



DOI 10.21178/2079-6080.2023.2.18  
УДК 630\*228.3+\*434

## Постпирогенное формирование хвойно-лиственных молодняков в ландшафте Тихвинской гряды в Ленинградской области

© Д.А. Данилов<sup>1,2</sup>, Н.В. Беляева<sup>1</sup>, И.М. Анисимова<sup>1</sup>

---

### **Post-pyrogenic formation of coniferous-deciduous young trees in the landscape of the Tikhvin ridge of the Leningrad region**

**D.A. Danilov, N.V. Belyaeva, I.M. Anisimova** (Saint Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov; Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka» – branch of the «Federal Potato Research Center named after A.G. Lorkh»)

University named after S.M. Kirov; Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka» – branch of the «Federal Potato Research Center named after A.G. Lorkh»

A study of the influence of different soil and hydrological conditions of habitat on the regeneration and formation of post-pyrogenic young growth dominated by pine, spruce and deciduous species in the landscape conditions of the Tikhvin Ridge in the Leningrad region was carried out. These pyrogenic plots belong to the bilberry series of forest types with different granulometric composition: sand, sandy loam, loam, peat loam and with different moisture regime. At all sites, the source of regeneration of coniferous undergrowth was a maternal mixed coniferous stand of pine and spruce. To study natural regeneration, 10 m<sup>2</sup> circular plots were plotted on transect laid diagonally across the area traversed by the fire, and undergrowth was counted on these plots. Analysis of the soil complex was carried out using standard agrochemical methods. The data were statistically processed using multivariate analysis of variance and rank correlation analysis. The results obtained showed a different level of influence of soil environment factors on the quantitative characteristics of post-pyrogenic undergrowth by species and coarseness categories. As the coarseness category of the undergrowth increases, so does the influence of

organic matter content on it across all of the selected soil horizons. The factor of acidity level of soil horizons has the most significant effect on spruce regeneration than on pine and deciduous regeneration. The relationship obtained by Spearman's rank coefficient showed a significant representation of pine undergrowth in the composition of the forming post-ripening young growth from the share of participation of other species. For spruce undergrowth, this relationship with its quantitative representation in post-pyrogenic stands, depending on the granulometric composition of soils, is less pronounced and weak and often even absent. For birch in post-riparian stands, a significant proportion of its participation in the composition was revealed only in young stands dominated by pine.

**Keywords:** coniferous-deciduous young stands, ground fires, post-pyrogenic reforestation, soil granulometric composition, pH, humus, factor and rank analyses

### **Постпирогенное формирование хвойно-лиственных молодняков в ландшафте Тихвинской гряды в Ленинградской области**

**Д.А. Данилов, Н.В. Беляева, И.М. Анисимова**

Проведено исследование влияния различных почвенно-гидрологических условий место-произрастания на возобновление и формирование постпирогенных молодняков различного породного состава в условиях ландшафта Тихвинской гряды в Ленинградской области. Данные пирогенные участки относятся к черничной серии типов леса с различным гранулометрическим составом: пески, супеси, суглинки, торфянистые и с различным режимом увлажнения. На всех участках источником возобновления хвойного подроста служил материнский смешанный хвойный древостой сосны и ели примыкающей стены леса. Для исследования естественного возобновления на трансекте, закладываемой по диагонали участка, пройденного пожаром, намечались круговые площадки 10 м<sup>2</sup>, на которых производился учёт подроста. Анализ почвенного комплекса выполнялся по стандартным агрохимическим методикам. Статистическая обработка данных проводилась с применением многофакторного дисперсионного анализа и рангового корреляционного анализа. Полученные результаты показали различный уровень влияния факторов почвенной среды на количественные характеристики постпирогенного подроста по породам и категориям крупности. С увеличением категории крупности подроста возрастает влияние на него содержания органического вещества по всем выделенным горизонтам почвы. Уровень кислотности почвенных горизонтов наиболее значимо влияет на еловый подрост, чем на сосновое и лиственное возобновление. Полученная зависимость, по ранговому коэффициенту Спирмена, показала значимую представленность подроста сосны в составе формирующегося постпирогенного молодняка от доли участия других пород. Для елового подроста данная связь с его количеством в постпирогенных насаждениях в зависимости от гранулометрического состава почв имеет менее выраженный характер и слабую связь, а часто и ее отсутствие. Для березы в постпирогенных насаждениях значимая доля ее участия в составе выявлена только в молодняках с преобладанием сосны.

**Ключевые слова:** хвойно-лиственные молодняки, низовые пожары, постпирогенное лесовосстановление, гранулометрический состав почв, pH, гумус, факторный и ранговый анализы

Данилов Дмитрий Александрович – профессор кафедры лесоводства института леса и природопользования, д-р с.-х. наук; главный научный сотрудник отдела агрохимии и агроэкологии  
E-mail: stown200@mail.ru

Беляева Наталия Валерьевна – профессор кафедры лесоводства института леса и природопользования, д-р с.-х. наук  
E-mail: galbel06@mail.ru

Анисимова Ирина Михайловна – аспирант кафедры лесоводства института леса и природопользования  
E-mail: london-86@bk.ru

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»  
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5  
E-mail: public@spbftu.ru

<sup>2</sup>Ленинградский НИИСХ «Белогорка» филиал «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»,  
188377, Ленинградская обл. гатчинский р-н, д. Белогорка, Институтский пер., 5

**Введение**

Изучению закономерностей динамики лесов бореального биома под влиянием природных и антропогенных воздействий, включая и пирогенные нарушения, по поддержанию их стабильности и по восстановлению посвящены многочисленные исследовательские работы [1–3, 13, 21, 30–34, 36–40].

Особенности сукцессий хвойных лесов после катастрофических воздействий достаточно подробно и рассмотрены в ряде работ по этой тематике [3, 4, 5, 9, 11, 18, 20, 41–46]. Доказано, что леса, произрастающие во всех типах местообитаний и природных условий, периодически повреждаются пожарами и штормовыми ветрами, которые приводят к возникновению ветровалов и буреломов.

Лесные пожары – один из основных деструктивных факторов в бореальных лесах. Проблемы экологии возобновления сосны и ели на гарях в условиях Северо-Западного региона фрагментарно рассмотрены пока только в ряде работ [3, 4–7, 29, 35].

Процессы восстановительной сукцессии после пожаров зависят от различных факторов: географического расположения, климата, структуры ландшафта и размещения площади, особенностей рельефа, типа условий местопроизрастания, биологии представленных на площади пород, особенностей типа леса и сукцессионной фазы, типа и интенсивности пожара; размера сгоревшей площади, наличия источников обсеменения и качества семян и т. д. [1–5, 20, 29, 35, 40–46].

Современные методы анализа данных в связи со сложностью лесных экосистем не всегда позволяют получить необходимую информацию о структуре и динамике лесов после воздействия пожаров различной интенсивности, и имеется неопределенность и риск достигнуть недостоверных результатов. В связи с этим необходим системный междисциплинарный подход, который позволяет рассмотреть проблему постпирогенного лесовосстановления комплексно и с различных точек зрения.

Целью данной работы было изучение влияния различных почвенно-гидрологических условий местопроизрастания на возобновление и формирование постпирогенных молодняков различного породного состава

в условиях ландшафта Тихвинской гряды в Ленинградской области.

**Объекты и методика исследования**

Исследования проводились в 2020–2021 гг. в Бокситогорском лесничестве (Ленинградская область), который приурочен к Балтийско-Белозерскому таежному району [15]. По характеру рельефа все леса относятся к равнинным, основная их часть находится на возвышенной Тихвинской гряде Валдайской возвышенности, где преобладают абсолютные высоты 150–250 метров над уровнем моря [8, 14, 26]. Лесистость территории – 65 %. Преобладают хвойные леса (сосна, ель) [16].

Объектами исследования являлись участки леса, пройденные пожарами в 2008–2018 гг. Пожары классифицировались как низовые устойчивые, средней степени интенсивности, с площадью невыгоревших участков от 6 до 15 % от общей. Размер обследованных объектов, пройденных огнём, варьировала от 1 до 5 га; они относятся к черничной серии типов леса, однако, почвы имеют различный гранулометрический состав: пески, супеси, суглинки, торфянистые, с различным режимом увлажнения. Почвы на местах исследования располагаются по ряду восстановительных процессов возобновления древесных видов различного породного состава.

Источником возобновления хвойного подроста служил материнский смешанный древостой с преобладанием сосны и ели в прилегающей стене леса или отдельные деревья, оставшиеся на участках, пройденных огнём. На основании этого можно предполагать, что воздействие пирогенного фактора на все объекты исследования одинаковым.

Для исследования естественного возобновления на трансекте, закладываемой по диагонали участка, намечались круговые площадки 10 м<sup>2</sup>, на которых производилось измерение подроста. При этом согласно действующим нормативно-правовым документам подрост разделяли на три группы: мелкий – высотой до 0,5 м, средний – 0,51–1,5 м и крупный – выше 1,5 м, а затем пересчитывали на крупный [22, 23].

Почвенные образцы на опытных участках, отбирали из 0–5 см и 5–10 см толщи органо-минерального горизонта, так

как в этом слое у древесных пород на стадии молодняка находится основная масса всасывающих корневых окончаний [19, 24]. Анализы почвенного комплекса выполнялся по стандартным агрохимическим методикам: содержание органического вещества определяли методом сухого озоления, реакцию почвенного раствора (рН<sub>сол</sub>) устанавливали рН-метрически, общую кислотность – по солевой вытяжке потенциометрическим методом. Гранулометрический состав почв и режим их увлажнения выявляли органолептически по Н.А. Качинскому [28]. Почвы были ранжированы по утяжелению гранулометрического состава и режиму увлажнения по О.Г. Чертову (1983) с присвоением индекса [26].

Для выявления достоверных связей между полученными количественными характе-

ристиками и исследуемыми факторами применяли многофакторный дисперсионный анализ и ранговый корреляционный анализ по критерию Спирмена, широко используемые в эколого-лесоводственных исследованиях [2, 12, 25].

#### Результаты исследований

Анализ распределения содержания органического вещества по почвенным горизонтам в постпирогенных молодняках имеет свои отличительные особенности в зависимости от гранулометрического состава почв. В исследуемых молодняках прослеживается значимое различие количества органического вещества в почвах в насаждениях, как с преобладанием сосны, так и ели (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики почвенных условий опытных объектов с различной густотой подроста древесных пород

Номера и описание опытных участков	Характеристики почвы на разной глубине				Количество подроста по породам, шт./га			
	Содержание органического вещества, %		рН		С	Е	Б	Ос
	0–5 см	5–10 см	0–5 см	5–10 см				
Молодняки с преобладанием сосны								
1. Состав*: 6С1Е3Б; песчаные иллювиально-железистые грубогумусные поверхностно-подзолистые, среднemosные почвы	1,9	1,4	4,8	4,5	1300	475	575	550
Среднее	3,1	1,4	3,9	4,0	5262	375	625	350
2. Состав: 5С1Е4Б; почвы супесчаные свежие, поверхностно-оподзоленные	11,7	5,2	3,0	3,4	11575	775	500	275
Среднее	23,1	5,5	3,3	2,9	13175	475	2150	200
Среднее	12,4	4,6	3,0	3,0	9950	300	8050	325
Среднее	13,4	5,8	3,2	2,5	18850	250	10100	225
Среднее	15,1	5,3	3,1	2,9	13387	450	5200	256
3. Состав: 6С2Е2Б+Ос; почвы супесчаные, переувлажненные, разной степени оподзоленности	5,5	1,5	3,3	2,9	1200	2700	500	200
Среднее	12,0	5,5	3,6	3,2	1200	1025	725	125

Номера и описание опытных участков	Характеристики почвы на разной глубине				Количество подроста по породам, шт./га			
	Содержание органического вещества, %		рН		С	Е	Б	Ос
	0–5 см	5–10 см	0–5 см	5–10 см				
Среднее	8,8	3,5	3,4	3,1	1200	1863	613	163
4. Состав: 4С3Е3Б+Ос; почвы суглинистые грубогумусные свежие среднеподзолистые	6,8	4,1	2,8	3,4	1625	775	800	450
Среднее	5,5	2,7	2,8	3,5	5425	900	3900	412
5. Состав: 5С4Е1Б+Ос; почвы суглинистые влажные грубогумусные, среднеподзолистые переувлажненные, частично оглеенные	25,5	6,3	4,0	3,7	17508	1025	800	175
Среднее	14,9	3,8	3,8	3,3	16380	1012	737	150
6. Состав: 7С1Е1Б+Ос; почвы торфяные осушенные	6,1	10,1	3,3	2,9	1300	125	450	175
Среднее	3,5	9,8	4,4	3,3	975	275	575	-
Среднее	4,8	9,9	3,9	3,1	1138	200	513	87
	Молодняки с преобладанием ели							
7. Состав: 5Е2С2Б1Ос; почвы суглинистые грубогумусные свежие среднеподзолистые	3,4	3,7	2,0	2,7	475	2050	725	325
Среднее	7,1	4,7	3,2	3,4	650	1050	925	550
Среднее	9,6	8,3	3,2	2,9	800	1100	850	500
Среднее	4,4	1,6	3,1	3,1	675	1025	575	450
Среднее	5,5	1,4	2,8	3,3	825	1475	800	825
Среднее	11,5	8,0	3,8	3,0	250	1850	1450	200
8. Состав: 6Е2С1Б1Ос; почвы суглинистые влажные грубогумусные, среднеподзолистые переувлажненные, частично оглеенные	12,5	5,5	4,1	3,7	200	4650	1350	500
Среднее	25,6	6,3	3,5	3,7	300	3725	3025	675
Среднее	16,5	6,6	3,8	3,5	250,0	3408	1941,7	458,3
9. Состав: 4С4Е2Б+Ос; почвы торфяно- перегнойные, осушенные	4,2	1,3	3,9	2,8	600	1400	700	150
Среднее	6,8	4,1	3,5	3,0	400	2050	1350	350
Среднее	5,5	2,7	3,7	2,9	500	1725	1025	250

Номера и описание опытных участков	Характеристики почвы на разной глубине				Количество подроста по породам, шт./га			
	Содержание органического вещества, %		рН		С	Е	Б	Ос
	0–5 см	5–10 см	0–5 см	5–10 см				
Молодняки с преобладанием берёзы и осины								
10. Состав: 5С1Е4Б; почвы супесчаные свежие, поверхностно оподзоленные	21,3	11,4	3,9	3,1	700	175	2900	400
	27,7	12,3	4,3	3,8	850	300	1225	1300
Среднее	24,5	11,8	4,1	3,4	775	238	2063	850
11. Состав: 3Е2С4Б1Ос; почвы суглинистые грубогумусные свежие среднеподзолистые	30,8	12,3	3,5	3,5	250	475	1525	1050
	12,5	6,7	3,2	3,0	650	825	3300	2400
Среднее	21,7	9,5	3,4	3,3	450	650	2413	1725
12. Состав: 3С2Е4Б1Ос; почвы торфяно- перегнойные, осушенные	27,7	8,3	4,5	3,4	725	300	900	1350
	36,6	11,9	5,3	3,7	1425	525	2150	1825
	13,1	2,4	4,2	3,2	975	1450	1975	1425
	12,0	3,9	4,0	3,6	425	200	3500	1300
Среднее	22,3	6,6	3,5	3,0	888	619	2131	1475

Примечание. \*На всех участках указан состав материнского полога.

Однако на объектах с постпирогенным возобновлением с преобладанием листовых пород не выявлено значимой зависимости от типа почв. Это, вероятно, связано с тем, что в данных насаждениях показатель содержания органического вещества сильно не варьирует, и с тем, что рассматриваются только три почвенные разности: торфяные почвы, суглинистые свежие и супесчаные свежие почвы.

Стоит отметить, что во всех возобновившихся насаждениях наблюдается значимое различие по содержанию органического вещества в исследуемых почвенных горизонтах, то есть в основном корнеобитаемом слое для древесных растений на стадии молодняков. Кислая реакция почв – один из основных факторов, который приводит к уменьшению поступления в растения элементов питания в катионной форме или даже к их потере,

особенно это касается калия [10, 11, 27, 42]. При низких значениях рН заметно снижается активность многих микроорганизмов, в результате чего замедляется разложение растительных остатков и освобождение из них азота, фосфора, многих микроэлементов, необходимых для роста растений [10, 17, 29, 42].

Для определения влияния гранулометрического состава почв на показатели рН и содержание органического вещества в исследуемых молодняках был проведён многомерный дисперсионный анализ. Он применяется для изучения эффектов воздействия факторов не на одну, а на несколько зависимых переменных, каждая из которых является составным элементом этого параметра [25]. Полученные результаты показали значимое влияние одно-временного фактора мощности и гранулометрического состава почвы на показатели рН и органическое вещество на всех объектах с

постпирогенным возобновлением древесных пород (табл. 2). Полученные экспериментальные результаты имеют высокие показатели статистической мощности (альфа), что

подтверждает достоверность выводов о связи механического состава с уровнем кислотности и содержанием органического вещества в почвах.

Таблица 2

Одномерные критерии значимости, размеров эффекта и мощности для показателя  $C_{орг}$  (%) и уровня  $pH_{сол}$  одновременно в постпирогенных молодняках

Показатели	Значение критерия Уилкса	F-фактор	Эффект	Ошибка	Уровень статистической значимости при $P = 0,05$	Частичная <i>эта</i> -квадратичность	Нецентриро-ванность	Наблюдаемая мощность показателя (при $\alpha = 0,05$ )
Молодняки с преобладанием сосны								
Свободный показатель	0,07	369,12	2	59	0,00	0,9300	738,26	1,00
Тип почвы	0,38	7,39	10	118	0,00	0,3900	73,83	0,99
Почвенный горизонт	0,80	7,32	2	59	0,01	0,1900	14,64	0,92
Тип почвы	0,80	1,37	10	118	0,20	0,1000	13,69	0,67
Молодняки с преобладанием ели								
Свободный показатель	0,03	872,09	2	53	0,00	0,9705	1744,18	1,00
Тип почвы	0,63	6,78	4	106	0,00	0,2036	27,10	0,99
Почвенный горизонт	0,56	20,75	2	53	0,00	0,4391	41,50	0,99
Тип почвы	0,82	2,73	4	106	0,03	0,0934	10,92	0,74
Молодняки с преобладанием березы								
Свободный показатель	0,01	1658,55	2	43	0,00	0,9872	3317,10	1,00
Тип почвы	0,68	10,12	2	43	0,00	0,3200	20,24	0,98
Почвенный горизонт	0,59	15,08	2	43	0,00	0,4122	30,16	0,99
Тип почвы	0,86	3,46	2	43	0,04	0,1387	6,92	0,62

Анализ влияния агрохимических показателей почв – pH, содержания органического вещества в органо-минеральных горизонтах – на естественное возобновле-

ние на постпирогенных участках выявил разный уровень значений корреляций с количественной представленностью подроста по породам. Для обобщения полученных



результатов по оценке влияния почвенного комплекса на количество и высотную структуру подроста был проведён факторный анализ и составлена матрица воздействия факторов на эти показатели. Данный метод позволяет решить две важные проблемы исследователя: описать объект измерения всесторонне и в то же время компактно [2, 25]. Применение этого подхода делает возможным выявление скрытых переменных факторов, отвечающих за наличие линейных

статистических корреляций между наблюдаемыми переменными, В основе проведённого анализа делались допущения, что рассматриваемые показатели не влияют друг на друга, и обилие древесных видов постпирогенного возобновления находится в прямой зависимости от этих факторов, Полученные результаты подтвердили различный уровень значимости почвенной среды и корреляцию с ним количественных характеристик подроста по породам (табл. 3).

Таблица 3

## Факторные нагрузки на численность постпирогенного подроста

Влияющие факторы	Переменные факторы (высотная структура подроста разных пород, м)									
	Среднее значение	<0,5			0,51–1,5			>1,5		
		С	Е	Б, Ос	С	Е	Б, Ос	С	Е	Б, Ос
Индекс почвы:										
1	<b>0,63</b>	<b>0,61</b>	-	<b>0,55</b>	<b>0,66</b>	-	<b>0,56</b>	<b>0,64</b>	-	<b>0,53</b>
2	<b>0,66</b>	<b>0,59</b>	<b>0,74</b>	<b>0,59</b>	<b>0,45</b>	<b>0,66</b>	<b>0,69</b>	<b>0,58</b>	<b>0,45</b>	<b>0,66</b>
3	<b>0,56</b>	<b>0,83</b>	<b>0,42</b>	<b>0,83</b>	<b>0,79</b>	<b>0,56</b>	<b>0,37</b>	<b>0,88</b>	<b>0,48</b>	<b>0,56</b>
4	<b>0,48</b>	<b>0,70</b>	0,18	<b>0,71</b>	<b>0,79</b>	<b>0,21</b>	<b>0,66</b>	<b>0,67</b>	<b>0,27</b>	<b>0,72</b>
5	<b>0,57</b>	<b>0,48</b>	<b>0,48</b>	<b>0,48</b>	<b>0,27</b>	<b>0,40</b>	<b>0,66</b>	<b>0,20</b>	<b>0,45</b>	<b>0,66</b>
6	<b>0,82</b>	<b>0,48</b>	<b>0,49</b>	<b>0,48</b>	<b>0,50</b>	<b>0,49</b>	<b>0,52</b>	<b>0,50</b>	<b>0,49</b>	<b>0,46</b>
pH <sub>(сол)</sub> :										
0–5 см	0,18	0,14	<b>0,20</b>	0,17	0,12	<b>0,22</b>	0,15	0,16	<b>0,26</b>	0,16
5–10 см	0,12	<b>0,24</b>	<b>0,24</b>	<b>0,24</b>	0,12	0,10	0,14	0,10	0,16	0,15
C <sub>орг</sub> , %:										
0–5 см	<b>0,46</b>	<b>0,46</b>	<b>0,26</b>	0,16	<b>0,37</b>	<b>0,20</b>	0,10	<b>0,53</b>	<b>0,22</b>	<b>0,24</b>
5–10 см	0,11	0,12	0,12	0,12	0,17	0,13	0,12	<b>0,24</b>	<b>0,21</b>	0,08

Примечания, 1) Индексы почв по гранулометрическому составу: 1 – песчаная; 2 – супесчаная свежая; 3 – супесчаная переувлажненная; 4 – суглинок свежий; 5 – суглинок переувлажненный; 6 – Торфяная почва, 2) Жирным шрифтом отмечены нагрузки, превышающие 0,2.

Показательно, что с увеличением категории крупности подроста возрастает влияние содержания органического вещества по обоим выделенным горизонтам почвы. Фактор уровня кислотности грунта более

значимо воздействует на еловый подрост, чем на сосновое и лиственное возобновление. Для сосны воздействие гранулометрического состава как фактора, влияющего на количественную представленность, наиболее

заметно сказывается, для ели – на подросте средней высоты. Для лиственных пород механический состав почв больше определяет количество возобновления, относящегося к мелкой и крупной категориям.

На лесных участках, пройденных низовыми пожарами, в зависимости от характеристики почвенного комплекса происходит разнонаправленное формирование хвойных и лиственных молодняков, что связано со структурой и трофностью почвы. Выявлен статистически значимый характер воздействия изучаемых факторов на количественную представленность подроста сосны и ели в насаждениях с различной долей участия этих пород, что подтвердил факторный анализ полученных данных. Уровень рН и содержание органического вещества оказывают достоверное влияние на густоту и высотную структуру возобновления в зависимости от вида почв.

Анализ влияния почвенного фактора на процесс постпирогенного возобновления древесных пород выявил достоверную связь с общим количеством подроста сосны, ели и березы. Возник вопрос о роли почвенных разностей в формировании состава подроста хвойных и лиственных пород. Для этого было определено влияние данного фактора на представленность этих пород в молодняках с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена [12].

Для насаждений с преобладанием соснового подроста были выявлены статистически значимые корреляции между количеством подроста сосны и березы на исследуемых участках (табл. 4). Связь между количеством подроста и гранулометрическим составом почв – всегда обратная для сосны – сильная, для березы – умеренная, для ели и осины – слабая.

Таблица 4

Зависимость доли участия породы в естественном возобновлении от гранулометрического состава почвы

Порода	$R_s$	$T_{кр}$	$t(\alpha/2, k) = (0,05/2; 11)$
Насаждения с преобладанием соснового подроста			
Сосна	-0,696	0,56	2,593
Ель	-0,047	0,81	2,262
Береза	-0,637	0,60	2,593
Осина	-0,341	1,14	2,969
Насаждения с преобладанием елового подроста			
Сосна	-0,525	1,15	3,833
Ель	0,517	1,16	3,833
Береза	0,432	0,74	2,306
Осина	0,359	0,76	2,306
Насаждения с преобладанием березового подроста			
Сосна	-0,854	0,56	2,841
Ель	0,483	0,78	2,365
Береза	0,029	0,89	2,365
Осина	0,230	0,87	2,365

Примечание:  $R_s$  – коэффициент ранговой корреляции Спирмена;  $T_{кр}$  – критерий статистической достоверности  $R_s$  при  $t(\alpha/2, k)$  табличном.

В насаждениях с преобладанием елового подроста статистически значимого влияния почвенных разностей на количество подроста берёзы и осины в составе насаждений не было выявлено.

В насаждениях с преобладанием подроста лиственных пород статистически достоверная корреляция на представленность древесных видов была установлена только для возобновления сосны и ели в зависимости от почвенных разностей. Для березового и осинового подроста данная связь незначима.

Полученная корреляционная зависимость по ранговому коэффициенту Спирмена показала, что количество подроста сосны в постпирогенных молодняках является значимым фактором для сформированного состава насаждений. Для елового подроста связь его густоты и гранулометрического состава почв имеет менее выраженный характер и слабую связь, а часто и ее отсутствие. Для количественной представленности березы в значимая доля ее участия в составе выявлена только для насаждений с преобладанием сосны. Постпирогенное возобновление осины на участках исследования, по-видимому, не вносит значительного вклада в состав формируемых насаждений на всех вариантах почвенных разностей из-за небольшого её количества,

Проведенные исследования лесовосстановительных процессов после пирогенного воздействия показали, что состав хвойной части формируемых насаждений находится

в значимой зависимости от гранулометрического состава почв.

### Выводы

На лесных участках, пройденных низовыми пожарами в 2008–2018 гг., в зависимости от характеристики почвенного комплекса происходит разнонаправленное формирование хвойных и лиственных молодняков. Проведенными исследованиями установлено, что это связано с различным гранулометрическим составом почвы и ее трофностью. Выявлен статистически значимый характер влияния агрохимических параметров почв на количественную представленность подроста сосны и ели в молодняках с различной долей участия этих пород, что подтвердил факторный анализ полученных данных,

При лесовосстановительных процессах после пирогенного воздействия состав формируемых насаждений находится в существенной зависимости от гранулометрического состава почв. Агрохимические показатели почв – рН и содержание органического вещества – оказывают достоверное высокое влияние на количественную представленность подроста древесных пород в зависимости от гранулометрического состава почв. Связь между количеством подроста и механическим составом почв для сосны – всегда обратная сильная, а для остальных пород – прямая: для березы – умеренная, а для ели и осины – слабая.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анисимова, И.М. Естественное возобновление смешанных древостоев после низовых пожаров в условиях ландшафта Тихвинской гряды: Дис. ... ученой степени канд. с.-х. наук : 06.03.02 «Лесоустройство и лесная таксация» / И.М. Анисимова. – СПб. : Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова. – 2022. – 353 с.
2. Волчек, А.А. Математические методы обработки данных в экологии / А.А. Волчек. – Минск : РИВШ. 2018. – 210 с.
3. Гаврилова, О.И. Восстановительные сукцессии после пожаров в сосняках брусничных южной Карелии / О.И. Гаврилова, К.А. Пак // Повышение эффективности лесного комплекса : Матер. 5ой Всерос. научно-практ. конф. с международным участием. Петрозаводск : Издательство: ПетрГУ. 2017. – С. 275–279.
4. Гаврилова, О.И. Естественное восстановление леса после пожаров в Республике Карелия / О.И. Гаврилова // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 12. – С. 38–44.
5. Горшков, В.В. Возрастная структура ценопопуляций сосны в постпирогенных северотаёжных лесах Кольского полуострова / В.В. Горшков, Н.И. Ставрова, Е.А. Волкова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. : Лес. Экология. Природопользование. – 2016. – № 1 (29). – С. 5–19.

6. Громцев, А.Н. О сохранении естественных пожарных режимов на заповедных территориях / А.Н. Громцев // Роль науки в решении проблем региона и страны: фундаментальные и прикладные исследования: Материалы Всерос. научной конференции с междунар. участием, посвященной 70-летию КарНЦ РАН (24–27 мая 2016 г.). – Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН. 2016. – С. 12–15.
7. Гусев, Д.В. Анализ состояния подроста сосны после низовых пожаров в Ленинградской области / Д.В. Гусев, Д.А. Данилов, Н.В. Беляева // Лесотехнический журнал. – 2018. – Т. 8, № 2 (30). – С. 46–54.
8. Даринский, А.В. География Ленинградской области / А.В. Даринский, А.И. Фролов. – СПб.: Глагол. 2005. – 128 с.
9. Дёгтева, С.В. Динамика растительного покрова при восстановительных сукцессиях на гарях темнохвойных лесов Печоро-Илычского заповедника / С.В. Дёгтева, Ю.А. Дубровский // Тр. Печоро-Илычского заповедника. – 2010. – № 16. – С. 35–41.
10. Дымов, А.А. Пирогенные изменения подзолов иллювиально-железистых (средняя тайга, Республика Коми) / А.А. Дымов, Ю.А. Дубровский, Д.Н. Габов // Почвоведение. – 2014. – № 2. – С. 47–56.
11. Дымов, А.А. Влияние пожара в северотаежном ельнике на органическое вещество почв / А.А. Дымов, Ю.А. Дубровский, Д.Н. Габов, Е.В. Жангуров, Н.А. Низовцев // Лесоведение. – 2015. – № 1. – С. 52–65.
12. Завгородний, В.Н. Методика непараметрического статистического анализа однородности экологических показателей водных объектов / В.Н. Завгородний. // Изв. вузов. Приборостроение. – 2021. – Т. 64, № 5. – С. 392–397.
13. Иванова, Г.А. Постпирогенная трансформация фитомассы древостоя в насаждениях Нижнего Приангарья / Г.А. Иванова, С.В. Жила, Е.А. Кукавская, В.А. Иванов // Лесной журнал. – 2016. – № 6. – С. 17–32.
14. Исаченко, А.Г. Физико-географическое районирование Северо-Запада СССР. Под ред. А. Г. Исаченко / А.Г. Исаченко, З.В. Дашкевич, Е.В. Карнаухова. – Л.: изд-во ЛГУ. 1965. – 248 с.
15. Лесной план Ленинградской области на 2019–2028 годы. – URL: <https://lenobl.ru/media/docs/15987/Лесной%20план%20Ленинградской%20области.pdf> ([https://e-ecolog.ru/docs/y6Ki0XwlhpKzX\\_kF8qtnS/full](https://e-ecolog.ru/docs/y6Ki0XwlhpKzX_kF8qtnS/full) (дата обращения: 26.01.2023)).
16. Лесохозяйственный регламент Бокситогорского лесничества Ленинградской области. 2018. – URL: <https://lenobl.ru/media/docs/9492/ЛХР%20Бокситогорского%20л-ва%202018%20.pdf> ([https://e-ecolog.ru/docs/y6Ki0XwlhpKzX\\_kF8qtnS/full](https://e-ecolog.ru/docs/y6Ki0XwlhpKzX_kF8qtnS/full) (дата обращения: 26.01.2023)).
17. Лукина, Н.В. Питательный режим почв северотаежных лесов / Н.В. Лукина, Л.М. Полянская, М.А. Орлова – М.: Наука. 2008. – 342 с.
18. Мелехов, И.С. О взаимоотношениях между сосной и елью в связи с пожарами в лесах европейского Севера / И.С. Мелехов // Ботан. журн. – 1944. – № 4. – С. 131–135.
19. Мерзленко, М.Д. Лесоводство. Искусственное лесовосстановление: учебник для среднего профессионального образования / М.Д. Мерзленко, Н.А. Бабоч – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 184 с.
20. Нешатаев, В.Ю. Послепожарная динамика лесной растительности Лапландского заповедника и её картографирование / В.Ю. Нешатаев, А.А. Добрыш, М.В. Нешатаев, А.О. Пестеров // Хвойные леса северных широт – от исследования к экологически ответственному лесному хозяйству. – Хельсинки: METLA, 2009. – С. 70–86.
21. Протопопов, А.В. Пирогенный фактор формирования позднелейстоценовых экосистем Якутии / А.В. Протопопов, В.В. Протопопова // Наука и образование. – 2017. – № 4 (88). – С. 114–119.
22. Патент № 2084129. Российская Федерация. МКИ С 6 А 01 G 23/00. Способ учета подроста / № 94022328/13; заяв. 10.06.94; опубл. 20.07.97. Бюл. № 20. / А.В. Грязькин; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургская лесотехническая Академия. – 4 с.
23. Правила лесовосстановления. Приказ Минприроды России от 29.12.2021. № 1024. URL: [https://e-ecolog.ru/docs/y6Ki0XwlhpKzX\\_kF8qtnS/full](https://e-ecolog.ru/docs/y6Ki0XwlhpKzX_kF8qtnS/full) (дата обращения: 26.01.2023).
24. Рахтеенко, И.Н. Корневые системы древесных и кустарниковых пород / И.Н. Рахтеенко – М.-Л.: Гослесбумиздат. 1952. – 108 с.
25. Хлюстов, В.К. Комплексная оценка и управление древесными ресурсами: модели-нормативы-технологии / В.К. Хлюстов – Кн. 1. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 2015. – 289 с.
26. Чертов, О.Г. Экология лесных земель: Почв.-экол. исслед. лесн. местообитаний / О.Г. Чертов – Л.: Наука, Ленингр. отд-ние. – 1981. – 192 с.
27. Широкова, В.А. Тихвинская водная система: ретроспектива и современность. Гидролого-экологическая обстановка и ландшафтные изменения в районе водного пути / В.А. Широкова, В.А. Снытко, В.А. Низовцев, Н.Л. Фролова, Н.Г. Дмитрук, В.М. Чеснов, Н.А. Озерова, Р.С. Широков – М.: ООО «Акколитъ», 2013. – 376 с.

28. Ягодин, Б.А. Агрохимия : Учебник / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 584 с.
29. Baker, W.L. Fire and restoration of pinon-juniper woodlands in the western United States : a review / W.L. Baker and D.J. Shinneman // Forest Ecology and Management. – 2004. – Vol. 189. – P. 1–21.
30. Bartels, S.F. Trends in post-disturbance recovery rates of Canada’s forests following wildfire and harvest / S.F. Bartels, H.Y.H. Chen, M.A. Wulder, J.C. White // Forest Ecology and Management. – 2016. – Vol. 361. – P. 194–207.
31. Boiffin, J. Ecological controls on post-fire vegetation assembly at multiple spatial scales in eastern North American boreal forests / J. Boiffin, I. Aubin, A.D. Munson // Journal of Vegetation Science. – 2015. – Vol. 26. – P. 360–372.
32. Certini, G. Fire as a soil-forming factor / G. Certini // Ambio. – 2014. – Vol. 43. – P. 191–195.
33. Day, N.J. Annual dynamics and resilience in post-fire boreal understory vascular plant communities / N.J. Day, S. Carrière, J.L. Baltzer // Forest Ecology and Management. – 2017. – Vol. 401. – P. 264–272.
34. Danilov, D.A. Post-fire restoration of tree species in various soil conditions after surface fires zone / D.A. Danilov, I.M. Anisimova, N.V. Belyaeva, I.A. Kazi // IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. IOP Publishing. – 2020. – Vol. 574. – P. 12019.
35. De Groot, W.J. A comparison of Canadian and Russian boreal forest fire regimes / W.J. De Groot, A.S. Cantin, M.D. Flannigan, A.J. Soja, L.M. Gowman, A. Newbery // Forest Ecology and Management. – 2013. – Vol. 294. – P. 23–34.
36. Kuuluvainen, T. Young and old forest in the boreal: Critical stages of ecosystem dynamics and management under global change / T. Kuuluvainen, S. Gauthier // For. Ecosyst. – 2018. – Vol. 5. – P. 26.
37. Kukavskaya, E.A. Fire emissions estimates in Siberia: evaluation of uncertainties in area burned, land cover, and fuel consumption / E.A. Kukavskaya, A.J. Soja, A.P. Petkov, E.I. Ponomarev, G.A. Ivanova, S.G. Conard // Can. J. For. Res. – 2013. – Vol. 43. – P. 493–506.
38. Larson, A.J. Tree spatial patterns in fire-frequent forests of western North America, including mechanisms of pattern formation and implications for designing fuel reduction and restoration treatments / A.J. Larson, D. Churchill // Forest Ecology and Management. – 2012. – Vol. 267. – P. 74–92.
39. Marcolin, E. Post-Fire Management Impact on Natural Forest Regeneration through Altered Microsite Conditions / E. Marcolin, R. Marzano, A. Vitali, M. Garbarino, E. Lingua // Forests. – 2019. – Vol. 10. – P. 1014.
40. McIlroy, S.K. Post-fire aspen (*Populus tremuloides*) regeneration varies in response to winter precipitation across a regional climate gradient / S.K. McIlroy, D.J. Shinneman // Forest Ecology and Management. – 2020. – Vol. 455. – P. 117681.
41. Perera, A. Ecology of Wildfire Residuals in Boreal Forests / A. Perera, L. Buse. – Oxford. Wiley-Blackwell, 2014. – 272 p.
42. Santín, P. Preston and Gil González-Rodríguez. Pyrogenic organic matter production from wildfires: a missing sink in the global carbon cycle / P. Santín, C. Doerr // Global Change. Biology. – 2015. – Vol. 21. Issue 4. – P. 1621–1633.
43. Stavrova, N.I. The Structure of Northern Siberian Spruce-Scots Pine Forests at Different Stages of Post-Fire Succession / N.I. Stavrova, V.V. Gorshkov, P.N. Katjutin, I.J. Bakkal // Forests. – 2020. – Vol. 11. – P. 1-231. 558. 10.3390/f11050558.
44. Stavrova, N.I. Long-term postfire changes of soil characteristics in dark coniferous forests of the European North / N.I. Stavrova, I.B. Kalimova, V.V. Gorshkov, I.V. Drozdova, N.V. Alekseeva-Popova, I.Y. Bakkal // Eurasian Soil Sci. – 2019. – Vol. 52. – P. 218–227.
45. Shvidenko, A.Z. Climate Change and Wildfires in Russia / A.Z. Shvidenko, D.G. Schepaschenko // Contemporary Problems of Ecology. – 2013. – Vol. 6 (7). – P. 683–692.
46. Wotton, B.M. Potential climate change impacts on fire intensity and key wildfire suppression thresholds in Canada / B.M. Wotton, M.D. Flannigan, G.A. Marshall // Environmental Research Letters. – 2017. – Vol. 12. – P. 95003.

#### REFERENCES

1. Anisimova I.M. Estestvennoe vozobnovlenie smeshannyh drevostoev posle nizovyh pozharov v usloviyah landshafta Tihvinskoj grjady. candidate’s thesis. 06.03.02 “Lesoustrojstvo i lesnaja taksacija”. St. Petersburg, Sankt Peterburgskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet imeni S.M. Kirova, 2022, 353 p. (In Russian).

2. Volchek A.A. Matematicheskie metody obrabotki dannyh v jekologii. Minsk, 2018, 210 p. (In Russian).
3. Gavrilova O.I., Pak K.A. Vosstanovitel'nye sukcesii posle pozharov v sosnjakah brusnichnyh juzhnoj Karelii. *Povyshenie jeffektivnosti lesnogo kompleksa. Proceedings of the 5<sup>th</sup> All-Russian Scientific and Practical Conference*. Petrozavodsk, 2017, pp. 275–279. (In Russian).
4. Gavrilova O.I., Pak K.A. Estestvennoe vosstanovlenie lesa posle pozharov v Respublike Karelija. *Uspehi sovremennogo estestvoznanija*. 2017, no. 12, pp. 38–44. (In Russian).
5. Gorshkov V.V., Stavrova N.I., Volkova E.A. Vozrastnaja struktura cenopopuljacij sosny v postpirogenных severotajozhnyh lesah Kol'skogo poluostrova. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologičeskogo univepsiteta. Ser.: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie*. 2016, no. 1 (29), pp. 5–19. (In Russian).
6. Gromcev A.N. O sohranении estestvennyh pozharных rezhimov na zapovednyh territorijah. *Rol' nauki v reshении problem regiona i strany: fundamental'nye i prikladnye issledovanija. Proceedings of the 5th All-Russian Scientific and Practical Conference*. Petrozavodsk, 2016, pp. 12–15. (In Russian).
7. Gusev D.V., Danilov D.A., Beljaeva N.V. Analiz sostojanija podrosta sosny posle nizovyh pozharov v Leningradskoj oblasti. *Lesotehničeskij zhurnal*, 2018, vol. 8, no. 2 (30), pp. 46–54. (In Russian).
8. Darinskij A.V., Frolov A.I. Geografija Leningradskoj oblasti. St. Petersburg, 2005. 128 p. (In Russian).
9. Djogteva S.V., Dubrovskij Ju.A. Dinamika rastitel'nogo pokrova pri vosstanovitel'nyh sukcesijah na garjah temnohvojnyh lesov Pechoro-Ilychskogo zapovednika. *Tr. Pechoro-Ilychskogo zapovednika*. 2010, no. 16, pp. 35–41. (In Russian).
10. Dymov A.A., Dubrovskij Ju.A., Gabov D.N. Pirogenne izmenenija podzolov illjuvial'no-zhelezistyh (srednjaja tajga. Respublika Komi). *Pochvovedenie*. 2014, no. 2, p. 144. (In Russian).
11. Dymov A.A., Dubrovskij Ju.A., Gabov D.N., Zhangurov E.V., Nizovcev N.A. Vlijanie pozhara v severotaezhnom el'nike na organičeskoe veshhestvo pochv. *Lesovedenie*. 2015, no. 1, pp. 52–65. (In Russian).
12. Zavgorodnij V.N. Metodika neparametricheskogo statističeskogo analiza odnorodnosti jekologičeskikh pokazatelej vodnyh ob'ektov. *Izv. vuzov. Priborostroenie*. 2021, vol. 64, no. 5, pp. 392–397. (In Russian).
13. Ivanova G.A., Zhila S.V., Kukavskaja E.A., Ivanov V.A. Postpirogenная transformacija fitomassy drevostoja v nasazhdenijah Nizhnego Priangar'ja. *Lesn. zhurn.* 2016, no. 6, pp. 17–32. (In Russian).
14. Isachenko A.G., Dashkevich Z.V., Karnauhova E.V. Fiziko-geografičeskoe rajonirovanie Severo-Zapada SSSR. *Pod. red. A. G. Isachenko*. Leningrad, 1965, 248 p. (In Russian).
15. Lesnoj plan Leningradskoj oblasti na 2019–2028 gody. URL: <https://lenobl.ru/media/docs/15987/Lesnoj%20plan%20Leningradskoj%20oblasti.pdf> ([https://e-ecolog.ru/docs/y6Ki0XwlhpKzX\\_kF8qtnS/full](https://e-ecolog.ru/docs/y6Ki0XwlhpKzX_kF8qtnS/full) (data obrashcheniya: 26.01.2023)). (In Russian).
16. Lesohozjajstvennyj reglament Boksitogorskogo lesnichestva Leningradskoj oblasti. 2018. URL: <https://lenobl.ru/media/docs/9492/LHR%20Boksitogorskogo%201-va%202018%20.pdf> ([https://e-ecolog.ru/docs/y6Ki0XwlhpKzX\\_kF8qtnS/full](https://e-ecolog.ru/docs/y6Ki0XwlhpKzX_kF8qtnS/full) (data obrashcheniya: 26.01.2023)) (In Russian).
17. Lukina N.V., Poljanskaja L.M., Orlova M.A. Pitatel'nyj rezhim pochv severotaezhnyh lesov. Moscow, 2008, 342 p. (In Russian).
18. Melehov I.S. O vzaimootnoshenijah mezhdru sosnoj i el'ju v svjazi s pozharami v lesah evropejskogo Severa. *Botan. zhurn.*, 1944, no. 4, pp. 131–135. (In Russian).
19. Merzlenko M.D., Babich N.A. Lesovodstvo. Iskusstvennoe lesovosstanovlenie : uchebnik dlja srednego professional'nogo obrazovanija. Moscow, 2023, 184 p. (In Russian).
20. Neshataev V.Ju., Dobrysh A.A., Neshataev M.V., Pesterov A.O. Poslepozharная dinamika lesnoj rastitel'nosti Laplandskogo zapovednika i ejo kartografirovanie. *Hvojnye lesa severnyh shirot – ot issledovanija k jekologičeskij otvetstvennomu lesnomu hozjajstvu*. Hel'sinki, 2009, pp. 70–86. (In Russian).
21. Protopopov A.V., Protopopova V.V. Pirogennyj faktor formirovanija pozdneplejstocenovnyh jekosistem Jakutii. *Nauka i obrazovanie*, 2017, no. 4 (88), pp. 114–119. (In Russian).
22. Patent № 2084129. Rossijskaja Federacija. MKI S 6 A 01 G 23/00. Sposob ucheta podrosta./ A.V. Grjaz'kin. № 94022328/13; zajav. 10.06.94; opubl. 20.07.97. Bjul. no. 20. (In Russian).
23. Pravila lesovosstanovlenija. Prikaz Minprirody Rossii ot 29.12.2021, no. 1024. URL: [https://e-ecolog.ru/docs/y6Ki0XwlhpKzX\\_kF8qtnS/full](https://e-ecolog.ru/docs/y6Ki0XwlhpKzX_kF8qtnS/full) (data obrashcheniya: 26.01.2023) (In Russian).
24. Rahtenko I.N. Kornevyje sistemy drevesnyh i kustarnikovyih. Moscow-Leningrad, 1952, 108 p. (In Russian).
25. Hljustov V.K. Kompleksnaja ocenka i upravlenie drevesnymi resursami: modeli-normativy-tehnologii. Kn. 1. Moscow, 2015, 289 p. (In Russian).
26. Shirokova V.A., Snytko V.A., Nizovcev V.A., Frolova N.L., Dmitruk N.G., Chesnov V.M., Ozerova H.A., Shirokov P.C. Tihvinskaja vodnaja sistema: retrospektiva i sovremennost'. *Gidrologo-jekologičeskaja obstanovka i landshaftnye izmenenija v rajone vodnogo puti*. Moscow, 2013, 376 p. (In Russian).

27. Chertov O.G. Jekologija lesnyh zemel': Pochv.-jekol. issled. lesn. mestoobitanij. Leningrad, 1981, 192 p. (In Russian).
28. Jagodin B.A., Zhukov Ju.P., Kobzarenko V.I. Agrohimiya: Uchebnik. St. Petersburg, 2021, 584 p. (In Russian).
29. Baker W.L., Baker W.L., D.J. Shinneman. Fire and restoration of pinon-juniper woodlands in the western United States: a review. *Forest Ecology and Management*, 2004, vol. 189, pp. 1–21.
30. Bartels S.F., Chen H.Y.H., Wulder M.A., White J.C. Trends in post-disturbance recovery rates of Canada's forests following wildfire and harvest. *Forest Ecology and Management*, 2016, vol. 361, pp. 194–207.
31. Boiffin J., Aubin I., Munson A.D. Ecological controls on post-fire vegetation assembly at multiple spatial scales in eastern North American boreal forests. *Journal of Vegetation Science*, 2015, vol. 26, pp. 360–372.
32. Certini G. Fire as a soil-forming factor. *Ambio*, 2014, vol. 43, pp. 191–195.
33. Day N.J., Carriire S., Baltzer J.L. Annual dynamics and resilience in post-fire boreal understory vascular plant communities. *Forest Ecology and Management*, 2017, vol. 401, pp. 264–272.
34. Danilov D.A., Anisimova I.M., Belyaeva N.V., Kazi I.A. Post-fire restoration of tree species in various soil conditions after surface fires zone, *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, IOP Publishing, 2020, vol. 574, p. 12019.
36. De Groot W.J., Cantin A.S., Flannigan M.D., Soja A.J., Gowman L.M., Newbery A. A comparison of Canadian and Russian boreal forest fire regimes. *Forest Ecology and Management*, 2013, vol. 294, pp. 23–34.
37. Kuuluvainen T., Gauthier S. Young and old forest in the boreal: Critical stages of ecosystem dynamics and management under global change. *For. Ecosyst*, 2018, vol. 5, pp. 26.
38. Kukavskaya E.A., Soja A.J., Petkov A.P., Ponomarev E.I., Ivanova G.A., Conard S.G. Fire emissions estimates in Siberia: evaluation of uncertainties in area burned, land cover, and fuel consumption. *Can. J. For. Res.*, 2013, vol. 43, pp. 493–506.
39. Larson A.J., Churchill D. Tree spatial patterns in fire-frequent forests of western North America, including mechanisms of pattern formation and implications for designing fuel reduction and restoration treatments. *Forest Ecology and Management*, 2012, vol. 267, pp. 74–92.
40. Marcolin E., Marzano R., Vitali A., Garbarino M., Lingua E. Post-Fire Management Impact on Natural Forest Regeneration through Altered Microsite Conditions. *Forests*, 2019, vol. 10, p. 1014.
41. Perera A., Buse L. Ecology of Wildfire Residuals in Boreal Forests. Oxford, Wiley-Blackwell, 2014, 272 p.
42. Santín P., Doerr C. Preston and Gil González-Rodríguez. Pyrogenic organic matter production from wildfires: a missing sink in the global carbon cycle. *Global Change Biology*, 2015, vol. 21, pp. 1621–1633.
43. Stavrova N.I., Gorshkov V.V., Katjutin P.N. and Bakkal I.J. The Structure of Northern Siberian Spruce-Scots Pine Forests at Different Stages of Post-Fire Succession. *Forests*, 2020, vol. 11, pp. 1-231. 558. 10.3390/f11050558.
44. Stavrova N.I., Kalimova I.B., Gorshkov V.V., Drozdova I.V., Alekseeva-Popova N.V., Bakkal I.Y. Long-term postfire changes of soil characteristics in dark coniferous forests of the European North. *Eurasian Soil Sci.*, 2019, vol. 52, pp. 218–227.
45. Shvidenko. A.Z., D.G. Schepaschenko Climate Change and Wildfires in Russia. *Contemporary Problems of Ecology*, 2013, vol. 6 (7), pp. 683–692.
46. Wotton B.M., Flannigan M.D., Marshall G.A. Potential climate change impacts on fire intensity and key wildfire suppression thresholds in Canada. *Environmental Research Letters*, 2017, vol. 12, p. 95003.

Статья поступила в редакцию 26.01.2023