

И.В. Никифорчин, М.О. Гурьянов, Д.А. Шулыгина

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЦЕНКИ ТОВАРНОЙ СТРУКТУРЫ ДРЕВОСТОЕВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ

Введение. Одним из важнейших показателей, характеризующих качество лесных ресурсов, является товарная структура древостоев, определяемая, как правило, с помощью сортиментных или товарных таблиц. Для того чтобы распределить запас древесины на деловую (крупную, среднюю и мелкую), дровяную, ликвидную части и отходы, выполняется материально-денежная оценка (МДО). При этом необходима высокая точность получаемых данных, обусловленная их дальнейшим использованием при определении общей стоимости древесины.

Для материально-денежной оценки используются сортиментные и товарные таблицы. В идеале полученные с их помощью результаты должны быть одинаковыми для одного и того же древостоя, но специфика использования каждой из таблиц зачастую обуславливает их различия. Так, для сортиментных таблиц необходимо установить разряд высоты для каждой породы, а сама сортиментация выполняется по ступеням толщины после проведения перечета, что дает более точный результат в сравнении с товарными таблицами, где входом в таблицу являются класс товарности, средний диаметр и высота по каждой породе [Анучин, 1968; Моисеенко, 1954; Мошкалева и др., 1984; Третьяков, 1934; Третьяков и др., 1965].

Целью предлагаемого исследования являлся сравнительный анализ товарной структуры древостоев ели европейской (*Picea abies* L.), полученной с помощью сортиментных и товарных таблиц, а также анализ факторов, оказывающих наибольшее влияние на возникновение различий в их результатах.

Методика работ. Для достижения поставленной цели на 37 постоянных пробных площадях Учебно-опытного лесничества Ленинградской области был проведен сплошной пересчет деревьев по ступеням толщины и категориям технической годности. В качестве объектов исследования, с целью анализа влияния представленности древесных пород на результаты МДО, были выбраны смешанные насаждения с коэффициентом состава ели 3 и более единицы и группой возраста не ниже приспевающих.

В дальнейшем по результатам проведенного на пробных площадях перерчета были определены таксационные показатели насаждений и выполнена их материально-денежная оценка. Это позволило сформировать массив данных, включающий в себя объемы древесины различного качества (деловая и дровяная), различных категорий крупности деловой древесины (крупная, средняя, мелкая), а также дров и отходов, полученных с помощью сортиментных и товарных таблиц, и вычислить расхождения между ними. За истинные значения при этом принимались данные, полученные по сортиментным таблицам. В исследовании использованы сортиментные и товарные таблицы для древостоев ели, составленные Пищелиным М.И., Мошкалевым А.Г., Книзе А.А. и Филлиповым Г.В. для Ленинградской, Псковской и Новгородской областей [Мошкалев и др., 1984].

Следует отметить, что за основу при выполнении МДО с помощью сортиментных и товарных таблиц для каждой из пробных площадей брались одинаковые общие запасы древесины ели. Кроме того, проценты, взятые из товарных таблиц, корректировались с учетом фактического выхода деловой древесины на каждой пробной площади.

Для первичной оценки расхождений в объемах различных категорий крупности деловой древесины, а также дров и отходов, полученных по сортиментным и товарным таблицам, после расчета относительных отклонений были вычислены грубые, систематические и случайные ошибки. В учебном пособии Никифорчина И.В. Таксация леса. Л., ЛТА, 2011 г., к грубым относят ошибки, превышающие тройную допустимую погрешность измерения таксационного показателя, а так как при определении запасов отдельных пород она составляет $\pm 12\%$, то все отклонения, превышающие $\pm 36\%$ в рамках исследования, классифицировались как грубые.

После определения доли грубых ошибок и их удаления из массива данных, рассчитывались величины систематических ошибок:

$$\sigma_{\text{сист}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

где x_i – относительные ошибки, %; n – объем выборки за вычетом количества измерений с грубыми ошибками, шт.

После внесения поправок в полученные результаты на величину систематических ошибок, вычислялись случайные ошибки:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \sigma_{\text{сист}})^2}{n-1}}. \quad (2)$$

Для изучения возможного наличия связи между различными таксационными показателями насаждений и ошибками в выходе древесины каждой сортиментной группы, в ходе исследования были проведены также корреляционный и однофакторный дисперсионный анализы.

Результаты и их обсуждение. Как видно из приведенных в табл. 1 результатов первичной обработки данных, наблюдается высокая доля грубых ошибок в определении выхода крупной деловой древесины, а также дров. В частности, более чем в 43% случаев расхождения в объемах крупной деловой древесины, определенных по сортиментным и товарным таблицам, превышали 36%, т. е. являлись грубыми.

Таблица 1

Ошибки в определении выхода древесины различных сортиментных групп, %

Errors in determining the yield of wood various assortment groups, %

| Показатель | Сортиментные группы | | | | | | |
|------------------------|---------------------|---------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | деловая | | | | дрова | ликвид | отходы |
| | крупная | средняя | мелкая | всего | | | |
| Процент грубых ошибок | 43,24 | 0,00 | 5,41 | 0,00 | 27,03 | 0,00 | 0,00 |
| Систематические ошибки | 10,75 | -9,32 | 2,65 | -1,64 | 7,85 | 0,42 | -3,99 |
| Случайные ошибки | ±14,55 | ±12,33 | ±10,41 | ±3,90 | ±19,04 | ±1,20 | ±12,54 |

Высоки также значения систематических ошибок, дающих основания предположить, что товарные таблицы завышают выход крупной деловой древесины за счет ее средней категории крупности. Об этом свидетельствует тот факт, что вычисленные для них систематические ошибки близки по значениям, но имеют разные знаки – соответственно 10,75 и -9,32%. При этом выход деловой древесины в целом, определенный с использованием разных таблиц, имел достаточно близкие значения.

Величины случайных ошибок для большинства сортиментных групп превышают ±10%. Это, вместе с уже отмеченными в ряде случаев высокими долями грубых, а также величинами систематических ошибок, позволяет указать, что расхождения в результатах сортиментных и товарных таблиц часто превышают допустимые пределы. В связи с этим, считаем необходимым проведение более углубленного анализа ошибок в определении выхода различных сортиментов древесины или для разработки рекомендаций по корректировке товарных таблиц.

С этой целью, в первую очередь, следует выявить факторы, оказывающие влияние на возникающие ошибки. Для этого может быть использован корреляционный анализ, позволяющий определить наличие и тесноту связи величин ошибок с основными таксационными показателями древостоев, в качестве которых были выбраны: средние диаметр и высота, класс товарности, разряд высоты и процент выхода деловой древесины. Использование в анализе коэффициентов состава было затруднено тем фактом, что в ряде случаев насаждения пробных площадей являлись многоярусными, при втором ярусе, образованным елью. Как следствие, высокие значения коэффициентов состава не отражали реальной доли участия еловых древостоев в запасе всего насаждения. Вместе с тем, учитывая то, что сортиментные таблицы так же, как и товарные предназначены в первую очередь для определения выхода сортиментов на уровне древостоев, а не отдельных деревьев, была выполнена проверка гипотезы о зависимости выявленных расхождений от объемов выборки. По этой причине еще одним таксационным показателем, использованным в корреляционном анализе, было количество стволов ели на пробных площадях.

Таблица 2

Корреляционная матрица

Correlation matrix

| Сортиментная группа | Показатель | Таксационный показатель | | | | | |
|---------------------|-----------------|-------------------------|---------------------|---------------|--------------|---------------------|---------------|
| | | H _м , м | D _м , см | Класс товарн. | N, шт./ППП | % деловой древесины | Разряд высоты |
| Крупная деловая | <i>r</i> | -0,55 | -0,46 | 0,17 | 0,41 | -0,08 | 0,30 |
| | <i>p</i> -крит. | 0,001 | 0,005 | 0,316 | 0,013 | 0,650 | 0,075 |
| Средняя деловая | <i>r</i> | -0,23 | 0,12 | -0,05 | -0,24 | -0,02 | 0,47 |
| | <i>p</i> -крит. | 0,169 | 0,494 | 0,782 | 0,159 | 0,919 | 0,003 |
| Мелкая деловая | <i>r</i> | 0,09 | -0,12 | 0,38 | -0,11 | -0,36 | 0,22 |
| | <i>p</i> -крит. | 0,605 | 0,497 | 0,021 | 0,523 | 0,029 | 0,182 |
| Всего деловой | <i>r</i> | -0,38 | -0,02 | -0,37 | 0,01 | 0,48 | 0,58 |
| | <i>p</i> -крит. | 0,022 | 0,916 | 0,026 | 0,936 | 0,003 | 0,000 |
| Дрова | <i>r</i> | 0,24 | 0,01 | 0,03 | -0,08 | -0,12 | -0,37 |
| | <i>p</i> -крит. | 0,154 | 0,960 | 0,846 | 0,618 | 0,495 | 0,026 |
| Ликвид | <i>r</i> | -0,05 | 0,15 | 0,30 | 0,01 | -0,32 | 0,29 |
| | <i>p</i> -крит. | 0,788 | 0,370 | 0,068 | 0,973 | 0,052 | 0,077 |
| Отходы | <i>r</i> | -0,03 | -0,21 | -0,30 | 0,01 | 0,33 | -0,23 |
| | <i>p</i> -крит. | 0,847 | 0,203 | 0,068 | 0,946 | 0,049 | 0,175 |

Примечание. В таблице выделены случаи достоверной корреляции между показателями.

Полученная в результате корреляционная матрица, содержащая величины коэффициентов корреляции (r) между величинами относительных расхождений в объемах деловой древесины различных категорий крупности, а также дров, ликвида и отходов, определенных с помощью сортиментных и товарных таблиц, и таксационными показателями древостоев приведена в табл. 2. Кроме того, здесь приведены значения p -критериев, позволяющих судить о достоверности корреляции между анализируемыми показателями. В случае, если p -критерий $< 0,05$, корреляцию можно считать достоверной с 95%-м уровнем статистической значимости, который применялся также в дисперсионном анализе.

Как видно из приведенных в табл. 2 данных, нет основания для предположения о решающем влиянии, оказываемым одним из рассмотренных таксационных показателей на возникающие расхождения при использовании различных таблиц. Так, для ошибок в определении выхода крупной деловой древесины наблюдается достоверная корреляция со средними высотами и диаметрами, а также количеством стволов на пробной площади; для ошибок в определении выхода средней деловой древесины – с разрядами высот и т. д.

При этом даже в случаях, когда корреляция может быть классифицирована как достоверная, по силе ее можно оценить, исключительно, как среднюю (в случае, когда $0,5 \leq |r| < 0,69$) или умеренную ($0,3 \leq |r| < 0,49$) [Ивантер, Коросов, 1992]. Сильная корреляция между величинами ошибок и таксационными показателями древостоев не была выявлена.

Вместе с тем, достоверная обратная корреляция между ошибками в выходе крупной деловой древесины и средними высотами и диаметрами древостоев позволяет еще раз подтвердить занижение товарными таблицами доли данной категории деловой древесины. В качестве возможного объяснения данной закономерности можно отметить различия в изменчивости высот, представленных для различных ступеней толщины в товарных таблицах и таблицах объемов стволов по разрядам высот. В частности, для ступени толщины 24 в товарных таблицах представлено три возможных варианта высот – 16, 20 и 24 м. Согласно же таблицам объемов стволов по разрядам высот для древостоев ели Ленинградской, Новгородской и Псковской областей Северо-Запада РФ [Мошкалев и др., 1984], высоты для данной ступени толщины варьируют от 14 м – для восьмого разряда высоты до 29 м – для первого. Аналогичная картина наблюдается и для остальных ступеней толщины.

Как следствие, для древостоев 1 и 2-го разрядов высоты товарные таблицы будут систематически завышать, а для 7 и 8-го – занижать выход крупной деловой древесины. Этим же обусловлена выявленная в ходе исследования достоверная корреляция между разрядами высот и ошибками в определении выхода средней деловой древесины, общего объема деловой древесины, а также дров.

Для более подробной оценки достоверности и доли влияния разрядов высот, а также классов товарности на расхождения в выходах древесины различных категорий крупности деловой древесины, а также дров и отходов, в рамках исследования был проведен однофакторный дисперсионный анализ. С этой целью были определены общая C_y^2 , факторная C_x^2 и остаточная C_z^2 суммы квадратов отклонений и на их основании – доли влияния учтенных и неучтенных факторов на величины ошибок, равные соответственно:

$$d_x^2 = \frac{C_x^2}{C_y^2} \cdot 100\% \text{ и } d_z^2 = \frac{C_z^2}{C_y^2} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Для оценки достоверности влияния рассматриваемых факторов так же, как и в предыдущем случае использовался p -критерий.

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа

Results of analysis of variance

| Сортиментная группа | Показатели | | | | | |
|---------------------|------------|----------|----------|--------------|-------------|-------------|
| | C_x^2 | C_z^2 | C_y^2 | p -крит. | $d_x^2, \%$ | $d_z^2, \%$ |
| Класс товарности | | | | | | |
| Крупная деловая | 17878,9 | 519990,0 | 537868,9 | 0,563 | 3,3 | 96,7 |
| Средняя деловая | 15,1 | 5454,8 | 5469,9 | 0,954 | 0,3 | 99,7 |
| Мелкая деловая | 1311,9 | 6129,8 | 7441,7 | 0,037 | 17,6 | 82,4 |
| Всего деловой | 74,5 | 475,0 | 549,5 | 0,084 | 13,6 | 86,4 |
| Дрова | 15472,0 | 772194,0 | 787666,0 | 0,714 | 2,0 | 98,0 |
| Ликвид | 4,9 | 48,0 | 52,8 | 0,193 | 9,2 | 90,8 |
| Отходы | 541,8 | 5122,3 | 5664,1 | 0,180 | 9,6 | 90,4 |
| Разряд высоты | | | | | | |
| Крупная деловая | 91928,9 | 445940,0 | 537868,9 | 0,186 | 17,1 | 82,9 |
| Средняя деловая | 1787,1 | 3682,7 | 5469,9 | 0,011 | 32,7 | 67,3 |
| Мелкая деловая | 505,6 | 6936,1 | 7441,7 | 0,677 | 6,8 | 93,2 |
| Всего деловой | 206,1 | 343,4 | 549,5 | 0,004 | 37,5 | 62,5 |
| Дрова | 152047,0 | 635619,0 | 787666,0 | 0,132 | 19,3 | 80,7 |
| Ликвид | 16,8 | 36,1 | 52,8 | 0,013 | 31,8 | 68,2 |
| Отходы | 1554,1 | 4110,0 | 5664,1 | 0,032 | 27,4 | 72,6 |

Результаты дисперсионного анализа приведены в табл. 3, из которой видно, что класс товарности не оказывает существенного влияния на расхождения в определении выхода древесины различных сортиментных групп, за исключением мелкой деловой древесины.

В то же время для четырех из семи сортиментных групп было выявлено достоверное влияние разряда высот на возникающие при использовании сортиментных и товарных таблиц ошибки. Так, для средней деловой древесины можно указать, что 32,7% ошибок обусловлено данным таксационным показателем. Для общего выхода деловой древесины эта доля составляет 37,5%, для ликвидной древесины – 31,8% и для отходов – 27,4%, что подтверждает высказанное ранее предположение.

Выводы. Проведенный анализ позволил выявить существенные расхождения в результатах определения товарной структуры древостоев ели европейской при использовании сортиментных и товарных таблиц. Для оценки возможного влияния на них таксационных показателей древостоев, были проведены корреляционный и однофакторный дисперсионный анализы, позволившие установить достоверное влияние на возникновение ошибок для некоторых категорий древесины разряда высоты. Можно также предположить, что причиной ошибок является сравнительно малая вариабельность высот, представленных для каждой из ступеней толщины в товарных таблицах, что является предпосылкой для корректировки и расширения последних.

Библиографический список

Анучин Н.П. Сортиментные и товарные таблицы. 6-е изд. М.: Лесн. пром-сть, 1968. 480 с.

Ивантер Э.В., Коросов А.В. Основы биометрии. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского гос. университета, 1992. 164 с.

Моисеенко Ф.П. Сортиментные таблицы для сосны и ели (распространяются на Европейскую часть Союза ССР, кроме районов севера): таблицы. М., 1954. 118 с.

Мошкалева А.Г., Давидов Г.М., Яновский Л.Н. и др. Лесотаксационный справочник по Северо-Западу СССР. Л.: ЛТА, 1984. 320 с.

Третьяков Н.В., Горский П.В. Выявление товарности древостоев сосны и ели на корню. Таблица выхода сортиментов для Ленинградской области: монография. Центральный научно-исследовательский институт лесного хозяйства. Л.: Гослестехиздат, 1934. 183 с.

Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г. Справочник таксатора. Таблицы для таксации: справочное издание. 2-е изд., переработанное. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 458 с.

References

Anuchin N. P. Sortimentnye i tovarnye tablicy. 6-e izd. M.: Lesnaya promyshlennost', 1968. 480 s.

Ivanter E.V., Korosov A.V. Osnovy biometrii. Petrozavodsk, izd-vo Petrozavodskogo gos. universiteta, 1992. 164 s.

Moiseenko F.P. Sortimentnye tablicy dlya sosny i eli (rasprostranyayutsya na Evropejskuyu chast' Soyuza SSR, krome rajonov severa): tablicy. M., 1954. 118 s.

Moshkalev A.G., Davidov G.M., Yanovskij L.N. i dr. Lesotaksacionnyj spravochnik po Severo-Zapadu SSSR. L.: LTA, 1984. 320 s.

Tret'yakov N.V., Gorskij P.V. Vyyavlenie tovarnosti drevostoev sosny i eli na kornyu. Tablica vyhoda sortimentov dlya Leningradskoj oblasti: monografiya. Central'nyj nauchno-issledovatel'skij institut lesnogo hozyajstva. L.: Goslestekhizdat, 1934. 183 s.

Tret'yakov N.V., Gorskij P.V., Samojlovich G.G. Spravochnik taksatora. Tablicy dlya taksacii: spravochnoe izdanie. 2-e izd., pererabotannoe. M.: Lesnaya promyshlennost', 1965. 458 s.

Материал поступил в редакцию 27.02.2020

Никифорчин И.В., Гурьянов М.О., Шулыгина Д.А. Сравнительный анализ способов оценки товарной структуры древостоев ели европейской // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. Вып. 231. С. 19–28. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.231.19-28

В последние годы снизилось качество работ по отводу и таксации лесосек. Существующие и применяемые в таксации методы не обеспечивают необходимую точность конечных результатов, поскольку их использование часто не соответствует требованиям «Наставления по отводу и таксации лесосек». Таким образом, актуальной задачей становится изучение ошибок в определении товарной структуры древостоев и выявление возможных причин их возникновения с целью дальнейшего совершенствования лесотаксационных работ. На основании материалов таксации постоянных пробных площадей ели европейской была выполнена материально-денежная оценка древостоев по сортиментным и товарным таблицам, произведен расчет грубых, систематических и случайных ошибок выхода крупной, средней, мелкой деловой древесины, дров, ликвидной древесины и отходов. Для оценки влияния различных факторов на появление и величину ошибок были выполнены корреляционный и однофакторный дисперсионный анализы. Проведенный анализ позволил установить, что основными показателями, оказывающими влияние на расхождения в выходе сортиментов различных категорий древесины, при использовании товарных и сортиментных таблиц, являются средние высоты

древостоев, а также разряды высот. Это связано с малым числом значений высот, представленных для каждой из ступеней толщины в товарных таблицах. Сортиментные таблицы, в силу большей вариабельности данного таксационного показателя, позволяют более точно определять товарную структуру древостоев. Выявленные закономерности демонстрируют необходимость совершенствования сортиментных и товарных таблиц для уменьшения расхождения получаемых результатов с фактическим выходом сортиментов, что позволит повысить качество лесотаксационных работ.

Ключевые слова: древостои ели, товарная структура древостоев, материально-денежная оценка, сортиментные таблицы, товарные таблицы, ошибки измерений, корреляционный анализ, дисперсионный анализ.

Nikiforchin I.V., Guryanov M.O., Shulygina D.A. Comparative analysis methods of assessment of commodity structure of spruce stands. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2020, is. 231, pp. 19–28 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2020.231.19-28

In recent years, the quality of work on the allocation and taxation of cutting areas has decreased. Existing methods used in the taxation do not provide the required accuracy of results since their application often does not meet the criteria of the “Manual on the allocation and taxation of cutting areas”. Thus, the study of errors in determining the product structure of forest stands as well as identifying possible causes for their occurrence in order to improve forest taxation works becomes an urgent task. Based on the taxation materials of the permanent European spruce plots, material and monetary assessment of the stands was made using assortment and commodity tables, and gross, systematic, and random errors of the output of large, medium, small commercial timber, firewood, liquid wood, and waste were calculated. Correlation analysis and one-way analysis of variance were performed to assess the influence of various factors on the appearance and magnitude of the errors. The analysis made it possible to establish that the main indicators that influence the discrepancies in the output of assortments of different categories of wood, when using commodity and assortment tables, are the average heights of stands, as well as height categories. This is due to the small number of height values presented for each of the thickness steps in the product tables. Assortment tables, due to the greater variability of this taxation indicator, allow you to more accurately determine the product structure of stands. The revealed patterns demonstrate the high need to improve assortment and commodity tables in order to reduce the discrepancy between obtained results and the actual output of assortments, which will improve the quality of forest taxation work.

Keywords: spruce forest stands, the commodity structure of forest stands, material and monetary assessment, assortment tables, product tables, measurement errors, correlation analysis, dispersion analysis.

НИКИФОРЧИН Иван Васильевич – доцент кафедры лесной таксации, лесоустройства и ГИС Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат сельскохозяйственных наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: nikiforchin@mail.ru

NIKIFORCHIN Ivan V. – PhD (Agricultural), associate Professor of the Department of forest inventory, forest management and GIS, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: nikiforchin@mail.ru

ГУРЬЯНОВ Михаил Олегович – доцент кафедры лесной таксации, лесоустройства и ГИС Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 2801-5477.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: m-bear2005@mail.ru

GURYANOV Mikhail O. – PhD (Agricultural), associate Professor of the Department of forest inventory, forest management and GIS, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 2801-5477.

194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: m-bear2005@mail.ru

ШУЛЫГИНА Дарья Алексеевна – бакалавр кафедры лесной таксации, лесоустройства и ГИС Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: dasha0053@icloud.com

SHULYGINA Darya A. – bachelor of the Department of forest inventory, forest management and GIS, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: dasha0053@icloud.com