

УДК 630*81

С.Г. Елисеев, В.Н. Ермолин

Сибирский государственный технологический университет

Елисеев Сергей Геннадьевич родился в 1983 г., окончил в 2006 г. Сибирский государственный технологический университет, старший преподаватель кафедры технологии композиционных материалов и древесиноведения СибГТУ. Имеет 10 печатных трудов в области древесиноведения.
E-mail: S-555S@yandex.ru



СВОЙСТВА ВОДОСЛОЙНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ

Исследованы физические, механические свойства и анатомическое строение водослойной древесины осины. Выявлены существенные различия свойств водослойной древесины по сравнению с нормальной.

Ключевые слова: древесина, водослойная древесина, осина, микростроение древесины, свойства древесины.

Водослой – один из распространенных пороков древесины, относящийся по классификации к патологическим окраскам. Он отличается от рядом расположенной нормальной древесины аномально высокой влажностью. Как показала практика, при переработке такой древесины возникает ряд проблем, решение которых затруднено малой изученностью данного порока. Водослойная древесина встречается, как у хвойных, так и у лиственных пород. Из лиственных пород наиболее часто подвержена этому осина. Встречаются осиновые древостои со 100 %-м присутствием водослойного ядра [1].

О причинах возникновения водослойной древесины нет единого мнения. Исследования американских видов тополей и ильмов показали [10–13], что водослой вызван деятельностью бактерий родов *Clostridium* или *Methanobacterium*. В нашей стране бактериальная природа водослоя не нашла своего подтверждения. Выдвинуты лишь гипотезы, что причиной его возникновения является деятельность грибов [4], физиологический механизм всасывания чрезмерного количества воды корнями [2, 6], проникновение внутрь ствола дождевой воды через незаросшие сучки [3, 9]. Но ни одна из этих гипотез не подтверждена экспериментально.

Свойства водослойной древесины осины изучены недостаточно, имеются лишь единичные работы [2, 4, 6], в которых отмечено, что по некоторым свойствам она существенно отличается от рядом расположенной здоровой древесины. Цель наших исследований – всестороннее изучение свойств древесины водослоя.

Результаты исследований физических и механических свойств древесины осины приведены в таблице.

Как видно из таблицы, влажность водослойной древесины отличается от рядом расположенной нормальной более чем в 2 раза. Различия в базисной плотности водослойной древесины и нормальной не существенны и укладываются в вариацию плотности древесины по радиусу ствола [5]. Усушка водослоя значительно превышает этот показатель для нормальной древесины по всем направлениям, достигая наибольших различий (в 2,4 раза) в радиальном. Для предела прочности при сжатии вдоль волокон различия несущественны. Предел прочности при скалывании вдоль волокон водослойной древесины на 35,7 % ниже, чем у нормальной.

Показатели физико-механических свойств древесины осины

Показатель	Статистические характеристики		
	Среднее значение	Точность опыта, %	Различие, %
Влажность в свежесрубленном состоянии, %	107,30/226,40	0,34/1,50	111,0
Базисная плотность, кг/м ³	319,90/301,80	1,04/0,30	6,0
Усушка:			
радиальная	3,56/8,40	1,41/2,50	136,0
тангенциальная	6,38/13,71	1,72/2,63	114,9
объемная	9,72/21,06	1,24/1,57	116,7
Предел прочности при сжатии вдоль волокон, МПа	35,50/34,10	0,79/0,53	4,1
Предел прочности при скалывании вдоль волокон, МПа	5,70/4,20	0,56/4,52	35,7

Примечание. В числителе приведены данные для нормальной древесины, в знаменателе – для водослойной.

Практический опыт показывает, что древесина водослая высыхает гораздо медленнее нормальной, поэтому было решено определить как изменяется гигроскопичность и высыхание древесины водослая.

В ходе исследований гигроскопичности (рис. 1) установлено, что адсорбционная способность водослойной древесины несколько больше нормальной, но различия не существенны и находятся в пределах 6 %.

Для исследования динамики высыхания водослойной древесины осины и рядом расположенной нормальной древесины изготавливали образцы размерами 50×100×150 мм (соответственно ширина×высота×длина), торцы которых изолировали от действия влаги. Затем их помещали в сушильную камеру и сушили в одинаковых условиях при температуре 60 °С. Результаты этого эксперимента приведены на рис. 2.

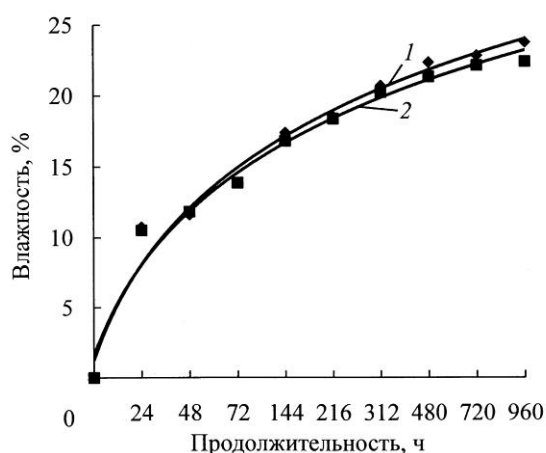


Рис. 1. Динамика влагопоглощения древесины осины: 1 – водослойной ($y = 9,8853 \times \ln(x) + 1,2348$; $R^2 = 0,9781$); 2 – нормальной ($y = 9,4041 \ln(x) + 1,5357$; $R^2 = 0,9777$)

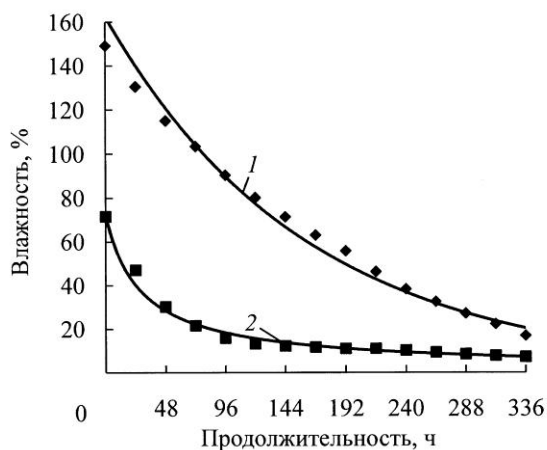


Рис. 2. Динамика снижения влажности древесины осины: 1 – водослойной ($y = 182,630e^{-0,1423x}$; $R^2 = 0,9906$); 2 – нормальной ($y = 72,485x^{-0,8545}$; $R^2 = 0,9793$)

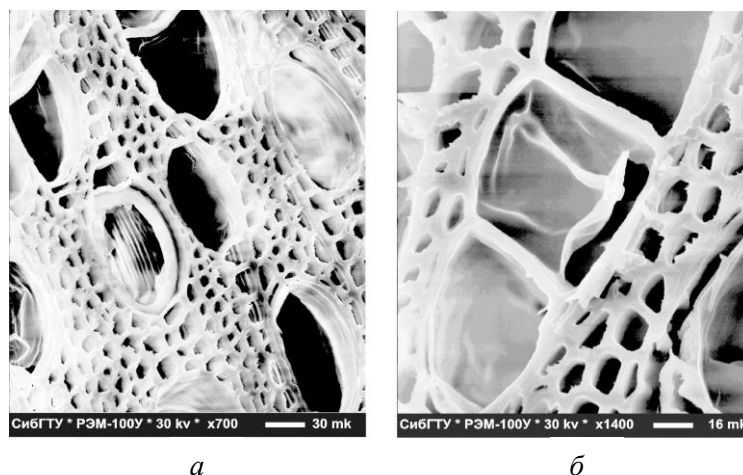


Рис. 3 Микросрезы водослойной древесины осины, полученные с помощью электронного микроскопа при различном увеличении: *а* – $\times 700$; *б* – $\times 1400$

Как показали исследования, характер изменения влажности водослойной древесины существенно отличается от нормальной. Скорость сушки образцов водослойной древесины в течение всего процесса практически одинакова в отличие от нормальной, у которой первоначально скорость сушки имеет высокие значения, а затем быстро снижается. По-видимому, замедление процесса высыхания водослойной древесины обусловлено затруднением переноса свободной воды, вызванным анатомическими изменениями в древесине водослоя. Перенос влаги в водослойной древесине происходит только за счет диффузии связанной воды через клеточную стенку. Поскольку для переноса свободной влаги необходима система взаимосвязанных макрокапилляров, которыми в здоровой древесине являются межклеточные поры. Из чего следует, что в водослойной древесине происходит закупорка межклеточных пор. Этим, собственно, и объясняется то, что в растущем дереве не происходит перераспределения воды из водослоя в здоровую древесину. В связи с этим присутствие участков водослойной древесины в пиломатериалах существенно увеличивает длительность процесса сушки и разброс значений конечной влажности высушенных пиломатериалов в партии.

Для выявления отклонений анатомического строения водослойной древесины от нормального нами были проведены микроскопические исследования с помощью светового микроскопа МБИ-6, которые не позволили выявить существенных различий в строении водослойной и рядом расположенной нормальной древесины. Для более детального изучения анатомического строения водослоя были проведены эксперименты при больших увеличениях с помощью электронного микроскопа РЭМ-100У. Результаты показали (рис. 3), что во всех водослойных образцах наблюдаются анатомические отклонения, которые невозможно было наблюдать в световом микроскопе. Нарушения строения древесины проявлялись в частичном или полном отслоении внутренней оболочки клеточной стенки сосудов от среднего слоя. В образцах расположенной рядом нормальной древесины подобные нарушения строения не встречались. Обнаруженные нами в водослое отклонения от нормального строения, по-видимому, и являются причиной ухудшения физических и механических свойств древесины осины.

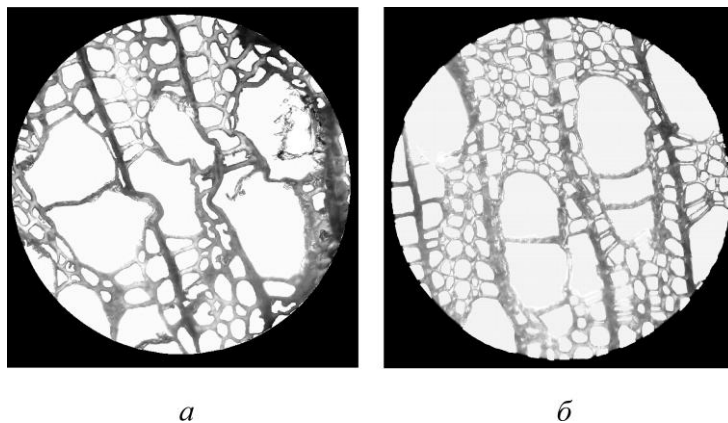


Рис. 4 Микросрезы древесины осины после высушивания: *а* – водослойной; *б* – нормальной

При высушивании образцов водослойной древесины установлено, что они сильно деформируются, в них образуются отлупные трещины и трещины усушки. Усушка водослойной древесины даже визуально значительно превосходит усушку нормальной. Для изучения причин повышенной усушки водослойной древесины с помощью микроскопа нами были исследованы высушенные образцы водослойной и рядом расположенной нормальной древесины.

Микроскопические исследования показали (рис. 4, *а*), что анатомическое строение древесины водослоя существенно нарушено. Клеточные стенки крупных сосудов значительно деформированы, за счет этого полости сосудов стали заметно меньше. Сердцевинные лучи, к которым сосуды прилегают с двух сторон, также имеют сильные деформации, поскольку при малой механической прочности изгибаются вместе с прилегающими клеточными стенками сосудов. Волокна либриформа на всех срезах без заметных деформаций, что объясняется большей механической прочностью их клеточных стенок. На контрольных срезах рядом расположенной нормальной древесины подобных деформаций клеточных стенок не отмечено (рис. 4, *б*). Полученные экспериментальные данные дают основание предположить, что высокая усушка водослойной древесины обусловлена явлением коллапса (сжатия полостей клеток [7]). Механизм этого явления обусловлен тем, что клеточные стенки проницаемы только для полярных молекул воды и непроницаемы для неполярных молекул воздуха [8]. Как мы уже отмечали, перенос свободной влаги через межклеточные поры в водослойной древесине затруднен, поэтому влага из полостей удаляется за счет диффузии через клеточные стенки, но при этом воздух в полости клеток не поступает, что снижает давление в полости клеток и приводит к их деформации. Исходя из вышесказанного, древесину, содержащую водослой, следует отбраковывать и не подвергать камерной сушке, поскольку при высыхании водослойные участки изменяют геометрию и целостность изделий из нее за счет повышенной усушки и образования трещин.

Выводы

1. Водослой существенно отличается от рядом расположенной нормальной древесины ухудшенными показателями физико-механических свойств.

2. Низкая скорость высыхания водослойной древесины обусловлена затруднением переноса свободной влаги через межклеточные поры, вследствие чего перенос жидкости происходит за счет диффузии через клеточную стенку.

3. Наличие участков водослойной древесины увеличивает продолжительность процесса сушки и разброс значений конечной влажности пиломатериалов.

4. Причиной ухудшения физических и механических свойств водослойной древесины является нарушение структуры клеточной стенки сосудов, проявляющееся в ее расслоении.

5. Увеличение усушки водослойной древесины по сравнению с нормальной – следствие коллапса древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вакин А.Т., Полубояринов О.И., Соловьев В.А. Пороки древесины. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 112 с.
2. Дышловая В.Д., Поцелуйко А.П. Водослой в древесине // Науч. тр. / ЦНИИМОД. Архангельск, 1971. Вып. 26. С. 129–133.
3. Костылев А.С. Организация хозяйств и лесоводственно-технические мероприятия по выращиванию высокотоварной осины из естественных молодняков. Л.: Изд-во ЛенНИИЛХ, 1973. 42 с.
4. Полубояринов О.И. О природе и некоторых свойствах серого (водослойного) ядра осины // Науч. тр. / ЛТА. Л., 1963. № 102. С. 37–44.
5. Полубояринов О.И. Плотность древесины. М.: Лесн. пром-ть, 1976. 160 с.
6. Поцелуйко А.П. Свойства водослойной древесины сосны и ели // Науч. тр. / ЦНИИМОД. Архангельск, 1971. Вып. 26. С. 134–137.
7. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1986. 368 с.
8. Чудинов Б.С. Вода в древесине. Новосибирск: Наука, 1984. 272 с.
9. Etheridge D.E., Morin L.A. Wetwood formation in balsam fir // Canadian Journal of Botany. 1962. Vol. 40. P. 1335–1345.
10. Hartley C., Davidson R.W., Crandall B.S. Wetwood, bacteria, and increased pH in trees // U.S. Forest Products Laboratory. 1961. N. 2215. P. 35.
11. Rossell S.E., Aboot E.G.M., Levy J.F. Bacteria and wood. A review of the literature relating to the presence, action, and interaction of bacteria in Wood // Journal Institute Wood Science. 1973. Vol. 6/2/. N. 32. P. 28–36.
12. Sachs I.B., Ward J.C., Kinney R.E. Scanning electron microscopy of bacterial wetwood and normal heartwood in poplar trees // Scanning electron microscopy. 1974. Part 2. P. 453–728.
13. Zeikus J.G., Ward J.C. Methane formation in living trees: a microbial origin. Science, 1974. 184 p.

S.G. Eliseev, V.N. Ermolin
Siberian State Technological University

Characteristics of Frost-Heart Aspen Wood

The physical, mechanical characteristics and anatomic structure of frost-heart aspen wood are investigated. The essential differences of frost-heart wood properties from standard one are revealed.

Keywords: wood, frost-heart wood, aspen, microstructure of wood, wood characteristics.