

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ СТВОЛОВ ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ БЕЛАРУСИ

В статье анализируется полнодревесность стволов еловых древостоев естественного и искусственного происхождения. Установлено, что распределение коры в отдельных частях ствола носит неравномерный характер: с ухудшением условий произрастания, уменьшением диаметра стволов процент толщины коры на относительных высотах увеличивается. Выявлено, что различия полнодревесности ельников искусственного и естественного происхождения для отдельных разрядов высот не выходят за пределы 3–5%, т.е. сопоставимы с точностью учета древесного запаса. Доказано, что составление объемных таблиц по разрядам высот на основе массового материала можно проводить с использованием видового числа на высоте 1,3 м и нормального видового числа.

Введение

В настоящее время лесной сектор сохраняет одно из лидирующих положений в экономике Беларуси. Поэтому оценка объектов, входящих в состав лесных фитоценозов, проводимая с целью получения данных о количестве древесины и качественном состоянии леса, является актуальной.

Дерево является самостоятельным объектом таксации, для количественной и качественной оценки которого необходимо иметь комплекс определенных измерений, таких, как состав, форма насаждения, возраст, средняя высота и диаметр, бонитет, полнота, запас, товарность, тип леса и др. Одним из методов получения этих параметров является наземная таксация, при которой таксационные показатели устанавливают глазо-

мерно на основании опыта, приобретенного во время таксации пробных тренировочных площадей или перечислительным способом. При перечислительном методе все таксационные показатели получают на основе сплошного пересчета деревьев по породам измерения их диаметра и высоты с подразделением, в зависимости от целей исследования по категориям санитарного состояния или другим. С лесохозяйственной точки зрения наиболее ценной частью дерева является ствол, при таксации которого определяются следующие параметры: объем, прирост и выход сортиментов. Безусловно, первостепенная роль при таксационных измерениях принадлежит установлению объема ствола, для оценки которого важно знать полнодревесность и форму дерева, т.к. почти все объемные таблицы построены на использовании этих показателей.

Полнодревесность ствола [1, 2, 3] хорошо характеризуется видовым числом. Другим показателем формы ствола является коэффициент формы. Формирование древесных стволов происходит под влиянием многочисленных факторов внешней и внутренней среды, что обуславливает значительное варьирование их формы в абсолютных размерах.

Целью данной работы явилось выявление зависимости объема коры в относительных величинах по относительной высоте ствола дерева. Гипотеза о существовании такой зависимости возникла в процессе анализа формы поперечных сечений древесных стволов.

Материалом для исследований послужили пробные площади (и взятые на них модельные деревья), которые были заложены в еловых древостоях, назначенных для проведения рубок промежуточного пользования (в возрасте проходных рубок и прореживания). В соответствии с программой и методикой исследований для достижения статистически необходимого количества модельных деревьев в еловых насаждениях, дифференцированных по происхождению, заложено 50 ПП с рубкой и обмером 2200 модельных деревьев.

Следует отметить, что алгоритмы для статистической обработки исходных данных и их дальнейшего анализа довольно просты. Но ввиду того, что объем исходных материалов достаточно велик, их обработка вручную практически не представляется возможной. Поэтому для более эффективного процесса исследований был разработан программный модуль "Analysis of Tree Bark". В данном модуле реализованы такие возможности, как:

- импорт исходных данных из существующей базы данных, полученной в процессе выполнения НИР задание 2.23 "Разработать сортиментные таблицы для материальной оценки древесины, заготавливаемой при проведении рубок промежуточного пользования" ГНТП "Управление лесами и рациональное лесопользование", № госрегистрации 20090191;
- вычисление диаметров на заданных относительных высотах ствола дерева;
- экспорт полученных промежуточных данных в удобном виде для дальнейшего статистического анализа.

В ходе проведения исследования видовые числа определялись путем деления объема ствола на соответствующие объемы цилиндров с высотой дерева и диаметрами, равными диаметрам на высоте 1,3 м; 0,1Н; 0,25Н; 0,5Н и 0,75Н. Значения этих показателей анализировались с применением статистических методов. Статистики распределения и изменчивости для коэффициентов, характеризующих полнодревесность ствола, приведены в таблице 1.

Из данных, приведенных в таблице 1, видно, что форма древесного ствола в еловых насаждениях в комлевой части и до половины ствола является относительно стабильным признаком с небольшой изменчивостью ($\pm 4,3-7,3\%$), которая увеличивается к вершине дерева до $\pm 14,6-17,3\%$.

Таблица 1

**Статистики распределения и изменчивости
для коэффициентов формы, видовых чисел стволов лесных культур ели,
вырубаемых при рубках ухода**

| Показатель полнодревесности | Статистики распределения и изменчивости для соответствующего показателя | | | | | | |
|-----------------------------|---|------------|----------|----------|-----------|-----------|------|
| | \bar{X} | σ^2 | σ | m | A | E | V, % |
| I разряд высот | | | | | | | |
| f в/к | 0,552303 | 0,001099 | 0,033148 | 0,002802 | -0,127545 | 0,103654 | 6,0 |
| q ₂ в/к | 0,749035 | 0,001715 | 0,041411 | 0,003500 | -0,210424 | 0,254844 | 5,5 |
| f _{норм} в/к | 0,552600 | 0,001050 | 0,032400 | 0,002738 | -0,081363 | -0,226665 | 5,9 |
| f _{0,25 Н} в/к | 0,652102 | 0,000655 | 0,025594 | 0,002163 | 0,058843 | 1,227712 | 3,9 |
| f _{0,5 Н} в/к | 1,000106 | 0,003704 | 0,060864 | 0,005144 | 0,089500 | 0,415441 | 6,1 |
| f _{0,75 Н} в/к | 2,480443 | 0,131896 | 0,363175 | 0,030694 | 1,036172 | 1,234789 | 14,6 |
| f б/к | 0,549357 | 0,001081 | 0,032883 | 0,002779 | -0,142012 | 0,319565 | 6,0 |
| q ₂ б/к | 0,747017 | 0,001872 | 0,043264 | 0,003657 | 0,100624 | 0,234935 | 5,8 |
| f _{норм} б/к | 0,550247 | 0,001046 | 0,032338 | 0,002733 | -0,093612 | -0,153875 | 5,9 |
| f _{0,25 Н} б/к | 0,642808 | 0,000755 | 0,027481 | 0,002323 | 0,136972 | 1,481586 | 4,3 |
| f _{0,5 Н} б/к | 0,999194 | 0,004249 | 0,065182 | 0,005509 | 0,187265 | 0,336714 | 6,5 |
| f _{0,75 Н} б/к | 2,595804 | 0,146666 | 0,382970 | 0,032367 | 0,933100 | 0,933307 | 14,8 |
| II разряд высот | | | | | | | |
| f в/к | 0,557420 | 0,001527 | 0,039072 | 0,003363 | 0,072892 | 0,264951 | 7,0 |
| q ₂ в/к | 0,744460 | 0,001847 | 0,042982 | 0,003699 | -0,229650 | 0,124441 | 5,8 |
| f _{норм} в/к | 0,544558 | 0,001240 | 0,034785 | 0,002994 | -0,010350 | -0,347111 | 6,3 |
| f _{0,25 Н} в/к | 0,652398 | 0,000980 | 0,031304 | 0,002694 | 0,432906 | 0,656781 | 4,7 |
| f _{0,5 Н} в/к | 1,017408 | 0,005062 | 0,071147 | 0,006123 | 0,761676 | 0,825722 | 7,0 |
| f _{0,75 Н} в/к | 2,549568 | 0,159649 | 0,399561 | 0,034389 | 0,259346 | -0,394458 | 15,7 |
| f б/к | 0,552792 | 0,001650 | 0,040624 | 0,003496 | 0,043644 | 0,385728 | 7,3 |
| q ₂ б/к | 0,741893 | 0,002129 | 0,046145 | 0,003972 | -0,219057 | 0,057475 | 6,2 |
| f _{норм} б/к | 0,540823 | 0,001278 | 0,035750 | 0,003077 | -0,127308 | -0,008045 | 6,6 |
| f _{0,25 Н} б/к | 0,645028 | 0,001135 | 0,033690 | 0,002900 | 0,533712 | 0,791726 | 5,2 |
| f _{0,5 Н} б/к | 1,016157 | 0,005256 | 0,072496 | 0,006239 | 0,672120 | 0,459236 | 7,1 |
| f _{0,75 Н} б/к | 2,684612 | 0,215192 | 0,463888 | 0,039925 | 0,404092 | -0,100485 | 17,3 |

Относительный средний сбеги стволов ели, выраженный отношением диаметров через 0,1Н к базовому диаметру на 0,1Н от комля, характеризуется относительной стабильностью независимо от абсолютных значений высот и ступеней толщины, при этом более стабильный характер носит изменение относительных диаметров без коры. Увеличение сбежистости стволов имеет место в нижней (от пня до 0,1Н) и верхней части (на высоте 0,8-0,9Н) стволов. Средний относительный сбеги ство-

лов еловых деревьев в коре (в/к) и без коры (б/к) и коэффициенты его изменчивости приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Характеристика сбежистости стволов ели (в коре и без коры)
на относительных высотах**

| Порода | Относительный сбег в % на относительных высотах | | | | | | | | | |
|-----------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | 0,0 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | |
| Ель (в/к) | 164,8 | 91,0 | 87,6 | 82,4 | 73,6 | 66,3 | 56,1 | 43,7 | 24,3 | |
| V, % | 11,9 | 4,5 | 3,3 | 3,0 | 3,9 | 3,9 | 4,8 | 6,3 | 7,1 | |
| Ель (б/к) | 158,9 | 90,7 | 87,0 | 82,3 | 70,9 | 64,4 | 53,9 | 41,6 | 22,4 | |
| V, % | 10,9 | 2,0 | 2,8 | 3,3 | 3,0 | 2,9 | 4,1 | 5,5 | 5,6 | |

Средние значения относительного сбega стволов для ели характеризуются в значительной степени устойчивой величиной с небольшой изменчивостью (2-5%), которая имеет значительное увеличение на пне (от 10 до 12%) и к вершине дерева до 6-8%.

Как видно из данных таблицы 2, полндревесность стволов без коры в среднем (от 0,1 до 6%) больше, чем в коре.

Средний относительный сбег объема коры на относительных высотах у еловых деревьев составляет от 0,0649 до 0,394%. Величины этих показателей приведены в таблице 3.

Таблица 3

Средний относительный объем коры ели

| Порода | Относительный сбег коры в % на относительных высотах | | | | | | | | | |
|--------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| | 0,0Н | 0,2Н | 0,3Н | 0,4Н | 0,5Н | 0,6Н | 0,7Н | 0,8Н | 0,9Н | |
| Ель | 0,2522 | 0,0649 | 0,0732 | 0,0657 | 0,0823 | 0,1070 | 0,1393 | 0,2172 | 0,3940 | |
| V, % | 23,7 | 6,8 | 19,4 | 17,8 | 19,9 | 21,8 | 7,5 | 9,1 | 10,6 | |

Процент объема коры стволов по разрядам высот практически одинаков. С увеличением ступеней толщины, начиная с 6 см, процент объема коры стволов для всех пород уменьшается. С ухудшением условий местопроизрастания, падением классов бонитета и понижением разрядов высот древостоев процент толщины коры на относительных высотах стволов увеличивается. Изменение процента толщины коры на относительных высотах для разных пород в значительной степени различно, при этом коэффициент изменчивости этого показателя имеет значения от ± 7 до 25%. Примечателен тот факт, что до половины высоты ствола процент толщины коры уменьшается, а затем, в зоне расположения ассимиляционного аппарата, возрастает. Это объясняется интенсивным протеканием в этой зоне биохимических процессов и накоплением структурных полимеров.

Нами проведено сравнение коэффициентов полндревесности еловых древостоев в зависимости от происхождения. В таблице 4 приведены статистические показатели для естественных ельников.

Таблица 4

Статистики распределения и изменчивости для коэффициентов формы, видовых чисел стволов ели естественного происхождения, вырубаемых при рубках ухода

| Показатель полндревесности | Статистики распределения и изменчивости для соответствующего показателя | | | | | | |
|----------------------------|---|------------|----------|----------|-----------|-----------|------|
| | \bar{X} | σ^2 | σ | m | A | E | V, % |
| I разряд высот | | | | | | | |
| f в/к | 0,543087 | 0,001512 | 0,038886 | 0,002965 | 0,159199 | -0,109762 | 7,2 |
| q ₂ в/к | 0,736239 | 0,001855 | 0,043069 | 0,003284 | 0,015874 | -0,118398 | 5,8 |
| f _{норм} в/к | 0,561337 | 0,001054 | 0,032471 | 0,002476 | 0,191835 | 0,669354 | 5,8 |
| f _{0,25 н} в/к | 0,664532 | 0,000966 | 0,031078 | 0,002370 | 0,089968 | 0,015510 | 4,7 |
| f _{0,5 н} в/к | 1,017066 | 0,003889 | 0,062358 | 0,004755 | 0,559073 | 0,725903 | 6,1 |
| f _{0,75 н} в/к | 2,475918 | 0,186953 | 0,432381 | 0,032969 | 1,148960 | 2,802928 | 17,5 |
| f б/к | 0,540480 | 0,001450 | 0,038082 | 0,002904 | 0,093807 | -0,156866 | 7,0 |
| q ₂ б/к | 0,734939 | 0,001908 | 0,043684 | 0,003331 | 0,010323 | -0,243340 | 5,9 |
| f _{норм} б/к | 0,556932 | 0,000937 | 0,030611 | 0,002334 | 0,073443 | 0,150407 | 5,5 |
| f _{0,25 н} б/к | 0,655617 | 0,000947 | 0,030779 | 0,002347 | 0,139982 | -0,000328 | 4,7 |
| f _{0,5 н} б/к | 1,015431 | 0,003819 | 0,061800 | 0,004712 | 0,641911 | 1,015312 | 6,1 |
| f _{0,75 н} б/к | 2,570309 | 0,219091 | 0,468072 | 0,035690 | 1,325190 | 3,452868 | 18,2 |
| II разряд высот | | | | | | | |
| f в/к | 0,540700 | 0,001930 | 0,043929 | 0,003563 | 0,155314 | 0,34791 | 8,1 |
| q ₂ в/к | 0,730558 | 0,002417 | 0,049163 | 0,003988 | -0,141492 | 1,63174 | 6,7 |
| f _{норм} в/к | 0,556242 | 0,001770 | 0,042075 | 0,003413 | -0,930912 | 4,21700 | 7,6 |
| f _{0,25 н} в/к | 0,664944 | 0,000975 | 0,031224 | 0,002533 | 0,376341 | 0,94329 | 4,7 |
| f _{0,5 н} в/к | 1,027214 | 0,005674 | 0,075329 | 0,006110 | 1,647526 | 7,71095 | 7,3 |
| f _{0,75 н} в/к | 2,582413 | 0,296465 | 0,544486 | 0,044164 | 2,060178 | 9,10725 | 21,1 |
| f б/к | 0,539877 | 0,001909 | 0,043696 | 0,003544 | 0,152332 | 0,63419 | 8,1 |
| q ₂ б/к | 0,730701 | 0,002551 | 0,050509 | 0,004097 | -0,261594 | 2,87982 | 6,9 |
| f _{норм} б/к | 0,552781 | 0,001705 | 0,041292 | 0,003349 | -0,943226 | 4,81815 | 7,5 |
| f _{0,25 н} б/к | 0,656212 | 0,001020 | 0,031938 | 0,002591 | 0,162040 | -0,21233 | 4,9 |
| f _{0,5 н} б/к | 1,026577 | 0,006675 | 0,081698 | 0,006627 | 1,956396 | 10,43656 | 8,0 |
| f _{0,75 н} б/к | 2,706521 | 0,421985 | 0,649603 | 0,052690 | 2,482999 | 11,26337 | 24,0 |

Для оценки различий в значениях коэффициентов полндревесности между деревьями естественного и искусственного происхождения нами изучена внутригрупповая вариация соответствующих показателей, результаты которой приведены в таблице 5.

Таблица 5

Степень различия между средними параметрами коэффициентов полндревесности в двух группах (ельниках естественного и искусственного происхождения) I разряда высот

| Сравниваемые параметры | \bar{X}_1 | \bar{X}_2 | t-тест | Степень свободы (df) | p | σ_1 | σ_2 | F-тест | p |
|-------------------------|-------------|-------------|----------|----------------------|----------|------------|------------|----------|----------|
| f в/к | 0,552303 | 0,543087 | 2,222859 | 310 | 0,026946 | 0,033148 | 0,038886 | 1,376163 | 0,050769 |
| q ₂ в/к | 0,749035 | 0,736239 | 2,655435 | 310 | 0,008330 | 0,041411 | 0,043069 | 1,081715 | 0,631742 |
| f _{норм} в/к | 0,552600 | 0,561337 | -2,36629 | 310 | 0,018582 | 0,032400 | 0,032471 | 1,004401 | 0,982783 |
| f _{0,25 н} в/к | 0,652102 | 0,664532 | -3,79863 | 310 | 0,000175 | 0,025594 | 0,031078 | 1,474418 | 0,017719 |
| f _{0,5 н} в/к | 1,000106 | 1,017066 | -2,41503 | 310 | 0,016313 | 0,060864 | 0,062358 | 1,049707 | 0,768717 |
| f _{0,75 н} в/к | 2,480443 | 2,475918 | 0,098682 | 310 | 0,921455 | 0,363175 | 0,432381 | 1,417431 | 0,032942 |
| f б/к | 0,549357 | 0,540480 | 2,175806 | 310 | 0,030325 | 0,032883 | 0,038082 | 1,341277 | 0,072295 |
| q ₂ б/к | 0,747017 | 0,734939 | 2,439300 | 310 | 0,015276 | 0,043264 | 0,043684 | 1,019505 | 0,909391 |
| f _{норм} б/к | 0,550247 | 0,556932 | -1,87041 | 310 | 0,062369 | 0,032338 | 0,030611 | 1,115993 | 0,493292 |
| f _{0,25 н} б/к | 0,642808 | 0,655617 | -3,83458 | 310 | 0,000152 | 0,027481 | 0,030779 | 1,254382 | 0,164961 |
| f _{0,5 н} б/к | 0,999194 | 1,015431 | -2,25206 | 310 | 0,025018 | 0,065182 | 0,061800 | 1,112435 | 0,505870 |
| f _{0,75 н} б/к | 2,595804 | 2,570309 | 0,518485 | 310 | 0,604490 | 0,382970 | 0,468072 | 1,493806 | 0,014271 |

Из данных, приведенных в таблице 5, видно, что статистически значимые различия имеют место в значении средних показателей коэффициентов формы (в коре и без коры). Приемлемые границы статистической значимости отмечаются для нормальных видовых чисел (в коре и без коры), видовых чисел на половине высоты ствола (в коре и без коры), видовых чисел на высоте 1,3 м (в коре и без коры). Высоко значимыми различиями характеризуются видовые числа на четверти высоты ствола (в коре и без коры). В то же для показателей видовых чисел на 0,75 высоты различия средних значений не являются достоверными, что связано с высокой вариабельностью данного показателя.

В сравнении дисперсий анализируемых групп различия носят иной характер: так, приемлемые границы статистической значимости отмечаются для показателей видового числа на высоте груди (в коре и без коры), видовых чисел на четверти и трех четвертых высоты ствола (в коре и без коры). Это обстоятельство свидетельствует о том, что степень изменчивости показателей формы ствола (мера концентрации значений в группе вокруг среднего) оказывает существенное влияние на достоверность различий показателей полндревесности. В свою очередь, этот факт выявляет необходимость для определения сходства и различия в строении древостоев, дифференцированных по происхождению, изучения показателей степени подобия таксационных параметров, в некоторой степени нивелирующих различия коэффициентов формы на относительных высотах (например, объема ствола).

Множественная корреляция между видовым числом, коэффициентом формы и высотой деревьев в еловых древостоях (I разряда высот) естественного происхождения выразилась следующим уравнением Шиффеля (уравнение 1):

$$f_{1,3} = 0,542091 \cdot q_2^2 + \frac{0,111374}{q_2 \cdot H} + 0,240379 \quad R=0,88695. \quad (1)$$

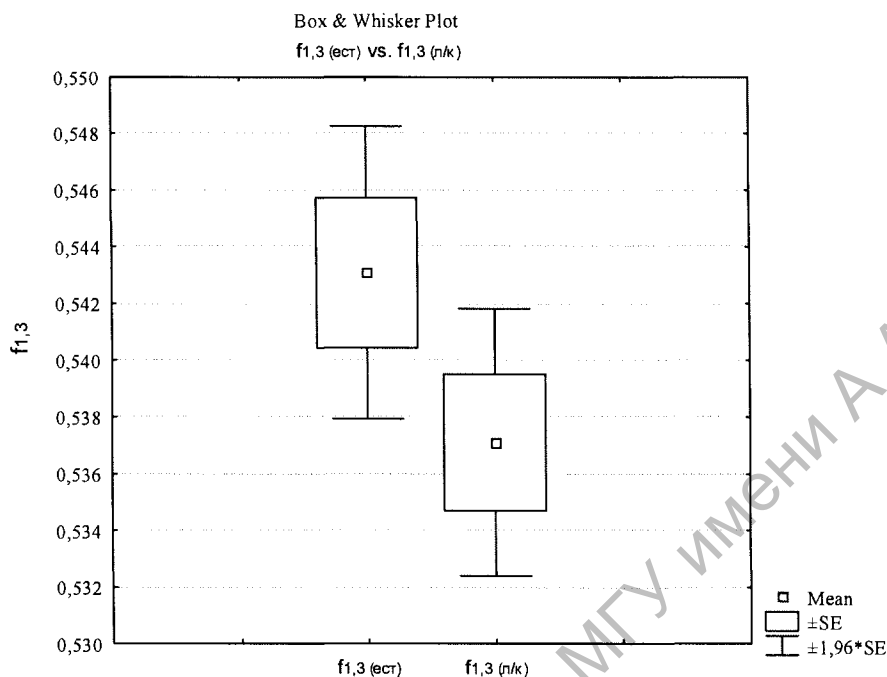
Для еловых культур (I разряда высот) вышеупомянутое выражение имеет следующие параметры (уравнение 2):

$$f_{1,3} = 0,491732 \cdot q_2^2 + \frac{0,245074}{q_2 \cdot H} + 0,252344 \quad R=0,89470. \quad (2)$$

Исходя из полученных уравнений, вычислены видовые числа, характеризующие полндревесность стволов. Различия полндревесности стволов ельников искусственного и естественного происхождения не выходят за пределы 3-5%, т.е. сопоставимы с точностью учета древесного запаса.

Анализ расчетных показателей видовых чисел для сравнения средних и меры отклонения от среднего в группах (первой из которой выступает – ель естественная, а второй – лесные культуры) проведено с использованием t-критерия. Диаграмма размаха вышеуказанных показателей полндревесности приведена ниже (рисунок).

Диаграмма размаха, характеризующая внутригрупповую вариацию
видовых чисел



Следует отметить, что видовые числа стволов еловых деревьев в зависимости от их диаметра и высоты во всех лесорастительных подзонах изменяются практически одинаково (достоверных отличий не выявлено).

В условиях рыночной экономики, а также в связи с интенсивным развитием технологий в лесной сертификации возрастает значимость определения объемов сортиментов в коре и без коры, поскольку эти показатели определяют выход категории отходов при заготовке древесины. Кроме того, согласно действующим ГОСТам [4, 5] на круглые лесоматериалы, лесоматериалы, предназначенные для распиловки, строгания и лущения, выпускаются неокоренными, в то время как колотые балансы должны быть окорены, а лесоматериалы, используемые в круглом виде, поставляются как в коре, так и без нее. Следует отметить, что одинаковые по наименованию сортименты могут быть получены из различных частей ствола, при этом детерминирующим фактором выступает диаметр в верхнем отрубе. При высоких размахах последнего показателя (например, для пиловочника общего назначения диаметр должен составлять от 10 см и выше) выход сортиментов может быть представлен не только из нижней части ствола. В то же время, как показали проведенные исследования, распределение коры в отдельных частях ствола имеет неравномерный характер, в связи с чем возникают трудности в количественной оценке сортиментов, а применение процента коры, данное для ствола в целом, является ошибочным.

Все эти обстоятельства подтверждают значимость детального изучения объемных показателей стволовой древесины.

Заключение

Таким образом, форма стволов, выраженная в относительных величинах по относительным высотам, характеризует индивидуальные особенности пород, вызванные их биологическими и экологическими особенностями и влиянием на нее условий местопроизрастания посредством варьирования таксационных показателей дерева (диаметра, высоты, объема ствола). Исходя из того, что коэффициенты изменчивости видового числа на высоте 1,3 м и нормального видового числа по разрядам высот имеют практически одинаковые численные значения, составление объемных таблиц на основе имеющегося массового материала можно проводить с использованием сопоставления объема стволов по обоим вышеуказанным показателям полнодревесности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Анучин, Н.П.* Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М. : Лесная промышленность, 1977. – 519 с.
2. *Захаров, В.К.* Лесная таксация / В.К. Захаров – М. : Лесная промышленность, 1967. – 406 с.
3. Таксация товарной структуры древостоя / А.Г. Мошкалев [и др.] ; под общ. ред. А.Г. Мошкалева. – М. : Лесная промышленность, 1982. – 157 с.
4. СТБ 1711-2007: Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия. – Минск : Госстандарт, 2007. – 11 с.
5. СТБ 1712-2007: Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия. – Минск : Госстандарт, 2007. – 16 с.

Поступила в редакцию 03.10.2011 г.