

УДК 620.9

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВИМЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

*С.П. Высоцкий, Е.И. Чеканова, В.Г. Литвиненко.**Автомобильно-дорожный институт Донецкого национального технического университета, г. Горловка*

В настоящее время во многих странах существует острый дефицит энергоносителей. Это обусловлено истощением природных источников ископаемых топлив и, как следствие, значительным увеличением стоимости высокорекреационных энергоносителей: природного газа и нефти. Эти энергоносители наиболее удобны в применении и широко используются в системах теплофикации и бытовом секторе. Даже такие страны-экспортеры энергоносителей, как Россия, начинают испытывать недостаток природного газа.

Указанные обстоятельства вызывают необходимость поиска альтернативных источников энергии. Это особенно важно для таких энергозависимых стран, как Украина. Одним из источников может быть биомасса.

Основой биомассы является растительность, например, деревья, травы или растения, из которых может быть извлечена энергия. Для промышленного транспорта биомасса может использоваться как биотопливо, являющееся жидким горючим (например, этанол и биодизель). Системы с использованием биомассы – это промышленные процессы, которые генерируют электричество, тепло, или являются комбинированными системами энергии. Например, древесина может использоваться на котельных для производства пара, хотя есть две другие возможности, а именно газификация и пиролиз, при котором древесина перерабатывается в биомасляную жидкость в условиях отсутствия кислорода.

Несмотря на то, что электростанции, сжигающие биомассу, уменьшают выбросы углекислого газа, необходимо учитывать выброс последнего в результате транспортировки биомассы грузовиками. Соответственно, хотя при выращивании растений поглощается углекислый газ, при их сжигании обычным способом он выделяется в окружающую среду.

Использование биомассы имеет следующие преимущества:

- при производстве энергоносителей используются отходы, и есть тенденция к снижению их стоимости;
- в настоящий момент биомасса представляет собой единственный возобновляемый источник энергии, при котором топливо для транспорта может производиться по конкурентно способным ценам;
- в настоящее время уже имеется возможность получения топлива из биомассы, которое имеет характеристики близкие к топливу, получаемому из недр;
- уменьшается необходимость импортирования нефти;
- увеличивается безопасность снабжения;
- снижается уровень выбросов. Согласно мнению специалистов при выращивании урожаев абсорбция углекислого газа превышает его эмиссию при сжигании биомассы;
- улучшается состояние окружающей среды.

Принимая во внимание эти преимущества, масштаб использования биомассы увеличивается.

Применение биомассы как топлива без ее предварительной подготовки связано с трудностями, обусловленными сложностями ее транспортировки и хранения, а также дозированной подачи в топочную камеру. В последние годы наибольшее распространение получила предварительная подготовка биомассы путем ее таблетизирования.

Предполагается, что общее потребление таблетизированного топлива в Европе утроится в последующие 5 лет [1]. В Европе наблюдается стабильный рост систем теплофикации, при этом увеличивается применение таблетизированного топлива и угля для совместного сжигания. При использовании бытовых обогревателей бум на таблетизированное топливо имел место в 2005 г. в Германии, и согласно воззрениям, принятым в ЕС на использование возобновляемых источников энергии, эта тенденция будет продолжаться. В промышленности таблетизированное топливо также применяется как источник энергии для отопления.

По сравнению с древесными отходами (опилки, щепа) таблетки из древесины являются более совершенной формой сконцентрированной энергии. Во-первых, их энергетическая плотность в 4 раза превышает плотность древесных опилок хорошего качества, которые имеют калорийность около 3100 кВт·ч/м<sup>3</sup>. Это значит, что хранение и транспортировка значительно легче и более эффективна. В отличие от брикетов и другого спрессованного древесного топлива, таблетки просты в обращении, поскольку они малы и высоко подвижны. Это означает, что они могут перевозиться танкерами и перекачиваться в емкости для хранения, и затем автоматически подаваться в котлы. Таблетизированное топливо из древесины имеет влажность только 6 – 9 %, что обеспечивает преимущество в его возгораемости, снижении объема и веса, и существенном улучшении возможности длительного хранения. При таком уровне влажности топливо не подвергается воздействию микроорганизмов или спор. Это древесное топливо легко транспортируется и, являясь товарным продуктом, может быть использовано в каминах жилых помещений, печах и на электростанциях.

Состав таблеток зависит от качества исходного материала. Существенным является предотвращение загрязнения и обеспечение малой влажности. Имелся определенный опыт использования таблетизированного топлива низкого качества, которое горело достаточно плохо или его сжигание было сопряжено с нежелательными выбросами. Использование низкокачественного продукта оказывает негативное влияние на рыночные характеристики и поэтому необходима определенная работа по обеспечению его стандартизации.

Большое количество таблеток производится из спрессованных опилок деревоперерабатывающей промышленности – изготовителей мебели. Имеется два главных способа их получения. По первому способу таблетизированное топливо производится из опилок выдержанного леса, который уже имеет более низкое содержание влаги, по сравнению с только что срубленной древесиной и требует меньшей сушки. Эти таблетки могут быть изготовлены в месте расположения деревообрабатывающих предприятий. Интересно отметить, что в некоторых странах, таких как Австрия, несмотря на развитую деревообрабатывающую промышленность, большой процент таблетизированного топлива изготавливается из импортной скандинавской древесины, применяемой для изготовления мебели. Производство таблетизированного топлива может быть осуществлено только на достаточно больших предприятиях, так как требуется обеспечение производства необходимым количеством исходного сырья.

Важным обстоятельством является также чистота таблетизированного топлива. Брусовая древесина или древесина, которая обработана некоторыми типами консервантов или покрытий, не пригодна для изготовления таблеток.

Другой тип таблеток получается из отходов после лесопилочных установок. Это производство наиболее развито в Канаде и странах Балтийского региона. При низком содержании золы, качество таблеток от этих двух источников делает их удобным материалом для обогрева зданий в бытовых условиях. В установках распиливания древесины, другим материалом, который может использоваться для производства таблеток, являются такие отходы распиловки, как древесная кора.

Таблетки могут быть использованы для больших потребителей – электростанций и установок теплоснабжения – где требования не столь критичны. Действительно, некоторые изготовители таблетизированного топлива оптимизируют качество своей продукции, чтобы соответствовать индивидуальным требованиям потребителей.

Таблетизированное топливо может быть изготовлено и использовано локально, но также может быть отгружено за рубеж. В настоящее время большая часть Североамериканских производителей отгружает таблетизированное топливо в Европу для генерации энергии, а в Северной Америке этот вид топлива используется для обогрева зданий. Большая часть Скандинавских и Балтийских продуктов также отгружается в страны Европейского Союза. Рынок изготовления таблетизированного топлива является относительно новым, иногда имеется недопроизводство или перепроизводство. Но в настоящее время достигнута определенная стабильность.

Очень значимым для потребителей любых масштабов является не только обеспечение высокого качества таблеток, но и возможность бесперебойного снабжения. Рынок таблетизированного топлива быстро расширяется. Имеется три отличающихся потребителя – бытовые, теплофикационные системы среднего размера и большие конденсационные электростанции.

Важным обстоятельством является распределение таблетизированного топлива на рынке, который быстро расширяется. Основные производители таблетизированного топлива приведены в таблице 1.

Таблица 1. Производительность таблетизированного топлива в разных странах мира

Страна	Общегодовое производство, тыс. т. в год	Характеристики заводов
1	2	3
Швеция	1356	Два завода мощностью свыше 130 тыс. т. в год, пятнадцать заводов продуктивностью свыше 30 тыс. т. в год
Канада	1000	Пять заводов по 80 тыс. т. в год, несколько заводов в 200 тыс. т.
Россия	758	Два завода по 100 тыс. т, семь свыше 30 тыс. т.
США	600	Свыше ста заводов различной производительности
Дания	535	Один завод производительностью 280 тыс. т. в год и два свыше 80 тыс. т.
Финляндия	460	Шесть заводов свыше 30 тыс. т. в год
Австрия	409	Четыре завода свыше 30 тыс. т. в год, три в пределах 80-100 тыс. т.
Германия	388	Шесть заводов свыше 30 тыс. т. в год
Продолжение таблицы 1.		
1	2	3
Польша	356	Один завод 100 тыс.т. в год и три свыше 30 тыс. т.

Эстония	345	Три завода свыше 80 тыс. т. в год
Латвия	340	Один завод 100 тыс.т. в год и четыре свыше 30 тыс. т.
Италия	169	Три завода свыше 30 тыс. т., много маленьких заводов
Норвегия	138	Один завод свыше 30 тыс. т. в год
Литва	110	Один завод мощностью 60 тыс. т. в год
Великобритания	110	Два завода по 50 тыс. т.
Нидерланды	100	Один завод производительностью 100 тыс. т. в год
Словения	90	Два завода по 40 тыс. т. в год
Испания	70	Один завод мощностью 40 тыс. т. в год
Франция	62	Данные отсутствуют
Швейцария	60	Один завод производительностью свыше 35 тыс. т.

Для производства энергии могут быть таблетизированы не только древесные отходы. Сельскохозяйственные остатки, в частности солома, являются следующим шагом и могут рассматриваться как особый энергетический урожай. Одной из движущих сил этого является экономика, поскольку сельскохозяйственные остатки имеются в наличии и могут быть использованы для производства таблеток, так как необходимость в них возрастает. Например, в нашей стране, где количество отходов древесины постепенно снижается, имеются возможности использования сельскохозяйственных остатков.

Солома имеет низкое содержание влаги, поэтому обычно не требует сушки перед таблетизированием, хотя есть необходимость тонкого измельчения. Наряду с этим таблетизированная солома занимает значительно меньший объем при хранении и транспортировке по сравнению с ее хранением в скирдах. Таблетизированная солома защищена также от гниения.

В зависимости от урожая соломы и типа удобрений, которые используются в сельском хозяйстве, солома может иметь более высокое содержание азота, серы, хлоридов и калия по сравнению с древесиной. Минимизация загрязнения окружающей среды может быть достигнута за счет применения определенных мероприятий при изготовлении таблеток, а также при их сжигании. В настоящее время, очевидно, что соломенные таблетки более пригодны для использования в больших установках, чем в бытовых нагревательных приборах.

Следующим направлением является использование особых энергетических культур. В Дании выполнены исследования различных материалов для изготовления таблеток, включая зерна и семена. Имеется положительный опыт выращивания некоторых трав для энергетических целей, как сырья для изготовления таблеток. При соответствующих условиях выращивания, использование трав приводит к отсутствию некоторых проблем, возникающих при сжигании соломы. Процесс таблетизирования является стратегическим подходом существенного расширения сектора получения биоэнергии и биотоплива, поскольку этот процесс обещает большой выигрыш в получении и стабилизации биомассы. Высушенный и таблетизированный урожай защищен от распада, он имеет высокую энергетическую плотность, хорошую способность к хранению и транспортировке. Это создает возможность его использования в последующем производстве биотоплива, газификации или получении синтетического газа (превращение в водород). Рынок производства биомассы в Европе к 2020 году оценивается в 26 млрд. \$.

Во многих странах правительство поддерживает использование биодизеля. Например, в США выращивание культур для получения биодизеля поддерживается законами многих штатов. Крупными его потребителями являются заводы, автотранспорт и большие электростанции. Во многих случаях биодизель используется в бытовом секторе для обогрева зданий.

В США существует более 100 строящихся и эксплуатирующихся заводов и предполагается строительство еще 50. Администрация Буша поставила цель по увеличению производства биомассы до 284 млн. м<sup>3</sup> в год.

Производство этанола к 2007 году в мире превысит 57 млн. м<sup>3</sup>. В обозримом будущем предвидится удвоение производства. Мировые инвестиции в проекты биотоплива, включая этанол, могут превысить 100 млрд. \$ в следующие 20 лет.

В Норвегии компания, которая занимается технологиями охраны окружающей среды, будет использовать процесс термического гидролиза для переработки органического шлама. При этом количество производимого биогаза превышает на 100% количество газа, произведенного обычным процессом с использованием активного шлама. При этом обеспечивается больше энергии, чем для процесса гидролиза. Таким образом, полученный избыточный энергоноситель сжигается на электрогенерирующих установках.

В Великобритании существует самая большая в Европе электростанция Дгах, которая использует в качестве основного топлива биотопливо. В Великобритании предприятия получают сертификат, в котором в цифровом виде детализированы данные: сколько произведено электричества, для кого и кто будет покупать и использовать его. Производители энергии должны генерировать как минимум 10% энергии от возобнови-

мых источников. Если они не выполняют этого, они должны покупать сертификат на открытом рынке, чтобы компенсировать дефицит. Если они не покупают его, они подвергаются штрафу. Таким образом, если цена сертификатов падает. Отсутствует заинтересованность производителей выходить за пределы этих 10%.

В настоящее время только 1% электричества Великобритании вырабатывается из биомассы. Правительство в апреле выпустило план из 12 позиций, которые включают гранты на использование котлов, сжигающих биомассу; открытие новых центров энергии из биомассы; предложения, информацию и рекомендации, касающиеся использования биомассы для обогрева правительственных зданий. Правительство предполагает к 2010 году снизить выбросы парниковых газов на 20%. Использование биомассы для этих целей выглядит перспективно.

Разработки научных организаций направлены на: использование новых компонентов биотоплива и улучшение эффективности и гибкости с применением новых смешанных топлив для транспорта; разработку новых технологий по увеличению и ускорению превращения органических остатков в биотопливо с целью увеличения площадей посева агрокультур, которые могут быть использованы для этого; использование современных технологических приемов по разработке веществ, которые позволяют получить больший выход энергетических молекул и которые могут выращиваться на полях, непригодных для выращивания пищевых продуктов. Типы культур, которые используются как биомасса, - это сахарный тростник и свекла, пшеница и масличные культуры, рапс и соя.

По [2] биодизель имеет самый высокий энергетический баланс по сравнению с любым жидким топливом. Он обеспечивает 320% возврата энергетических затрат. Это значит, что на каждую затраченную единицу энергии для производства биодизеля, вы получаете в 3,2 раза больше энергии.

Австралия планирует производить 350 млн. л биотоплива в год. Компании проявляют инициативу обеспечить удвоение производства этанола. Таким образом, производство биотоплива играет существенную роль в обеспечении топливом австралийского рынка как сейчас, так и в будущем.

В ЕС к 2010 году поставлена цель использования возобновимых источников энергии на уровне 12% к общему потреблению энергоресурсов. В настоящее время около 2/3 энергии от возобновимых источников в Европе производится из биомассы и, по данным ЕС, этот источник будет играть существенную роль к 2010 году.

По результатам работ, выполненных за прошедшие 10 лет, в настоящее время существуют современные процессы по превращению сырья в смеси биодизеля и биоэтанола, которые могут использоваться для двигателей внутреннего сгорания без их реконструкции. В дополнение к этому разработано специальное оборудование, направленное на использование продуктов биомассы для полностью автоматизированных котлов, сжигающих древесное таблетизированное топливо.

Наиболее широко применяется биотопливо в Бразилии. Она не только расширяет производство этанола из сахарного тростника, но и помогает другим странам, таким как Эквадор, осуществлять подобную политику.

В проектах по получению биомассы требуется применение инновационных технологий относительно превращения древесины в жидкое топливо. Вероятно, применение биомассы является наиболее очевидным путем использования возобновимых источников энергии по сравнению с другими источниками, такими как ветер, которые требуют соответствующей промышленной базы.

Следующим шагом по получению энергетических урожаев является применение локальной таблетизации с использованием мобильного оборудования, которое может перерабатывать урожай или его остатки на месте. Это было бы не только техническим решением, но обеспечивало бы хорошую мотивацию фермерам в производстве таблетизированного топлива. Они могли бы хранить свою продукцию или реализовывать ее на рынке по своему желанию. Конечно, при этом необходим контроль качества и механизм стандартизации. Многие выращиваемые культуры или остатки кормовых культур могут быть переведены в агротаблетки.

Выращивание энергетических урожаев, особенно для таблетизирования, по сравнению с использованием древесных остатков, обеспечивает начало изменений в экономике. В соответствии с оценками урожай сорго – 25-28 т/га, при стоимости 32 €/т, уступает слоновой траве, урожай которой 22 т/га и стоимость 30 €/т. Однако, главной целью применения агротаблеток могла бы быть замена угля для генерации энергии.

В настоящее время 31% энергии в ЕС получается за счет сжигания угля. Начальной целью применения биомассы в качестве топлива является генерация 20 тыс. МВт энергии за счет сжигания биомассы, для чего требуется в год 70 млн. т сухой биомассы – таблеток. Совместное сжигание агротаблеток технически может быть увеличено до уровня 20-25%, что отразится на развитии сельских районов.

Согласно оценкам, при замене угля каждый 1 кг агротаблеток позволит избежать 1,45 кг выбросов CO<sub>2</sub>. Таблетки также обеспечивают исключение выбросов SO<sub>2</sub> и обеспечивают меньшее количество золы по сравнению с углем. По [1] цена агротаблеток будет конкурентно способной по сравнению с импорти-

рованним углем при стоимості 64 €/т. При цьому отримується частинна компенсація викидів CO<sub>2</sub>, образуваних при сжигании угля, за счет квот на выбросы.

Когда приходится использовать зерно, которое может быть сожжено в естественном виде, превращение в таблетки обеспечивает целый ряд преимуществ. Сжигание нетаблетизированных избытков зерновых ведет к выбросам окислов азота, диоксидов серы и соляной кислоты, а также других кислот, которые вызывают достаточно быструю коррозию дымоходов и дымовых труб даже при высоких температурах дымовых газов. Таблетизация дает шанс добавить другие ингредиенты, которые снизят кислотообразование. Самой простой добавкой являются щелочные добавки (например, известняк или известь), которые связывают серу, хлориды и другие вредные вещества, содержащиеся как в газах, так и в золе.

**Выводы:** Таблетизированное топливо является экологически чистым, удобным в обращении и транспортировке, применимым на локальном уровне. Таблетки способствуют уменьшению эмиссий газов от существующих угольных электростанций. Они могут найти применение также в специализированных энергетических установках и для обогрева помещений. Использование таблеток откроет новую эру в аграрном секторе. Переработка биомассы позволяет получить новый вид топлива для транспорта: биодизель и биоэтанол.

#### РЕЗЮМЕ

Розглянуто проблеми використання відновлюваних енергоресурсів. Біомаса є екологічно чистим та зручним видом енергії. Труднощі, які виникають при її транспортуванні та зберіганні, визвали необхідність попередньої підготовки біомаси, для використання її у виді палива. Ця підготовка полягає в перетворенні біомаси в рідке біопаливо або таблетизоване паливо. Відзначені переваги застосування відновлюваних енергоресурсів, їх позитивна дія на навколишнє середовище.

#### SUMMARY

The problems of the use of renewable energy source are considered. Biomass is ecologically the clean and comfortable type of energy. Difficulties arising up at its transporting and storage caused the necessity of preliminary preparation of biomass, for the use of her as a fuel. This preparation consists in transformation of biomass to the oil-fuel or biofuel pellets. Advantages of the use of renewable energy source their positive action on an environment.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. A fuel of convenience // Renewable energy world. – 2006. – № 3. – P. 32-41.
2. The potential for biomass in the energy mix // Filtration+Separation. – № 9. – P. 28-30.
3. Волваха Н.М., Волваха В.А. Нетрадиционные источники энергии. – К.: Высшая школа, 1998.

*Надійшла до редакції 30.11.2006 р.*