DOI:
УДК 630.812

ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ, ПОВРЕЖДЕННОЙ ПОЖАРОМ

доктор технических наук, доцент **А. Д. Платонов**[1]
кандидат биологических наук, доцент **С. Н. Снегирева**[1]
кандидат технических наук, доцент **А. В. Киселева**[1]
А. Н. Топчеев[2]
доктор технических наук, профессор **Н. В. Мозговой**[3]
1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация
2 – Учебно-опытный лесхоз ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация
3 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Российская Федерация

В результате воздействия высокой температуры при пожаре происходит термогидролитическая деструкция компонентов древесины, сопровождаемая изменением физико-механических и химических её свойств. Глубина и степень деструкции будет различной как по высоте, так и по сечению ствола дерева и во многом зависит от вида пожара. На практике древесина поврежденная пожаром имеет крайне ограниченное применение. Подобная практика обусловлена малой изученностью данного вопроса. В связи с чем, была сформулирована цель исследования, направленная на установление предела водопоглощения ядровой и заболонной древесины сосны, поврежденной сильным низовым и беглым верховым пожаром. Экспериментальные исследования выполнены на образцах древесины изготовленных из срезов древесины выпиленных на различной высоте ствола деревьев сосны поврежденной и неповрежденной пожаром. Исследованиями установлено существенное снижение предела водопоглощения древесины в нижней части ствола, в результате сильного засмоления, как ядровой, так и заболонной древесины сосны, поврежденной пожаром, вызванное разрушением структуры окаймленных пор и паренхимных клеток сердцевинных лучей за счет избыточного парциального давления паровоздушной смеси при вскипании свободной влаги. В верхней части ствола наоборот отмечено незначительное повышение предела водопоглощения древесины, вызванное аналогичным разрушением структуры окаймленных пор и паренхимных клеток древесины, а также и истечением смолы в нижнюю и комлевую части ствола дерева. Установлено, что при пропитке нижней (комлевой) части ствола древесины сосны, поврежденной пожаром рекомендуется использовать способы для пропитки труднопропитываемых древесных пород. Для средней и вершинной части ствола можно использовать традиционные способы пропитки древесины

Ключевые слова: древесина поврежденная пожаром, водопоглощение, ядро, заболонь, структура древесины, смола, влажность

WATER ABSORPTION OF PINE WOOD DAMAGED BY FIRE

DSc in Engineering, Associate Professor **A. D. Platonov**[1]
PhD in Biology, Associate Professor **S. N. Snegireva**[1]
PhD in Engineering, Associate Professor **A. V. Kiseleva**[1]
A. N. Topcheev[2]
DSc in Engineering, Professor **N. V. Mozgovoy**[3]
1 – Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation
2 – Educational and Experimental Forestry Area of Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation
3 – Federal State Budget Education Institution of Higher Education «The Voronezh state Technical University», Voronezh, Russian Federation

Abstract

As a result of exposure to high temperature in fire thermal and hydrolytic destruction of timber components occurs, followed by the change of physical and mechanical and chemical properties. The depth and degree of decomposition will vary both along the height and cross-section of a tree trunk and largely depends on the type of fire. In practice, wood damaged by fire has very limited application. This practice is due to the small knowledge of this issue. In this connection, we formulated the purpose of the study aimed at establishing the limit of water absorption of heartwood and sapwood of pine trees damaged by strong ground and running crown fire. Experiments were performed on samples of wood made from slices of wood, sawn at different heights of the trunk of pine trees damaged and undamaged by fire. Research has shown a significant reduction of the limit of water absorption of wood in the bottom of the trunk, as a result of strong resinosis both of heartwood and sapwood of pine trees damaged by fire caused by the destruction of the banded structure of the pores and parenchymal cells of the medullary rays, due to excessive partial pressure of vapor-air mixture from the boiling of free moisture. In the upper part of the trunk, on the contrary, there is slight increase of the limit of water absorption of wood, caused by similar destruction of the banded structure of pores and parenchymal cells of wood, as well as after resin exudation to the bottom and butt parts of tree trunk. It was found that in the impregnation of the lower (butt) part of trunk of pine wood damaged by fire, it is recommended to use the following methods for impregnation of hard-to-impregnate tree species. Traditional methods of wood treatment can be used for the middle and top end of the trunk.

Keywords: wood damaged by fire, water absorption, heartwood, sapwood, wood structure, resin, moisture

Введение

Древесина как биологический объект древесина имеет сложный химический состав. Под воздействием различных факторов древесина притерпевает различные, существенные изменения. Эти изменения по своей природе являются химическими, структурными и физико-механическими [2]. При высокой температуре и, особенно, при наличии влаги происходит гидролитическая деструкция древесного комплекса, что оказывает существенное влияние на физико-механические свойства древесины [1, 5].

Воздействие пожаров на древесину – это нагрев древесины высокой температурой, что вызывает, прежде всего, термическую деструкцию компонентов древесины. Кроме прогрева на термическое разложение и структурное изменение в древесине влияют и другие факторы. Представленные в литературе результаты исследования по воздействию высокой температуры на древесину не учитывают всех особенностей температурного воздействия пожара на ствол дерева [1].

В результате пожаров происходит повреждение большого количества деревьев. Практическое применение данной древесины часто затруднено или сильно ограничено, по причине малой изученности свойств древесины, подвергшейся воздействию пожара, и в частности способность древесины поглощать жидкость. В связи с чем, представляет определенный практический интерес исследование водопоглощения древесины сосны после воздействия пожара.

Древесина представляет собой природный ма-

териал, обладающий уникальными свойствами, этим обусловлено её широкое применение в различных сферах жизнедеятельности человека. Поэтому рациональное использование древесины является актуальным направлением любых научных исследований в данной области [10].

В растущем дереве большое содержание влаги, поэтому при высокой температуре пожара в древесном комплексе происходит гидролитическая деструкция [5]. Величина деструкции древесины по высоте и сечению ствола будет различной. Учитывая неравномерное воздействие температуры и распределение влаги в стволе дерева можно предположить и различное изменение качественных характеристик в зависимости от места положения древесины, как по сечению, так и по высоте ствола с учетом вида пожара. Как показывает практика, повреждение древесины слабым низовым пожаром не оказывает существенного влияния на древесину. Древесина, поврежденная сильным низовым и повальным верховым пожаром используется, как правило, в качестве дровяной. Древесина, поврежденная сильным низовым и беглым верховым пожаром может быть использована в производстве, однако требует дополнительного изучения [4]. Анализ состояния древостоев показал, что в сухих борах лесостепной зоны повреждение древесины данным видом пожара имеет наибольший процент. Древесина представляет собой природный материал, обладающий уникальными свойствами

Методика исследований

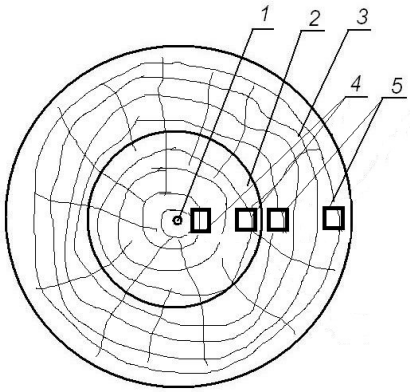
Для получения более полной информации о характере изменения водопоглощения ядровой и заболонной древесиной сосны, поврежденной сильным низовым и беглым верховым пожаром были проведены эксперименты на образцах древесины отобранных из ствола на высоте 1 м, 3 м, 6 м, 12 м, 18 м. Схема мест выпиловки образцов из поперечных срезов представлена на рис. 1.

Определение водопоглощения древесины выполнено в соответствии с ГОСТ16483.20-72 «Древесина. Метод определения водопоглощения» [3].

Результаты исследований и выводы

Результаты исследования представлены на рис. 2-6.

На рис. 2 представлены результаты исследования предела водопоглощения заболонной древесины



1 – сердцевина; 2 – ядро; 3 – заболонь; 4 – места изготовления образцов из ядровой древесины; 5 – места изготовления образцов из заболонной древесины

Рис. 1. Схема выпиловки образцов из поперечных срезов древесины сосны

сосны по высоте ствола.

Анализ кривых, представленных на рис. 2 показывает снижение величины водопоглощения заболонной древесины, поврежденной пожаром по сравнению с неповрежденной в нижней и средней части ствола. На участке ствола с 1 м до 6 м у неповрежденной древесины отмечено незначительное повышение водопоглощения древесины. Перепад влажности по сечению заболони на данном участке ствола составляет 4-8 %. У древесины поврежденной пожаром на высоте 3 м отмечено резкое снижение величины водопоглощения по сравнению с высотой 1 м и 6 м более 20 % по сравнению с неповрежденной древесиной. Подобное снижение водопоглощения произошло из-за высокого засмоления древесины, по причине длительного воздействия высокой температуры на ствол дерева (рис. 3) [7].

При горении подлеска наиболее горячая часть пламени находилась в нижней части ствола. Об этом свидетельствует нагар на стволах деревьев [11]. Другим показателем является значительный перепад влажности в заболони на данном участке, обусловленный длительным воздействием высокой температуры (рис. 4, поз. 2-4). На отметке 6 м и выше продолжительность воздействия высокой температуры была меньше, что отразилось на степени деструкции древесины.

У неповрежденной древесины максимальная величина водопоглощения составила около 214 % и отмечена на высоте 6 м, при этом перепад влажности

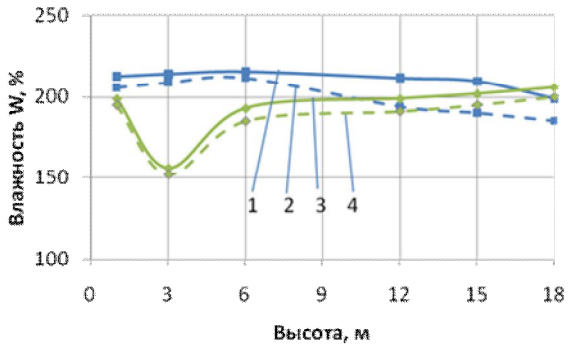


Рис. 2. Предел водопоглощения заболонной древесины сосны по высоте дерева: 1, 2 – предел водопоглощения внешней (периферийной) и внутренней части (приядровой) части ствола неповрежденной древесины, соответственно; 3, 4 – предел водопоглощения внешней (периферийной) и внутренней части (приядровой) части ствола поврежденной древесины, соответственно

по сечению заболони составил 4 % (рис. 2). С повышением высоты до отметки 15 м величина водопоглощения понижается незначительно, но при этом несколько увеличивается перепад влажности по сечению заболони до 20 % и несколько понижается до 14 % на отметке 18 м. Повышение водопоглощения древесины заболони по высоте ствола связано с незначительным увеличением плотности древесины ближе к вершинной части дерева.

Перепад влажности по высоте ствола в заболонной древесине, поврежденной пожаром более, чем в два раза выше по сравнению с неповрежденной и составил 48,65 % и 23,6 % соответственно. В среднем по высоте ствола предела водопоглощения в заболони древесины, поврежденной пожаром составил 178,5 %, а у неповрежденной 204 %.

Подобное распределение влаги по высоте ствола, а также общее снижение предела водопоглощения в заболони, поврежденной пожаром древесины обусловлено воздействием высокой температуры на древостои, которое сопровождалось частичной деструкцией древесины.

Анализ кривых наглядно показывает характер воздействия высокой температуры на ствол дерева при сильном низовом и беглом верховом пожаре. В нижней части ствола было наиболее длительное воздействие высокой температуры, в первую очередь, на периферийную, заболонную часть ствола характеризующееся повышенной влажностью древесины. Это привело к возникновению градиента температуры по высоте и сечению ствола и, как следствие этого, перемещение влаги, как в вершинную, так и внутреннюю часть дерева. Избыток влаги (свободной) при повышенной температуре приводит к созданию избыточного давления, которое приводит к разрушению торусов окаймленных

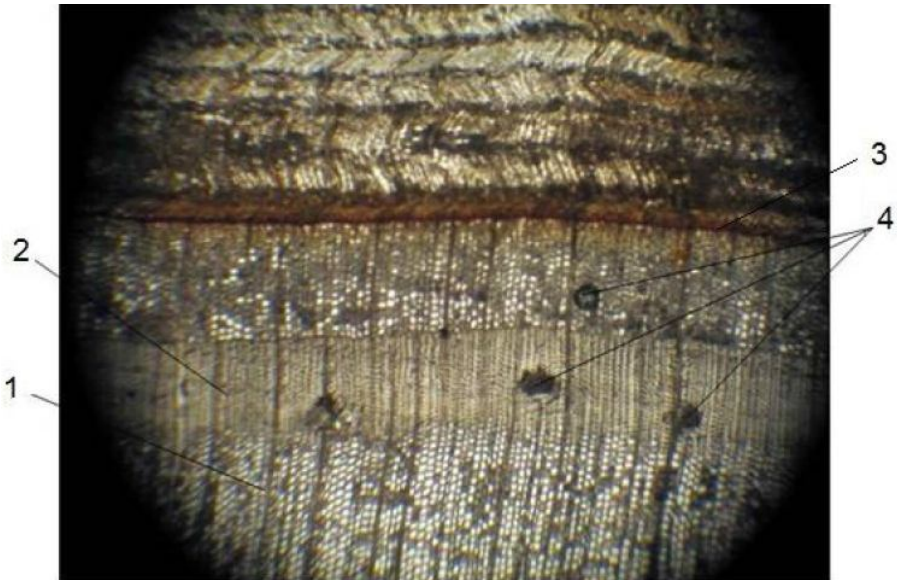


Рис. 3. Поперечный разрез древесина сосны, пропитанный смолой после повреждения сильным низовым и беглым верховым пожаром (ув. 4^x): 1 – ранняя древесина; 2 – поздняя древесина; 3 – камбий; 4 – вертикальный смоляной ход, заполненный смолой

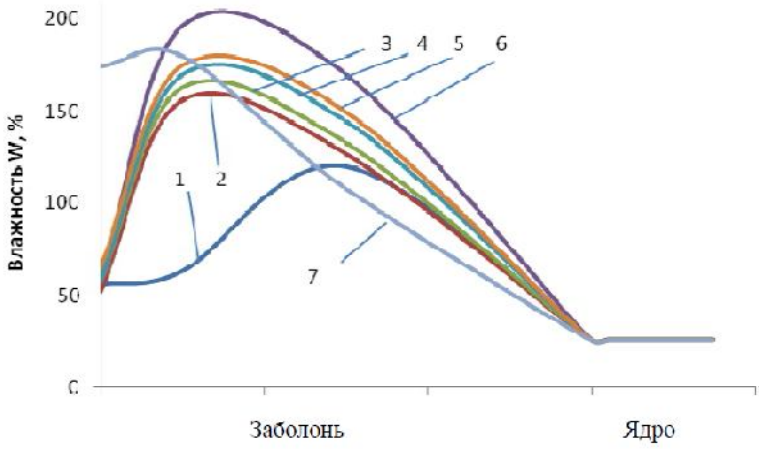


Рис. 4. Характер распределения влажности по сечению ствола на различной высоте после повреждения сильным низовым и беглым верховым пожаром: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – влажность древесины на высоте 1 м, 3 м, 4 м, 6 м, 12 м, 5 м, 18 м

пор и части паренхимных клеток [6]. Это приводит к увеличению водопоглощения заболонной древесины в вершинной части ствола и одновременно к беспрепятственному истечению смолы сильному засмолению древесины в средней и нижней частях ствола.

Определенный научный и практический интерес представляет характер распределения влаги по ядру древесины до и после повреждения пожаром. Воздействие высокой температуры на ядро в процессе пожара также было неравномерным как по величине, так и по продолжительности. Наличие температурного градиента, как по сечению ствола, так и по его высоте оказало незначительное влияние на характер распределения влаги и, как следствие, на степень деструкции древесины, развитие внутренних напряжений и образование трещин [6, 8, 9].

На рис. 5 представлены результаты исследования предела водопоглощения ядровой древесины сосны по высоте ствола.

Анализ кривых, представленных на рис. 5 показывает снижение водопоглощения ядровой древесины поврежденной пожаром в нижней части ствола до высоты 11 м по сравнению с неповрежденной. Минимальная величина водопоглощения отмечена на высоте 3 м у древесины, поврежденной пожаром. На участке с 1 м до 6 м у неповрежденной древесины отмечено незначительное повышение водопоглощения древесины в среднем со 196 % (на высоте 1 м) до 216,5 % (6 м), при этом по сечению ядра перепад составляет 8 %. У древесины поврежденной пожаром на высоте 3 м от-

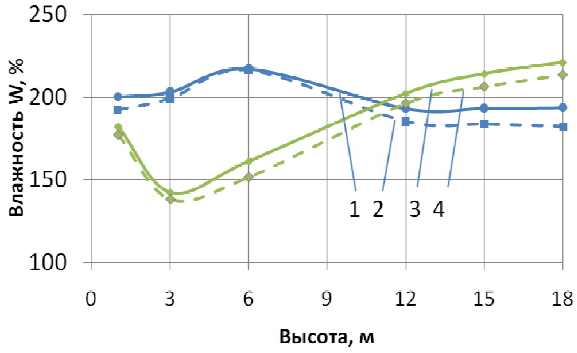


Рис. 5. Предел водопоглощения ядровой древесины сосны по высоте ствола: 1, 2 – предел водопоглощения внешней (периферийной) и внутренней части (присердцевинной) части ствола неповрежденной древесины, соответственно; 3, 4 – предел водопоглощения внешней (периферийной) и внутренней части (присердцевинной) части ствола поврежденной древесины, соответственно

мечено резкое снижение водопоглощения по сравнению с высотой 1 м в среднем на 22 %. Подобное снижение водопоглощения произошло из-за высокого засмоления ядровой древесины, по причине длительного воздействия высокой температуры на ствол. При горении подлеска наиболее горячая часть пламени находилась на данной высоте. Об этом свидетельствует и незначительный перепад влажности в заболони на данном участке, обусловленный длительным воздействием высокой температуры [6].

На отметке 6 м и выше продолжительность воз-

действия высокой температуры была меньшей, это отразилось на степени деструкции и водопоглощении древесины. Водопоглощение древесины ядра повышается по высоте ствола и на высоте 18 м достигает наибольшей величины в среднем 217 %. Перепад влажности на данной высоте составил 7,5 %.

У неповрежденной древесины ядра на высоте 6 м и выше водопоглощение достигает наибольшей величины 217 %, при этом перепад влажности по сечению ядра минимальный и составил 1 %. С повышением высоты ствола до отметки 12 м водопоглощение древесины понижается до влажности 193 % и далее остается неизменным до высоты 18 м. При этом отмечено монотонное увеличение перепада влажности по сечению ядра до 11 % на высоте 18 м.

Воздействие высокой температуры на древесину по сечению ствола дерева во время пожара было неравномерным. Поэтому и степень повреждения будет неодинаковой, а, следовательно, и величина предела водопоглощения.

Таким образом, экспериментально установлено влияние пожара на водопоглощение древесины сосны. Анализ результатов наглядно показывает характер воздействия высокой температуры на ствол дерева при сильном низовом и беглом верховом пожаре. В нижней части ствола было наиболее длительное воздействие высокой температуры, в первую очередь, на периферийную, заболонную часть ствола дерева. В результате чего произошло сильное засмоление древесины и снижение водопоглощения на 30 % на высоте 3 м по сравнению с неповрежденной древесиной.

В верхней части ствола в результате воздействия высокой температуры от горения кроны произошло разрушение окаймленных пор и истечение смолы в нижнюю часть ствола, повлекшее незначительное повышение водопоглощения древесины на 3 % на высоте 18 м, по сравнению с неповрежденной древесиной.

Анализ результатов исследования показал, что пожар оказал меньшее влияние и на внутреннюю, ядровую часть ствола по сравнению с заболонной. Так снижение водопоглощения ядровой древесины на высоте ствола в нижней части ствола на высоте 3 м составило 32 % по сравнению с неповрежденной древесиной. В вершинной части ствола на отметке 18 м повышение водопоглощения составило в среднем 14 % по сравнению с неповрежденной древесиной.

Для практики и инженерных расчетов удобно использовать средние значения водопоглощения древесины сосны, представленные на рис. 6.

Таким образом, экспериментально установлено существенное снижение предела водопоглощения в нижней части ствола, в результате сильного засмоления, как ядровой, так и заболонной древесины сосны, поврежденной сильным низовым и беглым верховым пожаром. В верхней части ствола наоборот отмечено незначительное повышение водопоглощения древесины, вызванное разрушением структуры древесины и истечением смолы в нижнюю часть.

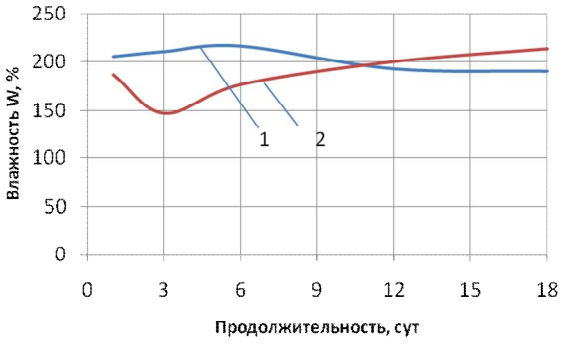


Рис. 6. Предел водопоглощения ядровой древесины сосны по высоте ствола: 1 – предел водопоглощения неповрежденной древесины; 2 – предел водопоглощения древесины, поврежденной пожаром

Данная древесина может быть использована без ограничений.

При пропитке нижней (комлевой) части ствола древесины сосны, поврежденной пожаром рекомендуется использовать способы для пропитки труднопропитываемых древесных пород. Для средней и вершинной части ствола можно использовать традиционные способы пропитки древесины

Библиографический список

1. Бывших, М. Д. Влияние температуры и влажности на физико-механические свойства древесины [Текст] / М. Д. Бывших. – М. : Гослесбумиздат, 1962. – 68 с.

2. Горбачева, Г.А. Деформационные превращения древесины при изменении нагрузки, влажности и температуры [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05: защищена 12.11.04 / Г.А. Горбачева – Москва, 2004. – 244 (148) с.

3. ГОСТ16483.20-72. Древесина. Метод определения водопоглощения. – Введ. 1974-01-01 [Текст]. – Москва : Государственный стандарт Союза ССР, 1972. – 4 с.

4. Демаков, Ю.П. Лесоводство. Ведение хозяйства в лесах пораженных пожарами [Текст]: учеб. пособие. / Ю. П. Демаков, К. К. Калинин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 135 с.

5. Леонович, А.А. Химия древесины и полимеров [Текст] / А.А. Леонович, А.В. Оболенская. – М.: Лесная пром-сть. 1988. – 150 с.

6. Платонов, А.Д. Распределение влаги по стволу дерева после поражения огнем [Текст] / А. Д. Платонов, Т.К. Курьянова, А.М. Макаров // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 3. – С. 27-31.

7. Повреждение микроструктуры ствола сосны после лесного пожара 2010 года на территории Воронежского учебно-опытного лесхоза [Текст] / Н.Е. Косиченко, С.Н. Снегирёва, А.Д. Платонов, В.В. Чеботарёв // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №04(078). С. 594-604. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/ 50.pdf

8. Ugolev, B.N. Stress-strain of wood at kiln drying [Text] / B.N. Ugolev, N.V. WSkuratov // Wood Science and Technology. – 1992. – Vol. 26. – no. 3. – pp. 209-217.

9. Ugolev, B.N. General laws of wood deformation and rheological proportions of hardwood [Text] / B.N. Ugolev // Wood Science and Technology. – 1976. – Vol. 10. – no. 3. – pp. 169-181.

10. Ugolev, B.N. Wood as a natural smart material [Text] / B.N. Ugolev // Wood Science and Technology. Journal of the International Academy of Wood Science. – 2014. – Vol. 48. – no. 3. – pp.553-568. DOI: 10.1007/s00226-013-0611-2.

11. Цветков, П.А. Нагар как диагностический признак [Текст] / П.А. Цветков // Хвойные бореальные зоны. – 2006. – № 1. – С. 132-137.

References

1. Byvshih, M.D. *Vlijanie temperatury i vlazhnosti na fiziko-mehanicheskie svojstva drevesiny* [Influence of temperature and humidity on the physico-mechanical properties of wood]. Moscow, 1962, 68 p. (In Russian)

2. Gorbacheva G.A. *Deformacionnye prevrashhenija drevesiny pri izmenenii nagruzki, vlazhnosti i tem-peratury* dis. kand. tehn. nauk [Deformation of converting wood when the load changes, humidity and temperature Dis. PhD in Engineering]. Moscow, 2004, 244 (148) p. (In Russian)

3. GOST16483.20-72. *Drevesina. Metod opredelenija vodopogloshhenija. – Vved. 1974-01-01* [State Standard 16483.20-72. Wood. Method of determination of water absorption 1974-01-01]. Moscow: Standartinform Publ., 1972, 4 p. (In Russian)

4. Demakov Yu.P., Kalinin K.K. *Lesovodstvo. Vedenie hozjajstva v lesah porazhennyh pozharami* [Forestry. Farming in the forests affected by fires: a Training manual]. Yoshkar-Ola, 2003, 135 p. (In Russian)

5. Leonovich A.A., Obolenskaya A.V. *Himija drevesiny i polimerov* [Chemistry of wood and polymers]. Moscow, 1988, 150 p. (In Russian)

6. Platonov A.D., Kurjanova T.K., Makarov A.M. *Raspredelenie vlagi po stvolu dereva posle porazhenija ognem* [Distribution of moisture in the tree trunk after the defeat of fire]. *Lesotekhnicheskii zhurnal,* 2011. no. 3, pp. 27-31. (In Russian)

7. Kosichenko N.E., Snegirev S.N., Platonov A.D., Chebotarev V.V. *Povrezhdenie mikrostruktury stvola sosny posle lesnogo pozhara 2010 goda na territorii Voronezhskogo uchebno-opytnogo leshoza* [Damage of the microstructure of pine tree after a forest fire of 2010 in the Voronezh educational-experimental forestry enterprise]. *Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU)* [Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban state agrarian University (the Scientific magazine of Kubsau)]. Krasnodar, 2012, no. 04 (078), pp. 594-604. Available at: http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/ 50.pdf, of 0.688.p.l. (In Russian)

8. Ugolev B.N., WSkuratov N.V. Stress-strain of wood at kiln drying. Wood Science and Technology, 1992, Vol. 26, no. 3, pp. 209-217.

9. Ugolev B.N. General laws of wood deformation and rheological proportions of hardwood. Wood Science and Technology, 1976, Vol. 10, no. 3, pp. 169-181.

10. Ugolev B.N. Wood as a natural smart material. Wood Science and Technology. Journal of the International Academy of Wood Science, 2014, Vol. 48, no. 3, pp.553-568. doi: 10.1007/s00226-013-0611-2.

11. Tsvetkov P.A. *Nagar kak diagnosticheskij priznak* [Nagar as a diagnostic sign]. Conifers of the boreal zone, 2006, no. 1, pp. 132-137. (In Russian)

Сведения об авторах

Платонов Алексей Дмитриевич – заведующий кафедрой древесиноведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор технических наук, доцент; г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: vgltawood@yandex.ru

Снегирева Светлана Николаевна – доцент кафедры древесиноведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат биологических наук, доцент; г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: svetka-sneg@yandex.ru

Киселева Александра Владимировна - доцент кафедры древесиноведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, доцент; г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: avk50@yandex.ru

Топчеев Андрей Николаевич – директор Учебно-опытного лесхоза Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: uol.topcheev@rambler.ru

Мозговой Николай Васильевич – заведующий кафедрой промышленной экологии и безопасности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: nv_moz@mail.ru

Information about authors

Platonov Aleksey Dmitrievich – Head of Department of Wood Science of Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», DSc in Engineering, Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: vgltawood@yandex.ru.

Snegireva Svetlana Nikolaevna – Associate Professor of Department of Wood Science Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD in Biology, Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: svetka-sneg@yandex.ru

Kiseleva Aleksandra Vladimirovna – Associate Professor of Department of Wood Science Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD in Engineering, Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: avk50@yandex.ru

Topchiev Andrey Nikolaevich – Director of Educational and Experimental Forestry Area of Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation; e-mail: uol.topcheev@rambler.ru

Mozgovoy Nikolay Vasilyevich – Head of chair industrial ecology and safety, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «The Voronezh state Technical University», DSc in Engineering, Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: nv_moz@mail.ru