

АНАЛИЗ ЛЕСОВОДСТВЕННЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СМЕШАННЫХ ДРЕВОСТОЕВ ПОСЛЕ НИЗОВЫХ ПОЖАРОВ

Е.А. Зеновская, студент

А.С. Новосёлов, канд. с.-х. наук, доцент

Вологодский государственный университет
(Россия, г. Вологда)

DOI:10.24412/2500-1000-2022-4-1-223-230

Аннотация. В Вельском районе Архангельской области было изучено воздействие низовых пожаров на лесные насаждения. Возгорания в лесной среде возникли вблизи антропогенных объектов. Основное внимание уделено изучению таксационных показателей древостоев, их санитарного состояния и особенностей радиального прироста сосновых деревьев до и после пожара.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, смешанный древостой, хвойный подрост, низовой пожар, санитарное состояние, радиальный прирост, макроструктура древесины, плотность древесины.

Для Российской Федерации чрезвычайно актуальна проблема лесных пожаров. В лесах на территории страны ежегодно возникает 30 тыс. возгораний различного масштаба [1]. В последнее время на рост числа и площадей пожаров особое влияние оказывает человеческая деятельность. Стихийное бедствие, постоянно нарушая фрагментированные окраины лесов, способствует уменьшению площади древостоев, снижению экономического потенциала лесных ресурсов и способности экосистем выполнять экологические функции [2].

За последние пять лет на территории Вельского района официально было зафиксировано 62 пожара, общая площадь которых составила 265,74 га. Процент беглых пожаров составил 13, а устойчивых – 87%. После пожара 2020 года выгорела наибольшая площадь (36,2 га).

Пик горимости с повышенным классом пожарной опасности в лесах Архангельской области наблюдался в июне и июле 2021 года. В сравнении с жаркими 2010 и 2011 годами, площадь, затронутая огнем, в этом году была в 10 раз меньше. Благодаря реализации комплекса организационных и технических мероприятий, позволивших выявлять пожары на ранних стадиях, оперативно их ликвидировать – наблюдается положительный результат [3].

Недостаточность или отсутствие в населенных пунктах источников наружного противопожарного водоснабжения, противопожарных минерализованных полос, несоблюдение требуемых противопожарных расстояний от границ застройки до границ лесных участков – одни из самых частых нарушений в области охраны лесов от пожаров.

Цель исследования – оценить влияние низовых лесных пожаров на жизненное состояние и макроструктуру древесины сосны в Вельском районе Архангельской области.

В рамках цели были поставлены следующие **задачи**:

1) провести таксационные замеры и рассчитать базовые лесоводственно-таксационные показатели древостоев на пробных площадях (ПП);

2) выполнить вариационную статистику высот молодого поколения сосны (подроста);

3) проанализировать экстремумы радиальных приростов древесины;

4) рассчитать и оценить плотность древесины;

5) оценить динамику прироста сосны обыкновенной по радиусу;

6) установить индивидуальное и общее санитарное состояние деревьев.

Описание объектов исследования. Горельники с разным временем возникновения пожара были подобраны в эксплуатационных лесах, находящихся к территории Вельского участкового лесничества. Их антропогенная нарушенность определяется непосредственной близостью автотрассы, свалки и населенных пунктов к местам возникновения пожаров.

Объект пожара 1 (ПП 1) – 24 июля 2018 года в кв. 110, выд. 4, по вине населения прошёл пожар низовой устойчивый, слабой интенсивности. Рядом с ним расположена свалка и асфальтовый завод. Выгоревшая площадь древостоя составила 0,2 га. Горение было локализовано с помощью тушения кромки пожара водой из пожарной машины и ранцевых лесных огнетушителей. Общая сумма ущерба составила 22 544,89 руб.

Контрольный древостой (ПП 2) расположен в аналогичных природных условиях и непосредственной близости к местам пожаров, о чем говорит схожий породный состав (его подбор проводился по аналогичной средней высоте доминантной породы).

Объект пожара 2 (ПП 3) – произошёл пожар низовой беглый средней интенсивности (горение сухой травы) 16 мая 2017 года в кв. 84, выд. 19, по вине населения. Пострадавшая от огня лесная площадь составила 0,4 га. Пожар был остановлен с помощью тушения кромки леса водой из пожарной машины и ранцевых огнетушителей с применением смачивателя – «Ливень ТС» (в таблетках).

Объект пожара 3 (ПП 4) – произошёл низовой устойчивый пожар средней интенсивности, 14 мая 2016 года в кв. 84, выд. 18 и 19, от загоревшейся несанкционированной свалки отходов лесопиления. Выгоревшая площадь леса составила 3,3 га. Горение лесных материалов было локализовано с помощью тушения кромки пожара водой из пожарной машины, ранцевых лесных огнетушителей и создания противопожарной минерализованной полосы.

Методика исследования. Полевые исследовательские работы проводились с ав-

густа по сентябрь 2021 года. Подбор опытных древостоев проводился с использованием таксационных описаний лесного фонда. На каждом объекте исследования выбиралась и ограничивалась пробная площадь ленточного типа (длиной 50 и шириной 10 м).

Каждый экземпляр хвойного подроста относился к той или иной категории жизненного состояния при их визуальной оценке (*б/б* – благонадежный физиологически, безукоризненный в техническом отношении; *б/д* – благонадежный физиологически, но дефектный технически; *сом* – сомнительный, потенциальные возможности которого, в данный момент трудно определить; *н* – ненадежный; *сух* – сухой) [4]. Молодое поколение леса по высоте (индивидуально) делилось на три категории: *мелкий* – до 0,5; *средний* – 0,5-1,5 и *крупный* подрост – более 1,5 м. Для *пересчета на крупный* применялись коэффициенты 0,5 для мелкого, 0,8 – среднего, 1,0 – крупного, согласно Правилам лесовосстановления [5].

Для установления категорий санитарного состояния индивидуально всех деревьев на пробных площадях использовалась стандартная шкала (категории: *I* – здоровые, *II* – ослабленные, *III* – сильно ослабленные, *IV* – усыхающие, *Vб* – свежий ветровал, *Vг* – старый сухостой) [6]. Применялись вариационная статистическая обработка результатов замеров и критерий Стьюдента при сравнительном анализе [7].

На каждой пробной площади возрастным буравом проводился отбор кернов древесины в количестве четырёх экземпляров у доминирующей породы (сосны) на высоте 0,6 м от шейки корня (с минимальными потерями ростовых колец). Впоследствии образцы зачищались лезвием, тонировались мелом для более точного подсчёта приростов, далее они были отсканированы на цифровом сканере и в программе на ПК замерены поздняя (ПД), ранняя древесина (РД) и ширина годичного кольца (ШГК) каждого годичного кольца в пик. и мм.

Для определения плотности древесины (Р) сосны применялось уравнение [8] зави-

симости её с шириной годичных слоёв (S) и процентом поздней древесины (Bd) по формуле (1):

$$P = 297,3 - 10,8 \cdot S + 4,9 \cdot Bd \quad (1)$$

Экстремумы приростов (максимальные и минимальные) определялись по фактическим данным каждого ядра на пробных площадях.

Результаты исследования и их анализ. На всех объектах исследования среди древостоев по запасу преобладает сосна и, в меньшей степени, берёза (от 1 до 14 %) (табл. 1). По группам возраста сосновый элемент леса относится к средневозрастному (ПП 1, 2, 4) и молодняку (ПП 3).

Таблица 1. Лесоводственно-таксационная характеристика изучаемых объектов

Номер п/п, год пожара, индекс типа леса	Состав древостоя, класс бонитета, средний возраст	Средние показатели						
		высота, м	диаметр, см	густота, экз./га	Относительная полнота	Порода	Запас, м ³ /га	
							сырорастущий	сухостойный
Квартал 110								
1, 2018, С. чер.	5СЗЕ2Б, III, 58	12,0	20,6	360	0,42	С	68	11
		8,5	12,4	160	0,10	Е	9	-
		6,5	8,5	60	0,03	Б	1	-
2 контроль, С. чер.	5СЗБ2Е, IV, 69	12,0	9,5	460	0,25	С	42	1
		8,0	12,1	220	0,13	Е	9	1
		10,0	14,4	80	0,04	Б	3	-
Квартал 84								
3, 2017, С. чер.	4СЗЕЗБ, I, 21	9,5	17,5	320	0,36	С	39	4
		9,0	16,4	100	0,09	Е	9	4
		9,5	9,2	120	0,05	Б	4	-
4, 2016, С. чер.	5СЗЕ2Б, III, 57	14,0	14,5	320	0,15	С	31	5
		12,5	9,9	200	0,06	Е	9	2
		9,5	12,4	140	0,09	Б	7	2

По относительной полноте состояния деревьев древостои распределены следующим образом. На ПП 1-3 – низкополнотные насаждения, а на ПП 4 – редины. Во всех изученных насаждениях отмечен сухостой, преобладающий (табл. 1) на первом горельнике (ПП 1). Наибольшая густота для всех пород (760 экз./га) отмечена на контроле (ПП 2), а наименьшая (540 экз./га) – на объекте пожара 2017 года (ПП 3).

По результатам статистической обработки высот подроста (табл. 2) на первом и втором объектах необходимо отметить, что изменчивость в целом высокая (> 30%), но она несколько выше на контроле (ПП 2) у благонадежного подроста без дефектов (на 5%). То есть, чем выше измен-

чивость высоты, тем реакция на колебания внешних факторов менее согласованна.

Используя критерий Стьюдента [7] удалось доказать различие средних высот благонадежного и благонадежного дефектного подроста на самом высоком уровне 99,9 % ($t_{st}=5,29 > t_{\phi}=0,001$).

В период роста после пожара деревья на ПП 3 в отдельные годы (табл. 3) проявляют более высокую активность по радиальному приросту ($\approx 8,5$ мм). Это можно объяснить тем, что в рассматриваемых условиях исследования сосновый древостой более молодой и восстановление темпов роста здесь происходит быстрее. Средний экстремально низкий прирост 1,3 мм, на контроле – 0,25 мм, что предположительно может быть вызвано стрессовым состоянием деревьев или другими факторами.

Таблица 2. Результаты вариационной статистики высот молодого поколения сосны по категориям жизненного состояния

Номер п/п	Категория жизненного состояния	Средняя высота (М), см	Основная ошибка ср. значения ($\pm m_{\text{ср}}$)	Стандартное отклонение (σ)	Коэффициент изменчивости (С, %)	Точность опыта (Р, %)	Достоверность ср. значения ($t_{\text{ср}}$)	Максимум
1	б/б	64,18	3,16	18,17	28,3	4,92	20,31	95
	б/д	43,63	2,26	11,05	25,3	5,18	19,31	65
	для всех категорий	47,81	2,42	21,35	44,7	5,06	19,76	95
2	б/б	23,30	1,24	7,82	33,6	5,31	18,85	35
	для всех категорий	18,11	0,97	8,48	46,8	5,36	18,67	35

Таблица 3. Экстремумы радиального прироста древесины

Номер ПП, год пожара	Прирост (в мм) по годам прироста (максимум / минимум) *									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
ПП 1, 2018	-	-	-	$\frac{4,1}{0,4}$	$\frac{4}{-}$	-	$\frac{3,7}{-}$	-	-	$\frac{-}{0,9}$
ПП 2 (контроль)	-	-	$\frac{1,7}{-}$	-	$\frac{1,7}{0,2}$	-	$\frac{1,9}{0,3}$	-	-	-
ПП 3, 2017	$\frac{-}{2,4}$	-	-	$\frac{9,7}{1,3}$	-	-	-	$\frac{7,9}{2,2}$	-	$\frac{9,6}{2,9}$
ПП 4, 2016	-	$\frac{3,7}{0,6}$	-	-	$\frac{4,4}{-}$	-	-	$\frac{4}{-}$	-	$\frac{-}{0,2}$

Примечание: * – жирным выделены значения приростов после пожара;

Изменения плотности древесины. За последние пять лет роста деревьев на контроле (ПП 2) и на объекте пожара 2017 года (ПП 4) она увеличилась незначительно приблизительно на 2 % и 3,1 кг/м³ (> 1%)

соответственно. На ПП 1 и 3 плотность древесины снизилась примерно на 3% и 6,0 кг/м³ соответственно. Отмеченные тенденции могут быть связаны с произошедшими пожарами (табл. 4).

Таблица 4. Плотность древесины

Номер ПП	Плотность древесины, кг/м ³ *	Разница, %
1	501,4 / 484,8	3,3
2 (контроль)	490,6 / 498,5	-1,6
3	467,3 / 461,3	1,3
4	503,6 / 506,7	-0,6

Примечание: * – в числителе значения – до, а в знаменателе – после пожара

Особенности динамики радиального прироста. В целом содержание поздней древесины в ширине годичного кольца (рис. 1) после пожара снижается. У дерева на ПП 1 до возгорания динамика радиального прироста идет скачкообразно, после – с 2018 по 2019 года наблюдается снижение, а далее – резкий спад (с 1,84 до 1,19 мм). На контроле (ПП 2) до 2016 года заметно явное понижение радиального прироста (с 1,41 до 0,70 мм). В период

2016-2017 годов он находится на одном уровне, а после пожара происходит плавное его повышение.

На месте второго пожара (ПП 3) наблюдается резкое снижение радиального прироста древесины до 2014 года и далее его плавное повышение. После пожара до 2019 происходит незначительное повышение и к 2020 – резкое снижение, а далее – заметный скачок прироста (с 4,15 до 6,46 мм).

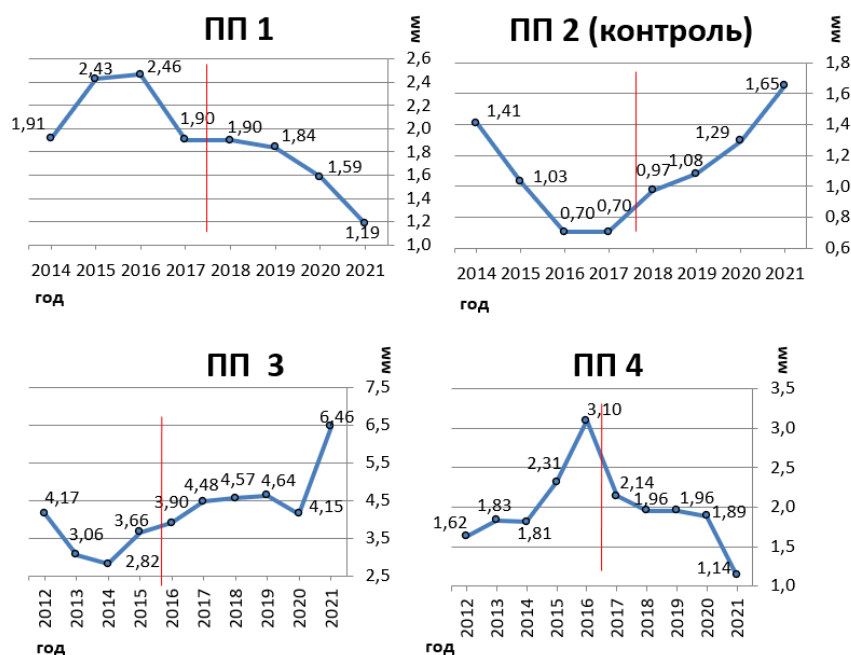


Рис. 1. Флюктуации радиального прироста (вертикальной линией обозначен год пожара)

На горельнике 3 (ПП 4) до 2014 происходит увеличение радиального прироста, к 2016 наблюдается резкий скачок (с 1,81 до 3,10 мм), а до пожара и после него резкий спад. Прирост до 2020 – держится на одном уровне и далее значительно понижается.

Такую ситуацию, предположительно, можно объяснить тем, что древостои на ПП 3 и 4 находятся в одном выделе, но пожары происходили в разные годы. Отличие у них в том, что на ПП 4 был устойчивый низовой пожар, древостой здесь также имеет самую низкую полноту, наибольшую высоту доминирующей и повышенную густоту второстепенной породы (140 экз./га), а на горельнике 2 (ПП 3) – более молодые сосны, которые интенсивнее восстанавливают темпы роста после пожара.

Анализ макроструктуры древесины. Доля поздней древесины в годичном кольце (табл. 5) на местах пожара уменьши-

лась, а на контроле – увеличилась (предположительно деревья здесь не были затронуты пламенем).

Минимальная доля поздней древесины в ШГК у дерева возраста 26 лет с места возгорания 2018 года (ПП 1), наибольшая – 29-летнего на 3 горельнике (ПП 4). Ранняя древесина наименьшая у сосны 59 лет на месте пожара 2016 года (ПП 3). Наибольшая ширина годичного кольца у 21-летнего дерева с места горения 2017 года (ПП 4).

Санитарное состояние древостоев. В сосняке 2018 года (ПП 1) основное число елей относится к I категории (рис. 2); сосны равномерно распределены санитарному состоянию и относятся к I, II, IV и Vг категориям. На контроле (ПП 2) хвойный древостой I и II категории. На горельнике 2 (ПП 3) берёзы относятся ко II категории, а сосны – ко II и IV. На территории пожара 2016 года (ПП 4) деревья категории II.

Таблица 5. Данные макроструктуры древесины сосны

Номер керна (возраст дерева, лет*)	ПП 1, Горельник 1 (2018), средний возраст 58 лет				ПП 2, Контроль (2018), средний возраст 69 лет			
	ПД, мм	РД, мм	ШГК, мм	Доля ПД в ШГК, %	ПД, мм	РД, мм	ШГК, мм	Доля ПД в ШГК, %
1 (Г1 – 67; К – 69)	<u>1,61</u> 1,21	<u>1,34</u> 2,09	<u>3,70</u> 2,54	<u>43,58</u> 46,92	<u>0,70</u> 1,00	<u>0,71</u> 0,79	<u>1,41</u> 1,79	<u>48,88</u> 55,31
2 (Г1 – 70; К – 74)	<u>0,30</u> 0,46	<u>0,31</u> 0,65	<u>0,61</u> 1,11	<u>47,85</u> 41,10	<u>0,22</u> 0,41	<u>0,44</u> 0,38	<u>0,66</u> 0,79	<u>35,84</u> 49,53
3 (Г1 – 26; К – 78)	<u>0,34</u> 0,45	<u>0,71</u> 0,9	<u>1,05</u> 1,35	<u>32,80</u> 32,90	<u>0,36</u> 0,29	<u>0,52</u> 0,60	<u>0,81</u> 0,96	<u>39,21</u> 34,97
4 (Г1 – 68; К – 56)	<u>1,88</u> 0,78	<u>1,16</u> 1,03	<u>3,05</u> 1,80	<u>61,51</u> 46,56	<u>0,41</u> 0,53	<u>0,54</u> 0,94	<u>0,96</u> 1,46	<u>42,32</u> 35,44
В среднем	<u>1,06</u> 0,70	<u>1,11</u> 0,93	<u>2,18</u> 1,63	<u>46,46</u> 41,85	<u>0,41</u> 0,58	<u>0,55</u> 0,68	<u>0,96</u> 1,25	<u>41,56</u> 43,81
ПП 3, Горельник 2 (2017), средний возраст 21 год				ПП 4, Горельник 3 (2016), средний возраст 57 лет				
1 (Г2 – 21; Г3 – 29)	<u>2,98</u> 3,27	<u>3,36</u> 3,54	<u>6,34</u> 6,81	<u>49,16</u> 47,58	<u>1,80</u> 1,44	<u>1,76</u> 1,68	<u>3,56</u> 3,11	<u>50,71</u> 45,18
2 (Г2 – 18; Г3 – 59)	<u>1,07</u> 1,78	<u>1,58</u> 2,19	<u>2,66</u> 3,97	<u>36,73</u> 43,53	<u>0,40</u> 0,16	<u>0,50</u> 0,22	<u>0,90</u> 0,38	<u>43,66</u> 43,65
3 (Г2 – 22; Г3 – 48)	<u>1,09</u> 1,49	<u>1,50</u> 2,17	<u>2,60</u> 3,65	<u>38,89</u> 40,45	<u>0,90</u> 0,85	<u>0,89</u> 0,74	<u>1,78</u> 1,59	<u>48,50</u> 54,41
4 (Г2 – 22; Г3 – 94)	<u>1,13</u> 2,08	<u>1,37</u> 2,93	<u>2,50</u> 2,01	<u>45,10</u> 38,54	<u>1,05</u> 0,95	<u>1,25</u> 1,23	<u>2,30</u> 2,18	<u>44,38</u> 43,61
В среднем	<u>1,57</u> 2,16	<u>1,95</u> 2,71	<u>3,53</u> 4,11	<u>42,47</u> 42,53	<u>1,04</u> 0,85	<u>1,10</u> 0,97	<u>2,14</u> 1,82	<u>46,81</u> 46,71

Примечание: * - Г - горельник, К - контроль; числитель - показатель до пожара, в знаменателе - после пожара; жирным обозначены максимумы по ПП (по числителю и знаменателю)

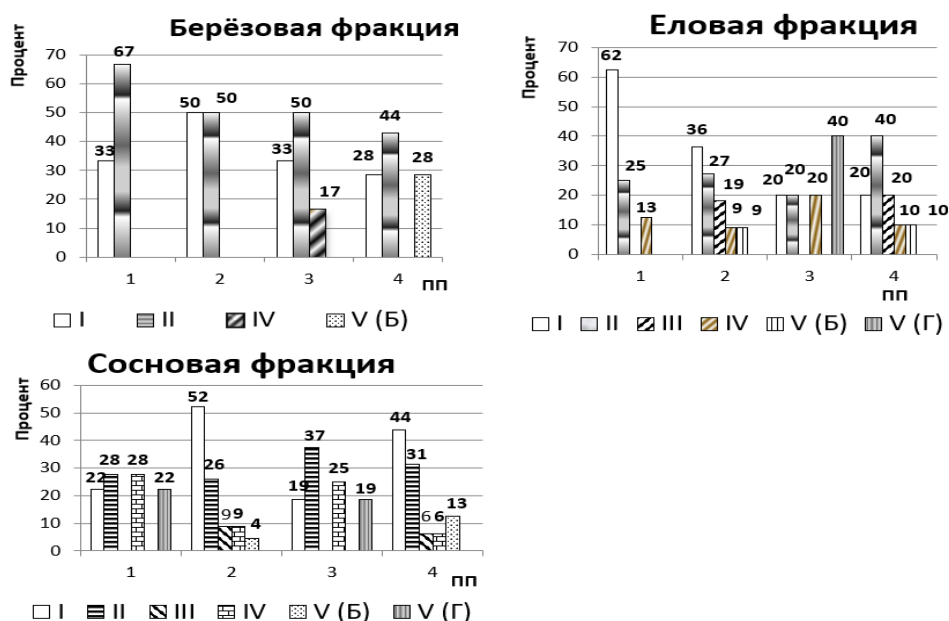


Рис. 2. Санитарное состояние фракций опытных смешанных древостоев

Основные выводы: 1) В исследованных объектах пожаров сосновый элемент леса относится к таким группам возрастов, как средневозрастные и молодняки. Рединой представлен только древостой после пожара 2016 года, все остальные объекты – низко-полнотные насаждения. По запасу преобладала сосна, в меньшей степени – береза (до 14%);

2) На самом высоком уровне (99,9%) доказано различие средних высот благонадежного безукоризненного (64,18 см) и благонадежного дефектного (43,63 см) подроста;

3) Доля поздней древесины в ширине годичного кольца у сосны в среднем уменьшилась 1,56 % на всех объектах после низовых пожаров. В период роста деревьев после пожара ширина приростных колец уменьшается на 3%;

4) Плотность древесины сосны, за последние пять лет роста деревьев, сразу по-

сле пожаров имеет тенденцию к снижению.

5) В горельниках отмечено снижение радиального прироста у сосновых деревьев, но на территории низового беглого пожара средней интенсивности 2017 года они более молодые и восстановление происходит быстрее;

6) На месте низового устойчивого пожара средней интенсивности 2016 года самая низкая полнота, наибольшая высота доминирующей породы, наибольшая густота березовых деревьев (140 экз./га).

7) На всех изученных лесных объектах древостой относятся к I и II категориям жизненного состояния, но на площадях, пройденных огнем, есть древостой IV категории. На контроле низового устойчивого пожара слабой интенсивности 2018 года основную массу хвойного древостоя составляют деревья I и II категорий.

Библиографический список

1. Цветков П.А. Предисловие научного редактора номера // Сибирский лесной журнал. – 2017. – №5. – С. 3-5.
2. Гонгальский, К. К. Лесные пожары и почвенная фауна. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 169 с.
3. Сетевое издание Dvinanews // Dvinanews.ru: сайт. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dvinanews.ru/-7eob1syk>
4. Мелехов И.С. Лесоводство. – Москва: МГУЛ, 2003. – 320 с.
5. Правила лесовосстановления // КонсультантПлюс. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371824/
6. Правила санитарной безопасности в лесах // КонсультантПлюс. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_370645/
7. Статистические методы обработки экологической информации: методические указания для выполнения практических работ / сост.: А.С. Новосёлов, Т.К. Карандашева. – Вологда: ВоГТУ, 2013. – 32 с.
8. Чибисов Г.А., Москалева С.А., Крыжановская Л.Е. Качество древесины сосны и ели, метод его определения // Сборник научных трудов «Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере». – Архангельск: СевНИИЛХ, 2005. – С. 89-99.

ANALYSIS OF FORESTRY AND ENVIRONMENTAL INDICATORS OF MIXED STANDS AFTER GRASSROOTS FIRES

E.A. Zenovskaya, *Student*

A.S. Novoselov, *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor*

Vologda State University

(Russia, Vologda)

***Abstract.** In the Velsky district of the Arkhangelsk region, the impact of grass-roots fires on forest plantations was studied. Fires in the forest environment occurred near anthropogenic objects. The main attention is paid to the study of the taxation indicators of stands, their sanitary condition and the features of the radial growth of pine trees before and after the fire.*

***Keywords:** common pine, mixed stand, coniferous undergrowth, grass-roots fire, sanitary condition, radial growth, macrostructure of wood, density of wood.*