

УДК 620.92

ЖЕЛЕЗНАЯ Т.А., ЛЕЗНОВА В.Е.

*Институт технической теплофизики НАН Украины*

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ БИОЭНЕРГЕТИКИ В СТРАНАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

Розглянуто передумови та коротку історію розвитку біоенергетики в країнах Європи. Проаналізовано документи Європейської Комісії, які визначають ближні та довгострокові цілі щодо виробництва енергії з відновлювальних джерел та біомаси зокрема. Розглянуто основні напрямки розвитку біоенергетики в країнах ЄС, що є лідерами в цьому секторі. Наведено дані, які показують лідируючу позицію біомаси серед всіх відновлювальних джерел енергії, в першу чергу в галузі виробництва теплової енергії.

Рассмотрены предпосылки и краткая история развития биоэнергетики в странах Европы. Проанализированы документы Европейской Комиссии, определяющие ближайшие и долгосрочные цели по производству энергии из возобновляемых источников и биомассы в частности. Рассмотрены основные направления развития биоэнергетики в странах ЕС – лидерах в данном секторе. Приведены данные, показывающие лидирующее положение биомассы среди всех возобновляемых источников энергии, в первую очередь в области производства тепловой энергии.

The article gives a review on preconditions and a short history of bioenergy development in European countries. The authors analyzed documents adopted by the European Commission which deal with the establishment of short-term and long-term goals in energy production from renewable sources, in particular, biomass. There was given the information about main trends in bioenergy development in the EU countries leading in this sector. The authors provide data, which show the leading position of biomass among the other renewable energy sources and especially in the field of heat production.

БМ – биомасса;  
ВИЭ – возобновляемые источники энергии;  
ЕС – Европейский Союз;  
ОППЭ – общее потребление первичных энергоносителей;

ТБО – твердые бытовые отходы;  
ТЭС – тепловая электростанция;  
ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;  
ЦТ – централизованное теплоснабжение;  
н.э. – нефтяной эквивалент.

Со времени первого нефтяного кризиса 1973 г. экономика Европейских стран развивается быстрее, чем энергопотребление, то есть является энергосберегающей. Но, несмотря на это достижение, потребность Европейского Союза в энергии растет, и внутренние ресурсы уже не могут полностью ее обеспечить. То есть ЕС потребляет намного больше энергии, чем производит. С 1986 г. энергопотребление Евросоюза растет на 1...2% в год, особенно это заметно в жилищном секторе и сфере услуг. Присоединение новых членов только способствовало этому росту, так как в среднем их экономика развивается быстрее, чем в странах – старых членах ЕС (3...6% против 2...4% в год), а энергоемкость экономики в 2...3 раза выше [1].

В 1973 г. нефть являлась основным энергоносителем в Европе. Например, в Дании ее доля в

общем энергопотреблении составляла более 90%, в Швеции – 65%, в Финляндии – 50%. Нефтяной кризис стал серьезным стимулом к диверсификации энергоносителей и поиску альтернативных источников энергии. В этот период начались первые серьезные шаги по развитию биоэнергетики в Европе.

В Швеции уже в тот период биотоплива и торфа составляли 7% ОППЭ, к 1987 г. этот показатель увеличился до 13%, к 1996 г. – до 17%. С середины 80-х гг. начался существенный рост использования биотоплив в централизованном теплоснабжении. В Финляндии с середины 1970-х гг. реализовывалась программа по энергетическому использованию торфа. Уже в 1994 г. доля биомассы в энергопотреблении страны составляла 14,5%, торфа – 5%. Первый энергетический план

Табл. 1. Цели по ВИЭ и биомассе, поставленные в Белой Книге [3]

ВИЭ	Вклад в энергопотребление		Вклад в производство электроэнергии		Вклад в производство тепловой энергии	
	1995	2010	1995	2010	1995	2010
Биомасса	3,3%	8,5%	0,95%	8%	4,6%	7,9%
ВИЭ	6%	12%	14,3%	23,5%	4,7%	8,4%

Табл. 2. Показатели по производству энергии из возобновляемых источников, запланированные в Белой Книге [3]

ВИЭ	Вклад в энергопотребление		Вклад в производство электроэнергии		Вклад в производство тепловой энергии	
	1995	2010	1995	2010	1995	2010
Биомасса	3,3%	8,5%	0,95%	8%	4,6%	7,9%
ВИЭ	6%	12%	14,3%	23,5%	4,7%	8,4%

Дании (1976 г.) ставил своей целью обезопасить страну от кризисов подобных 1973 г. А уже второй энергетический план (1981 г.) ввел повышенный налог на нефть и уголь с целью обеспечения конкурентоспособности биомассы как топлива, в первую очередь соломы и древесной щепы. Целью третьего энергетического плана (1990 г.) было увеличение использования экологически чистых видов топлива, в том числе биомассы (солома, древесина, жидкий навоз, ТБО) [2]. В середине 1980-х гг. была запущена программа по внедрению централизованных биогазовых установок, которых к 1996 г. насчитывалось уже 18.

В 1997 г. Европейская Комиссия выпустила один из самых важных документов в истории биоэнергетики, т.н. Белую Книгу, которая не потеряла своего значения и сейчас [3]. В этом документе были поставлены такие индикативные цели для ЕС-15 к 2010 г.: доля ВИЭ в ОППЭ – 12%, в производстве электроэнергии – 23,5%, тепловой энергии – 8,4%. Соответственно для биомассы эти показатели: 8,5% общего энергопотребления, 8% в производстве электроэнергии и теплоты (Табл. 1). Основная роль среди всех ВИЭ отводится биомассе. Если в 1995 г. ее доля составляла 60%, то к 2010 г. планируется увеличение до 74% (Табл. 2). При этом, из 108 млн. т н.э. предполагаемого роста потребления ВИЭ 90 млн. т н.э. (83%) должны быть получены за счет биомассы.

В настоящее время ситуация в энергетическом секторе ЕС следующая. Доля нефти в общем энергопотреблении снижена до 36%, но все еще остается достаточно заметной. Далее следуют природный газ (24%) и уголь (18%). Вклад ВИЭ составляет 7%, в том числе биомассы 4%, то есть более половины. Сравнивая эти показатели с целями, поставленными в Белой Книге, можно предположить, что 12% энергии из ВИЭ и 8,5% энергии из биомассы не будут достигнуты к 2010 г. Однако это связано не столько с существующими проблемами, сколько с тем, что в 1997 г. было трудно достаточно точно спрогнозировать темпы развития молодого сектора ВИЭ вообще и биоэнергетики в частности.

Поэтому после Белой Книги был выпущен ряд официальных документов, уточняющих и корректирующих поставленные цели. Так, например, Директива Европейской Комиссии 2001 г. (Directive 2001/77/EC) [4] уточняет цель по электроэнергии из возобновляемых – 22% вместо 23,5%, поставленных в Белой Книге. Табл. 3 иллюстрирует динамику производства электроэнергии из ВИЭ в странах Евросоюза. В целом она положительная, особенно заметны успехи роста в Дании, Германии и Финляндии. В среднем доля ВИЭ в производстве электроэнергии в странах ЕС составляет сейчас около 14%. При этом основная роль принадлежит гидроэнергии; вклад биомассы – 3% в общее производство электроэнергии, или 14% от всех возобновляемых.

Табл. 3. Производство электроэнергии из ВИЭ в странах ЕС, % [4, 11]

Страны (избранные)	1997 г.	2004 г.	2010 г.
Австрия	70,0	58,7	78,1
Швеция	49,1	46	60,0
Португалия	38,5	23,8	39,0
Финляндия	24,7	27,9	31,5
Испания	19,9	18,0	29,4
Дания	8,7	26,7	29,0
Италия	16,0	15,7	25,0
Германия	4,5	9,3	12,5
ЕС-15	13,9%	14,5%	22%

Табл. 4. Производство теплоты из биомассы в странах ЕС [12,13]

Страна	Вклад БМ в общее производство теплоты, %	Страна	Вклад БМ в общее производство теплоты, %
Австрия	17,5	Латвия	24,8
Бельгия	1,7	Литва	27,0
Кипр	0,5	Люксембург	0,5
Чехия	2,9	Мальта	0,0
Дания	11,3	Нидерланды	0,8
Эстония	23,8	Польша	7,0
Финляндия	28,6	Португалия	22,0
Франция	12,8	Словакия	1,9
Германия	3,7	Словения	15,3
Греция	10,5	Испания	8,6
Венгрия	3,1	Швеция	35,5
Ирландия	3,0	Великобритания	0,9
Италия	7,7	ЕС-25	9%

Особо важную роль биомасса играет в производстве тепловой энергии. На сегодня 96% теплоты из всех ВИЭ производится именно из биомассы. Лидерами в этой области в ЕС-25 являются Швеция (доля биомассы в производстве тепловой энергии 35,5%), Финляндия (28,6%), Литва (27%), Латвия (24,8%), Эстония (23,8%), Португалия (22,0%). В целом по странам ЕС этот показатель составляет около 9% (Табл. 4). Таким образом, цель, поставленная в Белой Книге (8% теплоты из биомассы к 2010 г.), перевыполнена уже сейчас.

Что касается сектора моторных биотоплив, то согласно данным Белой Книги, в 1995 г. их доля на транспорте составляла всего 0,3%, но было отмечено, что ряд стран (в частности, Австрия, Германия, Франция и Италия) могут достичь 2% в ближайшей или среднесрочной перспективе. В 2003 г. вышла известная Директива Европейского Парламента № 30 (Directive 2003/30/ЕС) с индикативными целями по биотопливам для транспорта: 2% к концу 2005 г., 5,75% к концу 2010 г. [5]. По данным 2005 г. доля биотоплив на транспорте в Евросоюзе составляла 1,4%, т.е. цель не

Табл. 5. Энергетический потенциал биомассы в странах ЕС [6]

Вид биомассы	Потребление биомассы, 2003 г., млн. т н.э.	Потенциал биомассы, млн. т н.э.		
		2010 г.	2020 г.	2030 г.
Лесная древесина (прирост и отходы)	67	43	39...45	39...72
Органические отходы, отходы деревообработки, сельского хозяйства и пищевой промышленности		100	100	102
Энергетические культуры	2	43...46	76...94	102...142
Всего	69	186...189	215...239	243...316

была достигнута. Однако последние 4 года наблюдается резкое увеличение производства биотоплив в странах ЕС-27. Если в 2004 г. производство биодизеля составляло около 2 млрд. л, а биоэтанола около 600 млн. л, то по данным 2007 г. биодизеля производится 6,4 млрд. л, биоэтанола – 1,8 млрд. л/год. Лидерами по производству биодизеля являются Германия, Франция, Италия, причем Германия дает более 50% общего объема. В производстве биоэтанола лидируют Франция, Германия, Испания, Польша – 75% общего объема.

В 2005 г. Европейская Комиссия обнародовала новый План действий по биомассе со следующими индикативными целями к 2010 г. [6]:

- ◆ 12% – вклад ВИЭ в общее энергопотребление (совпадает с целями Белой Книги);
- ◆ 21% – вклад ВИЭ в производство электроэнергии (на 1% меньше, чем в Директиве Европейской Комиссии по электроэнергии 2001 г.);
- ◆ 5,75% – доля биотоплив на транспорте (совпадает с Директивой Европейской Комиссии по жидким биотопливам 2003 г.)

В этом документе также представлена оценка энергетического потенциала биомассы в ЕС, согласно которой этого потенциала достаточно для достижения поставленных целей. Ожидается, что в 2010 г. основной составляющей потенциала будут отходы сельского хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности. В дальнейшем предполагается увеличение вклада энергетических культур, за счет которых, по сути, и будет расти общий потенциал (Табл. 5).

Потенциал, представленный в Плате действий по биомассе, совпадает с оценками, выполненными Европейским экологическим агентством [7]. Согласно данным этого агентства, за счет имеющегося потенциала биомассы можно обеспечить 17% теперешней потребности ЕС в энергии и 15...16% потребности, прогнозируемой до 2030 г.

В начале 2007 г. Европейская Комиссия представила новый Энергетический план ЕС под лозунгом “больше безопасности, меньше загрязнения”. Основные цели этого Плана такие: к 2020 г. доля ВИЭ должна составить 20% общего энергопотребления, доля биотоплив на транспорте – минимум 10%; выбросы парниковых газов должны быть уменьшены на 20%, а энергоэффективность повышена на 20%. Важным является тот факт, что в отличие от всех предыдущих документов, Новый энергетический план ЕС предлагает по ВИЭ и биотопливам не индикативные, а обязательные цели для стран-членов ЕС. Поскольку уже сейчас очевидно, что в 2010 г. вклад ВИЭ в энергопотребление не превысит 10% (то есть цель, поставленная в Белой Книге, не будет достигнута), Европейская Комиссия продлевает срок выполнения обязательств до 2020 г. и, соответственно, увеличивает цель с 12% до 20%. Энергетический план включает целый пакет документов, один из которых Дорожная карта по ВИЭ [8], в которой аргументируется и определяется цель по ВИЭ и биотопливам. В марте 2007 эти цели были утверждены Европейским Парламентом.

Табл. 6. Страны-лидеры по развитию биоэнергетики

Страны	Доля БМ в общем энергопотреблении	Основные направления биоэнергетики	Основные движущие силы развития биоэнергетики
Финляндия	23%	ЦТ на древесной БМ, электроэнергия	Налоги на ископаемые топлива, Энергетическая стратегия, программы
Швеция	19%	ТЭЦ	Налоги на ископаемые топлива, зеленые сертификаты
Австрия	12%	теплота из древесной БМ	Налог на ископаемые топлива, Директива по электроэнергетике
Дания	12%	теплота из соломы, биогаз	Налоги на ископаемые топлива, Энергетические программы
Германия	3,5%	биодизель из рапса, электроэнергия	Закон по ВИЭ, План развития биоэнергетики

Согласно Дорожной карте по ВИЭ, для достижения поставленной цели в 20% энергии из ВИЭ, необходим существенный рост вклада возобновляемых источников в три сектора: электроэнергия, тепловая энергия и биотоплива для транспорта. При этом производство электроэнергии должно вырасти с теперешних 15% до 34%, тепловой энергии с 9% до 20%. Моторные топлива при обязательном вкладе 10% в 2020 г. могут в реальности обеспечить до 14% общего объема топлив для транспорта.

Из прогнозов, представленных в Дорожной карте, очевидно, что в выработке тепловой энергии биомасса как занимала, так и будет занимать, безусловно, лидирующую роль. По данным 2008 г., вклад биомассы в производство теплоты составляет 95% всех ВИЭ, к 2020 р. планируется на уровне 76% при абсолютном росте на 30 млн. т н.э. В производстве электроэнергии ожидается заметный рост вклада твердой биомассы с 2010 г. и биогаза — с 2015 г. Планируется, что к 2020 г. из твердой биомассы, биогаза и органической части ТБО будет получено, соответственно, 16%, 6,8% и 2,8% общего объема электроэнергии.

Опыт европейских стран показывает, что из всех видов биомассы для производства энергии используется в основном твердая биомасса. В 2006 г. из нее было получено 80% всей энергии, произведенной из биомассы, в 2010 г. планирует-

ся получить 73% при абсолютном росте с 62,4 млн. т н.э./год до 74,5 млн. т н.э./год [6, 9].

Лидерами среди развитых стран по производству энергии из биомассы являются в настоящее время Финляндия, Швеция, Австрия, Дания. Основные движущие силы развития биоэнергетики в этих странах — это различные налоги на ископаемые топлива, а также реализация специальных энергетических программ и планов (Табл. 6).

Финляндия уже в течение многих лет является мировым лидером по энергетическому использованию биомассы среди развитых стран — 23% ОППЭ. Финляндия также лидирует в производстве электроэнергии из биомассы — 12% и занимает второе место после Швеции по производству тепловой энергии — около 29%. Большое внимание уделяется энергетическому использованию торфа (который здесь относят к биомассе), побочному продукту целлюлозно-бумажной промышленности — черному щелоку и отходам лесного хозяйства. Различные виды биомассы составляют до 70% топлива для ТЭЦ. Из известных реализованных программ можно выделить программу “Энергия из древесины” (1999—2003 гг.), результатом выполнения которой стало пятикратное увеличение объема использования древесной щепы. В 2003 г. Министерство торговли и промышленности Финляндии начало реализацию Национального плана действий по ВИЭ. Соглас-

но этому плану, к 2010 г. доля биомассы в ОППЭ должна увеличиться до 25,5%, при этом биомасса составит 85% всех ВИЭ.

Швеция занимает второе место после Финляндии с вкладом биомассы в ОППЭ 19%. Основными видами используемой биомассы являются черный щелок и различные отходы лесного хозяйства. Швеция известна широким использованием биомассы в системах ЦТ — с 1990 г. утилизация биотоплив в этом секторе увеличилось в 3 раза, и сейчас они составляют более 50% всех топлив для станций ЦТ. Причина такого успеха в том, что еще в 1991 г. налог на ископаемые топлива в системах ЦТ был увеличен на 30...160% в зависимости от вида топлива. В целом более 23% всего объема используемой биомассы утилизируется в секторе ЦТ.

В 2005 г. правительство Швеции провозгласило новую долгосрочную цель — достичь независимости от нефти к 2020 г. Поскольку 68% нефтепродуктов в стране используется на транспорте, решается задача их замены биоэтанолом, биодизелем и биогазом. Наибольшие успехи достигнуты в использовании биоэтанола, смесевых бензинов (5...15% биоэтанола) и бензина Е85 (85% биоэтанола). Большое число автобусов и грузовых автомобилей в районе Стокгольма сейчас ездят на биоэтаноле или биогазе.

В Австрии твердая биомасса составляет 42% всех ВИЭ. Основное направление развития биоэнергетики — производство тепловой энергии из древесины, доля которой в общем потреблении биотоплив доходит до 90%. Еще с начала 1980-х гг. широкое применение в стране находят автоматические бытовые котлы на древесной щепе, с 1997 г. стали также использоваться котлы на древесных гранулах, а с 2001 г. — на древесных чурках. Каждый год количество этого оборудования увеличивается на несколько тысяч штук и составляет сейчас более 500 тыс. единиц. В системах отопления до 100 кВт используется 60% всего объема биомассы. Австрия является крупным производителем древесных гранул (около 400 тыс. т/год) и еще более крупным потребителем — около 1 млн. т/год. Гранулы используются как в автоматических бытовых котлах, так и на крупных ТЭС и ТЭЦ.

Дания на сегодня имеет наибольший в мире опыт по производству энергии из соломы. В

стране действуют более 10 тыс. фермерских котлов на соломе до 1,0 МВт, 75 станций ЦТ до 10 МВт и 7 мини-ТЭЦ мощностью 2...30 МВтэ. Ежегодно они потребляют более 1,2 млн. т соломы. При этом общий потенциал, доступный для энергетического использования, оценивается не менее чем в 3 млн. т/год. Кроме соломы, в качестве энергоносителя широко используется древесина (37% вклада всех ВИЭ) и органическая часть ТБО (22% вклада всех ВИЭ). Также Дания активно развивает сектор биогаза. В стране действуют 20 централизованных биогазовых станций и 35 фермерских установок. Поскольку Дания планирует занять лидирующее положение в мире в этой области, сейчас там строится наибольшая в мире биогазовая станция производительностью 850 тыс. м<sup>3</sup> метана в год.

В четвертом и последнем на данный момент Энергетическом плане Дании “Энергия 21” (1996 г.) поставлена цель достичь 30% доли ВИЭ в общем энергопотреблении к 2030 г. При этом более половины вклада всех ВИЭ (67%) приходится на БМ различного типа — энергетические культуры, солому, древесину, биогаз и органическую часть ТБО [2].

В Германии доля биомассы в ОППЭ составляет сейчас всего 3,5%, однако, динамика развития этого сектора очень мощная. Во-первых, Германия из всех стран-членов ЕС наибольшими темпами наращивает производство электроэнергии из ВИЭ, в том числе биомассы. Если в 1997 г. из возобновляемых вырабатывалось всего 4,5% общего объема, то в 2004 г. этот показатель увеличился до 9,3% и в 2010 г. ожидается на уровне 12,5%. Такой бурный рост оказался возможен благодаря тому, что еще в 1991 г. был принят закон о “зеленой” электроэнергии, согласно которому энергокомпаниям были обязаны ее покупать в определенном объеме. Кроме того, в 2000 г. было принято Постановление про ВИЭ (с поправками 2004 г.), которое ввело льготы для производителей “зеленой” электроэнергии на общем рынке электроэнергии и обеспечило им доступ к сети. За последующие 6 лет установленная мощность ТЭЦ на биомассе выросла почти в 5 раз и составила 960 МВтэ в 2006 г. (160 ТЭЦ). Следует также отметить, что Германия является мировым лидером по производству биодизеля — 3,3 млрд. л

в год по данным 2007 г. [10]. Из 1600 заправокных станций, торгующих дизельным топливом, около 1500 предлагают также биодизель в качестве моторного топлива.

### **Выводы**

Подводя итог, можно сказать, что биоэнергетика динамично развивается в Европейском Союзе. За период с 1990 г. по 2004 г. вклад ВИЭ в производство тепловой энергии увеличился с 36 до 50 млн. т н.э. (в 1,4 раза), в производство электроэнергии (не включая гидроэнергию) – с 1,8 до 11,5 млн. т н.э. (в 6,4 раза), использование биотоплив на транспорте выросло до 2 млн. т н.э. [8]. Ни одна из стран не заявляла о планах по сокращению энергетического использования биомассы. Напротив, разрабатываются новые программы, стратегии и планы для увеличения доли биотоплив в ОППЭ. Это дает основания ожидать, что цели, поставленные в Новом энергетическом плане ЕС 2007 г., будут успешно достигнуты.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Green Paper*. Towards a European strategy for the security of energy supply. European Commissions COM (2000) 769 final, 29.11.2000.
2. *Straw for Energy production*. Technology – Environment – Economy. Denmark, 1998.

3. *Energy for the Future: Renewable Sources of Energy*. White Paper for a Community Strategy and Action Plan. Bruxelles, 1997.

4. *Directive 2001/77/EC* of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market.

5. *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.

6. *Communication* from the Commission on the Biomass Action Plan 7.12.2005. COM (2005) 628 final.

7. *How much bioenergy can Europe produce without harming the environment?* European Environment Agency Report, N7/2006.

8. *Communication* from the Commission to the Council and the European Parliament. Renewable Energy Road Map. Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future. COM (2006) 848 final.

9. *Solid Biomass Barometer*. December 2007.

10. *Biofuels Platform* <http://www.platforme-bio-carburants.ch/en/home>.

11. *Panorama of Energy*. Energy statistics to support EU policies and solutions. Eurostat Statistical books. 2007.

12. Reuters UK <http://uk.reuters.com>.

13. *Bioenergy Business* <http://www.bioenergy-business.com>.

*Получено 31.10.2008 г.*