а також біогаз та органічні відходи) [6].

### **Біогаз**

Сектор біогазу в Європі розвивається досить динамічно, але його масштаби на порядок нижчі за обсяги використання твердої біомаси. За даними 2007 року, в ЄС-27 було вироблено 5,9 млн. т н.е. біогазу. Це біогаз, отриманий з відходів тваринництва і рослинництва, зібраний на полігонах твердих побутових відходів та станціях аерації. Лідером за обсягами вироб-

ництва біогазу є Німеччина – 2,4 млн. т н.е. (40 % загального обсягу), друге місце посідає Великобританія – 1,6 млн. т н.е. (27 %) [14].

В Німеччині основний вид біогазу – це біогаз з відходів сільського господарства, який виробляється, переважно, на невеликих фермерських установках. Загалом в країні налічується близько 4000 фермерських біогазових установок, при цьому їх кількість кожного року зростає на кілька сотень. У Великобританії основним джерелом біогазу є полігони ТПВ. Цей напрямок розвивається за рахунок системи «зелених» сертифікатів, що діє в країні. Виробник електроенергії має певну квоту по виробництву «зеленої» електроенергії, яка щорічно зростає. При виконанні встановленої квоти виробник отримує доплату до ринкової ціни електроенергії у розмірі щонайменше 6,6 євроцентів/кВт·год. У разі невиконання або неповного виконання квоти виробник має сплачувати штраф уповноваженому органу.

Данія займає четверте місце в Європі (після Німеччини, Великобританії та Люксембурга) по обсягу виробництва біогазу на душу населення – 18 т н.е./1000 чоловік. На відміну від Німеччини, в цій країні є більше 20 крупних (централізованих) біогазових установок, що використовують в якості сировини суміш рідкого гною з відходами харчової промисловості. Крім того, працюють близько 60 невеликих фермерських установок. Розвиток цього сектору стимулюється «зеленим» тарифом на електроенергію, вироблену з біогазу

– 10 євроцентів/кВт·год. [14].

### **Біопалива для транспорту**

За останні п'ятнадцять років споживання моторних біопалив в Європейському Союзі зросло більш, ніж у 10 разів – з 0,3 % у 1995 році до 4 % у 2009 році. В Білій Книзі Європейської Комісії (1997 р.) прогнозувалося, що найбільшими темпами виробництво і споживання моторних біопалив буде розвиватися в Австрії, Німеччині, Франції, Італії. Цей прогноз виправдався і сьогодні Німеччина є лідером в ЄС по виробництву біодизеля (2,86 млрд. л/рік), а Франція лідирує у виробництві біоетанола (1,25 млрд. л/рік) (табл. 5). За даними 2009 року частка використання біопалив на транспорті становить 6,25 % у Франції і 5,50 % в Німеччині [9, 15].

Сектор моторних біопалив розвивається, в основному, завдяки податковим пільгам, які призначені компенсувати більшу собівартість біодизеля і біоетанола у порівнянні з традиційним паливом, яке вони заміщують. У Франції така пільга діє ще з 1992 року, але по мірі розвитку ринку рідких біопалив її дія поступово обмежується. Наприклад, податок на біоетанол був менший за податок на нафтове паливо на 18 євроцентів/л у 2009 р. і 11 євроцентів/л у 2010 р. На 2011 рік запланована податкова пільга у 8 євроцентів/л. В Німеччині зараз більше стимулюється використання сумішевого пального, ніж чистого біодизеля (B100) або рослинної олії. Так, податок на рослинну олію виріс з 9,9 до

Табл. 5. Виробництво і споживання моторних біопалив в ЄС-27 та в європейських країнах-лідерах, млн. л (2009 р.) [9, 15]

Виробництво/споживання, млн. л	ЄС-27	Німеччина	Франція	Іспанія	Італія
Виробництво біодизеля	10187	2859	2206	967	830
Споживання біодизеля	12212	2824	2610	1135	1331
Виробництво біоетанола	3703	750	1250	465	72
Споживання біоетанола	4655	1157	907	303	235
Частка біопалив на транспорті	4,0 %	5,5 %	6,25 %	3,4 %	3,20 %

8,2 євроцентів/л протягом 2008-2009 років, а податок на В100 – з 14,9 до 18,3 євроцентів/л, що відповідає існуючому податку на сумішевий дизель. Протягом 2010-2012 років заплановано подальший ріст податку до 18,5 євроцентів/л для чистої рослинної олії і до 18,6 євро/л для В100. Для порівняння: податок на нафтове пальне в Німеччині становить 48,6... 67 євроцентів/л.

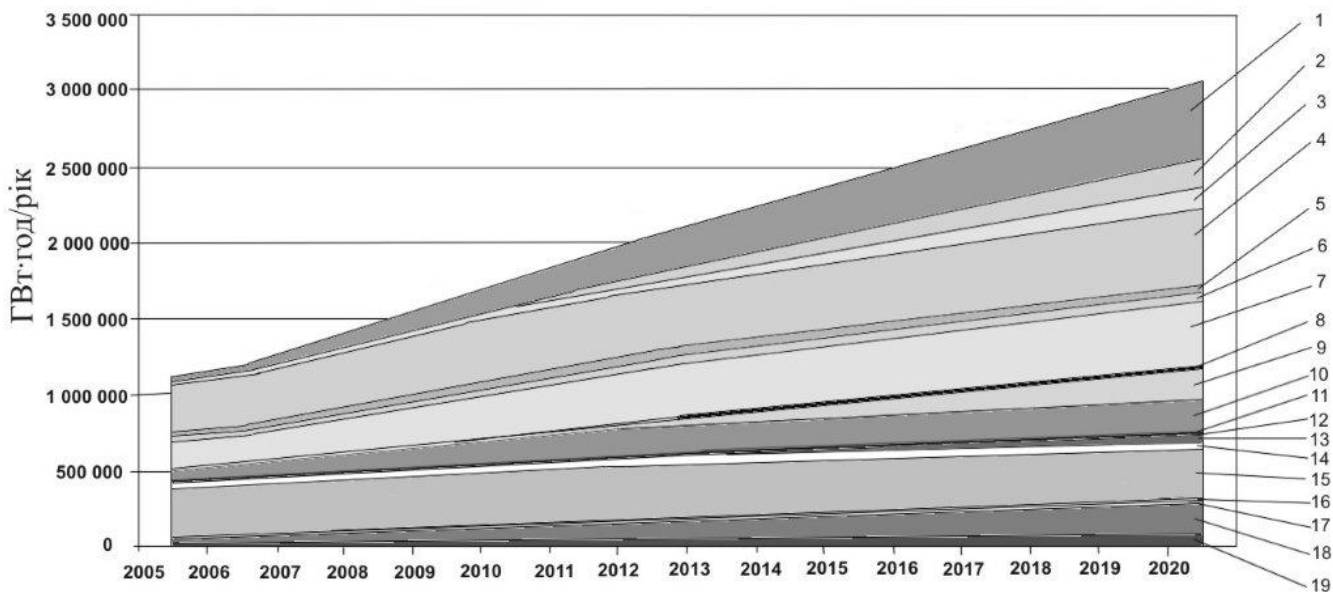
**Прогноз розвитку секторів до 2020 року**

Згідно прогнозів Європейської Комісії, у період до 2020 року загальний обсяг виробництва первинної енергії з ВДЕ має майже потроїтися і досягти близько 3000 ТВт·год./рік (рис. 2). При цьому тепла енергія складатиме близько 45 % всього обсягу первинної енергії і буде вироблятися, в основному, з твердої біомаси і органічних відходів. Основними виробниками електроенергії будуть вітрові

електростанції, великі ГЕС та установки на твердій біомасі. Найбільший ріст очікується у секторі рідких біопалив – до 43 млн. т н.е./рік, тобто на порядок більше обсягів теперішнього виробництва [16].

**Висновки**

Біомаса є найпотужнішим відновлюваним джерелом енергії як у світі в цілому, так і в Європейському Союзі. Основною складовою є тверда біомаса, яка використовується, головним чином, для виробництва теплової енергії. Така ж тенденція буде зберігатися і в перспективі до 2020 року, хоча останніми роками спостерігається досить швидкий ріст сектора моторних біопалив. Відновлювані джерела енергії в ЄС розвиваються згідно нового Енергетичного плану 2007 року і мають досягти у 2020 році 20 % загального енергоспоживання.



**Рис. 2. Прогноз Європейської Комісії по росту використання ВДЕ до 2020 року [16]:**  
 1 – рідкі біопалива; 2 – теплові насоси; 3 – сонячна тепла енергія на опалення та гаряче водопостачання; 4 – тверда біомаса на опалення (автономне); 5 – геотермальна енергія на опалення (мережа); 6 – органічна частина відходів на опалення (мережа); 7 – тверда біомаса на опалення (мережа); 8 – біогаз на опалення (мережа); 9 – енергія вітру (офшорні ВЕС); 10 – енергія вітру (наземні ВЕС); 11 – енергія приливів та відливів; 12 – сонячна тепла енергія на виробництво е/е; 13 – фотоелектрика; 14 – малі ГЕС; 15 – великі ГЕС; 16 – геотермальна енергія на виробництво е/е; 17 – органічна частина відходів на виробництво е/е; 18 – тверда біомаса на виробництво е/е; 19 – біогаз на виробництво е/е.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Renewables Information*. IEA Statistics, 2010.
2. *EU energy and transport in figures*. Statistical Pocketbook. European Commission, 2010.
3. *Panorama of Energy*. Eurostat Statistical Books, 2009.
4. *Energy for the Future: Renewable Sources of Energy*. White Paper for a Community Strategy and Action Plan. COM(97)599 final, 26.11.1997.
5. *Directive 2009/28/EC* of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC.
6. *Renewable Energy Road Map*. Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future. COM(2006) 848 final, Brussels, 10.01.2007.
7. *The Renewable Energy Progress Report*. COM(2009) 192 final, Brussels, 24.04.2009.
8. *Directive 2003/30/EC* of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport. Official Journal of the European Union, 17.05.2003, L 123/42 - L 123/46.
9. *Biofuels Barometer*, N 198, 2010.
10. *Интернет сайт Міжнародного Енергетичного Агентства (IEA – International Energy Agency)*, <http://www.iea.org/stats>
11. *Solid Biomass Barometer*, N 188, 2008.
12. *Solid Biomass Barometer*, N 194, 2009.
13. *Renewable Energy Sources Act – EEG 2009*. *Интернет сайт Федерального Міністерства екології, охорони природи і ядерної безпеки Німеччини (BMU)* [http://www.bmu.de/english/renewable\\_energy/downloads/doc/42934.php](http://www.bmu.de/english/renewable_energy/downloads/doc/42934.php)
14. *Biogas Barometer*, N 186, 2008.
15. *Biofuels Platform* <http://www.platforme-biocarburants.ch/en/home/>
16. *Renewables make the difference*. European Commission, 2008.

*Получено 16.12.2010 р.*