

ВЛИЯНИЕ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И СОСТАВА НАСАЖДЕНИЙ НА АНАТОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПЛОТНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ И ЕЛИ

Д.А. ДАНИЛОВ, директор ФБГНУ «Ленинградский НИИСХ «Белогорка»», канд. с.-х. наук⁽¹⁾

stown200@mail.ru

⁽¹⁾ ФБГНУ «Ленинградский НИИСХ «Белогорка»

188338, Ленинградская область, Гатчинский район, д. Белогорка, ул. Институтская, д.1

Влияние ухода за лесом на плотность древесины может иметь разнонаправленный характер в зависимости от породы и состава древостоя. Макроскопическое строение древесины, т. е. соотношение зон поздней и ранней древесины, может после таких воздействий меняться также в зависимости от вида ухода: интенсивность рубок, разреживающих древостой и меняющих его состав, внесение удобрений, осушительные мелиоративные мероприятия и т.д. Для сосны и ели на анатомическом уровне строения древесины это находит отражение в изменении количества и размера клеток поздней и ранней древесины в годичном приросте за длительный период после лесохозяйственного воздействия. В чистых и смешанных древостоях сосны плотность древесины увеличивается от меньших к большим по диаметру стволам насаждения. Еловые древостои отличаются большей вариабельностью плотности древесины по ступеням толщины древостоя. В разных лесотипологических условиях в зависимости от состава древостоя и преобладания сосны и ели плотность древесины этих пород может значительно варьировать. Зная тенденцию направленности процесса, можно формировать такими воздействиями к возрасту сплошной рубки древесину с повышенной плотностью. В плантационных культурах интенсивного выращивания сосны и ели, с коротким оборотом рубки, влияние густоты и видов воздействий на ювенильной стадии выращивания и при своевременном разреживании позволяет получать древесину с плотностью не ниже средних показателей для района исследования к возрасту 40 лет. Однако на уровне годичного кольца в составе преобладает ранняя древесина как у ели, так и у сосны за весь период выращивания.

Ключевые слова: плотность древесины сосны и ели, состав насаждения, ранняя и поздняя древесина, рубки ухода и внесение удобрений.

В зависимости от условий произрастания, режима ухода формируется определенный тип структуры древесины у сосны и ели. Различия в строении древесины хвойных пород проявляется в границах тех основных признаков, которые у конкретного вида закреплены генетически. При этом в основном меняются размеры элементов и соотношения тканей. Возникшие соотношения тканей и размер элементов нужны дереву для физиологических проявлений в различных условиях внешней среды [1–5]. Однако изменения в структуре древесины могут быть вызваны необеспеченностью пластическими веществами или необходимостью размещения на меньшей площади определенного количества водопроводящих элементов. В различных по породному составу хвойных древостоях проявляются свои коренные отличия, обусловленные наследственностью и стратегиями роста древесных пород. В разных лесорастительных условиях происходит варьирование базисной плотности древесины, что связано с рядом

факторов, несходных по своему характеру. Поэтому представляется необходимым изучение взаимосвязей условий среды, физиологических и анатомических изменений древесины хвойных пород и лесохозяйственных воздействий на них, приводящих к изменению плотности древесины. Проводя лесохозяйственные ухода за составом насаждения и тем самым изменяя структуру древостоя на количественном уровне (распределение деревьев по ступеням толщины), мы получаем также трансформации на качественном уровне, т. е. на уровне физико-механических свойств древесины, в частности ее плотности. В настоящее время получен обширный материал по изменениям базисной плотности древесины сосны и ели в древостоях, пройденных рубками ухода и комплексным уходом (рубки+удобрения) в чистых и смешанных хвойных насаждениях, в различных типах леса, достигших возраста сплошной рубки. В различных типах леса Гатчинского района Ленинградской области были исследованы заложенные опыты с рубками ухода

и комплексным уходом с различными вариантами разреживаний и внесения удобрений и контролем без ухода. Также исследовались 40-летние плантационные культуры сосны и ели. Результаты исследования показали, что на секциях с комплексным уходом происходит увеличение плотности древесины как в чистых, так и в смешанных древостоях, независимо от типа леса. На секциях только с рубками ухода в чистых насаждениях происходит снижение плотности древесины сосны и в брусничном и в черничном типах леса. В смешанных насаждениях с участием сосны динамика уменьшения плотности древесины после рубок ухода зависит от доли участия сосны независимо от типа условий произрастания. С увеличением ее доли в составе происходит снижение базисной плотности древесины, с уменьшением участия сосны в составе ценоза плотность имеет большие показатели. Реакция ели на рубки и внесение удобрений в кисличных и черничных типах леса в чистых древостоях, как и у сосны, приводит к увеличению плотности древесины. В древостоях кисличного типа леса более интенсивные рубки приводят к более значимому увеличению плотности древесины ели по сравнению с секциями без рубки. Однако наблюдается тенденция увеличения плотности древесины с уменьшением доли ели в составе смешанных с лиственными породами насаждениях. Аналогичная ситуация наблюдается в смешанных сосново-еловых насаждениях, где ель после уменьшения ее доли в составе древостоя увеличивает базисную плотность древесины как при рубках ухода, так и при совместном действии удобрений и рубок. Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ показал для ели статистически значимую зависимость изменений базисной плотности древесины от типа леса ($F_{\phi}=4,73 > F_{st}=2,51$) и состава насаждения ($F_{\phi}=7,18 > F_{st}=2,36$). Влияние организованных факторов, в нашем случае типа леса и состава насаждения, для ели на 56 % определяет изменения базисной плотности древесины в результате применяемых видов ухода за лесом. Для сосны дисперсионный анализ не выявил статистически значимой

зависимости от этих факторов в изменениях базисной плотности древесины на опытных объектах. Под воздействием ухода за лесом происходят количественные и качественные трансформации в древесине, ее плотность изменяется, о чем, в первую очередь, можно судить по содержанию ранней и поздней древесины. Характерной особенностью влияния удобрений на строение древесины, по мнению многих исследователей, является изменение соотношения ранней и поздней древесины. При этом отмечается, что если процент поздней древесины не изменяется, то сохраняется и величина плотности [2, 3, 6]. Комплексный уход (рубки+удобрение) в хвойных древостоях увеличивает среднюю ширину годичного кольца с одновременным увеличением показателей плотности древесины [2, 3, 7–10]. Изменения количества клеток ранней и поздней древесины, а также толщины клеточных оболочек служат наглядным примером степени воздействия ухода на древостой. Вариации этих показателей влияют на величину плотности древесины. Количество клеток ранней и поздней древесины в годичном кольце обусловлено биологией и наследственностью древесной породы. У ели количество клеток в годичном приросте больше, чем у сосны, и комплексный уход хоть и увеличивает их количество, но только до определенной величины. Наше исследование показало положительную тенденцию зависимости плотности древесины от количества клеток в зоне поздней древесины. В исследуемых чистых древостоях эта зависимость выражена более ярко, чем в смешанных. В чистых древостоях у сосны поздняя древесина, по-видимому, формируется из более крупных и толстостенных клеток по сравнению с не затронутым уходом древостоем. На секции с рубкой ухода происходит увеличение числа клеток ранней древесины, что приводит к некоторому снижению плотности древесины. В смешанных древостоях при комплексном уходе у сосны формируется слой поздней древесины из более мелких и тонкостенных клеток, соответственно уменьшается базисная плотность древесины и она оказывается ниже, чем в чистом сосно-

вом насаждении. В чистых еловых древостоях нарастание количества клеток поздней древесины после комплексного ухода сопровождается увеличением базисной плотности древесины по отношению к секциям без ухода. В смешанных древостоях плотность древесины ели выше, так как поздняя древесина, по-видимому, формируется из большего числа более мелких толстостенных клеток. Необходимо отметить, что строение древесины конкретной породы в смешанном древостое зависит от доли ее участия в составе насаждения. Изменения, происходящие в анатомическом строении древесины, можно рассматривать как проявление различных стратегий роста сосны и ели, в особенности при их совместном произрастании. Рассчитанные множественные коэффициенты корреляции плотности древесины с шириной годичного кольца и долей поздней древесины, а также с приростом по площади сечения (абсолютной полнотой) показали, что взаимосвязи с этими показателями тесные. В чистых ельниках увеличение доли поздней древесины не происходит в крупных ступенях толщины, в чистых сосняках увеличение доли поздней древесины происходит по все ступеням толщины насаждения.

В сосново-еловых древостоях происходит увеличение доли древесины у сосны и ели практически по всем ступеням толщины древостоя. В дополнительном приросте после комплексного ухода доля поздней древесины в годичном кольце возрастает: в чистых сосновых древостоях на 3–5 %, ельниках – 5–8 %; в смешанных сосново-еловых при доминировании в составе ели у сосны – 3–8 %, у ели – 3 %, при большем участии в составе насаждения сосны у ели 7–14 %, у сосны 1–2 % по сравнению с вариантами без ухода. В варианте только с рубками ухода у сосны прослеживается значимая взаимосвязь с шириной годичного кольца и долей поздней древесины. У ели базисная плотность коррелирует с шириной годичного кольца и долей поздней древесины как только с рубками ухода, так и с внесением удобрений. В сосново-еловых древостоях

у сосны связь базисной плотности древесины с долей поздней древесины и площадью прироста поперечного сечения еще более тесная, чем в чистом сосновом древостое. У ели также прослеживается более тесная взаимосвязь с шириной годичного кольца и долей поздней древесины, чем в чистом ельнике. Базисная плотность древесины у сосны и ели после комплексного ухода в чистых древостоях повышается на статистически значимом уровне к возрасту сплошной рубки. В смешанных хвойных древостоях на объектах этот показатель зависит от доли участия в составе сосны и ели. При преобладании в составе ели плотность обеих пород несколько снижается. После комплексного ухода происходит формирование базисной плотности древесины в результате изменений, происходящих на уровне анатомии древесины. Ель как в чистых, так и в смешанных хвойных древостоях увеличивает базисную плотность за счет количественного наращивания клеток поздней древесины в годичном приросте. Сосна увеличивает базисную плотность за счет увеличения толщины оболочек и размеров клеток поздней древесины в годичном приросте. На происходящие изменения в анатомическом строении древесины после комплексного ухода в сосново-еловом древостое влияет состав древостоя – доминирование сосны или ели в нем. Показатель варьирования плотности древесины в хвойных древостоях дает представление о степени воздействия ухода на ценоз. В зависимости от породы и состава варьирование плотности в древостоях имеет различные величины [2, 8, 9]. Большая вариабельность плотности по ступеням толщины в чистом сосняке на объекте комплексного ухода ($CV = 11 \div 13 \%$) отличает его от смешанного древостоя ($CV = 2 \div 6 \%$). Это также может служить показателем более сглаженных для сосны конкурентных взаимоотношений на уровне древостоя после комплексного ухода. Для ели вариабельность плотности по ступеням толщины в большей мере проявляется в смешанном древостое ($CV = 5 \div 12 \%$), чем в чистом ($CV = 3 \div 5 \%$).

В исследуемых плантационных культурах (опытный объект СпбНИИЛХа) интенсивное выращивание сосны и ели (1–2 тыс. шт./га) с коротким оборотом рубки позволяет получать древесину с плотностью не ниже средних показателей (ель 380 кг/м³, сосна 409 кг/м³) для района исследования к возрасту 40 лет. Однако на уровне строения годичного кольца древесины в его составе преобладает ранняя древесина как у ели, так и у сосны за весь период выращивания [4]. Исследование зон ранней и поздней древесины на опытных объектах выявило различие в изменениях этих показателей для сосны и ели. Наблюдается тенденция увеличения доли поздней древесины с возрастом в годичном приросте у ели на 5–7 %, у сосны 3–5 %. Средняя ширина годичного слоя для ели составила 2,24 мм, для сосны 1,57–1,93 мм. Коэффициент варьирования доли поздней древесины у ели 44–52 %, доли ранней древесины 20–75 %. У сосны размах коэффициента варьирования доли поздней древесины 28–69 %, ранней древесины 51–63 %. Коэффициенты корреляции базисной плотности древесины показывают для ели обратную значимую связь с показателем ранней древесины ($R = -0,53$) и слабую ($R = 0,25$) с поздней древесиной. С показателем средней ширины годичного слоя также значимую обратную зависимость ($R = -0,52$). Для сосны корреляция базисной плотности древесины с показателями ранней и поздней древесины ($R = -0,59; -0,43$) обратная значимая, как и со средней шириной годичного слоя ($R = -0,55$). По-видимому, на данном этапе роста этих пород количество ранней древесины определяет в большей мере базисную плотность древесины, чем доля поздней древесины. Средняя базисная плотность древесины для культур ели – 417 кг/м³, размах плотности по модельным деревьям 392–457 кг/м³. Для сосновых культур средняя базисная плотность древесины 429 кг/м³, размах варьирования плотности по модельным деревьям 395–488 кг/м³ [4]. Резюмируя результаты исследований, можно отметить, что в разных лесорастительных условиях происходит варьирование базисной плотности древесины,

что связано с рядом факторов, несходных по своему характеру. В различных по породному составу хвойных древостоях проявляются свои коренные отличия, обусловленные наследственностью и стратегиями роста древесных пород в изменении плотности древесины на анатомическом уровне строения годичных колец прироста в зависимости от видов ухода за лесом. Зная направленность процессов изменения плотности древесины сосны и ели от различных видов лесохозяйственных воздействий, можно их регулировать в зависимости от состава древостоя.

Библиографический список

1. Антонов, А.М. О взаимосвязи влияния топографии анатомических элементов на показатели плотности и прочности древесины / А.М. Антонов, Д.Ю. Коновалов, Д.Е. Чалых и др. // Известия Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии. – 2010. – № 190. – С. 25–34.
2. Данилов, Д.А., Скупченко В.Б. Изменения в строении древесины сосны и ели на анатомическом уровне в древостоях, пройденных рубками ухода, и комплексным уходом / Д.А. Данилов, В.Б. Скупченко // ИВУЗ «Лесной журнал». – 2014. – № 5. – С. 70–88.
3. Данилов, Д.А. Влияние комплексного ухода за лесом на плотность древесины в хвойных древостоях / Д.А. Данилов, В.П. Царенко, В.Б. Скупченко // Известия СПб-ГАУ. – 2013. – №30. – С. 48–53.
4. Данилов, Д.А., Степаненко С.М. Строение и плотность древесины ели и сосны в плантационных культурах Ленинградской области / Д.А. Данилов, С.М. Степаненко // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2013. – № 204. – С. 35–45.
5. Корчагов, С.А. Повышение качественной продуктивности насаждений на лесоводственной основе: автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук / С.А. Корчагов. – Архангельск, 2010. – 42 с.
6. Полубояринов, О.И. Плотность древесины / О.И. Полубояринов. – М.: Лесная пром-сть, 1976. – 259 с.
7. Смирнов, А.А. Влияние комплексного ухода на форму ствола и плотность древесины / А.А. Смирнов // Строение, свойства и качество древесины-2004. Труды IV Международного симпозиума I том. – СПб.: ЛТА, 2004. – С. 131–133.
8. Степаненко, И.И. Лесоводственные основы целевого выращивания сосновых насаждений в подзоне южной тайги европейской части России: автореф. дисс. ...д-ра с.-х. наук / И.И. Степаненко. – Архангельск: АГТУ, 2009. – 44 с.
9. Tuula Jyske The effects of thinning and fertilisation on wood and tracheid properties of Norway spruce (*Picea abies*) – the results of long-term experiments / Tuula Jyske // Department of Forest Resource Management, Faculty of Agriculture and Forestry University of Helsinki, Academic dissertation 2008. – 59 p.
10. Nutrition of trees. Lectures given at the 1989 Marcus Wallenberg Symposium in Falun, Sweden, on September 14, 1989. – 85p

THE EFFECT OF SILVICULTURAL INFLUENCES AND FOREST STAND
STRUCTURE ON ANATOMIC INDICATORS AND DENSITY OF PINE AND SPRUCE WOOD

Danilov D.A., Leningrad Scientific Research Institute of Agriculture «Belogorka», Ph.D. (Agriculture)⁽¹⁾

stow200@mail.ru

⁽¹⁾ Leningrad Scientific Research Institute of Agriculture «Belogorka»,
188338, Leningrad region, Gatchina district, vill. Belogorka, Institutskaya b.1 Russia

The impact of stand care on the wood density can be different depending on the breed and stand composition. The macroscopic structure of wood, i.e., the ratio of the areas of late and early wood may vary after such impacts, depending on the type of stand care: the intensity of logging a stand and changing its composition, fertilizing, drainage reclamation activities, etc. For pine and spruce on the anatomical level of the wood structure it results in the change of the number and size of both late and early wood cells in the annual growth over a long period after certain forest impacts. In pure and mixed stands of pine the wood density increases from the smallest values to the largest ones depending on the trunk diameter within plantations. Spruce stands show more variability of wood density depending on the thickness of the stand. In different forest typology conditions depending on the composition of the forest stand and the predominance of either pine or spruce the wood density of these species can vary greatly. If one knows the tendency of the process orientation it is possible to form commercial wood with high density by using such impacts up to the age of clear cutting. In plantation crops of intensive cultivation of pine and spruce with a short turnover both the stand density and species composition impacts on juvenile stages of a stand cultivation with timely applied thinning allows to get the wood with a density of not lower than the average one for the area under study by the age of 40 years. However, at the annual ring level the early wood prevails in both spruce and pine wood during the entire period of cultivation.

Keywords: pine and spruce wood density, the plantation composition, early and late wood, thinning and fertilization application.

References

1. Antonov A.M., Kononov D.Yu., Chalykh D.E., Korchagov S.A. *O vzaimosvyazi vliyaniya topografii anatomicheskikh elementov na pokazateli plotnosti i prochnosti drevesiny* [On the relationship of the influence of the topography of the anatomical elements on the indices of density and strength of wood] S-Pb: Izvestiya Sankt-Peterburgskoy Gosudarstvennoy Lesotekhnicheskoy Akademii [S-Pb. Izvestia Saint-Petersburg State Forest Technical Academy] №190. 2010 – S.25-34.
2. Danilov D.A., Skupchenko V.B. *Izmeneniya v stroenii drevesiny sosny i eli na anatomicheskom urovne v drevostoyakh proydennykh rubkami ukhoda i kompleksnym ukhodom* [Changes in the structure of pine and spruce at the anatomic level in the stands passed by the thinning operations and comprehensive care]. Arkhangel'sk: SAFU im. Lomonosova, IVUZ Lesnoy zhurnal [Forest journal], 2014, № 5. pp.70-88.
3. Danilov D.A., Tsarenko V.P., Skupchenko V.B. *Vliyanie kompleksnogo ukhoda za lesom na plotnost' drevesiny v khvoynykh drevostoyakh* [Effect of integrated care for wood on wood density in coniferous stands]. *Izvestiya SPBGU* [Izvestia of Saint-Petersburg State Agriculture University] №30. 2013. pp. 48-53.
4. Danilov D.A., Stepanenko S.M. *Stroenie i plotnost' drevesiny eli i sosny v plantatsionnykh kul'turakh Leningradskoy oblasti* [Structure and density of wood of spruce and pine in forest plantation of the Leningrad region] *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy Lesotekhnicheskoy Akademii*. № 204. 2013. pp. 35-45.
5. Korchagov S.A. *Povyshenie kachestvennoy produktivnosti nasazhdeniy na lesovodstvennoy osnove: diss. ... kand. s.-kh. nauk* [Improving quality and productivity of plantation forestry on the basis of: author. Diss. ...candidate. of agricultural Sciences]. Arkhangel'sk, 2010. 42 p.
6. Poluboyarinov O.I. *Plotnost' drevesiny* [Density of wood]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Timber industry], 1976. 259 p.
7. Smirnov A.A. *Vliyanie kompleksnogo ukhoda na formu stvola i plotnost' drevesiny* [Effect of comprehensive care on the shape of the trunk and density of wood]. *Stroenie, svoystva i kachestvo drevesiny-2004. Trudy IV Mezhdunarodnogo simpoziuma I tom* [Proceedings of the IV International Symposium volume I]. Sankt-Peterburg: LTA, 2004. pp. 131-133.
8. Stepanenko I.I. *Lesovodstvennye osnovy tselevogo vyrashchivaniya sosnovykh nasazhdeniy v podzone yuzhnoy taygi evropeyskoy chasti Rossii: diss. ...d-ra c.-kh. nauk* [Silvicultural basics of growing target pine stands in subzone of southern taiga in the European part of Russia: Diss. ...d-r c.-agricultural science.]. Arkhangel'sk, 2009. AGTU. 44 p.
9. Tuula Jyske The effects of thinning and fertilisation on wood and tracheid properties of Norway spruce (*Picea abies*) – the results of long-term experiments Tuula Jyske Department of Forest Resource Management, Faculty of Agriculture and Forestry University of Helsinki, Academic dissertation 2008. 59 p.
10. Nutrition of trees. Lectures given at the 1989 Marcus Wallenberg Symposium in Falun, Sweden, on September 14, 1989. 85 p.