2. Базисная плотность древесины испытательных культур разноплоидных гибридов тополя белого возраста 28 лет имеет показатели несколько выше справочных значений для данной породы тополя, произрастающей в Центральном районе Европейской части РФ. Причем, наилучшими показателями базисной плотности обладают клоны 65/81; 143/82; 184/82 и 136/82. Их значения превышают справочные в среднем на 14–8 %. Повышенные по сравнению со справочными данными показатели плотности свидетельствуют о том, что древесина экспериментальных клонов тополя белого имеет улучшенное качество.
3. Для древесины испытательных культур осины 13-летнего возраста полученные показатели плотности оказались несколько ниже справочных (в среднем на 12 %). Объяснение причины пониженной плотности у 13-летней древесины осины можно дать на основе физиологии и генетики древесных растений этой группы. Известно, что у осины только в возрасте 20–25 лет формируется относительно плотная древесина, затем эти показатели начинают снижаться в течение 15–20 лет. А уже в возрасте 60–70 лет плотность древесины осины достигает своего максимального значения.

Следовательно, пониженные показатели плотности испытательных культур осины обусловлены их малым возрастом.

Наши исследования структурных характеристик древесины показали, что длина древесинных волокон у тополя белого превосходит диаметр в 42–63 раза. Лучшей по этим показателям оказалась древесина клонов 65/81 (триплоидные) и 184/82 (диплоидный): древесинные волокна у них более длинные (1,35 ± 0,19) мм и (1,33 ± 0,21) мм соответственно; максимум 1.85 мм у клона 65/81) и тонкие (29,5 ± 0,12) мкм и (27,6 ± 0,17) мкм соответственно), что свидетельствует об их пригодности для бумажного производства. Из исследованных клонов гнилеустойчивых биотипов осины лучшими по структурным характеристикам оказалась группа клонов 15/01: длина волокна (1,32 ± 0,18) мм (максимум 1,78 мм у клона 15/01) при среднем диаметре волокна (31,2 ± 0,11) мкм (по данным Б.Н. Уголева: у древесины тополя диапазон длины волокна 0,7–1,6 мм; у осины – 0,55–1,6 мм).

Таким образом, изучение показателей качества древесины показало, что наибольший интерес для практического использования представляют клоны 65/81 и 184/82 тополя белого и клон 15/01 осины.

УДК 630*812

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТА ПАМЯТИ ФОРМЫ МИКОЛОГИЧЕСКИ РАЗРУШЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Г.А. Горбачева, канд. техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВПО МГУЛ, г. Мытищи, РФ
gorbacheva@mgul.ac.ru
Б.Н. Уголев, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО МГУЛ, г. Мытищи, РФ
ugolev@mgul.ac.ru
В.Г. Санаев, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО МГУЛ, г. Мытищи, РФ
rector@mgul.ac.ru
М.В. Тарасов, студент, ФГБОУ ВПО МГУЛ, г. Мытищи, РФ
m-v-tarasov@mail.ru
Д.В. Смирнов, студент, ФГБОУ ВПО МГУЛ, г. Мытищи, РФ
luxsor96@mail.ru
А.И. Морозова, студент, ФГБОУ ВПО МГУЛ, г. Мытищи, РФ
alenzenina@gmail.com

В статье приводятся результаты экспериментального исследования эффекта памяти формы микологически разрушенной и нативной древесины. Показано влияние изменения компонентного состава древесины на показатели эффекта памяти формы древесины.

Эффект памяти формы является доминантным признаком древесины как природного умного материала. Ранее нами были проведены экспериментальные исследования деформационных превращений, визуализация, квантификация данного феномена при различных предысториях деформирования [3,5–8,12]. Используя положения модели гигро(термо)-механических деформаций древесины и показатели для описания эффекта памяти формы в полимерах [8, 10, 11], были получены выражения для расчета показателей эффекта памяти формы при изменении температуры или влажности нагруженной древесины.

Величина доли обратимых деформаций R_r, отражающая способность восстанавливать постоянную форму, определяется следующим образом:

$$R_r = \frac{\varepsilon_{evp} - \varepsilon_p}{\varepsilon_{evp}}, \quad (1)$$

где ε_{evp} – величина общей гигро(термо)-механической деформации;

ε_p – остаточные пластические деформации $\varepsilon_r = \varepsilon_c = \varepsilon_p$.

Доля фиксированных (сет) деформаций R_f, которая показывает способность запоминать временную форму, вычисляется по формуле:

$$\frac{\quad}{\quad}. \qquad (2)$$

Эффект памяти формы обусловлен изменениями в структуре древесины. Проведенные экспериментальные исследования методами ИК-спектроскопии (совместно с ИФТТ РАН [6]) и термомеханической спектрометрии (совместно с ИПХФ РАН [8]) показали изменения в аморфных областях целлюлозы, системе водородных связей, трансформацию топологической структуры древесины при переходе от временной формы к постоянной. В работе [9] высказано предположение, что гемицеллюлозы отвечают за механизм фиксации формы (R_f), а лигнин – восстановления формы (R_r).

Известно, что микологическое разрушение древесины является следствием изменения ее компонентного состава. Проведение экспериментальных исследований на образцах древесины, пораженных гнилью, позволяет выявить влияние содержания целлюлозы, гемицеллюлоз и лигнина на деформационное поведение древесины и показатели эффекта памяти.

Различают два типа гниения – коррозионный и деструктивный. В первом случае древесина приобретает характерную ячеистую структуру, при этом уменьшается содержание лигнина, количество же целлюлозы почти не меняется. При деструктивном типе гниения происходит равномерное растворение стенок клеток без образования в них крупных отверстий, она распадается на отдельные призматические кусочки; относительное содержание лигнина возрастает за счет уменьшения количества целлюлозы.

Опубликованные результаты исследований химического состава часто невозможно сопоставить из-за различий в способах выделения и определения компонентов древесинного вещества, природной изменчивости, кроме того, также влияет и стадия гниения (табл.).

Таблица

Компонентный состав нативной и подверженной микологическому воздействию древесины

Источник	Бурая трещиноватая гниль			Белая волокнистая гниль			Пестрая ситовая гниль			Нативная древесина		
	Ц	ГЦ	ЛГН	Ц	ГЦ	ЛГН	Ц	ГЦ	ЛГН	Ц	ГЦ	ЛГН
Г.Н. Кононов [4]	22	34,8	40,25	48	42,4	8						
С.И. Ванин [2]	44–7,8	7,3–5,8	24,6–56,58				48,2–55,2	9,2–7,1	22,18–15,10	56	9	23,55
В.И. Азаров, Г.Н. Кононов, Н.Л. Горячев [1]	31	38,09	37,98	49,4	24,06	18	45,28	25,34	21,56	41	29,70	18,16

Для исследования деформационных превращений и показателей эффекта памяти формы разработанная ранее методика испытаний на изгиб была адаптирована для древесины, пораженной гнилью, в частности были уменьшены размеры образцов (90×2×2 мм, L×T×R) [8]. Использовались образцы строганого шпона из древесины бука (маркировка – НБ) и сосны (НС), образцы пестрой ситовой гнили (ПСГ), бурой трещиноватой гнили (БТГ). Температура изменялась в пределах 0–100 ºС, влажность 0–150 %.

На рис. 1 представлены результаты экспериментов по определению доли фиксированных деформаций R_f для нативной и пораженной гнилью древесины. Величина показателя R_f не зависимо от породы и вида гнили имеет довольно высокие значения (0,82–0,97). Данные обстоятельства объясняются тем, что сет-деформация, определяющая величину показателя R_f имеет двухкомпонентный состав (2), она зависит от величины квази-остаточной замороженной и необратимой пластической деформации. При изменении температуры эта разница выражена несколько больше (рис. 2).

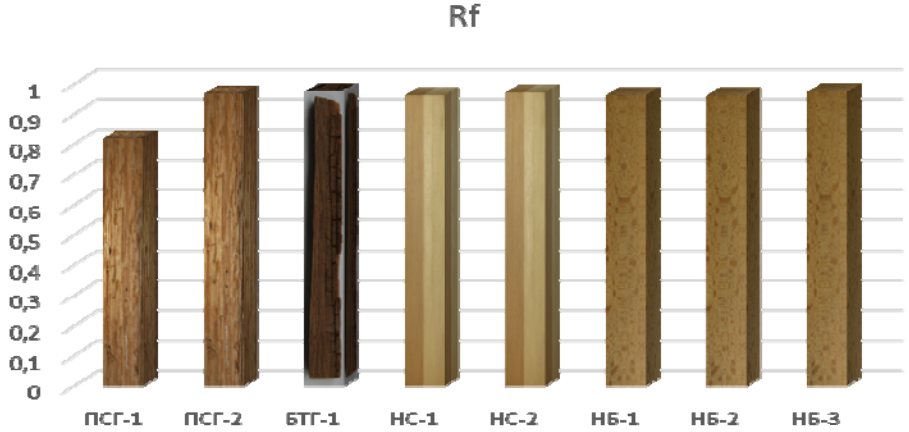

Рис. 1. Доля фиксированных деформаций Rf при изменении влажности для образцов нативной и пораженной гнилью древесины

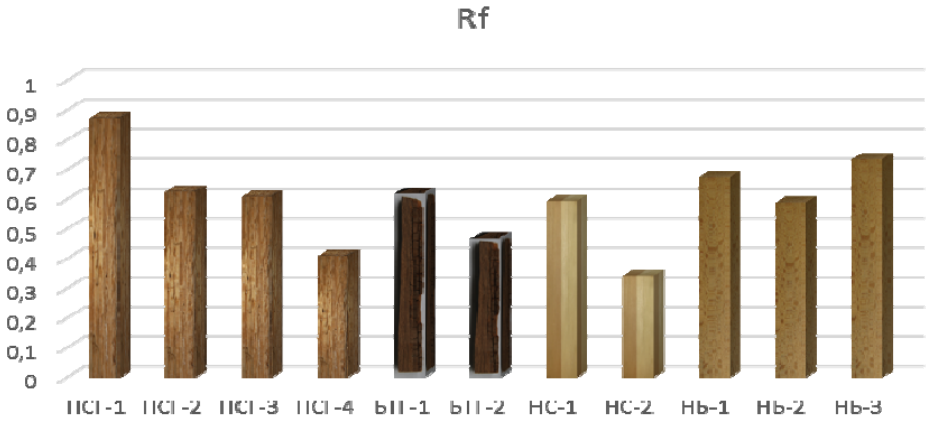

Рис. 2. Доля фиксированных деформаций Rf при изменении температуры для образцов нативной и пораженной гнилью древесины

На величину показателя R_r, отражающего долю обратимых деформаций, влияет величина упруго-эластической деформации древесины и замороженные деформации. Различия в показателе R_r более заметны при изменении влажности (рис. 3). Доля обратимых деформаций при изменении влажности и температуры для микологически разрушенной древесины несколько больше, чем для нативной, несмотря на уменьшение содержания лигнина для образца пестрой ситовой гнили и увеличение содержания для бурой трещиноватой гнили. На рис. 4 показаны формы образцов после восстановления. Образец пестрой ситовой гнили восстановился больше, несмотря на снижение содержания лигнина.

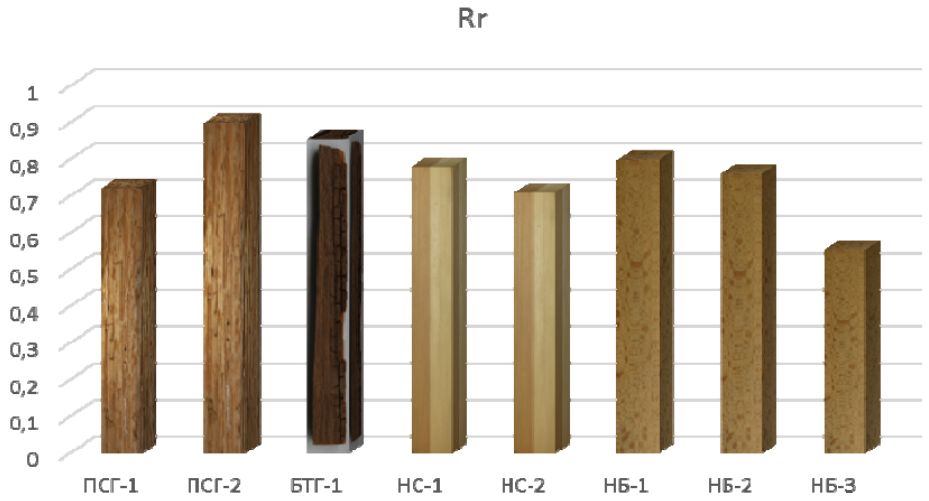

Рис. 3. Величина показателя доли обратимых деформаций Rr при изменении влажности для образцов нативной и пораженной гнилью древесины

Рис. 4. Формы после восстановления образцов пестрой ситовой гнили и здоровой древесины (бук)

Таким образом, получены значения показателей эффекта памяти формы для нативной и микологически разрушенной древесины. Величина показателя Rr – доли обратимых деформаций, отражающего способность восстанавливать постоянную форму, в большей мере зависит от изменения компонентного состава древесины. Результаты работы относятся к области фундаментального древесиноведения и могут быть использованы при разработке новых нано-биокомпозитных материалов на основе древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
1. Азаров В.И., Кононов Г.Н., Горячев Н.Л. Изучение компонентного состава микологически разрушенной древесины //Научные труды МГУЛ, вып. 358 «Технология и оборудование для переработки древесины». – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. – С. 126–131.
2. Ванин С.И. Древесиноведение. – Л.: Гослестехиздат, 1940. – 460 с.
3. Горбачева Г.А. Деформационные превращения древесины при изменении нагрузки, влажности и температуры: дис. … канд. техн. наук / МГУЛ. – М., 2004. – 198 с.
4. Кононов Г.Н. Химия древесины и ее основных компонентов. – М.:МГУЛ, 2002. – 259 с.
5. Санаев В.Г., Уголев Б.Н., Галкин В.П., Калинина А.А., Аксенов П.А. Изменение усушки древесины при развитии сушильных напряжений // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2015. – Т. 19. – № 1. – С. 54–58.
6. Уголев Б.Н., Галкин В.П., Горбачева Г.А., Баженов А.В. Влажностные и силовые деформации древесины // Материалы всероссийской конференции «Дендроэкология и лесоведение». – Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2007. – С. 163–165.
7. Уголев Б.Н. Нанотехнологии и наноматериалы в лесном комплексе: монография. – М.: МГУЛ, 2011. – 221 с.
8. Gorbacheva, G.A., Olkhov, Yu.A., Ugolev, B.N., Belkovskiy S.Yu. Research of Molecular-Topological Structure at Shape-Memory Effect of Wood. Proceedings 57th International Convention of SWST «Sustainable Resources and Technology for Forest Products», 2014, Zvolen, Slovakia, 187-195.
9. Jakes, J. E., Nayomi, N., Zelinka, S., Stone, D. Water-activated, Shape Memory Twist Effect in Wood Slivers as an Inspiration for Biomimetic Smart Materials// Proceedings 2012 International Conference on Nanotechnology for Renewable Materials, Quebec, Canada.
10. Lendlein, A., Kelch, S. Shape-Memory Polymers. Reviews. Angew. Chem. Int. Ed. 2002, 41, 2034 – 2057.
11. Ugolev, B. N. Wood Drying Strains//Proc. 9th Inter. IUFRO Wood Drying Conference. – Nanjing, China, 2005: 13 – 23.
12. Ugolev, B.N. Wood as a natural smart material// Wood Science and Technology. – 2014. – 48(3): 553-568.

УДК 630.232 + 630.811

ПЛОТНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ И СОСНЫ В КИСЛИЧНОМ ТИПЕ ЛЕСА

Д.А. Данилов, канд. сельхоз. наук, заместитель директора по научной работе,
ФГБНУ Ленинградский НИИСХ «БЕЛОГОРКА» Ленинградская область, РФ
lennish@mail.ru
Д.А. Зайцев, аспирант, ФГБОУ ВПО СПб ГЛТУ им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, РФ
disoks@gmail.com

В статье рассматривается влияние состава древостоя и рубок ухода, а также макростроения ксилемы на показатели плотности древесины ели и сосны.

Хвойные разреженные древостои ели и сосны могут формировать к возрасту сплошной рубки не только различный запас насаждения, но и древесную фитомассу. Плотность древесины является качественным показателем, отражающем успешность произрастания и накопления массовых показателей древесины. В Северо-Западном регионе ель может увеличивать плотность древесины до 120–140 лет, а показатели плотности древесины сосны стабилизируются к 100 годам (Полубояринов, 1976). Проводя лесохозяйственные уходы за составом хвойного 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, её плотности. От направленности этих процессов зависят снижение или рост плотности древесины. С биологической точки зрения необходимо знать, что происходит в результате вмешательства в лесные ценозы: увеличение стволовой фитомассы или уменьшение, и какие показатели макростроения ксилемы влияют на изменения плотности древесины.

Целью проведённого исследования являлось выявление закономерностей формирования плотности древесины хвойных древостоев кисличного типа леса под воздействием регулярных рубок ухода разной интенсивности. Объектами исследования являлись постоянные пробные площади (ППП), заложенные в 1929 г. научным сотрудником А.В. Давыдовым и лесничим З.Я. Солнцевым по методике, подготовленной проф. В.В. Гуманом, на территории опытного лесного хозяйства «Сиверский лес» в Карташевском участковом лесничестве Ленинградской области (серии ПП-1, 2, 6 и 7). Поверхность местности Карташевского лесничества на постоянных пробных площадях сложена четвертичными отложениями, покоящимися на породах, принадлежащих к девонской системе. Почвы на опытных объектах модергумусовые, слабоподзолистые легкие суглинки, подстилаемые красным валунным суглинком, хорошо дренированные. Характеристики объектов исследования по данным последней таксации (2009, 2010 и 2012 гг.) показаны в табл. 1. Отбор образцов древесины проводился из наиболее пред-