

УДК 630\*81

UDC 630\*81

**ПОВРЕЖДЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ  
СТВОЛА СОСНЫ ПОСЛЕ ЛЕСНОГО ПОЖА-  
РА 2010 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖ-  
СКОГО УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСХОЗА**

**DAMAGE TO PINE TRUNK MICROSTRUC-  
TURE AFTER THE FOREST FIRE IN THE  
YEAR 2010 AT THE TERRITORY OF VORO-  
NEZH EXPERIMENTAL TRAINING FOREST-  
RY**

Косиченко Николай Ефимович  
д.б.н., профессор

Kosichenko Nikolay Efimovich  
Dr.Sci,Biol., professor

Снегирева Светлана Николаевна  
к.б.н.

Snegireva Svetlana Nikolaevna  
Cand.Biol.Sci.

Платонов Алексей Дмитриевич  
д.т.н., доцент

Platonov Aleksey Dmitrievich  
Dr.Sci.Tech, associate professor

Чеботарёв Владимир Викторович  
к.с.-х.н., доцент  
*Воронежская государственная лесотехническая  
академия, Воронеж, Россия*

Chebatoryov Vladimir Viktorovich  
Cand.Agr.Sci., associate professor  
*Voronezh State Academy of Forestry and Technolo-  
gies, Voronezh, Russia*

В статье представлены результаты исследования  
повреждения анатомической структуры ствола  
сосны после поражения пожаром

The article presents the results of the damage study of  
the anatomical structure of the pine trunk after fire  
defeating

Ключевые слова: ВИД ПОЖАРА, ДРЕВОСТОЙ,  
СТВОЛ, КАМБИЙ, ФЛОЭМА

Keywords: TYPE OF FIRE, STAND, TRUNK,  
CAMBIUM, PHLOEM

Наиболее фундаментальные исследования по влиянию пожаров на лес проведены И. С. Мелеховым еще в 1948 году [1]. Наряду с лесоводческими и экологическими аспектами влияния пожаров на лес нами исследовано анатомическое строение флоэмы, древесины и активность камбия сосны обыкновенной после воздействия огня на дерево. Ранее мы отмечали об изменениях в строении древесины горельников сосны в Воронежской области на микро- и макроуровнях и ее некоторых физических свойств. [2].

При оценке вида пожара была использована терминология, предложенная в Марийском государственном техническом университете (МарГТУ) [3].

Беглый верховой пожар – верховой пожар, распространяющийся по пологу леса со скоростью, значительно опережающей горение нижних ярусов лесной растительности.

Верховой пожар – лесной пожар, охватывающий полог леса.

Сильный низовой – низовой пожар с высотой пламени на фронтальной кромке более 1,5 м. Скорость распространения свыше 3 м/мин.

Низовой пожар средней силы – низовой пожар с высотой пламени на фронтальной кромке от 0,5 м до 1,5 м. Скорость распространения от 1 до 3 м/мин.

Слабый низовой пожар – низовой пожар с высотой пламени на фронтальной кромке до 0,5 м. Скорость распространения не превышает 1 м/мин.

Пожарам, которые прошли в конце июля начале августа 2010 г., сопутствовали очень высокие рекордные для региона температуры воздуха. Так, например, средняя температура 28 июля составила +31,2 °С, что является абсолютным рекордом за последние несколько лет. В этот же день дневная температура достигла +39 С, а 2 августа +40,5 С, что является новым рекордом г. Воронежа.

Общая площадь лесных насаждений Воронежского Учебно-опытного лесхоза составляет 5036 га. В 2010 году пожаром было повреждено 3100 га насаждений сосны, в том числе 1200 га подверглись верховому пожару и 1900 га – низовому различной степени. Около 900 га является неликвидной древесиной. В настоящее время на площади 600 га степень повреждения древостоев окончательно не установлена, в связи, с чем проводится постоянный мониторинг их состояния.

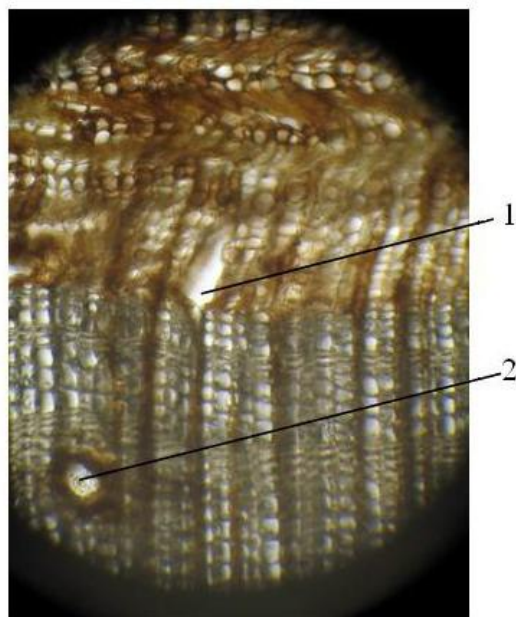
Детальное исследование повреждений микроструктуры древесины, флоэмы и активности камбия сосны проведено в сентябре 2010 года, через месяц после пожара. Для исследования был выбран квартал № 49 Левобережного лесничества, на участке древостоя смешанного состава 9С1Б+Д, тип условий местопроизрастания В<sub>1</sub>, возраст сосны 80 лет, средняя высота 22 м, средний диаметр 26 см, подвергнутому низовому пожару (рис. 1).



Рисунок 1. Слабый низовой пожар

Из выпилов коры с древесиной, взятых у основания ствола в месте подгоревшей корки, на санном микротоме были изготовлены микросрезы, а затем и временные, заключенные в глицерин, микропрепараты. При их изучении под микроскопом нами были отмечены наиболее существенные повреждения, в первую очередь горизонтальных смоляных ходов в проводящей флоэме.

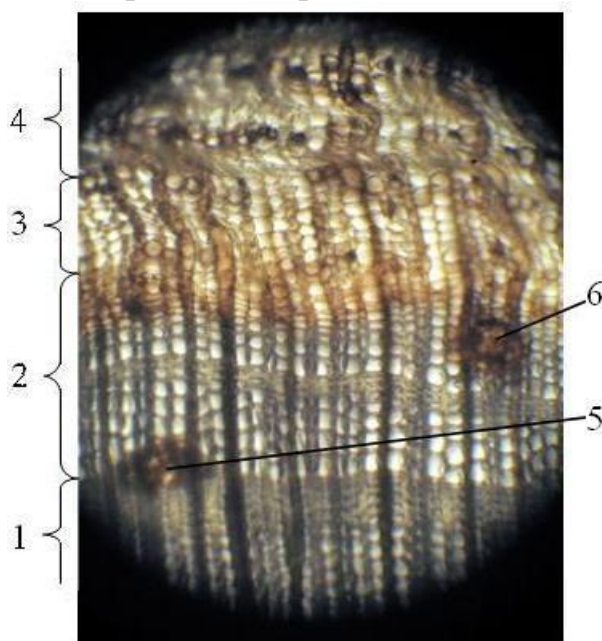
Здесь смоляные ходы, не имеющие прочной обкладки из поздних трахеид как в древесине, просто разрываются под напором испаряющегося скипидара живицы. Этого не происходит в древесинной части ствола, хотя нежные выделительные клетки как горизонтальных, так и вертикальных смоляных ходов погибают и приобретают темно-бурый цвет (рис. 2).



- 1 – разрушенный горизонтальный смоляной ход в проводящей флоэме;
- 2 – вертикальный смоляной ход с погибшими выделительными клетками

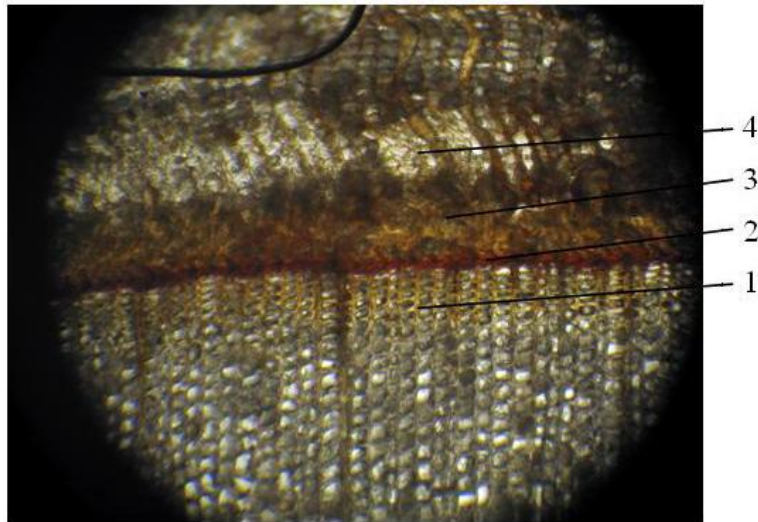
Рисунок 2. Повреждение смоляных ходов сосны в год пожара  
(поперечный срез,  $10^x$ )

Обращает на себя внимание тот факт, что в год пожара образуется ложный годичный слой древесины (рис. 3).



- 1 – часть годичного слоя древесины 2009 г.;
- 2 – годичный слой древесины 2010 г.;
- 3 – проводящая флоэма 2010 г.;
- 4 – часть непроводящей флоэмы;
- 5 – вертикальный смоляной ход с погибшими выделительными клетками;
- 6 – травматический вертикальный смоляной ход

Рисунок 3. Отложение камбием элементов древесины и луба до и после пожара (поперечный срез,  $10^x$ )



1 – часть годовичного слоя древесины 2010 г.; 2 – мертвые клетки камбия;  
3 – мертвые элементы проводящей флоэмы; 4 – непроводящая флоэма

Рисунок 4. Мертвый камбий и проводящая флоэма сосны  
(поперечный срез,  $10\times$ )

К началу пожара камбий отложил 4 ряда ранних и 3 ряда поздних трахеид. При пожаре активность камбия была приостановлена. После пожара она возобновилась, и было образовано 4 ряда ранних и 2 ряда поздних трахеид. За весь вегетационный период камбий отложил 9 рядов ситовидных клеток, а в целом по годовичному слою древесины образовано 8 рядов ранних и 5 поздних (всего 13) трахеид. Соотношение между элементами древесины и луба нарушается (1,5:1), при норме 3:1.

Увеличение числа отложенных камбием элементов флоэмы после пожара с биолого-генетической точки зрения хорошо объяснимо. Проводящий луб (флоэма) у сосны функционирует один вегетационный период, а затем ситовидные клетки облитерируются, а лучи изгибаются. Проводящую же функцию восходящего тока осуществляют несколько последних годовичных слоев древесины. Следовательно, проводящая флоэма находится под очень жестким генетическим контролем и не может быть сильно редуцирована в экстремальных условиях среды.

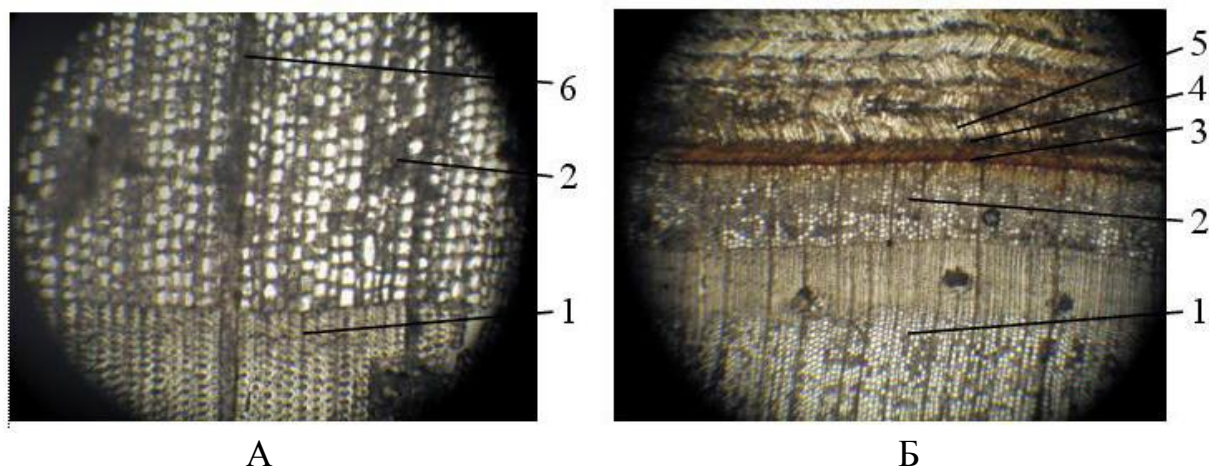
После пожара в древесине в большом количестве образуются травматические вертикальные смоляные ходы. В отличие от обычных верти-



кальных смоляных ходов они не приурочены к поздней древесине и чаще имеют извилистые очертания.

На следующий год (2011) после слабого низового пожара у основания ствола под трещинами коры уже 18 мая произошло отмирание камбия. По фенофазе развития деревьев это соответствовало началу лета пыльцы. Бурую окраску приобрели все клетки лучевых, большей части веретинных инициалей камбия и проводящей флоэмы. Морфологически на поперечном срезе образуется зона мертвых темно-бурых клеток шириной 4-5 мм, включающая камбий и проводящую флоэму (рис 4). При слабом низовом пожаре гибель камбия и клеток проводящей флоэмы не распространяется по высоте более, чем 0,5 м от основания ствола.

Под мертвым камбием образуется слой сильно засмоленной, защитной древесины (рис. 5).



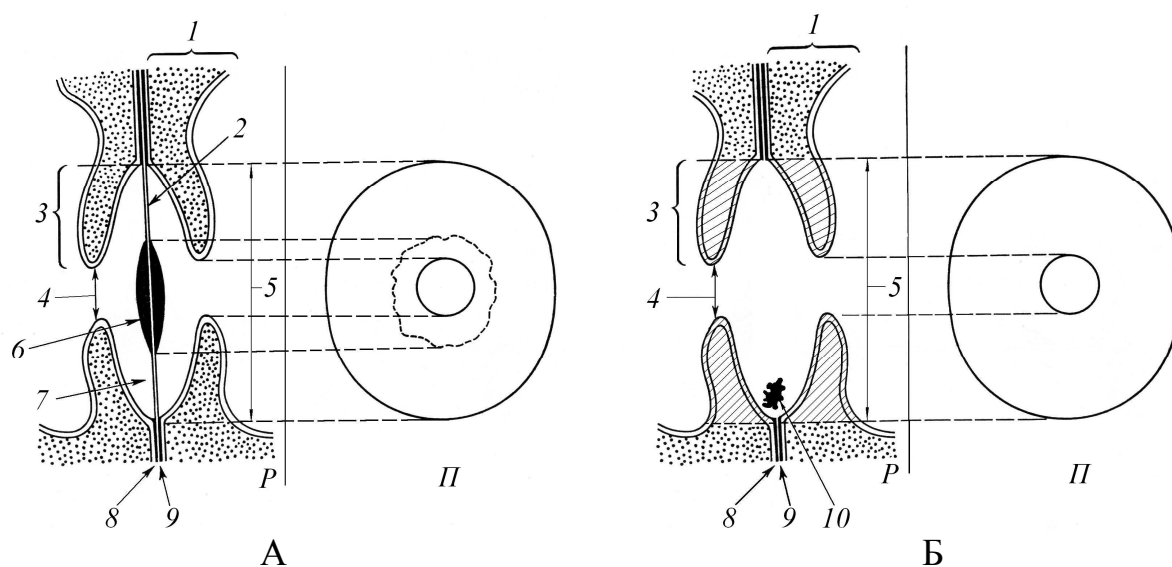
1 – часть годичного слоя 2009 г.; 2 – годичный слой защитной, сильно просмоленной древесины (2010 г.); 3 – слой мертвой камбиальной зоны; 4 – мертвая проводящая флоэма; 5 – непроводящая флоэма; 6 – сердцевинный луч с мертвыми выделительными клетками горизонтального смоляного хода

Рисунок 5. Образование защитной засмоленной древесины сосны (поперечный срез А – 10<sup>x</sup>, Б – 4<sup>x</sup>)

В этом слое трахеиды целыми обширными участками заполняются смолой. Форма трахеид изменяется под действием паров воды и испаряющегося скипидара, они вытягиваются в тангентальном направлении и приобретают округлую форму.

Существенные изменения происходят с окаймленными порами. На поперечных разрезах хорошо заметно, что их окаймления становятся оплавленными и приобретают темно-коричневую окраску. В деталях этот процесс выражается следующими структурными изменениями (рис. 6).

У не поврежденной огнем, механическими воздействиями или возрастными факторами окаймленной пары пор торус занимает центральное положение и маргинальная зона легко проницаема для воды. Проницаемость замыкающей пленки поры объясняется тем, что в ней в радиальном направлении имеются перфорации 0,2 мкм в поперечнике [4]. При механических повреждениях и ядрообразовании упругость маргинальной зоны теряется и торус прилегает к внутренней апертуре окаймленной поры. В случае пожара происходят вначале значительные разрывы перфораций под воздействием паров воды, а затем и оплавление замыкающей пленки поры и торуса. Окаймленные поры становятся проницаемы не только для воды, но и для смолы, которая поступает по прилегающим сердцевинным лучам из вертикальных и горизонтальных смоляных ходов.



А – не поврежденная огнем и Б – поврежденная огнем; 1 – трехслойная вторичная оболочка; 2 – замыкающая пленка поры (маргинальная зона); 3 – окаймление (после пожара оплавлено и приобрело темно-бурую окраску); 4 – отверстие поры (внутренняя апертура); 5 – наружная апертура; 6 – торус; 7 – камера поры; 8 – первичная оболочка (р) обозначена черной линией; 9 – межклетное вещество (м) оставлено белой линией; 10 – бесформенный комок расплавленного торуса и маргинальной зоны  
Рисунок 6. Окаймленная пара пор *Pinus silvestris* в разрезе (P) и в плане (П)

На защитной засмоленной древесине сосны сразу после пожара поселяется несовершенный гриб *Biatorrella resinae* Mudd., который придает древесине розовую окраску, четко различимую в виде длинных вертикальных полос на продольных разрезах. Наиболее широкие и яркие красные полосы идут вдоль крупных вертикальных смоляных ходов (рис. 7). При сильном низовом и слабом верховом пожарах (кв. 92, 93, 99) они распространяются от камбия на несколько годичных слоев вглубь ствола [2].



Рисунок 7. Повреждение древесины сосны несовершенным грибом *Biatorrella resinae* Mudd (радиальный скол)

В сентябре 2010 г. крона у всех деревьев сосны при слабом низовом пожаре сохраняла жизнеспособность, без видимых изменений формы и цвета. На следующий год после пожара (2011 г.) отбор образцов продолжили и он был приурочен к фенофазам развития однолетних побегов: 18.05.2011 – начало лета пыльцы из мужских колосков; 8.07.2011 – окончание роста однолетних побегов; 15.09.2011 – окончание вегетации.

В первый срок вегетации (в мае) крона у абсолютного большинства деревьев сосны оставалась жизнеспособной. В июле она пожелтела у 50 %



деревьев (рис. 8). В сентябре гибель кроны отмечалась уже у 75 % деревьев, при этом 20 % деревьев были полностью мертвыми, кора у них полностью осыпалась, а на поверхности сухих стволов присутствовали многочисленные летные отверстия короедов и усачей (рис. 9).

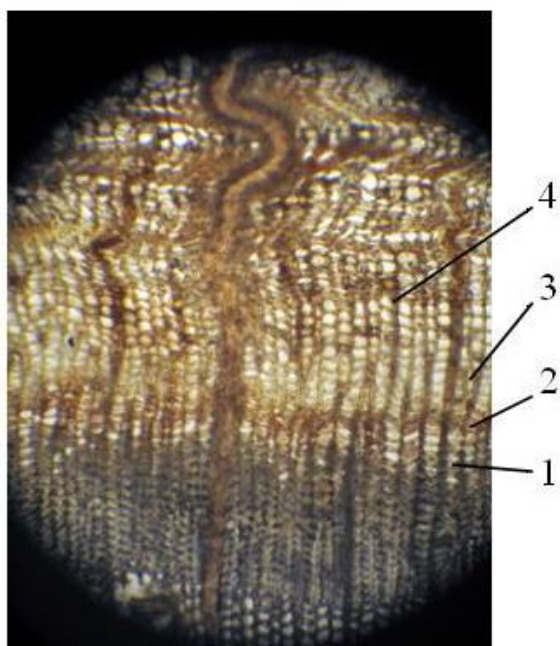


Рисунок 8. Пожелтение кроны сосны

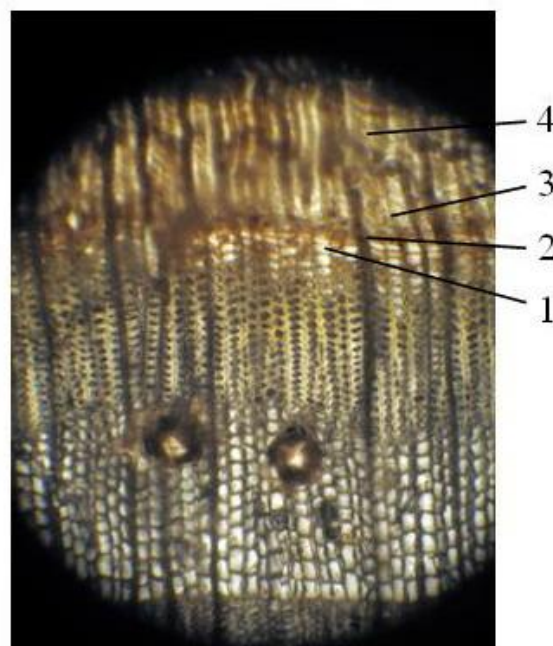


Рисунок 9. Повреждение коры и древесины короедами и усачами

Таким образом, после пожара, в мае, произошла гибель камбия под трещинами. Незначительное число трахеид и ситовидных элементов было отложено камбием на высоте 0,5 м и выше под толстыми пластинками корки. В июле незначительная жизнедеятельность камбия отмечалась только на высоте более 1 м у части деревьев. В нижних участках ствола в этот период отмечена фактически полная гибель камбия и проводящей флоэмы. Одновременно с этим происходит зарастание паренхимными клетками гипертрофированных горизонтальных смоляных ходов во флоэме (рис. 10). К середине сентября, к концу вегетации, камбий на высоте более 1,5 м отложил всего лишь 5 рядов слабо дифференцированных трахеид и столько же рядов ситовидных элементов только у отдельных деревьев (рис. 11).



1 – прирост древесины 2011 г.; 2 – отмирающие клетки камбиальной зоны; 3 – проводящая флоэма; 4 – непроводящая флоэма  
 Рисунок 10. Заращение горизонтальных смоляных ходов во флоэме паренхимными клетками (поперечный срез, 10<sup>×</sup>)



1 – слабо дифференцированные трахеиды; 2 – клетки отмирающей камбиальной зоны; 3 – ситовидные элементы проводящей флоэмы; 4 – непроводящая флоэма  
 Рисунок 11. Производные камбия в сентябре, следующего после пожара года (поперечный срез, 10<sup>×</sup>)

По данным исследования И. С. Мелехова, в условиях северных влажных боров и при слабых низовых пожарах камбий между обгоревшими участками коры сохранял свою активность даже спустя несколько десятков лет, что приводило к заращению защитной мертвой древесины и восстановлению общего камбиального кольца [1].

### Выводы

По результатам проведенных исследований установлено:

1. при низовом пожаре произошло в первую очередь повреждение горизонтальных смоляных ходов в проводящей флоэме;

2. на фоне жесткой засухи, в год пожара, камбий отложил лишь 13 рядов трахеид и 9 рядов ситовидных клеток, при этом, при пожаре произошла приостановка его активности, и образовалось ложное годичное кольцо;

3. в год пожара гибель камбия и клеток проводящей флоэмы наблюдалась у основания ствола только под глубокими трещинами корки и не распространялась на высоту более чем 0,5 м.;

4. окаймления на радиальных стенках трахеид имели темные очертания, вследствие их оплавления, а так же глубоких структурных изменений маргинальной зоны и торуса, что обусловило проницаемость живицы в трахеиды;

5. на свежей смоле древесины сосны сразу после пожара выявлено наличие несовершенного гриба *Viatorrella resinae* Mudd.;

6. в сухих борах лесостепи Воронежской области при продолжительной засухе и слабом низовом пожаре гибель камбия и деревьев сосны происходит уже на второй год после пожара, в период с июля по сентябрь.

#### Литература

1. Мелехов С. И. Влияние пожаров на лес. М.-Л. Гос. лесотехн. изд-тво. 1948. – 126 с.
2. Влияние вида пожара на структуру и качество древесины сосны / Т.К. Курьянова, А.Д. Платонов, Н.Е. Косиченко и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №10(74). С. 785 – 798. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/10/pdf/69.pdf>, 0,875 у.п.л.
3. Демаков Ю. П., Калинин К. К. Лесоводство. Ведение хозяйства в лесах пораженных пожарами. Учебное пособие. Йошкар-Ола 2003. – МарГТУ, ОПП МарГТУ – 135 с.
4. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. М. – МГУЛ, 2007. – 340 с.