

ОЛЬГА НИКОЛАЕВНА ТЮКАВИНА

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники, общей экологии и природопользования Института естественных наук и технологий, Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова (Архангельск, Российская Федерация)
olga-tukavina@yandex.ru

ЮЛИЯ ВИКТОРОВНА ЧУРКИНА

кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии и биотехнических систем Института естественных наук и технологий, Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова (Архангельск, Российская Федерация)
u.churkina@narfu.ru

ВЛАЖНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО

Водный режим растения, в частности влажность древесины, взаимосвязан со многими физиологическими процессами и является одним из критериев оценки жизнеспособности тополей. Цель исследования – выявить зависимости относительной влажности древесины от морфометрических характеристик деревьев и оценить характер распределения воды в поперечном сечении ствола. Исследования проводили на высоте 1,3 м путем отбора кернов с северной и южной сторон деревьев. Влажность определяли для частиц длиной 10 мм весовым методом с расчетом на влажный вес. Средняя влажность древесины тополя бальзамического составляет 55 %. Средняя влажность заболонной древесины – порядка 44 %, а средняя влажность ядровой зоны – 58 %. В среднем радиус заболонной зоны древесины составляет 4,7 см (25 %). Относительная влажность заболонной древесины характеризуется средней изменчивостью и зависит от диаметра и возраста дерева. Влага распределена неравномерно по периметру заболонной древесины в поперечном сечении ствола. Различие может достигать 45 %. Интенсивность механических повреждений и некрозов влияет на амплитуду изменения влажности по периметру заболонной зоны в поперечном сечении ствола. Влажность ядровой древесины зависит от диаметра и категории состояния дерева. Большой изменчивостью характеризуется ширина заболони древесины тополя. Она зависит практически от всех исследуемых морфометрических характеристик дерева. В относительно здоровом насаждении на ширину заболони древесины наибольшее влияние оказывает диаметр дерева, а в сильно ослабленном насаждении – возраст дерева. В распределении влажности по радиусу древесного ствола выделяем 3 схемы: 1) плавное повышение влажности от камбия к ядровой древесине (у 20 % деревьев); 2) одинаковая влажность на всем поперечном сечении ствола дерева (13 %); 3) наружный сантиметр заболони имеет наибольшую влажность, равную влажности ядровой древесины, перепад влажности на границе между заболонной и ядровой зоной может достигать 30 % (у 60 %).

Ключевые слова: влажность древесины, заболонная древесина, ядровая древесина, ширина заболони, тополь бальзамический

ВВЕДЕНИЕ

В озеленении города Архангельска широко используются тополя. Наиболее распространенным видом является тополь бальзамический (*Populus balsamifera*). Данный вид тополя является довольно холодостойким, морозоустойчивым, газоустойчивым. Для оценки жизнеспособности деревьев в условиях города с целью принятия правильных хозяйственных решений необходимо знать физико-механические и химические свойства древесины тополей. Одним из таких свойств является влажность древесины. Водный режим растения, в частности влажность древесины, взаимосвязан со многими физиологическими процессами и является важным условием их нормального функционирования [2], [5], [12]. Не

вся древесина служит местом проведения воды [2]. Размеры общего поперечного сечения стволов деревьев, участвующего в проведении воды, различны. У большинства видов центральная часть ствола превращается в ядро и становится физиологически неактивной. Даже не вся заболонь участвует в проведении воды [5]. Воду проводят наружные годичные кольца [5], [8], [10], [13]. Заболонь содержит больше влаги и быстрее ее поглощает [7]. Для тополя характерна высокая влажность ядровой древесины [4], [9], [14], [15], [16]. В связи с этим Г. И. Редько [9] предположил, что ядро у тополей принимает участие в процессах водообмена, происходящих в дереве. Ряд ученых [1], [2], [5] отмечают, что центральная часть

не может проводить воду. Центральная часть проводящей ксилемы закупоривается тиллами, которые практически перекрывают проходное сечение элементов ксилемы (сосудов) [11], или заполняется газами [6]. Однако данные утверждения мало применимы к тополю, так как привели бы к снижению влажности. А. В. Веретенников [2] указывает, что старые годичные кольца просто не достигают кроны, они выклиниваются по мере увеличения высоты дерева, поэтому не могут участвовать в восходящем токе. Таким образом, повышенная влажность ядровой древесины тополя не может объясняться выполнением функций проведения воды в дереве.

Особенности обводненности древесины тополя изучены недостаточно, причем имеющаяся информация неоднозначна и иногда противоречива.

Цель исследования – выявить зависимости влажности древесины тополя от морфометрических характеристик деревьев и оценить характер распределения влажности в поперечном сечении ствола.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в насаждениях тополя бальзамического в г. Архангельске. *Первая пробная площадь* – сквер у Молодежного театра. Средняя высота тополей составляет 25,9 м, средний диаметр – 42,1 см, средний возраст – 45 лет. Индекс состояния насаждения – 2,9. *Вторая пробная площадь* – Петровский парк. Средняя высота тополей составляет 30,2 м, средний диаметр – 55,6 см, средний возраст – 40 лет. Индекс состояния насаждения – 1,9. *Третья пробная площадь* – сквер у лесозавода № 3. Средняя высота тополей составляет 30,1 м, средний диаметр – 45,9 см, средний возраст – 42 года. Индекс состояния насаждения – 1,57. Наибольшее количество сильно ослабленных деревьев (57 %) отмечается в сквере у Молодежного театра. Практически все деревья относятся к категории ослабленных в Петровском парке. Насаждение в сквере вблизи лесозавода № 3 можно охарактеризовать как относительно здоровое, так как примерно половина деревьев относится к категории здоровых, а индекс состояния насаждения пограничный между категориями здоровое насаждение и ослабленное.

На каждой пробной площади проводили сплошной перечет по ступеням толщины и категориям состояния, затем отбирали 15 модельных деревьев пропорционально представленности по ступеням толщины. Для каждого модельного дерева определяли морфометрические параметры и визуально санитарно-патологическое состояние. У каждого модельного дерева отбирали керны на высоте 1,3 м и у шейки корня. На высоте 1,3 м керны брались в 3-разовой повторности (с севера, с юга и произвольно). У шейки корня керны добывались только с северной стороны для определения возраста. Керны разделяли на части по

10 мм и определяли влажность для каждой частицы весовым методом с расчетом на влажный вес. Взвешивание проводили в полевых условиях на торсионных весах «ВТ-500» с ценой наименьшего деления 1 мг. Сушили образцы в сушильном шкафу при температуре 104°.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Средняя влажность древесины тополя составляет порядка 55,8 % в сквере у Молодежного театра, 54,0 % – в Петровском парке, 55,5 % – в сквере вблизи лесозавода № 3. Различия в средней влажности древесины между насаждениями с различными категориями состояния незначительны и недостоверны. Но чем сильнее ослаблено насаждение, тем выше коэффициент изменчивости влажности древесины. Так, в здоровом насаждении коэффициент изменчивости (3,6 %) в 2 раза меньше по сравнению с ослабленным насаждением. Обе выборочные совокупности характеризуются малой изменчивостью. В сильно ослабленном насаждении коэффициент изменчивости влажности древесины в 3 раза превышает таковой в здоровом насаждении. Данная выборочная совокупность характеризуется средней изменчивостью.

В древесине тополя выделяют заболонную и ядовую зоны. Выделение функционально различных зон связано с появлением в ядовом зоне серой окраски, резким повышением влажности. Особенностью древесины тополя является превышение влажности древесины ядовом зоне над заболонной (табл. 1).

Различие во влажности заболонной зоны между насаждениями разных категорий состояния, а также во влажности ядовом зоне недостоверно. И в относительно здоровом насаждении, и в сильно ослабленном средняя влажность заболонной древесины составляет порядка 44 %, а средняя влажность ядовом зоне – 58 %. Наибольшей изменчивостью характеризуется влажность и ширина заболонной зоны древесины в ослабленных и сильно ослабленных насаждениях. В среднем ширина заболонной зоны древесины составляет 4,7 см, а ядовом – 14 см, что соответствует 25 и 75 %. Отмечается тенденция увеличения влажности и ширины заболонной древесины тополя в сильно ослабленном насаждении.

Одним из самых изменчивых показателей является влажность заболони древесины тополя. Зависимость данного показателя от морфометрических характеристик деревьев представлена в табл. 2.

Отмечается умеренная криволинейная достоверная связь влажности заболонной зоны с высотой поднятия кроны в относительно здоровом и ослабленном насаждении. В Петровском парке, где кроны деревьев подвергались обрезке, прослеживается умеренная криволинейная достоверная связь данного показателя с высотой де-

Характеристика водопроводящей зоны древесины тополя

Показатели статистического анализа	Влажность заболонной зоны, %	Влажность ядро-вой зоны, %	Ширина заболонной зоны, см	Ширина ядро-вой зоны, см	Ширина заболонной зоны, %	Ширина ядро-вой зоны, %
Сквер у Молодежного театра						
M	46,2	59,1	4,4	12,3	26,9	73,1
δ	9,45	4,83	3,74	4,29	21,24	21,24
m_M	2,5	1,3	1,0	1,1	5,7	5,7
C	20,5	8,2	84,4	34,9	78,9	29,1
t_l	18,3	45,8	4,4	10,7	4,7	12,9
p	5,5	2,2	22,5	9,3	21,1	7,8
Петровский парк						
M	42,8	57,8	5,1	16,1	23,5	76,5
δ	9,11	4,73	2,13	2,41	7,21	7,21
m_M	2,4	1,3	0,6	0,6	1,9	1,9
C	21,3	8,2	42,0	14,9	30,7	9,4
t_l	17,6	45,7	8,9	25,0	12,2	39,7
p	5,7	2,2	11,2	4,0	8,2	2,5
Лесозавод № 3						
M	43,4	59,2	4,5	13,6	24,4	76,1
δ	3,79	2,24	1,7	2,10	6,54	7,15
m_M	1,0	0,6	0,5	0,6	1,7	1,9
C	8,7	3,8	37,7	15,4	26,8	9,4
t_l	42,8	99,0	9,9	24,3	13,9	39,8
p	2,3	1,0	10,1	4,1	7,2	2,5

Примечание. M – среднее значение; δ – среднее квадратичное отклонение; m_M – основная ошибка среднего значения; C – коэффициент изменчивости; t_l – достоверность среднего значения; p – точность опыта.

Таблица 2
Теснота связи показателей водопроводящей зоны древесины от морфометрических характеристик деревьев ($\eta \pm m_\eta$)

Морфометрические показатели	Влажность заболонной древесины	Влажность ядро-вой древесины	Ширина заболони
Относительно здоровое насаждение			
Высота, м	$0,41 \pm 0,15$	$0,26 \pm 0,17$	$0,83 \pm 0,06$
Диаметр, см	$0,61 \pm 0,11$	$0,74 \pm 0,08$	$0,93 \pm 0,02$
Высота поднятия кроны, м	$0,56 \pm 0,12$	$0,47 \pm 0,15$	$0,73 \pm 0,08$
Возраст, лет	$0,69 \pm 0,10$	$0,40 \pm 0,15$	$0,58 \pm 0,12$
Категория состояния	$0,31 \pm 0,17$	$0,12 \pm 0,18$	$0,05 \pm 0,18$
Ослабленное насаждение			
Высота, м	$0,61 \pm 0,11$	$0,51 \pm 0,13$	$0,44 \pm 0,15$
Диаметр, см	$0,87 \pm 0,05$	$0,79 \pm 0,07$	$0,83 \pm 0,05$
Высота поднятия кроны, м	$0,53 \pm 0,13$	$0,26 \pm 0,17$	$0,49 \pm 0,14$
Возраст, лет	$0,78 \pm 0,07$	$0,55 \pm 0,13$	$0,77 \pm 0,07$
Категория состояния	–	–	–
Сильно ослабленное насаждение			
Высота, м	$0,36 \pm 0,16$	$0,60 \pm 0,12$	$0,67 \pm 0,10$
Диаметр, см	$0,79 \pm 0,07$	$0,68 \pm 0,10$	$0,51 \pm 0,13$
Высота поднятия кроны, м	$0,39 \pm 0,16$	$0,59 \pm 0,12$	$0,66 \pm 0,10$
Возраст, лет	$0,72 \pm 0,09$	$0,40 \pm 0,16$	$0,73 \pm 0,08$
Категория состояния	$0,31 \pm 0,17$	$0,60 \pm 0,12$	$0,29 \pm 0,17$

рева. Обнаружена высокая криволинейная связь влажности заболонной древесины с диаметром древесного ствола и возрастом дерева, за исключением пробной площади с одновозрастным насаждением, где прослеживается умеренная зависимость.

Изменение влажности заболонной древесины с возрастом аппроксимируется уравнением параболы 4-го порядка:

$$y = -0,0001 \cdot x^4 + 0,019 \cdot x^3 - 1,13 \cdot x^2 + 29,06 \cdot x - 219,75 \quad (R^2 = 0,49),$$

где $у$ – влажность заболонной древесины, %; x – возраст дерева, лет.

В возрасте от 30 до 50 лет влажность заболони древесины составляет от 40 до 50 %. Отмечается снижение влажности заболонной древесины в более молодом возрасте. К 60 годам данный показатель может возрастать до 70 %, а у перестойных деревьев влажность функционально активной зоны древесины снижается. Основное количество деревьев с диаметром от 30 до 80 см имеют влажность заболонной зоны древесины от 40 до 50 %.

Влага распределена неравномерно по периметру заболонной древесины в поперечном сечении ствола. Различие может достигать 45 %. Приуроченность повышенной влажности к определенной стороне не отмечается. Так, у 57 % деревьев отмечается повышенная влажность заболонной древесины с северной стороны, у 43 % деревьев – с южной стороны. Можно предположить влияние на влажность заболонной древесины механических повреждений. Это вполне оправдывает низкий уровень влажности в отдельных участках заболони. Участок заболони с влажностью от 20 до 28 % (на абсолютно сухой вес) или от 15 до 20 % (на влажный вес) нельзя характеризовать физиологически активным. Так, интенсивность механических повреждений от 20 до 60 % приводит к колебаниям влажности по периметру заболони от 10 до 20 % соответственно. Интенсивность повреждения древесного ствола некрозом от 15 до 20 % вызывает изменение влажности заболонной древесины от 10 до 14 % соответственно.

Влажность ядровой древесины – довольно стабильный показатель. Коэффициент изменчивости составляет от 4 до 8 %, что указывает на малую изменчивость показателя. Однако выявлена корреляционная зависимость влажности ядровой древесины от диаметра дерева. На всех пробных площадях связь криволинейная достоверная от значительной до высокой (табл. 3). В ослабленном насаждении изменение влажности ядровой древесины в зависимости от диаметра дерева аппроксимируется уравнением параболы 3-го порядка:

$$y = -0,0007 \cdot x^3 + 0,12 \cdot x^2 - 6,23 \cdot x + 155,89 \\ (R^2 = 0,52),$$

где $у$ – влажность ядровой древесины, %; x – диаметр дерева, см.

При диаметрах ствола тополя от 30 до 50 см влажность ядровой древесины составляет от 45 до 55 %, при диаметрах ствола от 55 до 65 см – 55–60 %, при диаметрах более 70 см – превышает 60 %.

В сильно ослабленном насаждении влажность ядровой древесины коррелирует с высотой поднятия кроны и категорией состояния дерева. Отмечается тенденция увеличения влажности ядровой древесины тополя с уменьшением высоты поднятия кроны дерева и ее снижения с ухудшением состояния дерева.

Большой изменчивостью характеризуется ширина заболонной древесины тополя. Она зависит практически от всех исследуемых морфометрических характеристик дерева. В относительно здоровом насаждении отмечается очень высокая корреляционная зависимость от диаметра дерева (см. табл. 2). Зависимость ширины заболонной зоны дерева от его диаметра линейная (рис. 1). С увеличением диаметра дерева ширина заболонной зоны возрастает. Следующим по значимости влияния показателем является высота дерева. Отмечается тенденция увеличения ширины водопроводящей зоны с увеличением высоты дерева.

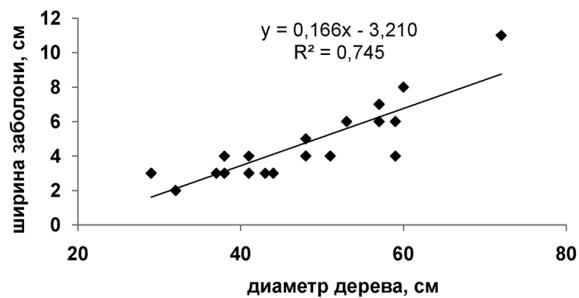


Рис. 1. Зависимость ширины заболони от диаметра дерева в относительно здоровом насаждении

В ослабленном насаждении отмечается высокая корреляционная криволинейная зависимость от диаметра дерева. Следующим по значимости влияния показателем является возраст дерева.

В сильно ослабленном насаждении главным фактором, влияющим на ширину заболони, выступает возраст дерева.

В распределении влажности по радиусу древесного ствола можно выделить 3 схемы: 1) плавное повышение влажности от камбия к ядровой древесине (у 20 % деревьев); 2) одноковая влажность на всем поперечном сечении ствола дерева (у 13 % деревьев); 3) наружный сантиметр заболони имеет наибольшую влажность, равную влажности ядровой древесины, перепад влажности на границе между заболонной и ядровой зонами древесины может достигать 30 % (у 60 % деревьев). Корреляционная связь влажности древесины с расстоянием до камбия – высокая криволинейная достоверная ($\eta = 0,80 \pm 0,05$). При различии влажности заболонной и ядровой зон древесины более 30 % корреляционная зависимость становится очень высокой ($\eta = 0,91 \pm 0,03$). Зависимость влажности древесины от расстояния от камбия аппроксимируется уравнением параболы 5-го порядка вида

$$y = a - b \cdot x + c \cdot x^2 - d \cdot x^3 + e \cdot x^4 - f \cdot x^5$$

(рис. 2, 3). У деревьев с меньшим диаметром более резкий скачок влажности от заболонной к ядровой древесине и влажность древесины более изменчива на протяжении ядровой части по сравнению с деревьями, имеющими диаметр более 50 см.

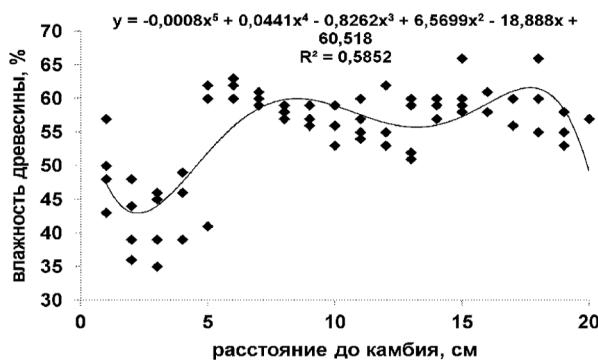


Рис. 2. Зависимость влажности древесины тополя от расстояния до камбия у деревьев с диаметром до 40 см

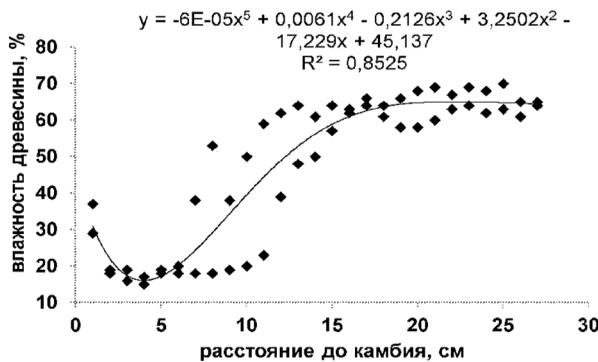


Рис. 3. Зависимость влажности древесины тополя от расстояния до камбия у деревьев с диаметром более 50 см

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Средняя влажность заболонной древесины составляет порядка 44 %, а средняя влажность ядровой зоны – 58 %. В среднем ширина заболонной зоны древесины – 4,7 см (25 % от радиуса древесного ствола). Влажность заболонной древесины зависит от диаметра и возраста дерева. По периметру заболонной древесины различие во влажности может достигать 45 %. Амплитуда изменений влажности зависит от интенсивности механических повреждений и некрозов. Влажность ядровой древесины зависит от диаметра и категории состояния дерева. Ширина заболони тополя зависит практически от всех исследуемых морфометрических характеристик дерева. В относительно здоровом насаждении на ширину заболонной зоны древесины наибольшее влияние оказывает диаметр и высота дерева, в ослабленном насаждении – диаметр и возраст, а в сильно ослабленном насаждении – только возраст дерева. Наиболее часто встречающаяся закономерность распределения влаги по радиусу древесного ствола тополя (у 60 % деревьев): наружный сантиметр заболони имеет наибольшую влажность, равную влажности ядровой древесины, перепад влажности на границе между заболонной и ядровой зонами древесины может достигать 30 %, далее высокий уровень влажности поддерживается на протяжении всей ядровой древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бюсген М. Строение и жизнь наших лесных деревьев. М.: Гослесбумиздат, 1961. 424 с.
- Веретенников А. В. Физиология растений с основами биохимии. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1987. 254 с.
- Веретенников А. В. Физиология растений. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 2002. 272 с.
- Жидкова Н. Ю., Феклистов П. А. Биологические особенности тополя бальзамического в условиях г. Архангельска // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. 2001. Вып. VII. С. 8–10.
- Крамер П. Д., Козловский Т. Г. Физиология древесных растений. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 464 с.
- Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г.-Н. Физиология древесных растений. М.: Лесн. пром-сть, 1974. 424 с.
- Нибитин Н. И. Химия древесины и целлюлозы. М.; Л.: АН СССР, 1962. 711 с.
- Редько Г. И. Биология и культура тополей. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1975. 174 с.
- Редько Г. И. Влажность заболонной и ядровой древесины тополей // Лесной журнал. 1964. № 2. С. 132–136.
- Редько Г. И., Коротаев А. А. Борьба с плодоношением тополей в городских условиях (обзорная информация). М.: ВНИИЦлесресурс Госкомлеса СССР, 1991. 28 с.
- Рейн П., Эверт Р., Айхорн С. Современная ботаника. М.: Мир, 1990. Т. 2. 344 с.
- Сенькина С. Н. Водный режим сосны и ели в фитоценозах Севера. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 104 с.
- Уродкова О. Н., Феклистов П. А. О проведении воды годичными кольцами деревьев в сосновке кустарничково-сфагновом осущенном // Экологические проблемы Севера. Архангельск, 2000. Вып. 3. С. 45–51.
- Balatinecz J. J., Kretschmann D. E. Properties and utilization of poplar wood // Poplar Culture in North America. Part A. Chapter 9. NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, ON K1A 0R6, Canada, 2001. P. 277–291.
- Huda A. S. M. Azmul, Koubaa A. hmed, Cloutier Alain, Hernández Roger E. and Fortin Yves. Variation of the Physical and Mechanical Properties of Hybrid Poplar Clones // BioResources. 2014. № 9(1). P. 1456–1471.
- Wallin W. B. Wetwood in Balsam Poplar // Minnesota Forestry Notes. 1954. № 28. April 15. P. 1–2.

Tyukavina O. N., Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russian Federation)
Churkina Yu. V., Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russian Federation)

WOOD MOISTURE OF THE ROUGH-BARK POPLAR

The content of wood moisture is one of the evaluation criteria of the poplars' viability. The purpose of the study is to evaluate the nature of relative moisture distribution in the wood of the poplar trunk cross-section and to identify the content of moisture dependent on morphometric characteristics of the tree. The studies on the content of wood moisture were conducted on the tree trunk samples taken at the height of 1,3 m. from the ground. The samples were obtained by coring both the northern and the

southern sides of the tree. The content of wood moisture was measured in dry particles of 10 mm long by gravimetric method. The average content of wood moisture in the rough-bark poplar is 55 %. The average content of moisture in sapwood is about 44 %, and the average content of wood moisture in the heartwood area – 58 %. The average width of the sapwood is 4,7 cm. (25 %). The content of moisture in sapwood area is moderately variable and depends on the diameter and the age of the tree. The amount of distributed moisture depends on the size of the sapwood cross section. The difference can reach 45 %. The severity of necrosis effect on the content of wood moisture in the sapwood cross section depends on the diameter and category of the tree. The width of the poplar sapwood is characterized by high variability. It depends on morphometric characteristics of the wood. We distinguished three schemes of moisture distribution along the radius of the tree trunk: 1) gradual increase of moisture from the cambium to the heartwood section (20 % of the trees); 2) even distribution of moisture along the cross-section of the tree trunk (13 % of the trees); 3) high level of moisture on the outer centimeter of the sapwood trunk. The difference in the level of moisture along the boundary of the sapwood and heartwood timber area can reach 30 % (60 % of the trees).

Key words: wood moisture, sapwood, core wood, the sapwood width, rough bark poplar

REFERENCES

1. By us gen M. *Stroenie i zhizn' nashikh lesnykh derev'ev* [The Structure and life of our forest trees]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1961. 424 p.
2. Veretennikov A. V. *Fiziologiya rasteniy s osnovami biokhimii* [Physiology of a plant with the basics of biochemistry]. Voronezh, Izd-vo Voronezhskogo un-ta, 1987. 254 p.
3. Veretennikov A. V. *Fiziologiya rasteniy* [Physiology of the plant]. Voronezh, Izd-vo Voronezhskogo un-ta, 2002. 272 p.
4. Zhidkova N. Yu., Feklistov P. A. Biological features of balsam poplar in conditions of Arkhangelsk [Biologicheskie osobennosti topolya bal'zamicheskogo v usloviyakh g. Arkhangelsk]. *Okhrana okruzhayushchey sredy i ratsional'noe ispol'zovanie prirodnykh resursov*. 2001. Issue VII. P. 8–10.
5. Kramer P. D., Kozlovs'kiy T. G. *Fiziologiya drevesnykh rasteniy* [Physiology of woody plants]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1983. 464 p.
6. Lirkh., Pol'ster G., Fidler G.-N. *Fiziologiya drevesnykh rasteniy* [Physiology of woody plants]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1974. 424 p.
7. Nikitin N. I. *Khimiya drevesiny i tselyulozy* [Chemistry of wood and cellulose]. Moscow; Leningrad, AN SSSR Publ., 1962. 711 p.
8. Red'ko G. I. *Biologiya i kul'tura topolej* [Biology and culture of poplars]. Leningrad, Izd-vo Leningradskogo un-ta, 1975. 174 p.
9. Red'ko G. I. Moisture of the poplar's sapwood and heartwood [Vlazhnost' zabolonnoy i yadrovoj drevesiny topolej]. *Lesnoj zhurnal*. 1964. № 2. P. 132–136.
10. Red'ko G. I., Korotaev A. A. *Bor'ba s plodonosheniem topolej v gorodskikh usloviyakh (obzornaya informatsiya)* [Fighting fruiting poplars in urban environment (overview)]. Moscow, VNIITslesresurs Goskomlesa SSSR Publ., 1991. 28 p.
11. Rebyn P., Evert R., Aykhoron S. *Sovremennaya botanika* [Modern botany]. Moscow, Mir Publ., 1990. Vol. 2. 344 p.
12. Sen'kina S. N. *Vodnyy rezhim sosny i eli v fitotsenozakh Severa* [Water regime of pine and spruce trees in the plant communities of the North]. Ekaterinburg, RIO UrO RAN Publ., 2013. 104 p.
13. Urodkova O. N., Feklistov P. A. On the water transfer by tree rings of the drained pine shrub-sphagnum [O provedenii vody godichnymi kol'tsami derev'ev v sosnyake kustarnichkovo-sfagnovom osushennom]. *Ekologicheskie problemy Severa*. 2000. Issue 3. P. 45–51.
14. Balatinecz J. J., Kretschmann D. E. Properties and utilization of poplar wood // Poplar Culture in North America. Part A. Chapter 9. NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, ON K1A OR6, Canada, 2001. P. 277–291.
15. Huda A. S. M. Azmul, Koubaa Ahmed, Cloutier Alain, Hernández Roger E. and Fortin Yves. Variation of the Physical and Mechanical Properties of Hybrid Poplar Clones // BioResources. 2014. № 9(1). P. 1456–1471.
16. Wallin W. B. Wetwood in Balsam Poplar // Minnesota Forestry Notes. 1954. № 28. April 15. P. 1–2.

Поступила в редакцию 07.11.2014