

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ТОПЛИВНОГО РЕСУРСА ЛЕСНОЙ БИОЭНЕРГЕТИКИ РФ

А.Б. Левин, профессор кафедры
теплотехники МГУЛ

В.С. Суханов, д.т.н, заместитель
генерального
директора ГНЦ ЛПК

Введение

Выполненная нами ранее [1] оценка потенциального и экономически доступного ресурса древесной биомассы, пригодной для производства энергии, на 2007 и 2012 годы в Российской Федерации. Эти данные, приведенные в таблице 1, позволяют оценить энергетический потенциал этого ресурса и возможный экономический эффект, который может быть получен при полном его использовании.

Таблица 1– **Оценка экономически доступного ресурса древесного топлива в 2007 – 2012 гг.**

Показатель	Единицы измерения	2007 год	2012 год
<i>Рубки всех видов</i>			
Заготовка древесины всеми видами рубок	тыс.пл. м ³	206 164	215 600
Заготовка топливной стволовой древесины	тыс.пл. м ³	56 844	59 839,1
Ресурс древесного топлива от рубок всех видов	тыс.пл. м ³	70 764,9	74 356,7
<i>Деревообработка</i>			
Производство пиломатериалов	тыс.пл. м ³	23 300,0	31 100,0
Ресурс древесного топлива от лесопиления	тыс.пл. м ³	10 750,7	14 349,6
Производство фанеры	тыс.пл. м ³	2 800,0	4 700,0
Ресурс древесного топлива от производства фанеры	тыс.пл. м ³	4 346,9	7 296,7
Производство тары	тыс.пл. м ³	408,5	531,1
Ресурс топлива от производства тары	тыс.пл. м ³	1 130,1	1 469,1
<i>Целлюлозно-бумажная промышленность</i>			
Производство целлюлозы и древесной массы	тыс. т	7 830,0	10 730,0
Ресурс древесного топлива (коры) от производства целлюлозы	тыс.пл. м ³	4 059,1	5 562,4

Ресурс древесного топлива			
Экономически доступный ресурс древесного топлива	тыс.пл. м ³	91 051,7	103 034,5
Энергетический потенциал ресурса древесного топлива	ПДж	509,9	577,0
То же	млн т у.т.	17,4	19,7

Теплота сгорания древесного топлива

Низшую теплоту сгорания рабочей массы древесного топлива можно рассчитать при известной зольности и влажности [1]:

$$Q_i^r = 18800 \frac{100 - W^r - A^r}{100} - 25W^r, \text{ кДж/кг}, \quad (1)$$

где Q_i^r – низшая теплота сгорания, кДж/кг;
 W^r – влага рабочей массы топлива, %;
 A^r – зольность рабочей массы топлива, %.

Если зольность топлива неизвестна, то с достаточной точностью для дровяной древесины, лесосечных и промышленных древесных отходов можно оценить низшую теплоту сгорания по известной влажности, которую легко определить экспериментально на любом предприятии [2]:

$$Q_i^r = 18 - W^r/5, \text{ МДж/кг}. \quad (2)$$

При влажности $W^r = 55\%$ зависимость (2) дает значение $Q_i^r = 7,0 \text{ МДж/кг} = 7,0 \text{ ГДж/т}$.

Подавляющая 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 $W^r = 55\%$.

Средняя плотность древесины энергетического ресурса ρ рассчитывается как средневзвешенное значение плотностей древесины различных пород в составе ресурса. В настоящей работе принято $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$.

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;

$\rho = 0,8$ – средняя плотность древесины энергетического ресурса, т/ м³.

Результаты расчетов по зависимости (3) приведены в таблице 2.

Таблица 2– **Оценка энергетического потенциала экономически доступного ресурса древесного топлива в 2007–2012 гг.**

Показатель	Единицы измерения	2007 год	2012 год
Экономически доступный ресурс древесного топлива	тыс.пл. м ³	91 051,7	103 034,5
Энергетический потенциал ресурса древесного топлива	ПДж	509,9	577,0
То же	млн т у.т.	17,4	19,7

Экономический эффект от использования ресурса древесного топлива

Экономический эффект от полного использования ресурса древесной биомассы для производства энергии может быть оценен двумя способами – по стоимости замещаемого ископаемого топлива или по разности себестоимости энергии, произведенной с использованием древесного топлива, и действующих тарифов на неё.

Теплота сгорания 1 м³ древесного топлива при влажности свежесрубленной древесины, как было показано выше, составляет 5 600 МДж. При близком к оптимальному соотношению тепловой и электрической мощности этого количества теплоты достаточно для выработки не менее 1 100 МДж или 305 кВт·ч электроэнергии. Одновременно может быть отпущено внешним потребителям не менее 3 000 МДж или 0,72 Гкал тепловой энергии. Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой на собственных ТЭС, использующих древесное топливо, по данным выполненных нами ТЭО, составляет 2,2 руб./кВт·ч, а себестоимость тепловой энергии – 620 руб./Гкал. По объявленным Правительством РФ данным, повышение тарифов на

электроэнергию составит в 2009 г. 26 %, в 2010 г. – 22 %, в 2011 г. – 18 %, в 2012 г. – 18 %. Средний тариф на электроэнергию за ожидаемый срок окупаемости составит 4,32 руб./кВт·ч, а на тепловую энергию не менее 800...1 000 руб./Гкал.

Энергетическое использование древесного топлива дает экономию 2,12 руб. на 1 кВт·ч или 646 руб. на 1 пл. м³ на электроэнергии. Аналогично не менее 200 руб. составит экономия на тепловой энергии, т.е. суммарно около 846 руб./м³. При полном использовании экономически доступного ресурса древесного топлива, по данным на 2007 г., для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии и замены ею покупных энергоресурсов суммарная годовая экономия составит **78 млрд руб.**

Другой способ оценки состоит в расчете экономии, возникающей при замене древесным топливом различных видов ископаемого топлива на действующих энергообъектах. Отметим, что рынок энергоресурсов в настоящее время крайне волатилен, и приведенные цены могут измениться в разы за относительно короткое время. Результаты расчетов экономического эффекта от замены различных видов ископаемого топлива древесным, при цене древесных отходов и дровяной древесины 450 руб./м³, приведены в таблице 3 и на рисунке 1.

Таблица 3 – **Экономический эффект от замены ископаемого топлива древесным**

Топливо	Теплота сгорания, ГДж/т, (ГДж/тыс. м ³)	Цена топлива, руб./т, (для газа руб./тыс.м ³)	Ресурс топлива, млн м ³		Экономический эффект, млн руб.	
			2007 г.	2012 г.	2007 г.	2012 г.
Газ (внутренние цены)	36	3000	91	103	-1456	-1648
Газ (экспортные цены)	36	8000	91	103	72300	81800
Мазут	40	6000	91	103	31668	35844
Уголь	25	3000	91	103	20202	22866

Замена древесным топливом мазута и каменного угля позволяет получить экономический эффект в размере **20...35 млрд руб.** Следует также отметить, что приведенные расчеты выполнены для условий финансового кризиса, который характеризуется резким падением цен на ископаемые

ресурсы. При повышении этих цен по мере выхода из кризиса экономический эффект использования древесного топлива будет увеличиваться.

Энергетический потенциал ресурса древесного топлива по теплоте сгорания эквивалентен 14,2 млрд м³ природного газа. Полное использование экономически доступного ресурса древесного топлива для выработки тепловой и/или электрической энергии позволило бы высвободить объем природного газа, составляющий около 10 % современного годового экспорта. Этого достаточно для выполнения обязательств по поставкам газа в Бельгию, Грецию, Болгарию, Сербию, Хорватию, Словению, Швейцарию и Македонию вместе взятым.

Замена природного газа древесным топливом при современных внутренних ценах на эти виды топлива экономически не эффективна, однако, возможность экспорта высвобождающихся объемов газа делает такую замену даже более эффективной, чем замена мазута и может дать экономический эффект **70..80 млрд руб.**

Экологический эффект от использования ресурса древесного топлива

Еще одно важное обстоятельство делает для предприятий лесного комплекса особенно актуальным более полное использование древесины для производства энергии. По международным соглашениям выбросы CO₂ при сжигании древесины не учитываются как антропогенные. Поэтому к осуществлению проектов по энергетическому использованию древесного топлива могут быть привлечены международные финансовые ресурсы в рамках механизмов Киотского протокола, особенно в случае замены ископаемого топлива древесным. При замене древесиной эквивалентного количества природного газа позволило бы сократить учитываемые выбросы CO₂ на 29,8 млн т, мазута – на 38,5 млн т, каменного угля – на 47,3 млн т. При продаже на международном рынке прав на выбросы в таких объемах может быть получено около **200 млн Евро.**

Приведенные выше данные убедительно показывают возможность и необходимость более интенсивного развития лесной биоэнергетики.

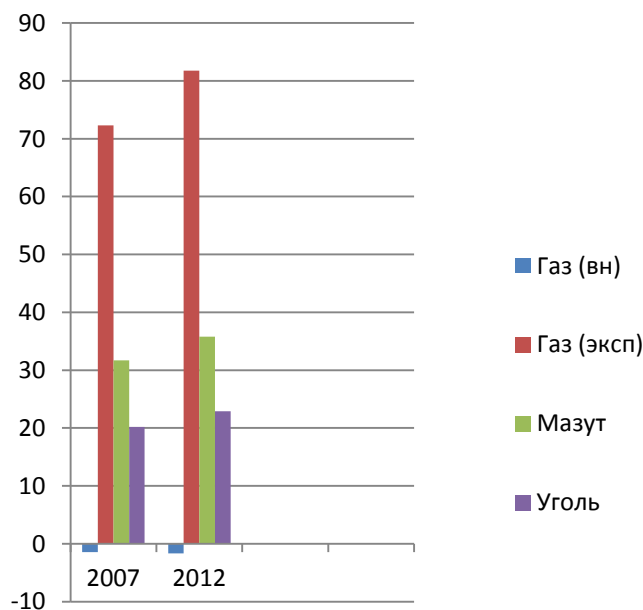


Рис. 1. **Экономический эффект от замены ископаемого топлива древесным, млрд руб.**

Современный уровень использования ресурса древесного топлива

Полные данные фактического энергетического использования ресурса древесной биомассы в стране, в настоящее время отсутствуют. Доля древесной биомассы в общем объеме потребляемой в России энергии, по разным оценкам, составляет 0,2...2,0 % [3]. Так, по данным Росстата за 2006 г., всего в России было израсходовано 630 млн т у.т., из этого количества на долю древесного топлива приходится 2,3 млн т у.т., то есть около 12 млн пл м³, или 0,3 %. По общему мнению экспертного сообщества, эта доля составляет около 1 %.

По данным Росгосстата, в 2005 г. дров для населения всего по РФ было заготовлено 22,7 млн пл. м³, а в 2007 году – 25,1 млн пл. м³. В том числе дров от рубок ухода за лесом, санитарных и прочих рубок соответственно 3,9 млн м³ и 5,0 млн м³. Но данные относительно использования этого ресурса отсутствуют.

Надежные данные по энергетическому использованию древесных отходов промышленными предприятиями выявить также не представляется возможным. Особенную трудность представляет выделение из общего объема

используемой для производства энергии древесной биомассы отходов лесозаготовок и рубок ухода.

В 2007 г. ФГУП «ГНЦ ЛПК» провел анкетное обследование предприятий ЛПК с целью установить масштабы использования ими древесины для выработки энергии. Удалось собрать сведения об использовании топлива для выработки энергии на 346 крупных и средних предприятиях лесопромышленного комплекса во всех многолесных федеральных округах [4]. Данные по потреблению обследованными предприятиями различных видов топлива, производства и потребления тепловой и электрической энергии приведены в таблицах 6 и 7.

Для использования ресурса древесной биомассы в России характерна низкая доля использования отходов лесозаготовок и дровяной древесины и преобладание отходов деревообработки, включая опилки. Распределение потребления древесного топлива по его видам в лесопромышленном комплексе РФ представлено на рисунке 2.

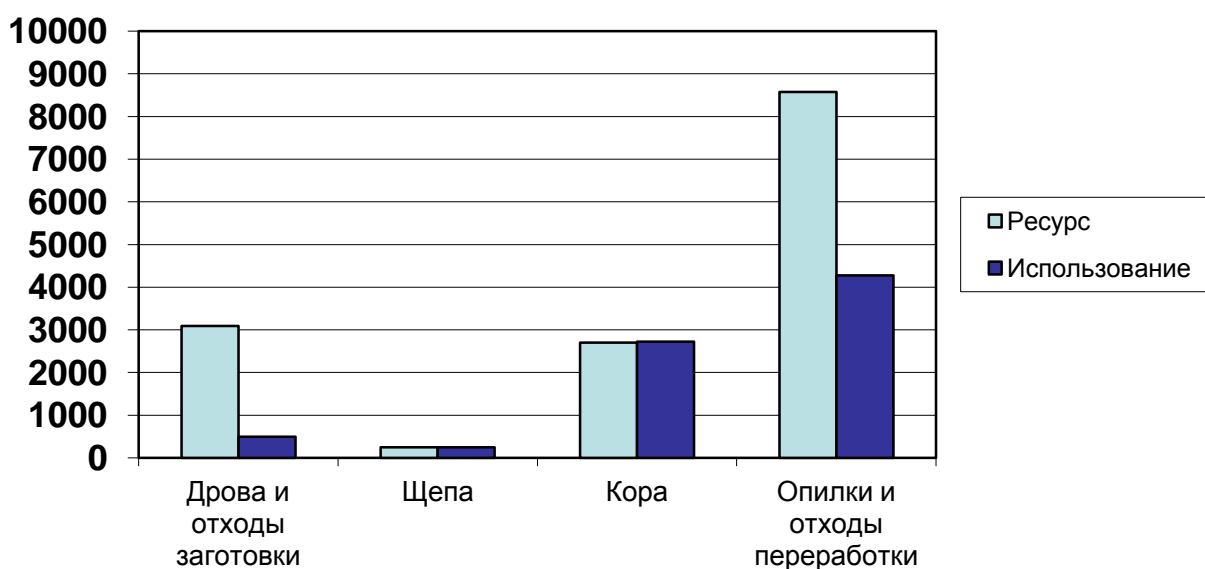


Рис. 2. Сравнение ресурсов и фактического использования древесного топлива на предприятиях ЛПК, пл. м³

Данные анкетного обследования свидетельствуют, что используемые отходы лесозаготовок и дровяная древесина составляет только шестую часть от ресурса этого вида топлива. В то же время используется около половины имеющегося ресурса отходов деревообработки и вся кора.

Таблица 4 – Потребление различных видов топлива на обследованных предприятиях ЛПК

Показатели	Единица измерения	Всего по ЛПК РФ
Число предприятий, всего	ед.	346
Годовое потребление древесного топлива, всего	тыс. м ³	7839,7
в т.ч.: дрова, отходы лесозаготовок	тыс. м ³	498,0
щепы топливные	тыс. м ³	249,8
кора	тыс. м ³	2718,7
опилки и древесные отходы деревообработки	тыс. м ³	4273,9
щелок	тыс. т	4173,401
Число предприятий, использующих древесное топливо	единиц	266
доля их от общего количества	%	76,9
Минеральное топливо: природный газ	тыс. м ³	406926,5
мазут и др. жидкое топливо	тыс. т	769,7
уголь	тыс. т	18,8
Предприятия, использующие только минеральное топливо	единиц	118
доля их от общего количества	%	34,1
Предприятия, использующие минеральное и древесное топливо	единиц	38
доля их от общего количества	%	11,0

Таблица 5 – Потребление топлива и производство энергии на обследованных предприятиях ЛПК

Показатели по предприятиям	Единица измерения	Всего по ЛПК РФ
Годовое потребление: дров	тыс.пл. м ³	497,7
щепы топливной	тыс.пл. м ³	249,8
коры	тыс.пл. м ³	2 718,7
опилок и отходов деревообработки.	тыс.пл. м ³	4 273,9
итого древесного топлива	тыс.пл. м ³	7 740,1
щелок	тыс. т	4 170,0
Годовой ресурс: дрова, отходы лесозаготовок	тыс.пл. м ³	3 091,7
кора	тыс.пл. м ³	2 697,7
опилок и отходов деревообработки.	тыс.пл. м ³	8 575,5
итого древесного сырья	тыс.пл. м ³	14 413,6
щелок	тыс. т	4 173,401
Годовое потребление: природного газа	тыс. м ³	406 926,6

	мазута и др. жидкого топлива	тыс. т	769,7
	угля	тыс. т	18,8
	торфа	тыс. т	10,601
Тепловая энергия:	годовое потребление	тыс. Гкал	112 203,4
	годовая выработка	тыс. Гкал	104 534,9
	себестоимость	руб./Гкал	385,3
	действующий тариф	руб./Гкал	526,3
Электроэнергия:	годовое потребление	тыс. кВт·ч	12 443 343,3
	годовая выработка	тыс. кВт·ч	5 180 282,6
	себестоимость	руб./кВт·ч	1,53
	действующий тариф	руб./кВт·ч	1,95

Подчеркнем, что речь идет о данных, представленных предприятиями, которые не отличаются полнотой и достоверностью в части оценки ресурсов. Значительная часть предприятий указала в качестве ресурсов объемы реально использованного древесного топлива.

Годовой ресурс древесного топлива, по данным, полученным от обследованных предприятий, составляет 14,4 млн м³. Годовое потребление древесного топлива на выработку тепловой и электрической энергии по данным, представленным предприятиями, составило 7,7 млн м³ или половину от объема ресурсов. Расчетные экономически доступные ресурсы древесного топлива при объемах производства лесобумажной продукции в 2005 г. (включая ресурс кроны деревьев, но без учета щелоков ЦБП) составляли более 45,0 млн пл. м³. Следовательно, анкетированные предприятия используют менее 16 % реального ресурса древесного топлива, что свидетельствует о значительном потенциале развития биоэнергетики в лесопромышленном комплексе. Наиболее используемыми являются следующие виды древесного топлива: дрова, топливная щепа, кора и отходы механической переработки древесины, включая опилки.

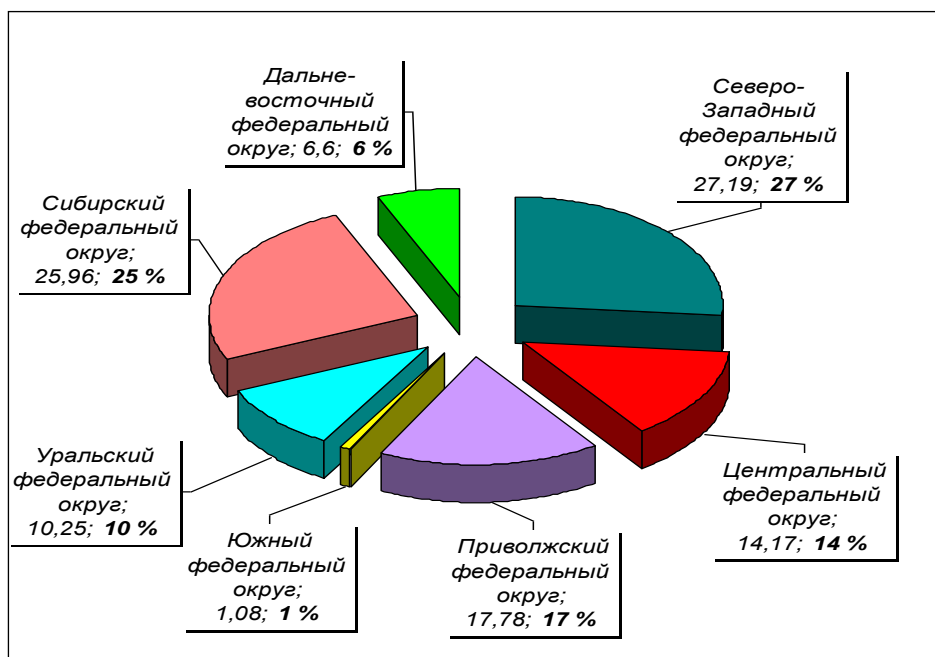
Из общего числа обследованных предприятий ЛПК около трех четвертей предприятий используют древесное топливо. Примерно четверть обследованных предприятий ЛПК использует только ископаемые энергоресурсы. Наибольшая доля использования ресурса всех видов древесного топлива достигнута в Северо-Западном и Сибирском федеральных округах – 36,5 и 24,3 % соответственно. Средняя для РФ доля используемых ресурсов составляет около 21 %. Ресурсы и

использование древесного топлива обследованными предприятиями ЛПК, тыс. м³, представлены в таблице 6.

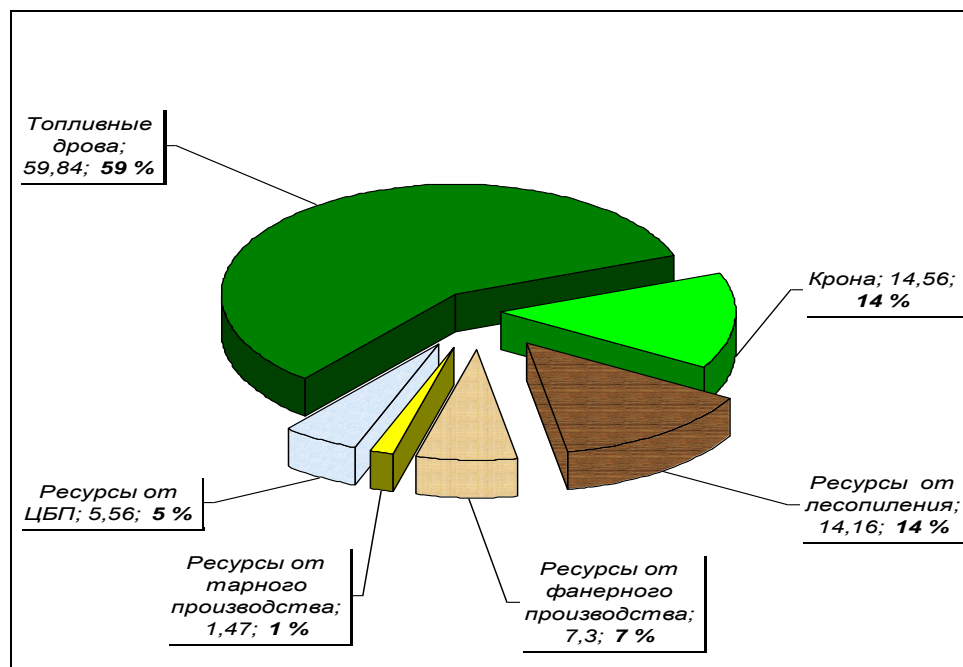
Таблица 6 – **Ресурсы и использование древесного топлива в 2005 г. обследованными предприятиями ЛПК, тыс. м³**

Федеральный округ	Расчет по данным Росстата			Использование, по данным обследования	Доля использования ресурса
	ресурс	крона	ресурс без кроны		
Центральный	5 450	811	4 639	455	0,098
Северо-Западный	13 352	2 688	10 664	3 897	0,365
Южный	422	36	386	0	0
Приволжский	8 222	1 182	7 040	782	0,111
Уральский	3 573	596	2 977	376	0,126
Сибирский	10 585	2 083	8 502	2 067	0,243
Дальневосточный	3 581	1 086	2 495	262	0,105
Российская Федерация	45 185	8 482	36 703	7 839	0,214

На обследованных предприятиях используется 406,9 млн м³ природного газа, 769 тыс. т мазута, 18,8 тыс. т каменного угля, что соответствует суммарному потреблению 1 567 тыс. т условного топлива. Следует отметить, что доля самого дорогого из ископаемых топлив – мазута, составляет $\frac{2}{3}$ от общего их потребления. Согласно приведенным выше данным, древесное топливо и щелок эквивалентны 2 972 тыс. т у.т. и составляют около $\frac{2}{3}$ общего потребления топлива. К сожалению, сведения о расходах различных видов ископаемого топлива предприятиями ЛПК неполны. Поэтому действительная доля ископаемого топлива в топливном балансе, вероятно, существенно больше. Резервы увеличения использования древесного топлива весьма значительны.



**Рисунок 3 – Распределение в 2012 г. экономически доступных ресурсов древесного топлива по федеральным округам РФ, млн м³.
Всего по РФ – 103,03, млн м³**



**Рисунок 4 – Распределение в 2012 г. экономически доступных ресурсов древесного топлива РФ по видам, млн м³.
Всего по РФ – 103,03, млн м³**

Для принятия решений по стимулированию развития лесной биоэнергетики и для адекватной оценки возможности сооружения энергетических объектов (котельных и ТЭС на древесном топливе) в различных регионах РФ необходимо радикально улучшить учет заготавливаемой древесины, что совершенно необходимо для обеспечения достоверности данных о ресурсе древесного топлива. В ближайшем будущем должна быть создана общероссийская ГИС для оценки ресурсов древесного топлива от всех видов рубок. Подобные системы уже разработаны для некоторых областей, в частности, Псковской и Ленинградской [5].

Это позволит рассчитывать ресурс древесного топлива на перспективу до 50 лет с учетом изменения годового объема заготовки древесины по всем видам рубок, площади лесов и роста запасов древесины.

Литература

1. Теплотехнический справочник инженера лесного и деревообрабатывающего предприятия; под ред. А.Б. Левина. – 2-е изд., испр.– М.: МГУЛ, 2002. – 333 с.
2. Лесная биоэнергетика: учебное пособие/под ред.Ю.П. Семенова. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 348 с.
3. Ракитова О. С. Где искать отходы //The Bioenergy international – Международная биоэнергетика, №2, июнь 2008, с. 18 –19.
4. Левин А.Б., Суханов В.С. Современное состояние энергетического хозяйства ЛПК России//Дерево. Ру. №4, 5, 2008.
5. Холодков В.С. Определение ресурсов древесного топлива, образующихся при рубках главного пользования. Вестник МАНЭБ Том. 13, №2. СПб. СПбГЛТА. 2008. 245 с.