

ЭНЕРГИЯ, СОЗВУЧНАЯ ПРИРОДЕ



Обострение в глобальном масштабе ситуации вокруг добычи углеводородного сырья и доставки его потребителям обусловило повышение интереса к биоэнергетике. Сейчас во всем мире все более широкое распространение приобретают технологии производства биотоплива из растительных масел, топливное использование биоэтанола и иных спиртов, различные методы получения биогаза, а также печного и котельного топлива, содержащего биодобавки. Беларусь в этом отношении следует в русле мировых тенденций. В нашей стране успешно реализуется Государственная программа по обеспечению производства дизельного биотоплива на 2007–2010 годы, вводятся в строй биогазовые установки по переработке отходов сельскохозяйственного производства и коммунально-бытовых стоков. О некоторых других аспектах задействования потенциала биоэнергетики рассказывает директор НИИ физико-химических проблем БГУ доктор химических наук Олег ИВАШКЕВИЧ.

Активность в разработке технологий получения энергоносителей на основе растительной биомассы в последнее время возросла во многих странах мира. Это связано с удорожанием традиционных химических источников энергии и необходимостью уменьшения антропогенной нагрузки на окружающую среду. Не меньшее значение при этом имеет и стремление государств обеспечить достаточную энергонезависимость, а также создать новые рабочие места.

В ряде стран достигнут существенный технический прогресс в производстве энергии из биомассы. Так, из нее в общем энергетическом балансе Финляндии и Швеции производится до 20 % топлива. Далеко продвинулись в этой области Австрия, Дания, Германия, другие европейские страны. Активность в разработке технологий получения топлива из биомассы значительно возросла даже в тех государствах, которые обладают значительными запасами традиционных видов топлива – угля, нефти и природного газа, – России и США.

В Беларуси работа в этом направлении находится пока на начальной стадии. У нас имеется лишь несколько предприятий, выпускающих топливные гранулы (пеллеты) из древесины, в частности ОАО «Пинскдрев» и предприятие «Экогран» (Бобруйск), но Министерство лес-

ного хозяйства страны запланировало создание новых производств – в Житковичах и Столбцах – с мощностью установок до 15 тыс. т древесных пеллет в год. Вместе с тем, ресурсы растительного сырья позволяют радикальным образом увеличить мощности по выпуску топлива из растительного сырья в Республике Беларусь.

Наиболее доступными, к тому же возобновляемыми источниками для их производства являются, помимо древесины, солома зерновых культур, крахмалосодержащие сельскохозяйственные культуры – картофель, свекла, а также масличная культура рапс.

Известно, что элементный состав и теплота сгорания различных видов растительных культур достаточно близки (табл. 1).

Поэтому при выборе источника сырья для производства твердого топлива необходимо исходить из следующего: доступности различных ресурсов; их стоимости и технологической возможности производства для прогрессивного технологического использования в котельных установках.

Наш институт занимался оценкой ресурсов соломы зерновых культур. При этом мы, согласно данным Министерства статистики, исходили из соотношения (масса соломы) / (масса зерна) $\approx 1,7$ при



влажности 17 % и средних показателей производства зерна (без кукурузы). Количество скошенной соломы составило в 2007 году примерно 9,5 млн. т, или около 8 млн. т в пересчете на сухое вещество. По оценкам Центра аграрной экономики Института экономики НАН Беларуси, количество стеблевой массы кукурузы, выращенной на зерно в 2007 году, составило около 1,2 млн. т.

Получены значения высших энергий сгорания соломы различных культур, которые составили примерно 18,3 МДж/кг (в пересчете на сухое вещество). Энергия сгорания стеблевой кукурузы также равняется 18,3 МДж/кг. По этим данным оценены энергетическая эффективность биомассы соломы и кукурузы в расчете на 1 га. Если допустить, что 20 % урожая соломы зерновых культур могут быть использованы для производства топлива, это будет соответствовать 1,1 млн. т условного топлива. Стеблевая масса кукурузы, выращенной на зерно, эквивалентна примерно 370 тыс. т условного топлива.

Таким образом, суммарный топливный ресурс биомассы соломы зерновых культур равен примерно 1,74 млн. т условного топлива, что составляет около 6,2 % от общего энергопотребления Беларуси в 2006 году.

Из растительного сырья может быть выпущено три вида топлива, различающихся по фазовому состоянию: твердое, жидкое топливо из продуктов брожения углеводов и газообразное топливо, которое может быть получено при термической переработке твердого топлива или путем сбраживания биомассы. Существенной задачей при получении различных видов твердого топлива является обеспечение их высокой насыпной плотности – более 0,5 т/м³, что считается необходимым условием упрощения транспортировки и хранения.

Производство твердого топлива из биомассы растительных культур включает в себя ряд технологических операций: измельчение, сушку, сортировку, прессование. Эта схема достаточно универсальна,

но при использовании различных видов растительного сырья должны быть модифицированы некоторые технические параметры установок. Конечный продукт производства – топливные гранулы, или пеллеты, диаметром 6–20 мм с физической плотностью 0,8–1,0 и насыпной плотностью более чем 0,5 т/м³. Кроме того, могут выпускаться полученные путем шнекового прессования топливные брикеты («евродрова»).

Топливные гранулы из растительной биомассы обладают высокой энергией сгорания при незначительном занимаемом объеме. Скажем, при сжигании 1 т топливных гранул из соломы выделяется столько же энергии, как при сжигании 460 л дизельного топлива или 490 куб. м природного газа.

Для обеспечения сырьем завода по производству топливных гранул из соломы мощностью 15 тыс. т в год ее требуется 18 тыс. т. При средней урожайности соломы 4,6 т/га и переработке в твердое топливо только 20 % урожая соломы площадь посевов зерновых культур, необходимая для обеспечения работы завода, равна 196 кв. км, что составляет менее 1 % от общей площади посевов зерновых в стране.

Немаловажное значение имеет и ценовой фактор. Так, по оценкам специалистов, себестоимость одной тонны древесных топливных гранул составляет 50–80 долларов в зависимости от мощности завода,

ИВАШКЕВИЧ

Олег Анатольевич.

Родился в 1954 году в г. Белая Церковь Киевской области.

Окончил Белорусский государственный университет. В 1976–1993 годах прошел путь от инженера до заведующего лабораторией общей химии НИЧ Белгос-университета. С 1993 года – заместитель директора по научной работе, а с 1997 – директор НИИ физико-химических проблем БГУ. 2003 года – главный редактор журнала «Вестник БГУ» (серии «Химия», «Биология», «География»).

С 2007 года – председатель экспертного совета ВАК Беларуси по химическим наукам. С 2006 года – председатель Государственного экспертного совета по технологиям химических, фармацевтических и микробиологических производств.

Доктор химических наук. Член-корреспондент НАН Беларуси с 2004 года.

Автор более 280 основных научных работ, 33 изобретений и патентов.

Сфера научных интересов: физическая химия процессов термического разложения и горения конденсированных систем на основе полимерных материалов, а также прикладная квантовая химия.

Таблица 1. Элементный состав и энергии сгорания (высшие) различных видов топлива

	антрацит	лигнин	древесина	солома	зерновые	травы
C	72,5	65,9	47–51	42–47	43–60	37–47
H	5,6	4,9	5,7–6,3	5,1–6,0	6,4–7,2	5,1–6,2
O	11,1	23,0	39–44	39,1–43,8	24–46	33–42
N	1,3	0,7	0,13–0,54	0,4–1,1	1,7–3,9	0,7–1,5
Зола, вес, %	8,3	5,1	0,5–4,0	3,8–12,2	2,0–4,6	3,9–23
$\Delta_c H^\circ_{(высшая)}$, МДж/кг	29,7	20,6	18,4–19,2	15,8–17,7	17,0–26,5	14,1–17,6

качества исходного сырья и его удаленности от мест переработки, при этом цена тонны этой продукции достигает 160 долларов. Примерно 30 % себестоимости древесных пеллет обусловлено стоимостью исходного сырья.

С учетом меньшей стоимости соломы (10–15 долларов за тонну) и ее меньшей влажности (17 % в сравнении с 25–60 % влажности древесного сырья) себестоимость 1 тонны топливных гранул из соломы составит 40–60 долларов.

В настоящее время в Европе существует стабильный спрос только на древесные пеллеты, поставляемые производителями России, Украины и Беларуси. Однако, учитывая постоянный рост цен на традиционные виды энергоносителей, ограниченную сырьевую базу для получения древесных пеллет, меньшую стоимость и аналогичные древесным эксплуатационные качества пеллет (брикетов) из отходов сельскохозяйственного производства, следует прогнозировать возникновение и постепенное увеличение спроса на биотопливо из соломы. При этом цена 1 тонны таких пеллет (брикетов) может достигать 120 долларов.

Таблица 2. Сравнительные характеристики различных видов топлива

Вид топлива	Теплота сгорания, МДж/кг	Сера, %	Зола, %	Дополнительное количество углекислого газа, кг/ГДж
Каменный уголь	15–25	1–3	10–35	60
Дизельное топливо	42,5	0,2	1	78
Мазут	37–39	1,2	1,5	78
Торф (пеллеты, брикеты)	17–18	0,2–0,3	5–15	70
Древесные пеллеты	16,9	0,1	1	0
Соломенные пеллеты	16,5	0,1–0,2	3–5	0
Природный газ	34 МДж/м ³	0	0	57

В европейских странах активизируется работа по выращиванию энергоинтенсивных культур с большим выходом сухой биомассы с 1 га для последующей переработки в пеллеты. В наших условиях в таком качестве целесообразно использовать топинамбур и мискантус (слоновья трава), растения семейства гречишных – горец забайкальский, горец Вейриха, сильфию пронзеннолистную – и некоторые другие. Согласно данным Центрального ботанического сада НАН Беларуси, на средних по плодородию почвах при низких дозах минеральных удобрений средний сбор сухого вещества надземной части топинамбура составляет 27,5 т с гектара, клубней – 14,4 т. Следовательно, выход сухой массы стеблевой части топинамбура примерно в 7 раз превышает данный показатель соломы и почти в 2 раза – стеблей кукурузы. Другими словами, с точки зрения энергетической ценности биомассы топинамбур, вероятно, нужно признать наиболее перспективным среди сельскохозяйственных культур, которые могут выращиваться в нашем климате.

Топливные пеллеты (брикеты) иногда называют «улучшенным», или «рафинированным», топливом из биомассы, так как они получают путем переработки и имеют улучшенные свойства: например, конечная влажность – 8–10 %, уплотнение исходного материала – в 5–10 раз (табл. 2).

Как видно, соломенные пеллеты лишь незначительно уступают по качеству древесным, а по совокупности экологических показателей превосходят уголь, торф, дизтопливо и мазут. Особо следует отметить, что при сгорании твердого биотоплива в атмосферу не поступает дополнительное количество углекислого газа: накопленный в вегетативный период CO₂ выделяется при сжигании. Соломенные пеллеты (брикеты) обладают невысокой зольностью (до 5 %), причем зола может использоваться в качестве удобрения (в отличие, например, от угольного шлака, которого к тому же образуется примерно в 7 раз больше). И это делает их очень

привлекательными для владельцев загородных домов, офисов, небольших производств и ферм. Котельные установки на пеллетах являются наиболее современными и экологически чистыми по сравнению с работающими на традиционных видах топлива, при этом отопление с помощью пеллет полностью автоматизировано, гарантируется безопасность от взрыва и разлива дизтоплива. Сравнительные затраты при использовании различных котельных мощностью 25 кВт, достаточной для отопления помещений площадью до 200 кв. м, приведены в табл. 3.

К тому же следует учесть, что при использовании природного газа – единственного конкурента гранул из растительного сырья по экологическим характеристикам – государство немало теряет на разнице между закупочной ценой и ценой для населения. При применении же пеллет вместо дизельного топлива за один отопительный сезон на одном котле мощностью 25 кВт экономится приблизительно 7,7 тыс. л жидкого топлива в год. Это позволяет при одинаковых эксплуатационных затратах котельных окупить затраты на новое оборудование в течение двух отопительных сезонов.

При этом затраты на отопление за сезон для котельных, использующих природный газ и пеллеты, станут равными при увеличении отпускной цены для населения на природный газ в 3,5 раза, что в свете сегодняшней ситуации не выглядит нереальным.

Тем не менее, наиболее привлекательным с позиций экономической эффективности в настоящее время является создание комплексов «производство – потребление пеллет (брикетов)», например для производства тепловой энергии.

При сжигании 15 тыс. т пеллет из соломы (годовая мощность завода, аналогичного планируемому производству в Столбцах и Житковичах) выделяется $247,5 \cdot 10^3$ ГДж энергии, что эквивалентно эффекту сжигания 5915 т нефти. Указанное количество энергии может быть преобразовано (условный КПД – 70 %) в $173,3 \cdot 10^3$ ГДж тепловой энергии.

Таблица 3. Сравнение отопительных установок мощностью 25 кВт на различных видах топлива

Сравнительные характеристики	Природный газ	Дизельное топливо	Пеллеты
Ориентировочная стоимость котельной	800 \$	2500 \$	7000 \$
Условный КПД установки	80 %	70 %	70 %
Расход топлива при полной мощности	3,34 м³/ч	3,56 л/ч	7,79 кг/ч
Стоимость единицы топлива	80,5 \$ за тыс. куб. м*	0,751 \$ за л	0,12 \$ за кг**
Затраты на отопление за сезон (180 суток, коэффициент загрузки 0,5)	580 \$	5780 \$	2020 \$
Потребность в топливе за сезон	7,2 тыс. куб. м	7690 л	16,8 т

* Цена на природный газ для населения в отопительный сезон.

** Цена, вдвое превышающая себестоимость производства пеллет из соломы.

Для работы одной биотопливной котельной мощностью 1 МВт (3,6 ГДж·ч) на отопительный сезон требуется около 670 т пеллет. Иначе говоря, один завод по производству пеллет из соломы мощностью 15 тыс. т в год может обеспечить работу биотопливных котельных суммарной мощностью приблизительно 22 МВт.

Таким образом, расчеты показывают, что средства, сэкономленные на отказе от покупки соответствующего количества нефти, позволяют окупить первоначальные расходы на закупку и ввод в эксплуатацию необходимого оборудования (завод и биотопливные котельные) фактически за 1,5–2 года.

Кстати, эксплуатационные расходы современных биотопливных котельных одинаковы с котельными, использующими природный газ или мазут, а существующие котельные (на газе и мазуте) могут быть модернизированы и для использования твердого биотоплива, что делает перспективы применения этого нетрадиционного источника энергии еще более привлекательными. ■