

Учебно-исследовательская работа  
тема «Биотопливо. Миф или реальность?»

На примере учебно-опытного лесхоза

фирмала БДУМУ Полоцкий

государственный лесной колледж»

### *Цель работы:*

1. Рассчитать ресурсы отходов лесозаготовок, деревообработки и низкокачественной древесины в процессе деятельности учебно-опытного лесхоза.
2. Предложить пути рационального использования отходов лесозаготовок, деревообрабатывающей промышленности и низкокачественной древесины.

### *Задачи:*

1. Изучить основные направления энергосберегающей политики Республики Беларусь
2. Определить основные виды древесных отходов и рассчитать количество и динамику их образования в учебно-опытном лесхозе Полоцкого государственного лесного колледжа.
3. Рассчитать ресурсы низкокачественной древесины на конкретном объекте учебно-опытного лесхоза Полоцкого государственного лесного колледжа.
4. Определить возможности рационального использования древесных отходов и низкокачественной древесины.
5. Предложить возможные пути безотходного производства лесозаготовок и использования биотоплива.

**Актуальность:** В настоящее время во многих странах мира наблюдается повышение интереса к возобновляемым источникам энергии. Это связано с непрерывно уменьшающимися запасами ископаемых энергоносителей, ухудшением экологии, связанным с газовыми выбросами, приводящими к парниковому эффекту, а также желанием многих стран освободить энергетические источники от политической ситуации. Республика Беларусь относится к категории стран, которые не обладают значительными собственными топливно-энергетическими ресурсами, собственные ресурсы ископаемых энергоносителей составляют не более 15% от потребности. Доля природного газа в общем балансе ТЭР Беларуси превышает уровень 76%, а в белорусской энергосистеме - 93%. Республика Беларусь импортирует от 20 до 30% потребляемой электроэнергии.

В Беларуси биоэнергетика начинает интенсивно развиваться. Развитие этой отрасли предопределено также следующими обстоятельствами:

**политикой  
импортозамеще  
ния**

заинтересованностью  
лесного хозяйства в  
потенциальном крупном и  
надежном потребителе  
большого объема отходов,  
топливной и неликвидной  
древесины

**экологическим  
эффектом**

# Основными источниками топливной древесины или получаемого в лесу древесного топлива в учебно-опытном лесхозе являются:

тонкомерная  
древесина,  
заготавливаемая  
при рубках  
ухода и  
прореживании  
молодняка;

отходы  
деревообрабатыва  
ющей  
промышленности

низкосортные  
деревья, не  
пригодные для  
использования  
в качестве  
сырья в лесной  
промышленности  
и

отходы с  
лесосек, на  
которых  
проводятся  
рубки главного  
пользования;

**Условным называют топливо**, имеющее низшую теплоту сгорания (количество тепла, выделяемого при сгорании 1 кг биомассы, без учёта тепла, израсходованного на испарение влаги, образующейся при сгорании этого топлива) в расчёте на рабочую массу 29,3 МДж/кг, или 7000 ккал/кг. Для перерасчёта натурального топлива в условное и наоборот служит калорийный эквивалент

**Калорийный эквивалент** - количество условного топлива, эквивалентное по теплоте сгорания единице измерения массы или объёма топлива.

$$1 \text{ м}^3 = 2 \text{ МВт/ч} = 7,2 \text{ ГДж} = 1,72 \text{ Гкал} = 0,246 \text{ т.у.т}$$



| Вид топлива                               | Единица измерения         | Калорийный эквивалент, т.у.т |
|---|---------------------------|------------------------------|
| Мазут                                     | На тонну                  | 1,37                         |
| Газ                                       | На тыс. м <sup>3</sup>    | 1015                         |
| Топливная щепа из отходов лесозаготовок   | На плотный м <sup>3</sup> | 0,22                         |
| Топливная щепа из отходов деревообработки | На плотный м <sup>3</sup> | 0,225                        |
| Опилки (из свежесрубленной древесины)     | На плотный м <sup>3</sup> | 0,23                         |
| Кусковые отходы лесопиления               | На плотный м <sup>3</sup> | 0,252                        |
| Дрова                                     | На плотный м <sup>3</sup> | 0,266                        |
| Торф топливный фрезерный                  | На тонну                  | 0,34                         |
| Торф топливный в брикетах                 | На тонну                  | 0,6                          |
| Древесные обрезки, стружки                | На тонну                  | 0,36                         |
| Уголь каменный                            | На тонну                  | 0,627                        |
| Бензин                                    | На тонну                  | 1,49                         |



Объём любых видов древесных отходов  $V_{от}$  может быть определён по формуле:

$$V_{от} = \frac{V_c * N}{100}$$

где  $V_c$ - объём сырья, относительно которого определяются отходы, м<sup>3</sup>

$N$ -норматив образования отходов, %

*Объём лесозаготовительного производства за 2019 год, м<sup>3</sup>*

|            | РГП  | ПРХ  | РО  | ВСП  | ОЛЗ  | прочие |
|------------|------|------|-----|------|------|--------|
| Хвойные    | 3747 | 2960 | 114 | 2013 | 1621 | 451    |
| Лиственные | 6081 | 90   | 603 | 10   | 210  | 764    |
| итого      | 9828 | 3060 | 717 | 2023 | 1831 | 1215   |

Факторы, влияющие на образование отходов:

**Сезон года** . В летний период его значение несколько возрастает (в 1,2 раза), а зимой уменьшается (до 0,9 раза).

**Труднодоступность лесосек**. При труднодоступности лесосек до 20, 40, и 60 % применяется соответственно поправочные коэффициенты, равные 0,8; 0,6; 0,4 соответственно.

Для условий учебно-опытного лесхоза применяем коэффициент 0,8, так как доля участия труднодоступных лесосек (3900 м<sup>3</sup>) из общего количества заготавливаемой древесины (18664 м<sup>3</sup>) составляет 21 %

**Техника и технология работ**. Например, потери стволовой древесины, заготовленной машинным способом, примерно в 1,4-1,6 раза выше, чем при разработке лесосек системой машин с использованием бензиномоторных пил.

Тогда в общем виде реальный годовой объем лесосечных отходов, образующихся на предприятии, можно определить как

$$V_i = \frac{V_r}{12 \cdot 10^2} [K_i^T (C_c C_3 N_{i1} + C_c C_M N_{i2} + N_{i3}) + K_i^B (N_{i4} + 1,3 N_{i5})],$$

где  $V_i$  - реальный объем лесосечных отходов в  $i$  - м месяце, м<sup>3</sup>.

где  $V_r$  - годовой объем лесозаготовительных работ предприятия, м<sup>3</sup> ;

$K_i^T$  и  $K_i^B$  - коэффициенты неравномерности соответственно трелевки и вывозки древесины  $i$  - м месяце (значения коэффициентов приведены в Таблице ), показывающие, как отличается объем определенного вида работ в конкретном месяце в сравнении со среднемесечным за год;

$C_c C_3 C_M$  - коэффициенты, учитывающие соответственно сезон проведения работ, степень заболоченности лесосек и систему машин, осуществляющую заготовку древесины ( $C_c$  в зимний период - 0,9; в летний период - 1,2;  $C_3$  - 0,8;  $C_M$  - 1,0).

$N_{i1}, N_{i2}, N_{i3}, N_{i4}, N_{i5}$  - нормативы соответственно использования отходов в виде сучьев, ветвей, вершинок - 2,6 обломков стволов и тонкомеров - 4,2 в зимний период, 1,8 - в летний период пней и корней - 10,5 (Таблица 9); древесины, образующейся при обработке габаритов воза (не учитываем); откомлевок и козырьков - 1,0



| Регион                    | Норматив образования лесосечных отходов,<br>% от вывозки древесины. |   |   |  |
|---------------------------|---|---|---|--|
|                           | Сучья, ветви, верхинки на растущем дереве                           | Отпад сучьев, ветвей при валке, трелевке                                    |   | Сводный норматив лесосечных отходов, пригодных к использованию |
|                           |   | Используемый на укрепление трелевочных волоков и далее в качестве удобрения | В том числе, используемый на укрепление волоков |  |
| СНГ                       | 14,5  | 11,4  | 6,0   | 3,1  |
| Северный район            | 16,1  | 12,5  | 6,0   | 3,6  |
| Северо-западный район     | 13,3  | 8,1   | 2,8   | 5,2  |
| Центральный район         | 12,2  | 7,7   | 3,4   | 4,5  |
| Поволжский район          | 12,2  | 4,4   | –   | 7,8  |
| Северо - Кавказский район | 16,6  | 5,7   | –   | 10,9   |
| Уральский район           | 14,4  | 10,2  | 5,0   | 4,2  |
| Западно-Сибирский район   | 12,2  | 10,9  | 5,8   | 1,3  |
| Восточно-Сибирский район  | 13,3  | 10,1  | 5,3   | 3,2  |
| Дальневосточный район     | 15,5  | 11,8  | 6,2   | 3,7  |
| Украина                   | 12,2  | 5,9   | 1,2   | 6,3  |
| Прибалтийский район       | 13,3  | 9,8   | 4,3   | 3,5  |
| Закавказский район        | 11,1  | 4,2   | –   | 6,9  |
| Среднеазиатский район     | 13,3  | 4,7   | –   | 8,6  |
| Республика Беларусь       | 12,2  | 9,6   | 4,3   | 2,6  |
| Республика Молдова        | 17,8  | 6,1   | –   | 11,7   |

| Регион  | Нормативы образования отходов раскряжевки, % |             |         |
|---|--|-------------|---------|
|   | Всего  | В том числе |         |
|   |  | откомлевки  | kozyрки |
| СНГ   | 1,6  | 1,1         | 0,5     |
| Северный, Северо-Западный, Среднеазиатский районы     | 1,4  | 1,0         | 0,4     |
| Центральный район                                     | 2,0  | 1,4         | 0,6     |
| Поволжский, Северо-Кавказский, Дальневосточный районы | 1,5  | 1,0         | 0,5     |
| Западно-Сибирский район                               | 1,8  | 1,3         | 0,5     |
| Восточно-Сибирский, Закавказский районы               | 2,1  | 1,5         | 0,6     |
| Украина, Республика Беларусь, Республика Молдова      | 1,0  | 0,7         | 0,3     |

Месячные коэффициенты неравномерности трелёвки и вывозки древесины( К)

| Вид отходов                            | Порода      | Нормативы,%   |          |
|--|-------------|---------------|----------|
|  |             | Потенциальные | Реальные |
| Обломки стволов, тонкомерной древесины | Сосна       | 1,9           | 1,9      |
|  | Ель         | 3,5           | 3,5      |
|  | Лиственница | 2,7           | 2,7      |
|  | Берёза      | 2,0           | 2,0      |
|  | Усреднённый | 3,0           | 3,0      |
| Пни и корни                            | Сосна       | 16,6          | 10,0     |
|  | Ель         | 22,2          | 13,4     |
|  | Лиственница | 18,3          | 11,0     |
|  | Берёза      | 15,8          | 10,4     |
|  | Усреднённый | 17,2          | 10,5     |

| Месяцы   | Кт   | Кв   |
|----------|------|------|
| январь   | 1,15 | 1,18 |
| февраль  | 1,30 | 1,33 |
| март     | 1,38 | 1,41 |
| апрель   | 0,95 | 0,69 |
| май      | 0,77 | 0,64 |
| июнь     | 1,00 | 0,92 |
| июль     | 0,95 | 0,99 |
| август   | 0,92 | 0,99 |
| сентябрь | 0,91 | 0,88 |
| октябрь  | 0,77 | 0,89 |
| ноябрь   | 0,90 | 1,02 |
| декабрь  | 1,00 | 1,06 |

**Январь**  $V_i = \frac{18664}{12 \cdot 10^2} [1,15(0,9 * 0,8 * 2,6 + 0,9 * 1,0 * 4,2 + 10,5) + 1,18 * (1,3 * 1,0)] = 312 \text{ м}^3$

**Февраль:**  $V_i = \frac{18664}{12 \cdot 10^2} [1,30(0,9 * 0,8 * 2,6 + 0,9 * 1,0 * 4,2 + 10,5) + 1,33 * (1,3 * 1,0)] = 353 \text{ м}^3$

**Март:**  $V_i = \frac{18664}{12 \cdot 10^2} [1,38(0,9 * 0,8 * 2,6 + 0,9 * 1,0 * 4,2 + 10,5) + 1,41 * (1,3 * 1,0)] = 374 \text{ м}^3$

**Апрель**  $V_i = \frac{18664}{12 \cdot 10^2} [0,95(1,2 * 0,8 * 2,6 + 1,2 * 1,0 * 1,8 + 10,5) + 0,69 * (1,3 * 1,0)] = 238 \text{ м}^3$

**Май**  $V_i = \frac{18664}{12 \cdot 10^2} [0,77(1,2 * 0,8 * 2,6 + 1,2 * 1,0 * 1,8 + 10,5) + 0,64 * (1,3 * 1,0)] = 194 \text{ м}^3$

**Июнь**  $V_i = \frac{18664}{12 \cdot 10^2} [1,0(1,2 * 0,8 * 2,6 + 1,2 * 1,0 * 1,8 + 10,5) + 0,92 * (1,3 * 1,0)] = 254 \text{ м}^3$

**Июль:**  $V_i = \frac{18664}{12 \cdot 10^2} [0,95(1,2 * 0,8 * 2,6 + 1,2 * 1,0 * 1,8 + 10,5) + 0,99 * (1,3 * 1,0)] = 244 \text{ м}^3$

**Август**  $V_i = \frac{18664}{12 \cdot 10^2} [0,92(1,2 * 0,8 * 2,6 + 1,2 * 1,0 * 1,8 + 10,5) + 0,99 * (1,3 * 1,0)] = 236 \text{ м}^3$

**Сентябрь**  $V_i = \frac{18664}{12 \cdot 10^2} [0,91(1,2 * 0,8 * 2,6 + 1,2 * 1,0 * 1,8 + 10,5) + 0,88 * (1,3 * 1,0)] = 229 \text{ м}^3$

**Октябрь**  $V_i = \frac{18664}{12 \cdot 10^2} [0,77(1,2 * 0,8 * 2,6 + 1,2 * 1,0 * 1,8 + 10,5) + 0,89 * (1,3 * 1,0)] = 199 \text{ м}^3$

**Ноябрь (по зимним**

**коэффициентам)**  $V_i = \frac{18664}{12 \cdot 10^2} [0,9(0,9 * 0,8 * 2,6 + 0,9 * 1,0 * 4,2 + 10,5) + 1,02 * (1,3 * 1,0)] = 314 \text{ м}^3$

**Декабрь**  $V_i = \frac{18664}{12 \cdot 10^2} [1,0(0,9 * 0,8 * 2,6 + 0,9 * 1,0 * 4,2 + 10,5) + 1,06 * (1,3 * 1,0)] = 347 \text{ м}^3$

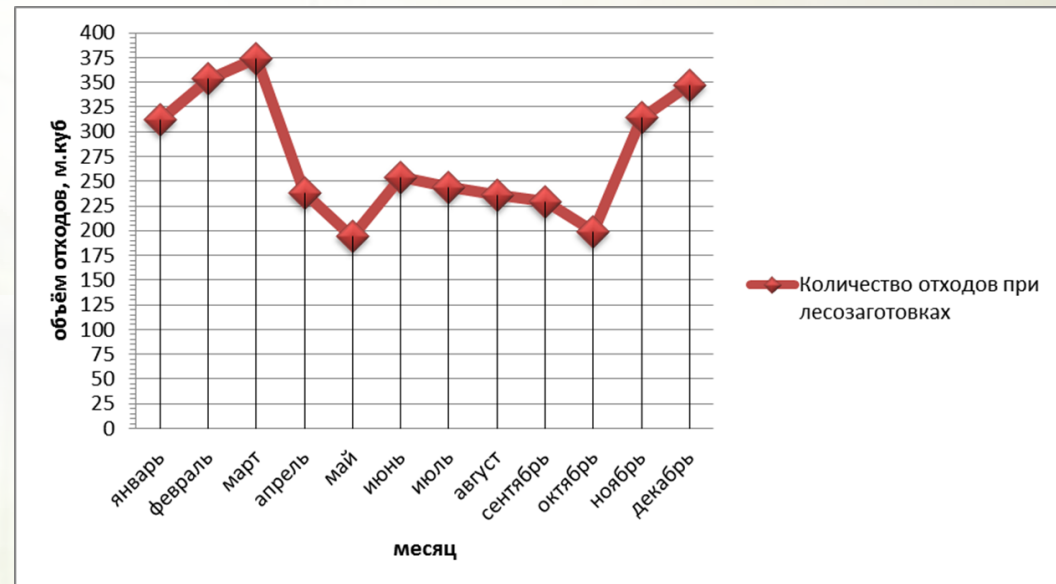
**Суммарный объём отходов лесозаготовок составил 3294 м<sup>3</sup>**

| Вид топлива                               | Единица измерения         | Калорийный эквивалент,<br>т.у.т |
|---|---------------------------|---------------------------------|
| Мазут                                     | На тонну                  | 1,37                            |
| Газ                                       | На тыс. м <sup>3</sup>    | 1015                            |
| Топливная щепа из отходов лесозаготовок   | На плотный м <sup>3</sup> | 0,22                            |
| Топливная щепа из отходов деревообработки | На плотный м <sup>3</sup> | 0,225                           |
| Опилки (из свежесрубленной древесины)     | На плотный м <sup>3</sup> | 0,23                            |
| Кусковые отходы лесопиления               | На плотный м <sup>3</sup> | 0,252                           |
| Дрова                                     | На плотный м <sup>3</sup> | 0,266                           |
| Торф топливный фрезерный                  | На тонну                  | 0,34                            |
| Торф топливный в брикетах                 | На тонну                  | 0,6                             |
| Древесные обрезки, стружки                | На тонну                  | 0,36                            |
| Уголь каменный                            | На тонну                  | 0,627                           |
| Бензин                                    | На тонну                  | 1,49                            |

## Динамика образования отходов лесозаготовок в учебно-опытном лесхозе

Для данного вида топлива коэффициент перевода составляет **0,22**

Таким образом,  
 **$3294 * 0,22 = 724$  т.у.т.**



Для расчета ресурсов низкокачественной древесины и древесной зелени необходимо установить запас насаждений по породам:

$$Q_{\text{пор}} = Q_r k_{\text{уч}},$$

где  $Q_{\text{пор}}$  - объем древесины по породам, тыс. м<sup>3</sup>;  $Q_r$  - годовой объем производства, тыс. м<sup>3</sup>;  $k_{\text{уч}}$  - коэффициент участия породы в насаждениях.

$$V_{\text{НК}} = \frac{Q_{\text{пор}}(0,5P_{\text{НК}}^I + 0,3P_{\text{НК}}^{II} + 0,2P_{\text{НК}}^{III})}{100},$$

Где  $P_{\text{НК}}$  - процент выхода низкокачественной древесины; I, II, III - класс товарности.

| порода       | Распределение древесины по классам товарности |          |                |             |          |                |             |          |                |
|--------------|---|----------|----------------|-------------|----------|----------------|-------------|----------|----------------|
|              | I   |          |                | II          |          |                | III         |          |                |
|              | Деловая                                       | техсырьё | низкачес<br>тв | Делова<br>я | техсырьё | низкачес<br>тв | Делова<br>я | техсырьё | низкачес<br>тв |
| <u>Сосна</u> | 92  | 5        | 3              | 86          | 9        | 5              | 81          | 12       | 7              |
| <u>Лц</u>    | 92  | 5        | 3              | 86          | 8        | 6              | 81          | 11       | 8              |
| <u>Ель</u>   | 91  | 6        | 3              | 86          | 9        | 5              | 81          | 12       | 7              |
| <u>Бер.</u>  | 65  | 21       | 14             | 56          | 27       | 17             | 48          | 32       | 20             |
| <u>Ос</u>    | 64  | 18       | 18             | 55          | 22       | 23             | 47          | 26       | 27             |
| <u>Дуб</u>   | 82  | 11       | 7              | 67          | 23       | 10             | 54          | 33       | 13             |
| <u>Кедр</u>  | 82  | 10       | 8              | 77          | 13       | 10             | 54          | 33       | 13             |

В результате расчётов по данной лесосеке запас низкокачественной древесины составляет:

$$V_{\text{нк сосна}} = \frac{0,837(0,5 * 3 + 0,3 * 5 + 0,2 * 7)}{100} = 0,036 \text{ тыс. м} = 36 \text{ м. куб}$$

$$V_{\text{нк ель}} = \frac{0,320(0,5*3+0,3*5+0,2*7)}{100} = 0,015 \text{ тыс.м.куб}=15 \text{ м.куб}$$

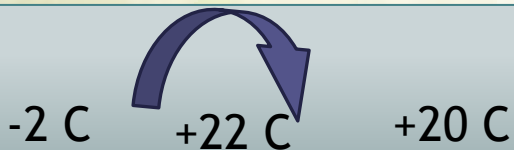
$$V_{\text{нк береза}} = \frac{0,058(0,5*14+0,3*17+0,2*20)}{100} = 0,009 \text{ тыс.м.куб}=9 \text{ м.куб}$$

$$V_{\text{нк ольха}} = \frac{0,00092(0,5 * 18 + 0,3 * 23 + 0,2 * 27)}{100} = 0,00020 = 0,20 \text{ м. куб}$$

Суммарное количество низкокачественной древесины на данной лесосеке составляет **60,2 м<sup>3</sup>**

Теплоемкость воздуха - 0,24 Ккал/кг\*град и умножаем на плотность воздуха при температуре +10° С - 1,2466 кг/м3.

Получаем, что для нагрева 1м3 воздуха на один градус нам необходимо **0,299 Ккал/м3\*град или 0,00000030 Гкал/м3\*град.**



Считая высоту потолка 3,5 м,  
получаю нагреваемый  
объем комнаты - 105 м3.

$105 * 22 = 0,0006732$  Гкал/на  
комнату\*час,

**$0,0006732$  Гкал/на комнату\*час,**

**$0,0006732 * 90\% = 0,00060588$**

**Гкал/на комнату\*час.**



Среднемесячное теплотребление моей комнаты на отопление и вентиляцию составит

$$24 \cdot 180 / 6 \cdot 0,0006732 = 0,443592 \text{ Гкал/на комнату*месяц.}$$

Так как в общежитии примерно 100 комнат, то данное значение умножаем на 100. Тогда получается на отопление всех комнат общежития в месяц необходимо 44 Гкал. Так как отопительный сезон составляет 6 месяцев, то  $44 \cdot 6 = 264$  Гкал в отопительный сезон.

264 Гкал



5062 Гкал

## Заключение:

- в Беларуси биоэнергетика начинает интенсивно развиваться в условиях необходимости достичь определенного уровня энергетической безопасности
- в настоящее время отходы лесозаготовительной, деревообрабатывающей промышленности являются наиболее перспективными для использования их в виде биотоплива;
- древесное биотопливо является самой дешёвой и значительной по объёму использования формой аккумулирования возобновляемой энергии.
- себестоимость производства древесного топлива из отходов лесозаготовок может колебаться в широких пределах, основными фактором себестоимости топлива являются – вид рубки, технология заготовки и расстояние до котельной.
- для планирования использования отходов лесозаготовок в масштабных проектах, необходимо производить всестороннюю оценку с учетом реалий региона, технологических и экономических факторов, и только после этого целенаправленно формировать спрос на данный вид топлива.
- запасов отходов лесозаготовок УОЛ в переработанном виде будет достаточно для отопления общежития.