

БИОЭНЕРГЕТИКА – ВАЖНЕЙШЕЕ СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Журнал «Лесной вестник» МГУЛ,
№ 8(91) 2012

А.Б. Левин, ведущий научный
сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК»,
профессор кафедры теплотехники МГУЛ

После серьезного спада объемов производства в 2008...2010 гг. лесопромышленный комплекс России практически вернулся на уровень 2007 года – самого успешного за последнее двадцатилетие. Можно надеяться, что в 2012 г. будет достигнут запланированный «Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации до 2020 года» объем заготовки древесины – 216 млн м³. В то же время радикальных изменений в развитии глубокой переработки древесины и повышении энергоэффективности отрасли не происходит. Это связано с недооценкой имеющихся ресурсов собственного относительно дешевого топлива – дровяной древесины и отходов лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий.

В предлагаемой вниманию читателей работе выполнена оценка объемов потребления тепловой и электрической энергии предприятиями лесного комплекса, а также объемов образующихся на них древесных отходов. Используются официальные данные об объемах произведенной в 2011 г. лесобумажной продукции, получаемые ФГУП «ГНЦ ЛПК» в рамках постоянного мониторинга состояния лесопромышленного комплекса России, и многочисленные опытные и справочные данные об удельных нормах потребления сырья и расхода энергии.

При определении количества отходов, пригодных для использования в качестве источника энергии применялся подход ранее использованный в [1]. Согласно этому подходу объем отходов рассчитывается для всех деревообрабатывающих производств как

$$P_i = v_i \cdot (k_i + k_k) \cdot V_i, \quad (1)$$

где v_i – норматив расхода сырья для производства продукции, пл. м³ / пл. м³;
 k_i – доля пригодных для энергетического использования отходов в объеме используемого сырья;
 $k_k = 0,13$ – коэффициент объема коры;
 V_i – годовой объем готовой продукции (пиломатериалов, тары комплектной, фанеры и т.д.), тыс. пл. м³.

Сведения о значениях v_i , k_i [2,3,4,5,6] приведены в табл. 1.

Таблица 1 – **Удельные нормы образования отходов**

Продукция	Коэффициенты			
	v_i	k_i	$k_i + k_k$	$v_i (k_i + k_k)$
Опилки от производства пиломатериалов	1,754	0,133	0,263	0,46
Фанера	2,480	0,496	0,626	1,55
Тара комплектная	3,333	0,700	0,83	2,76
Кора ЦБП	4,52	-	0,12	0,54
Древесная масса	2,62	0,58	0,7	1,83
ОСП	2,0...2,7 В среднем 2,3	0,434	0,564	1,30
Домостроение (0,5м ³ /м ²)	3,26	0,69	0,82	2,67
Строительные конструкции (среднее между домостроением и пиломатериалами)	2,5	0,6	0,73	1,825
Пеллеты	2,5	0,2	0,33	0,825
Древесная мука	3,5	0,42	0,55	1,95
Переплеты оконные (50,2 м ³ /1000 м ²)	50,2	0,44	0,57	28,6
Полотна дверные (108,0 м ³ /1000 м ²)	108	0,444	0,574	62,0

Следует заметить, что объем заготовленной древесины 196,7 млн м³ принят по данным Рослесхоза, а объемы выпуска конкретных видов лесобумажной продукции – по данным Росстата, согласно которому объем необработанной древесины составил 111,5 млн м³. Традиционно эти

организации применяют различные методики при определении объема заготовки древесины по всем видам рубок. Обсуждение причин этого нездорового явления выходит за пределы темы настоящей работы и за пределы компетенции автора.

Тем не менее, данные Росстата позволяют более или менее точно оценить объем низкокачественной древесины, образовавшийся в ЛПК России в 2011 г. Согласно этим данным суммарный объем дровяной древесины и тонкомера, называемого в официальных таблицах жердями и кольями, составляет около 22 млн м³ или 20 % от объема заготовки.

Учет коры как ресурса биомассы, пригодной для производства энергии, выполнен при расчете отходов для каждого конкретного вида лесобумажной продукции. Однако кора неделовой части заготовленной древесины должна быть учтена пропорционально доле этой древесины. Поэтому доля биомассы, пригодной для производства энергии, составит $0,2 + 0,2 \cdot 0,13 = 0,226$. Биомасса ветвей и сучьев кроны также пригодна для производства энергии, но в настоящее время в России не используется и исключена из рассмотрения.

Расчеты, результаты которых представлены в табл.1, показывают, что годовой ресурс древесного топлива в 2011 г. составил не менее 75 млн м³.

Большая часть отходов, пригодных для энергетического использования, образуется при рубках леса и на первичных стадиях переработки древесины. В связи с этим можно считать среднюю влажность древесины, пригодной для энергетического использования, равной влажности свежесрубленной древесины $W^r = 55\%$. Тогда низшая теплота сгорания, определяемая как

$$Q_i^r = 18 - W^r/5 \quad (2)$$

составит $Q_i^r = 7,0$ МДж/кг = 7,0 ГДж/т.

Таблица 2 – **Образование отходов в ЛПК России, 2011 г.**

Производство			Ресурс топлива		
Продукция	Единицы измерения	Годовой объем производства	норма образования отходов, млн. куб. м/ед.	Ресурс топлива, млн. куб. м	Энергетический потенциал, ПДж
Древесина необработанная	млн. куб. м	196,7	0,226	44,4542	280,1
Пиломатериалы	млн. куб. м	20	0,46	9,2000	57,96
Фанера клееная	тыс. куб. м	3002,7	0,00155	4,6542	29,32
Плиты древесностружечные	тыс. куб. м	6633,6	0	0,0000	0,00
Плиты древесноволокнистые	млн. кв. м	441,6	0	0,0000	0,00
Дома деревянные заводского изготовления (0,5 куб. м/кв. м)	тыс. кв. м	110	0,00267	0,2937	1,85
Целлюлоза	тыс. т	7360	0,00054	3,9744	25,04
Бумага	тыс. т	4672,2	0	0,0000	0,00
Картон	тыс. т	2907,1	0	0,0000	0,00
Мебель	млрд. руб.	107,2	0,0017	0,1822	1,15
Тара	тыс. куб. м	266,3	0,00276	0,7350	4,63
Щепа технологическая	млн. куб. м	5,7	1,2	6,8400	43,09
Щепа топливная	млн. куб. м	0,17	1,2	0,2040	1,29
Пеллеты	тыс. т	393,4	0,000825	0,3246	2,04
Шпон	млн. куб. м	0,455	0,0007	0,0003	0,00
Блоки оконные	тыс. кв. м	969	0,00000286	0,0028	0,02
Блоки дверные	тыс. кв. м	9052	0,0000062	0,0561	0,35
Строительные конструкции	млн. куб. м	1,16	0,46	0,5336	3,36
Древесная масса	тыс. т	2043	0,00183	3,7285	23,49
ИТОГО				75,18	473,66

Таблица 3 – Потребление тепловой энергии в ЛПК России, 2011 г.

Продукция	Единицы измерения	Годовой объем производства	Тепловая энергия		
			Норма расхода, млн Гкал/ед	Расход, млн Гкал	
				млн Гкал	ПДж
Древесина необработанная	млн куб. м	196,7	0	0,000	0,000
Пиломатериалы	млн куб. м	20	0,436	8,720	36,537
Фанера клееная	тыс. куб. м	3002,7	0,0015	4,504	18,872
Плиты древесностружечные	тыс. куб. м	6633,6	0,00098	6,501	27,239
Плиты древесноволокнистые	млн 5В. м	441,6	0,00616	2,720	11,398
Дома деревянные заводского изготовления	тыс. 5В.м (0,5 куб.м/5В. м)	110	0,000218	0,024	0,100
Целлюлоза	тыс. т	7360	0,0015	11,040	46,258
Бумага	тыс. т	4672,2	0,00272	12,708	53,248
Картон	тыс. т	2907,1	0,0026	7,558	31,670
Мебель	млрд. руб.	107,2		0,000	0,000
Тара	тыс. куб. м	266,3	0	0,000	0,000
Щепа технологическая	млн куб. м	5,7	0	0,000	0,000
Щепа топливная	млн куб. м	0,17	0	0,000	0,000
Пеллеты	тыс. т	393,4	0,0015	0,590	2,473
Шпон	млн куб. м	0,455	1,5	0,683	2,860
Блоки оконные	тыс. 5В. м	969	0,0000218	0,021	0,089
Блоки дверные	тыс. 5В. м	9052	0,000047	0,425	1,783
Строительные конструкции	млн куб. м	1,16	0,436	0,506	2,119
Древесная масса (кора)	тыс. т	2043	0	0,000	0,000
			Итого	56,001	234,644

Таблица 4 – Потребление электроэнергии в ЛПК России, 2011 г.

Продукция	Единицы измерения	Годовой объем производства	Электроэнергия		
			Норма расхода, млн. кВтч/ед	Расход электроэнергии	
				млн. кВтч	ПДЖ
Древесина необработанная	млн. куб. м	196,7	4	786,800	2,8325
Пиломатериалы	млн. куб. м	20	37	740,000	2,6640
Фанера клееная	тыс. куб. м	3002,7	0,052	156,140	0,5621
Плиты древесностружечные	тыс. куб. м	6633,6	0,225	1492,560	5,3732
Плиты древесноволокнистые	млн. кв. м	441,6	2,3	1015,680	3,6564
Дома деревянные заводского изготовления	тыс. кв.м (0,5 куб. м/кв. м)	110	0,018	1,980	0,0071
Целлюлоза	тыс. т	7360	0,338	2487,680	8,9556
Бумага	тыс. т	4672,2	0,865	4041,453	14,5492
Картон	тыс. т	2907,1	0,865	2514,642	9,0527
Мебель	млрд. руб.	107,2		0,000	0,0000
Тара	тыс. куб. м	266,3	0,038	10,119	0,0364
Щепа технологическая	млн. куб. м	5,7	3,4	19,380	0,0698
Щепа топливная	млн. куб. м	0,17	3,4	0,578	0,0021
Пеллеты	тыс. т	393,4	0,2	78,680	0,2832
Шпон	млн. куб. м	0,455	52	23,660	0,0852
Блоки оконные	тыс. кв. м	969	0,00185	1,793	0,0065
Блоки дверные	тыс. кв. м	9052	0,004	36,208	0,1303
Строительные конструкции	млн. куб. м	1,16	37	42,920	0,1545
Древесная масса (кора)	тыс. т	2043	1,3	2655,900	9,5612
			Итого	12460,25 4	57,9822

Средняя плотность древесины энергетического ресурса ρ рассчитывается как средневзвешенное значение плотностей древесины различных пород в составе ресурса. В настоящей работе принято $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$.

Энергетический потенциал ресурса можно определить как

$$\mathcal{E} = V^{\text{пот}} \cdot \rho \cdot Q_i^r, \quad (3)$$

где \mathcal{E} – энергетический потенциал ресурса древесины, пригодной для энергетического использования, ПДж;

$V^{\text{пот}}$ – ресурс древесины, пригодной для энергетического использования, млн м³;

$\rho = 0,9$ – средняя плотность древесины энергетического ресурса, т/ м³.

Расчет теоретического энергетического потенциала ресурса древесной биомассы по теплоте сгорания по (3) дает значение 473 ПДж. Разумеется, действительное количество теплоты, которое может быть использовано в технологических процессах, зависит от совершенства технологий и оборудования, используемых для производства и транспорта энергии.

Для того, чтобы сравнить эту величину с потребностями ЛПК России в энергии без учета энергии моторного топлива, используемого в лесных машинах и автомобильном транспорте отрасли. К сожалению, современные удельные расходы тепловой и электрической энергии при производстве лесобумажной продукции в масштабах отрасли не определяются уже два десятилетия. Результаты энергоаудитов предприятий не обнародуются, и приходится использовать частью сведения из рекламных проспектов фирм, предлагающих свое оборудование, а частью сведения из источников 80-х годов прошлого века [2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Результаты представлены в табл. 3, 4. В соответствии с представленными в них данными потребление тепловой энергии при производстве лесобумажной продукции в 2011 г. можно оценить как 235 ПДж, а потребление электрической энергии – 58 ПДж.

Чтобы сравнить потребности в энергии и энергетический потенциал ресурса древесной биомассы в ЛПК России рассмотрим два предельных варианта производства тепловой и электрической энергии на ТЭС.

Вариант 1 – вся потребляемая ЛПК энергия производится на собственных тепловых паротурбинных электростанциях с турбинами противодавления с КПД турбин и генераторов 0,75 и КПД котлов и тепловых сетей 0,8. В этом случае требуется использовать $235/0,8 + 58/0,75 = 371$ ПДж теплоты сгорания древесной биомассы, что существенно меньше потенциала 474 ПДж.

Вариант 2 – вся потребляемая тепловая энергия производится паровыми и водогрейными котельными с КПД = 0,8, а вся электрическая энергия производится паротурбинными конденсационными ТЭС с эффективным КПД цикла 0,25. В этом случае требуется использовать $235/0,8 + 58/0,25 =$

525 ПДж теплоты сгорания древесной биомассы, что несколько больше потенциала.

В большинстве случаев на промышленных ТЭС предприятий ЛПК используют турбины с одним или двумя регулируемыми отборами. Это позволяет за счет некоторого снижения энергетической эффективности ТЭС разорвать жесткую связь между тепловой и электрической мощностью ТЭС, и произвольно изменять в относительно широких пределах обе эти величины. Можно оценить действительную потребность в теплоте сгорания топлива для полного удовлетворения предприятий ЛПК России в тепловой и электрической энергии величиной 450 ПДж. Таким образом, приведенные расчеты убедительно свидетельствуют, что ЛПК России может быть полностью обеспечен тепловой и электрической энергией, полученной с использованием собственных ресурсов древесного топлива. Напомним, что существенный ресурс ветвей и сучьев кроны, а также лигнин ЦБП исключены из рассмотрения. Себестоимость энергии, произведенной из собственного топлива, заведомо ниже действующих тарифов. Это благотворно скажется на общей экономической эффективности предприятий и позволяет надеяться на быструю окупаемость капиталовложений в собственные ТЭС [11].

Кроме того при современном уровне потребления энергии ресурс топлива позволяет произвести около 20 ПДж энергии для реализации сторонним потребителям по рыночным ценам. К глубокому сожалению, современное российское законодательство и правила функционирования рынка энергии не только не стимулируют производство и реализацию энергии независимыми производителями, но фактически препятствуют подключению их к региональным электрическим и тепловым сетям. Можно с уверенностью сказать, что если для энергетики России возможное производство энергии из биомассы древесины не имеет стратегического значения, то для ЛПК – это важнейшее направление повышения эффективности.

Задачи, сформулированные в утвержденном распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 января 2009 г. N 1р документе «Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года», органами исполнительной и законодательной власти решаются крайне медленно. Важнейшее направление повышения эффективности деятельности всего лесного комплекса России практически не развивается.

В 2011 г. ЭНИН с привлечением ведущих специализированных научных и проектных организаций по заказу Минэнерго РФ разработал проект «Программы модернизации электроэнергетики России на период до 2020 года». Программа впервые содержит отдельную специальную подпрограмму «Развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на период до 2020 года». К разработке раздела подпрограммы по направлению БиоТЭС был привлечен ФГУП «ГНЦ ЛПК». В настоящее время проект находится на рассмотрении в Министерстве энергетики. По плану документ должен быть представлен в Совет министров РФ в I квартале 2012 г.

На всю программу планируется капиталовложения 11,1 трлн руб., на все виды ВИЭ – 0,2 трлн руб. (2 %), на БиоТЭС 0,06 трлн руб., (60 млрд руб.).

Предполагается к 2020 г. увеличение мощности ЭС, использующих ВИЭ, более чем в 2 раза с 2 250 до 5 590 МВт, в том числе мощности БиоТЭС увеличатся на 1010 МВт, малых ГЭС на 820 МВт, ВЭС на 1310 МВт, увеличение мощности остальных ВИЭ суммарно составят 200 МВт.

Выработка электроэнергии с использованием ВИЭ увеличится на 13 ТВт·ч и достигнет 22 ТВт·ч, причем почти половина этой выработки 9,9 ТВт·ч (45 %) придется на БиоТЭС, 31 % на малые ГЭС, 16% на ВЭС, 7,5% на ГеоЭС.

Для выполнения этой задачи необходимо резко увеличить введение новых мощностей, использующих ВИЭ. В частности, необходимо довести ежегодный ввод мощностей БиоТЭС до 150 МВт.

ГНЦ ЛПК организовал анкетирование предприятий ЛПК, намеревающихся построить собственные электростанции. Суммарная мощность предполагаемых ТЭС, которые предприятия намерены построить в ближайшие годы, составляет более 100 МВт. Этого недостаточно для выполнения Программы. Отметим, что отечественное машиностроение не сможет обеспечить выпуск основного оборудования в предусматриваемых Программой объемах.

Возможно, выполнению Программы поспособствует создание российско-китайского СП в области ВИЭ. С российской стороны учредителями являются подведомственное Минэнерго России ФГБУ «Российское энергетическое агентство» и Российская топливная компания, а с китайской – Государственная электросетевая компания Китая. В план первоочередных действий СП входят строительство ТЭС с общей установленной мощностью в 3 000 МВт, что втрое превышает контрольные индикаторы Программы. Предусматривается строительство биотопливных заводов с объемом

производства до 500 тыс. тонн гранул (брикетов) в год, а также реализация проектов по реконструкции до 1 000 отопительных котлов, работающих на биомассе в России. Экономические параметры генерального соглашения и, в частности, принципы финансирования проектов и распределения произведенной энергии между странами-участниками пока не обнародованы.

Полная загрузка ТЭС с установленной электрической мощностью 3 000 МВт и присоединенной тепловой мощностью 9 000 МВт потребует около 90 млн м³ древесной биомассы. Это составит более двух третей ресурса древесного топлива, которым будет располагать ЛПК России в 2020 г., если задания «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2020 года» будут выполнены.

Однако более трех четвертей экономически доступного ресурса древесной биомассы составляет дровяная древесина и отходы заготовки древесины, которые размещены по территории России неравномерно [1]. Сконцентрировать требуемый ресурс древесной биомассы не удастся без существенного снижения эффективности в связи с повышением транспортной составляющей цены топлива. Необходимо рассмотреть возможность и эффективность комбинирования выработки энергии ТЭС, использующих древесную биомассу, с иными возобновляемым источниками энергии.

Россия располагает значительными ресурсами агробиомассы, составляющими более 2 700 ПДж, что приблизительно равно энергетическому потенциалу располагаемого (теоретического) ресурса древесной биомассы 2666 ПДж. Особенностью распределения ресурса агробиомассы по территории России является концентрация его в тех федеральных округах, в которых относительно мала концентрация ресурса древесной биомассы.

В Северокавказском и Южном округах минимальные ресурсы древесной биомассы (суммарно 15 ПДж) и максимальные ресурсы агробиомассы (782 ПДж). В Северо-Западном (403 ПДж и 83 ПДж) и Сибирском (955 ПДж и 393 ПДж) округах соотношение обратное. Таким образом, суммарно ресурсы биомассы распределены по территории страны более или менее равномерно, что увеличивает свободу маневра при размещении БиоТЭС.

Рациональное размещение и выбор типа БиоТЭС настоятельно требует объединения усилий энергетиков, работников лесного сектора экономики и сельского хозяйства, научных работников отраслевых НИИ и проектировщиков, региональных и федеральных органов власти. В настоящее

время такая координация отсутствует и это еще один серьезный барьер для развития биоэнергетики в России.

Список использованных источников

1. Левин А.Б. Топливный ресурс лесной биоэнергетики России// Лесной вестник №4 (73), 2010.
2. Вторичные материальные ресурсы лесной и деревообрабатывающей промышленности: (Образование и использование). Справочник.- М.: Экономика, 1983. – 224 с.
3. Левин А.Б., Семенов Ю.П., Суханов В.С. Древесина – эффективная составляющая топливного баланса страны//Деревообрабатывающая промышленность, № 4, 2001; с. 2 – 5.
4. http://www.derevoobrabotka.ru/equip/mai/kd6_drevo.html
5. <http://www.vektor-trade.ru/articles.php?id=110&pos=1>
6. <http://www.woodpellets.com/cgi-bin/cms/index.cgi?ext=content&pid=1349&lang=1>
7. Теплотехнический справочник инженера лесного и деревообрабатывающего предприятия.– 2изд., испр./под ред. А.Б. Левина – М.: МГУЛ, 2002. – 333 с.
8. Нормы расхода сырья и материалов в лесной и деревообрабатывающей промышленности: Справочник. – М.: «Лесная промышленность»,1977. – 336 с.
9. Инструкция по нормированию расхода электрической и тепловой энергии в целлюлозно-бумажной промышленности. – Иваново. Министерство лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности, 1981. – 285 с.
10. <http://www.ecopolis04.ru/site/53>
11. Levin A. Influence of heat and electrical loads on economic efficiency of a thermoelectric power plant using biofuels. /Proceedings of the Workshop "Bioenergy 2005", June 16-17, 2005, Kremlin museum hall, 7, Sofiyskaya str., Veliky Novgorod, Russia.
12. Панцхава Е.С. и др. //«Биоэнергетика», №4 (9), 2007

Аннотация

А.Б. Левин, ведущий научный сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК», профессор кафедры теплотехники МГУЛ

БИОЭНЕРГЕТИКА – ВАЖНЕЙШЕЕ СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Рассмотрен баланс потребления тепловой и электрической энергии лесным комплексом России и энергетический потенциал древесных отходов, образующихся при заготовке и переработке леса. Потенциал древесной биомассы оценен величиной 474 ПДж, потребление теплоты 235 ПДж, потребление электроэнергии 174 ПДж. Показано, что лесной комплекс может быть полностью обеспечен тепловой и электрической энергией, произведенной с использованием отходов собственного производства.

Ключевые слова: ЛЕСНОЙ КОМПЛЕКС, ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ (ВИЭ).

Abstract

Levin A.B., a leading researcher of Federal State Unitary Enterprise "State Research Center of Forestry," Professor, Department of Heat Engineering MSFU

BIOENERGY - IMPORTANT MEANS OF INCREASING ENERGY EFFICIENCY OF FOREST COMPLEX OF RUSSIA

We consider the balance of heat and electrical energy consumption forest complex of Russia and the energy potential of wood residues generated during logging and timber processing. The energy potential of woody biomass estimated value of 474 PJ, of heat consumption 235 PJ, of consumption of electricity 174 PJ. It is shown that forest complex can be fully provided with thermal and electrical energy produced using waste of own technology.

Keywords: FORESTRY, ENERGY CONSUMPTION, RENEWABLE ENERGY SOURCES (RES)