

Гамрекели М.Н., Пургина П.С. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ),  
[gamrekely@mail.ru](mailto:gamrekely@mail.ru)

## ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ ТОПЛИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА НИЗКОСОРТНОЙ ДРЕВЕСИНЫ НА ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

*Рассмотрены топливный ресурс и энергетический потенциал лесной энергетики России и Свердловской области. Приведены ожидаемый экономический эффект, принципы и формы организации лесной энергетики.*

### 1. Проблема замещения ископаемых видов топлива возобновляемыми энергетическими источниками

В настоящее время в мировой экономике уделяется все большее внимания использованию органических отходов разных отраслей промышленности и жизнедеятельности человека в качестве замещающих энергетических источников.

Продвижение человечества в этом направлении способствует соблюдению экологической безопасности, сохранит ископаемое топлива в качестве ценного сырья для производства разных полезных материалов.

Развитие местной промышленности на лесных территориях может быть обеспечено преимущественно энергией, полученной за счет использования естественно возобновляемой низкосортной древесины из окрестных лесов.

При этом можно обеспечить потребности местной промышленности и сельского хозяйства в течение неограниченного в обозримой перспективе времени.

### 2. Топливный ресурс и энергетический потенциал лесной энергетики[1-3]

Доли по площади лесов наиболее богатых лесом стран составляют соответственно: России 20,1%, Бразилии 12,9%, Канады –7,7%, США –7,5%, Китая – 5,1% от общей площади лесов мира.

По запасам древесины Россия занимает второе место в мире, а по объемам лесозаготовок лишь четвертое место, что свидетельствует о значительном недорубе спелой древесины.

Площади лесов России распределяются следующим образом: защитные 24 %, резервные 24% и эксплуатационные леса 52%.

Россия обладает самыми большими в мире запасами леса, которые на 1993 г. составили 80.7 млрд. м<sup>3</sup>, что соответствует 25,9% мировых запасов, причем, Россия располагает более зрелыми и более продуктивными лесами, чем остальная планета.

Более 42-44 млрд. м<sup>3</sup> древесины пригодны для рубок при ежегодном приросте 994 млн. м<sup>3</sup>.

Расчетная лесосека 550 млн.м<sup>3</sup>, при этом общий максимальный объем рубок около 412 млн. был достигнут в 1988 г.

Общие потери леса, включая потери при заготовке леса 175 млн.м<sup>3</sup>, потери, связанные с лесными пожарами 50 млн.м<sup>3</sup>, потери в результате болезней и отпада 263 млн.м<sup>3</sup>, составили 488 млн. м<sup>3</sup>. При увеличении потерь при заготовке леса пропорционально достижению объема рубок, равному расчетной лесосеке, потери при заготовке увеличатся до 234 млн. м<sup>3</sup>. Общие потери составят 547 млн. м<sup>3</sup>.

Рассматривая перспективы сырьевых ресурсов России для лесной энергетики, следует отметить очень низкую долю рубок промежуточного пользования, которые могут дать значительный ресурс для развития лесной энергетики. В 2000 г объемы рубок ухода составили всего 35 млн. м<sup>3</sup>, в то время, как они могли бы составить до 50% от расчетной лесосеки, т.е. порядка 275 млн.м<sup>3</sup>.

Таким образом, максимальный топливный ресурс, включая общие потери леса, 50% (около 200 млн. м<sup>3</sup>), потери древесной массы от объема заготовленной древесины, которая остается на лесосеке (пни, сухостой, валежник, сучья, корни, кора и т. п.) и потери древесины при деревообработке от заготовленной древесины – до 75 % (около 310 млн. м<sup>3</sup>), составит: 547+275+200+310=1332 млн. м<sup>3</sup> в год.

### 2.1. Энергетический потенциал лесов России

Примем для расчета общий дровяной топливный ресурс  $\sum G_{\text{дров}}=1300$  млн. м<sup>3</sup>.

При 30% доступности от общего ресурса располагаемый ресурс для лесной энергетики составит 390 млн. м<sup>3</sup>.

Зададим начальную влажность свежесрубленной древесины, равной  $W_n = 100\%$ .

Конечную влажность древесины с учетом того, что в топке парового котла затраты тепла будут связаны с испарением всей содержащейся в древесине влаги, принимаем равной нулю,  $W_k = 0$ .

Количество испаряемой влаги на 1 м<sup>3</sup> древесины разных пород  $W = \rho W/100$ .

Плотность абсолютно сухой древесины принимаем как среднюю для мягколиственных пород (ольха, береза, тополь), сосны и ели,  $\rho_{\text{ср}} = 420 \text{ кг/м}^3$ , с учетом допущения о том, что древесина этих пород поступает в топку в равных долях [4]. Количество испаряемой влаги в расчете на один м<sup>3</sup> абсолютно сухой древесины составит  $W = \rho W/100 = 420 \cdot 100/100 = 420$  кг на один м<sup>3</sup> дров.

Тогда плотность одного м<sup>3</sup> древесины со 100% – ой влажностью будет равна  $\rho = 840 \text{ кг/м}^3$ .

По данным [5] теплота сгорания вследствие обычно высокой влажности дров составляет  $S = 2500\text{--}3500$  ккал/кг. Примем для расчетов 3000 ккал/кг (12570 кДж/кг).

Энергетический потенциал одного м<sup>3</sup> сырых дров составит  $q = 125470 \cdot 840 = 10558800$  кДж/м<sup>3</sup>.

Так как 1 кВт·ч = 3595 кДж, то сжигание одного м<sup>3</sup> сырых дров даст  $q_{\text{уд сжиг}} = 2937$  кВтч энергии.

Общий потенциальный энергетический потенциал топливного ресурса лесов России составляет

$$\sum N_{\text{общ}} = q_{\text{уд сжиг}} \cdot \sum G_{\text{дров}} = 2937 \cdot 1300 \cdot 10^6 = 3818100 \cdot 10^6 \text{ кВтч}$$

Соответственно, мощность (суммарно по электрической и тепловой энергии) теплоэлектростанций ТЭС на древесном топливе, соответствующая общему потенциалу древесных топливных ресурсов России, могла бы составить  $435 \cdot 10^3$  МВт.

При 30%-ной доступности топливного ресурса можно получать в год суммарно  $1145430 \cdot 10^6$  кВтч электрической и тепловой энергии при соответствующей мощности  $130 \cdot 10^3$  МВт.

Так как в электроэнергию может быть переведено до 40% от всей энергии сжигания топлива, то электрическая мощность теплоэлектростанций на древесном топливе при использовании 30% всего топливного ресурса России составит  $52 \cdot 10^3$  МВт.

### 2.2. Потенциал лесной энергетики и возможности его использования на территории Свердловской области

К 15, 5 млн. м<sup>3</sup> естественного прироста низкосортной древесины в лесах Свердловской области при ежегодном объеме лесозаготовок 4,5 млн. м<sup>3</sup> следует добавить не менее 3,5 млн. м<sup>3</sup> древесных отходов лесозаготовок и лесопиления. Рубки ухода могут дать до 50% от расчетной лесосеки Свердловской области, составляющей 27 млн. м<sup>3</sup> в год, т.е. еще 3,5 млн. м<sup>3</sup>.

Итого, для нужд энергетики ежегодно в Свердловской области может быть использовано не менее 29 млн. м<sup>3</sup> древесины.

Соответственно, потенциально могут быть созданы мощности для получения энергии в количестве 9697 МВт

Нужно иметь в виду, что установленная электрическая мощность всех электростанций Свердловской области 10 тыс. МВт.

При логистической доступности 30% лесозаготовок топливный ресурс составляет 8,7 млн. м<sup>3</sup>, при использовании которого могут быть созданы мини ТЭС общей мощностью 2908 МВт, из которых на электрическую мощность новых ТЭС на древесном топливе придется 1163 МВт.

При сельском населении Свердловской области 575 тыс. чел. с учетом среднего годового потребления электроэнергии на одного сельского жителя 600 кВтч потребляемая электрическая мощность для сельских поселений составляет 39,9 МВт.

Таким образом, при использовании в качестве топлива 30% естественно воспроизводимой низкосортной древесины на лесных территориях Свердловской области может быть дополнительно использовано более 1100 МВт электрической мощности лесной энергетики на развитие местной промышленности или для передачи энергии в центральные электрические сети. Кроме того, для промышленных и бытовых нужд может быть использовано большое количество низкотемпературного тепла, сопутствующего производству электроэнергии.

### 3. Ожидаемый экономический эффект лесной энергетики Свердловской области

Экономический эффект был рассчитан по главной статье затрат – при замене природного газа древесным топливом.

Теплота сгорания природного газа – около 8000 ккал/м<sup>3</sup> (33520 кДж).

Так как 1кВт·ч = 3595 кДж, то энергия сжигания одного куб.м. газа соответствует 9,32 кВтч энергии.

Для расчета примем среднюю цену в 2014 г одной тысячи куб.м. газа 3623 руб.[6].

Соответственно стоимость одного кВтч при сжигании газа составит  $C_r = 3,623 / 9,324 \cdot \text{кВтч} = 0,388 \text{ руб./ кВтч}$ .

При сжигании одного куб.м. сырых дров получаем 2937кВтч энергии.

Стоимость низкосортных дров с лесосеки составляет 300 руб. за один куб.м.

Тогда стоимость одного кВтч при сжигании древесины составит  $C_d = 300 / 2937 \text{ кВтч} = 0,102 \text{ руб./ кВтч}$ .

Денежные затраты по Свердловской области на газ, который нужно использовать для получения энергии в количестве  $46846,6 \cdot 10^6 \text{ кВтч}$ , таком же, какое можно получить при использовании полного потенциала лесной энергетики по древесному топливному ресурсу в объеме 29 млн. куб. м., составят

$$Z_r = 0,388 \text{ руб.} \cdot 46846,6 \cdot 10^6 \text{ кВтч} = 18,176 \cdot 10^9 \text{ руб.}$$

Затраты в варианте с использованием древесного топлива

$$Z_d = 0,102 \text{ руб.} \cdot 46846,6 \cdot 10^6 \text{ кВтч} = 4,778 \cdot 10^9 \text{ руб.}$$

Таким образом, общий экономический эффект только от замены газа древесным топливом составит  $\Delta = 18,176 \cdot 10^9 - 4,778 \cdot 10^9 = 13,4 \text{ млрд. руб.}$

Учитывая существующую тенденцию повышения цены на газ и доведения в будущем их уровня на внутреннем рынке до уровня мировых, экономический эффект будет значительно выше.

При логистической доступности 30% топливной древесины от общего энергетического потенциала  $46846,6 \cdot 10^6 \text{ кВтч}$ , будет получено  $14054 \cdot 10^6 \text{ кВтч}$  общей энергии, в том числе 40%, т.е.  $5621,6 \cdot 10^6 \text{ кВтч}$ , электроэнергии.

Электрическая мощность ТЭС на древесном топливе, соответственно, составит 640 МВт.

При средней цене 2 руб./кВтч от продажи электроэнергии будет получен доход 28 млрд. руб. в год.

К дополнительным составляющим экономического эффекта следует отнести: отсутствие затрат на доставку ископаемых видов топлива (угля, нефтепродуктов, газа)

или линий централизованного электроснабжения; экономию средств на проведение рубок ухода; повышение конкурентоспособности производимой продукции за счет снижения себестоимости энергозатрат; организацию новых рабочих мест.

#### 4. Принципы и формы организации лесной энергетики

Принципиальным основанием для создания теплоэлектростанций на древесном топливе является соблюдение взаимосвязанных условий и требований:

- всесезонное обеспечение топливом, что может быть организовано на основе разработки системы рационального лесопользования с учетом местных условий;
- наличие потребителей электрической и тепловой энергии;
- работа ТЭС в автономном режиме, когда в отсутствие постоянных потребителей электрическую энергию можно передавать в централизованные сети.

Экономически оправданным является выбор месторасположения ТЭС, при котором заготовка топливной древесины, ТЭС и потребитель энергии будут максимально приближены друг к другу, а избыток производимой электроэнергии может быть реализован путем передачи в электрические сети.

Стартовой формой развития лесной энергетики может быть разработка нескольких комплексных проектов по использованию лесного топливного ресурса.

В основу таких проектов должен быть положен выбор географических точек размещения мини ТЭС, с логистически обоснованным обеспечением низкосортной топливной древесиной и доступностью других природных ресурсов для создания местных промышленных и сельскохозяйственных предприятий, постоянных потребителей энергии.

#### **Литература**

1. Корпачевский М.Л. Хозяева российского леса М.: Изд-во Центр охраны дикой природы, 2001.М.–115 с.
2. Леса и лесные ресурсы Российской Федерации. Ежегодный доклад о состоянии и использовании лесов Российской Федерации в 2011 г.
3. В. Рошупкин. Комплексное развитие лесного сектора - наша стратегическая задача "Российская лесная газета" № 39-40 (169-170) от 15.09.2006.
4. Болдырев П.В. Сушка древесины. Практическое руководство//Изд-во «ПРОФИКС», Санкт-Петербург.–2002, 160 с.
5. Бахмачевский Б.И. и др. Теплотехника // Гос. научно-техн. изд-во литер. по черной и цветной металлургии, М. – 1963, 607 с.
6. Постановление региональной энергетической комиссии Свердловской области от 19.06.2013 г. № 50-пк «Об утверждении розничных цен на природный газ, реализуемый населению Свердловской области».