



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 681.31 (058.8)

О.Д. Мюллер, В.И. Малыгин, В.Т. Харитоненко

Филиал «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного
морского технического университета

Мюллер Оскар Давыдович родился в 1948 г., окончил в 1973 г. Ленинградский политехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры океанотехники и энергетических установок филиала «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета. Имеет 50 научных работ.
E-mail: oscar@mail/ru



Малыгин Владимир Иванович родился в 1952 г., окончил в 1979 г. Университет Дружбы народов им. П. Лумумбы, доктор технических наук, профессор, действительный член АИН РФ, проректор по научной работе филиала «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета. Имеет более 180 научных работ в области математического моделирования физических процессов при резании.
E-mail: rector@sevmashvtuz.edu.ru



Харитоненко Владимир Терентьевич родился в 1950 г., окончил в 1974 г. Московский инженерно-физический институт, кандидат технических наук, начальник научно-исследовательского сектора филиала «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета. Имеет около 10 научных работ в области автоматизации и управления.
E-mail: rector@sevmashvtuz.edu.ru

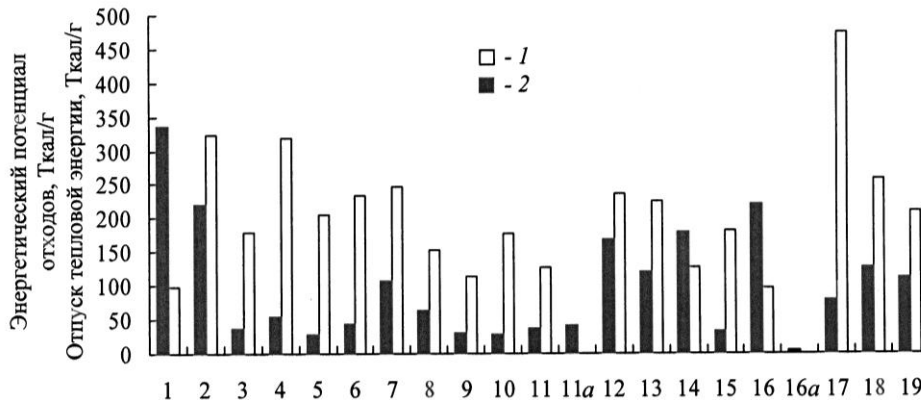


ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В МУНИЦИПАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Проанализированы перспективы использования древесных отходов в виде гранул в муниципальной энергетике Архангельской области, проведена оценка инвестиций в их использование.

Ключевые слова: лесозаготовки, древесные отходы, пеллеты, древесные гранулы, энергетический потенциал, котлы, котельные, эффективность.

Как показали исследования [1, 2], Архангельская область обладает значительным энергетическим потенциалом древесных отходов, образующихся при лесозаготовке и переработке древесины. Даже при существующем уровне заготовки древесины имеющийся энергетический потенциал в 3 раза превышает потребности муниципальной энергетики области в топливных ресурсах. Данные, приведенные на рисунке, свидетельствуют, что имеющийся доступный энергетический потенциал древесных отходов и потребности муниципальной энергетики в топливных ресурсах весьма неравномерно распределены по районам области.



Отпуск тепловой энергии (1) и энергетический потенциал древесных отходов (2) по районам области: 1 – г. Архангельск, 2 – Вельский р-н, 3 – Вилегодский р-н, 4 – Виноградовский р-н, 5 – Верхнетоемский р-н, 6 – Каргопольский р-н, 7 – Коношский р-н, 8 – Котласский р-н, 9 – Красноборский р-н, 10 – Ленский р-н, 11 – Лешуконский р-н, 11а – Мезенский р-н, 12 – Няндомский р-н, 13 – г. Онега и Онежский р-н, 14 – Пинежский р-н, 15 – Плесецкий р-н, 16 – Приморский р-н, 16а – Соловецкий р-н, 17 – Устьянский р-н, 18 – Холмогорский р-н, 19 – Шенкурский р-н

Как видно из приведенных на рисунке данных, основной энергетический потенциал сосредоточен в настоящее время в местах заготовки леса, а там, где находятся крупные муниципальные потребители энергоресурсов, он недостаточен.

Уровень использования древесного топлива в Архангельской области ограничен возможностями оборудования по его производству и сжиганию, потребностями в поставках тепловой энергии и размещением потенциала древесного топлива. Так как этот вид топлива наиболее экономически целесообразно использовать для производства тепла или электроэнергии, возможности оборудования по его сжиганию являются самым главным фактором, ограничивающим рост применения древесины. В 2006 г. около 84,4 % произведенного в муниципальной энергетике тепла было получено от сжигания искомого топлива, около 15,6 % – от древесного.

Многочисленные исследования как отечественных, так и зарубежных ученых показали, что экономически более выгодно использовать древесные отходы в качестве топлива, если котельные для их сжигания находятся на расстоянии не более 50 км. Это привело к тому, что применение древесных отходов как топливного ресурса сформировалось в основном около крупных лесопильных центров. В первую очередь, это города Архангельск и Онега.

Древесные отходы имеют низкую теплотворную способность при высокой влажности и малом удельном весе. Чтобы повысить энергетическую привлекательность древесных отходов необходимо, с одной стороны, повы-

сить их теплотворную способность, с другой – плотность. В конце прошлого века такая технология была разработана и из древесных отходов стали выработывать древесные топливные гранулы – пеллеты (wood pellets, holz-pellets или holzpellets; биогранулы, топливные гранулы, биомасса, опилочные гранулы).

Они представляют из себя нормированные цилиндрические хорошо спрессованные изделия, одинаковые по массе, из сухой остаточной древесины (мука от работы фрезерно-обрезного станка, опилки, стружка и др. отходы). Сырьем могут служить все хвойные породы и мягкие сорта древесины. Размеры гранул, мм: длина – 20...50, диаметр – 4...10.

Технологический процесс получения гранул состоит из следующих стадий: предварительное измельчение древесных отходов до размеров щепы; сушка до влажности 8...10 %; измельчение высушенного сырья до размеров не более 1 мм; прессование на специальных прессах-грануляторах без каких-либо добавок и клея под давлением около 300 атм.

В отличие от традиционных видов древесного топлива (дрова и щепа) древесные гранулы являются однородным удобным при хранении, транспортировке и использовании топливом. На изготовление 1 т пеллет в среднем требуется около 4,00 пл. м³ древесного сырья, а с учетом сушки с использованием древесного топлива – 4,15...4,20 пл. м³.

Производство древесных гранул – экологически чистый процесс. Древесные гранулы как биотопливо также имеют преимущество перед традиционными видами топлива с точки зрения охраны окружающей среды. Отходы (зола) после их сгорания минимальны (0,5...1,0 %) и могут быть использованы в качестве минерального удобрения.

Гранулы обладают высокой скоростью сгорания и значительным теплосодержанием: при сгорании 1 т древесных гранул выделяется 4,8...5,5 МВт·ч энергии, 1 т (условной) угля – 7,5 МВт·ч, 1 т мазута – 10,5 МВт·ч. В табл. 1 представлены сравнительные энергетические характеристики различных видов топлива.

Древесные гранулы получили широкое применение в Европе в качестве топлива для котельных центрального отопления и теплоэлектростанций, а также для индивидуального отопления зданий и отдельных помещений. В России производство пеллет находится на начальной стадии развития. Заводы, их выпускающие, в основном сконцентрированы вблизи границ со странами Евросоюза (Карелия, С.-Петербург и его окрестности). Производят пеллеты и на заводах, расположенных в Москве, Муроме, Мурманске, Перми, Тюмени, Кулунде (Алтайский край), Казани и Вологде. Первые заводы по производству пеллет появились в Архангельске.

Таблица 1

Энергетические характеристики топлива

Топливо	Теплота сгорания		Содержание серы	Зольность
	МВт·ч/т	Гкал/т	%	
Природный газ	9,7... 10,6	8,4...9,1	< 0,5	< 0,01
Топочный мазут	11,7	10,1	~ 1,2	~1,5
Дизельное топливо	11,9	10,3	~0,2	~1,0
Энергетический уголь	5,8...6,9	5,0...6,0	~2,0	~10,0
Распространенный уголь	4,2...5,8	3,6...5,0	2,0...3,0	~20,0
Древесные гранулы	5,3...5,8	4,5...5,0	~0,1	~0,5...0,7
Топливная щепа	2,5...3,0	2,2...2,6	~0,1	~2,0
Солома	3,6...4,2	3,1...3,6	~0,2	~4,0
Торф	2,5...3,3	2,2...2,9	<0,5	~20,0
Древесные брикеты	3,9...4,4	3,4...3,8	~0,1	~1,5
Дрова	1,7...2,8	1,4...2,4	~0,1	~5,0

Стоимость строительства заводов по выпуску пеллет зависит от мощности завода и типа применяемого пресса-гранулятора. В табл. 2 представлены расчеты средней стоимости строительства заводов по производству пеллет.

Таблица 2

Стоимость строительства завода по производству пеллет

Составляющая стоимости	Значение составляющей, млн р., для завода производительностью, тыс. т/год				
	10	15	20	30	80
Оборудование	15,75	17,60	20,60	43,20	47,76
Строительство	10,85	11,55	13,30	16,80	17,15
Всего	27,60	29,15	33,90	60,00	64,91

Котельная техника для сжигания пеллет

Специальной котельной техники для сжигания пеллет в России до настоящего времени не производилось. В Европе строительство котлов под пеллеты весьма развито, их популярность постоянно возрастает. Это оборудование весьма надежно, имеет высокий коэффициент полезного действия (85...97 %) и не вызывает затруднений в процессе эксплуатации.

В минимальный комплект оборудования автоматизированной котельной коттеджа, работающей на древесных топливных гранулах, входит котел, оборудованный горелкой для сжигания пеллет и бункером. После подключения к системам отопления, электроснабжения и загрузки бункера топливом (пеллетами) такая котельная может в течение длительного времени работать без участия человека (от одного дня и до нескольких месяцев в зависимости от конструкции).

Таблица 3

Средняя стоимость котлов на пеллетах

Показатель	Значение показателя для количества котлов, шт							
	394	386	341	302	152	142	121	63
Средняя мощность котла, Гкал	0,300	0,194	0,633	0,168	0,092	0,498	0,569	1,489
Средняя стоимость котла, тыс. р.	537,3	389,8	1121,4	389,8	318,2	792,0	885,6	2666,0

Коэффициент полезного действия специализированных котлов на пеллетах соответствует уровню газовых и жидкотопливных котлов и во многом зависит от используемой технологии сжигания пеллет. КПД пеллетных котлов с горелками объемного типа – до 95 %. Среди поставляемых в Россию моделей можно отметить Vitolig 300 от «VISSMANN» (Германия), GD-WB от «GRANDEG» (Латвия), Biomatic от «THERMIA» (Швеция), Benekov ling и Pelling 27 от «BENEKOV» (Чехия). В Европе популярны такие модели, как Pelletsessel USP от KWB (Австрия), Logano SP251 от «BUDERUS» и Pro solar от «PRO SOLAR ENERGIE-TECHNIK» (Германия) и др.

Котлы подразделяются на бытовые и промышленные. Мощность бытовых котлов составляет от 15 до 100 кВт, промышленных – до 1200 кВт.

Из имеющихся в Архангельской области 737 отопительных котельных свыше 170 обслуживают отдельно стоящие здания. На этих котельных установлено 350 котлов тепловой мощностью от 20 до 250 кВт. Для оценки инвестиций в модернизацию котельных используем усредненные мощности котлов и среднюю стоимость котлов для сжигания пеллет по данным производителей (табл. 3).

Использование древесных гранул в дизель-генераторных установках

В Архангельской области имеется 68 дизельных электростанций (ДЭС), на нужды которых ежегодно требуется около 16 542 т дизельного топлива. Все эти ДЭС, как правило, расположены в трудно доступных местностях, завоз дизельного топлива на них осуществляется один раз в год, что существенно увеличивает его стоимость. В конечном итоге это повышает себестоимость 1 кВт·ч отпускаемой ДЭС электроэнергии.

Для двигателей внутреннего сгорания можно использовать пиролизные газы от газификации древесного топлива. На генераторном газе могут работать любые двигатели внутреннего сгорания: карбюраторные, инжекторные, дизели. Октановое число генераторного газа – 110...140. Моторесурс двигателей, работающих на генераторном газе, больше, чем у двигателей, работающих на бензине или дизтопливе. В настоящее время разработаны современные газогенераторы для различных типов электростанций, автомобилей, тракторов, насосных станций.

С точки зрения получения генераторного газа для дизелей на ДЭС древесные гранулы с их очень низкой влажностью являются отличным сырьем.

Оценка инвестиций в организацию производства древесных гранул и перевод муниципальной энергетики на их сжигание

В Архангельской области под сжигание пеллет может быть реконструировано 737 котельных, среднегодовой отпуск тепла с которых составляет 2 316,86 Ткал. Для выработки такого количества тепловой энергии в год потребуется сжечь $2\,316\,860 / (4,5 \cdot 0,9) = 572\,064$ т пеллет. Экономически целесообразным является строительство заводов по производству древесных гранул мощностью от 30 тыс. т/год. Таким образом, для ежегодной выработки требуемого количества пеллет необходимо в Архангельской области построить 20 таких заводов. На строительство и пуск в эксплуатацию такого количества заводов потребуется около $60 \cdot 20 = 1\,200$ млн р. инвестиций.

На реконструкцию и перевод 737 котельных на сжигание древесных гранул потребуется (табл. 3) около 2 120 млн р. инвестиций.

Общее количество инвестиций в строительство заводов по производству древесных гранул и переводу муниципальной энергетики на их сжигание составит 3 320 млн р.

Экологический аспект

Экологический эффект от использования древесных гранул складывается из следующих составляющих.

1. *Снижение парникового эффекта.* Освобождаемый при сгорании древесных гранул углекислый газ CO_2 образует углекислоту, которая относится к «нейтральным». Древесина освобождает столько CO_2 , сколько приняла во время роста (закрытый углеродный обмен). При этом не повышается содержание CO_2 в атмосфере и не возникает антропогенный парниковый эффект.

2. *Уменьшение количества кислотных дождей.* Наряду со снижением выбросов углекислоты при использовании в качестве топлива древесных гранул происходит уменьшение выбросов двуокиси (диоксида) серы SO_2 . Это в свою очередь уменьшает количество кислотных дождей, приводящих к гибели лесов. Использование пеллет в качестве топлива в конечном итоге работает на сбережение лесов.

3. *Снижение рисков при транспортировке.* Загрязнение окружающей среды при авариях нефтеналивных танкеров, на газо- и нефтепроводах, электростанциях, в том числе АЭС, автомобильном и железнодорожном транспорте, почти полностью исключается при использовании пеллет. А опасность взрывов, аварий, пролива горючего, вредных выбросов низкая по сравнению с ископаемыми видами топлива.

Таким образом, если в полном объеме перевести муниципальную энергетику на сжигание древесного топлива, то:

ежегодные потребности области в топливных ресурсах сократятся на 500 376 т каменного угля, 21 198 т мазута и 3 237 т дизельного топлива. С учетом дизельного топлива для ДЭС потребность области в дизельном топливе сократится на 19 779 т/год;

ежегодный выброс CO_2 снизится на

$$500\,376 \cdot 3,04 + 21\,198 \cdot 3,16 + 3\,237 \cdot 3,20 = 1\,598\,487 \text{ т};$$

ежегодный выброс SO_2 снизится на

$$500\,376 \cdot 0,016 + 21\,198 \cdot 0,020 + 3\,237 \cdot 0,005 = 8\,446 \text{ т.}$$

С учетом топлива для ДЭС это сокращение для CO_2 составит 1 651 421 т/год, для SO_2 – 8529 т/год.

Помимо уменьшения вредных выбросов в атмосферу, реализация перехода на сжигание древесного топлива резко сократит загрязнение земельных угодий угольным шлаком (ориентировочно вывоз шлака на угольные свалки снизится на 150 тыс. т/год). Вместо шлака будет образовываться древесная зола около (5 720 т/год), которая является ценнейшим удобрением и может быть использована как в сельском хозяйстве, так и для восстановления вырубленных лесов.

Использование пеллет для отопления приведет к сокращению количества свалок древесных отходов, благоприятно скажется на экологической обстановке в регионе, так как, с одной стороны, гниющая древесина загрязняет подземные и речные воды продуктами своего распада, с другой – при гниении древесины в атмосферу выделяется метан, парниковый эффект от которого в 22 раза выше, чем от углекислого газа.

Предпочтительное размещение заводов по производству пеллет

Реальная поставка древесного топлива зависит от наличия, размещения древесных ресурсов в сравнении со спросом на тепло и ценой. Дрова доступны по разумной цене почти на всей территории Архангельской области. В настоящее время используется только 14 % ресурсов дров, и уровень использования может быть легко увеличен до 50 % (если бы такая потребность существовала).

Лесосечные отходы в настоящее время не собираются, и крупномасштабное использование их маловероятно в течение ближайшего будущего. С другой стороны, существуют передвижные рубительные машины, и использование отходов от лучших и самых близких участков заготовки леса было бы возможно. Однако использование лесосечных отходов вероятнее всего начнется только тогда, когда спрос на дрова и промышленные отходы достигнет или превысит их поставку.

Отходы лесной промышленности – наиболее прибыльный источник древесного топлива, так как их производство расположено близко к промышленному спросу на тепло и они могут быть использованы для производства тепла на нужды отопления. Крупные предприятия лесной промышленности уже утилизируют большинство своих отходов, но мелкие заводы имеют их излишек.

Исходя из выше изложенного, в табл. 4 представлен предполагаемый план размещения заводов по производству древесных гранул по районам области. В этой же таблице представлен план необходимых инвестиций в их строительство, а также на реконструкцию и перевод муниципальных отопительных котельных на сжигание древесных гранул. В качестве базового варианта за основу был выбран завод по производству древесных гранул мощностью 30 тыс. т/год.

Таблица 4

План размещения заводов по производству древесных гранул и необходимые инвестиции для перехода муниципальной энергетики Архангельской области с ископаемого топлива на древесные гранулы

Муниципальное образование	Отпуск тепла	Потенциал древесных отходов (без лесосечных)	Количество заводов по производству пеллет	Инвестиции в заводы по производству пеллет	Инвестиции в реконструкцию котельных
	Ткал/год			млн р.	
г. Архангельск	336,9	98,5	–	–	77
Вельский район	221,1	324,1	2	114	339
Вилегодский «	36,4	178,1	1	57	49
Виноградовский «	53,8	319,5	2	114	33
Верхнегоемский «	28,5	205,6	1	57	106
Каргопольский «	43,6	234,6	1	57	59
Коношский «	107,3	247,1	1	57	89
Котласский «	64,3	152,3	1	57	86
Красноборский «	31,0	113,0	–	–	60
Ленский «	29,2	176,2	1	57	26
Лешуконский «	37,5	127,4	–	–	63
Мезенский «	41,4	0	–	–	34
Няндомский «	167,8	236,4	1	57	229
Онежский «	119,0	225,0	–	–	34
Пинежский «	178,7	126,8*	2	114	168
Плесецкий «	33,3	181,9	1	57	84
Приморский «	220,0	95,2	–	–	280
Соловецкий «	4,3	0,0	–	–	3
Устьянский «	77,9	473,1	3	171	106
Холмогорский «	125,9	257,6	2	114	134
Шенкурский «	110,8	209,2	1	57	61

*Без учета энергетического потенциала усыхающих лесов.

При составлении этого плана учитывалось количество в каждом районе свободного доступного энергетического потенциала древесных отходов, а также количество тепловой энергии, вырабатываемой на ископаемом топливе. Так как технологический процесс производства древесных гранул требует значительного количества свободных электрических мощностей, то при определении мест размещения заводов также учитывалось обеспечение районов электроэнергией. Также предполагалось, что в первую очередь под сжигание древесных гранул будут реконструироваться котельные в районах строительства заводов по производству древесных гранул. Избыток произведенных древесных гранул будет поставляться в те районы, где свободных древесных отходов недостаточно для обеспечения сырьем завода мощностью 30 тыс. т древесных гранул в год. В будущем возможно будет рассмотреть вопрос о строительстве в этих районах заводов по производству древесных гранул меньшей производительности.

На первом этапе завод по производству древесных гранул наиболее перспективно разместить в Устьянском районе, на втором – в Пинежском и Верхнетоемском районах. Следующие заводы запланированы в Вельском и Виноградовском районах. Очередность строительства остальных заводов следует определить при более детальной проработке планов.

На основании проведенных анализов состояния топливно-энергетического баланса и уровня развития лесопромышленного комплекса области можно сделать следующие выводы.

1. Наиболее перспективным методом использования древесных отходов является переработка их в топливные гранулы с последующей реконструкцией и модернизацией отопительных котельных под их сжигание.

2. Полученные из древесных отходов топливные гранулы в перспективе могут успешно вытеснить дизельное топливо на дизельных электростанциях области.

3. Широкое использование древесных гранул в муниципальной энергетике позволит существенно снизить и стабилизировать тарифы на тепловую и электрическую энергию, что послужит толчком к развитию экономики, особенно, отдаленных районов.

4. Строительство в Архангельской области комплекса из 20 заводов по производству древесных гранул позволит дополнительно создать около 1000 новых рабочих мест.

5. В связи с тем, что в России нет предприятий, занимающихся выпуском малых котельных агрегатов для сжигания древесных гранул, это может послужить толчком для создания в области нового вида производства по выпуску котлов для сжигания пеллет. Кадровый и промышленный потенциал для этого есть.

6. Перевод муниципальной энергетике на использование вместо привозного ископаемого топлива возобновляемых топливных ресурсов в виде древесных гранул местного производства значительно повысит энергетическую безопасность области.

7. Переход муниципальной энергетики на древесные гранулы улучшит экологическую обстановку в регионе.

8. Проекты по строительству заводов по производству древесных гранул и переводу муниципальных котельных на их сжигание перспективны для привлечения инвесторов как проекты «совместного осуществления» в рамках Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН по изменению климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ энергетического потенциала древесных отходов в лесопромышленном комплексе Архангельской области / О.Д. Мюллер [и др.] // Лесн. журн. – 2010. – № 3. – С. 94–101. – (Изв. высш. учеб. заведений).

2. Мюллер О.Д., Малыгин В.И., Харитonenko В.Т. Анализ использования древесных отходов в муниципальной энергетике Архангельской области // Лесн. журн. – 2010. – № 2. – С. 98–103. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 29.05.09

O.D. Müller, V.I. Malygin V.T. Kharitonenko

«Sevmashvtuz», Branch of Saint-Petersburg State Marine Technical University

Prospects of Wood Waste Use in Municipal Energy Sector of Arkhangelsk Region

The prospects of wood waste use in the form of pellets are analyzed for the municipal energy sector of the Arkhangelsk region . The investments and their use are assessed.

Keywords: forest harvesting, wood wastes, pellets, wooden pellets, energy potential, boilers, boiler-houses, efficiency.
