


Оригинальная статья


DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/3>


УДК 630 : 581.55




Динамика напочвенного покрова в биотопах сосновых лесов при фрагментации, вызванной пожарами, в условиях лесостепной зоны

Валентина Т. Попова¹✉, bot.fiz-rast@yandex.ru  <https://orcid.org/0000-0003-3765-7164>

Анна А. Попова¹, logachevaaa@rambler.ru  <https://orcid.org/0000-0003-4711-5377>

Анастасия К. Кондратьева¹, nasteckomoe@yandex.ru  <https://orcid.org/0000-0003-4711-5377>

Алексей Н. Цепляев¹, vsealexey@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0003-1938-5660>

Геннадий Я. Климчик², les@belstu.by  <https://orcid.org/0009-0000-8518-2154>

Олеся Г. Бельчина², belchyna@belstu.by  <https://orcid.org/0009-0000-8502-2812>

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия

²Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, г. Минск, 220006, Республика Беларусь

Напочвенный покров в лесном растительном сообществе является наиболее динамичной структурой. Нами проанализирован напочвенный покров в до- и после- пожарный период в лесном сообществе соснового леса естественного происхождения, не поврежденного пожарами, но находящегося на границе гарей. Исследование проводили в биотопах соснового леса (Воронежская область, Учебно-опытный лесхоз Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова) путем описания напочвенного покрова трансект в нескольких типах бора неповрежденных пожаром территорий: сухой бор, сырой бор, суборь. За прошедшее десятилетие общее количество видов напочвенного покрова в сосновом лесу сохраняется (63 вида), меняется их видовой состав. Наибольшее видовое разнообразие характерно для суборей. К 2022 году во флоре появляются степные и луговые растения, в первую очередь, злаки, что свидетельствует о смене экологических условий. Полностью исчезли напочвенные лишайники, а также 19 видов растений-индикаторов, шесть из которых входят в Красную книгу Воронежской области. Произошла смена структуры групп растений. Наряду с видами-индикаторами в группах появляются луговые и степные виды. Общее проективное покрытие напочвенного покрова снизилось с 80 до 68 %, также, как и проективное покрытие толстянковых (с 60 до 50%), мхов (с 80 до 70%), брусники (с 40 до 30%) в группах.

Ключевые слова: *сосновый лес, бор, Pinetum, биотоп, напочвенный покров, растения-индикаторы, лесные пожары, горельник*

Финансирование: данное исследование не получало внешнего финансирования.

Благодарности: авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.


Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Динамика напочвенного покрова в биотопах сосновых лесов при фрагментации, вызванной пожарами, в условиях лесостепной зоны / В. Т. Попова, А. А. Попова, А. К. Кондратьева, А. Н. Цепляев, Г. Я. Климчик, О. Г. Бельчина // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – № 1 (49). – С. 37–53. – Библиогр.: с. 49–52 (20 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/3>.


Поступила 01.03.2023. Пересмотрена 12.04.2023. Принята 14.04.2023. Опубликована онлайн 15.05.2023.

Dynamics of the pine forest ground cover in the forest-steppe zone after fires

Valentina T. Popova¹✉, bot.fiz-rast@yandex.ru  <https://orcid.org/0000-0003-3765-7164>

Anna A. Popova¹, logachevaaa@rambler.ru  <https://orcid.org/0000-0003-4711-5377>

Anastasia K. Kondratieva¹, nasteckomoe@yandex.ru  <https://orcid.org/0000-0003-4711-5377>

Alexey N. Tseplyaev¹, vsealexey@mail.ru,  <https://orcid.org/0000-0003-1938-5660>

Gennadiy Y. Klimchik², les@belstu.by  <https://orcid.org/0009-0000-8518-2154>

Olesya G. Bel'china², belchyna@belstu.by  <https://orcid.org/0009-0000-8502-2812>

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation

²Belarusian State Technological University, 13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus

Abstract

The ground cover in the forest plant community is the most dynamic structure. We analyzed the ground cover in the pre- and post-fire period in the forest community of a pine forest of natural origin, not damaged by fires, but located on the border of the harem. The study was carried out in biotopes of pine forest (Voronezh region, Educational and Experimental Forestry Enterprise of Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov) by describing the ground cover of the transect in several types of forest of areas undamaged by fire: dry forest, raw forest, subor. Over the past decade, the total number of ground cover species in the pine forest has been preserved (63 species), their species composition is changing. The greatest species diversity is characteristic of suborea. By 2022, steppe and meadow plants, primarily cereals, will appear in the flora, which indicates a change in environmental conditions. Ground lichens have completely disappeared, as well as 19 species of indicator plants, six of which are included in the Red Book of the Voronezh Region. There was a change in the structure of plant groups. Along with the indicator species, meadow and steppe species appear in the groups. The total projective coverage of the ground cover decreased from 80 to 68 %, as well as the projective coverage of the thicket (from 60 to 50%), mosses (from 80 to 70%), lingonberries (from 40 to 30%) in groups.

Keywords: pine forest, Pinetum, habitat, ground cover, plant indicators, fires, burned areas

Funding: this research received no external funding.

Acknowledgments: authors thank the reviewers for their contribution to the peer review.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Popova V. T., Popova A. A., Kondratieva A. K., Tseplyaev A. N., Klimchik G. Y., Belchina O. G. (2023). Dynamics of the pine forest ground cover in the forest-steppe zone after fires. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 1 (49), pp. 37-53 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/3>.

Received 01.03.2023. **Revised** 12.04.2023. **Accepted** 14.04.2023. **Published online** 15.05.2023.

Введение

Напочвенный покров [1] в лесном растительном сообществе является наиболее динамичной⁴ структурой и представлен множеством дис-

кретных фитоценологических единиц [2,3], выполняет множество экологических функций [4], в том числе депонирования [5-7]. Разнообразие растительного напочвенного покрова вызвано широким

⁴Функциональные группы видов и микрогруппировки лесного напочвенного покрова для моделирования его динамики /

Л.Г. Ханина [и др.]. Математическая биология и биоинформатика. 2015; 10(1): 15-33. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23875212/>.

спектром условий биотопов. О постоянстве экологических условий биотопов можно говорить в случае обнаружения растений-индикаторов, сохранения их ареала. Изменения приводят к формированию биотопов с новой растительностью и исчезновению характерных видов [8]. Анализ динамики дискретных единиц и степени их неоднородности позволит выявлять и прогнозировать смену напочвенного покрова [9] под воздействием абиотических факторов – тенденции к дефициту осадков, пирогенному обезлесению. Пожары, охватывающие все ярусы фитоценозов, наиболее сильно влияют на лесные сообщества: уничтожается не только растительность, но и банк семян, повреждаются подземные органы (корневища, луковицы и т.п.) необходимые для возобновления древостоя и травяного покрова [10]. Ход сукцессионного процесса⁵, в том числе травяных экосистем⁶, зависит от множества факторов [8, 11, 12].

Целью исследования является анализ напочвенного покрова в до- и послепожарный период в лесном сообществе соснового бора естественного происхождения, не поврежденного пожарами на протяжении более 60 лет, но находящегося на границе гарей. При обследовании лесных территорий, пройденных верховым пожаром, оценивали ход восстановления травянистой растительности на горельниках.

Материалы и методы

Предмет и объект исследований

Исследование проводили на территории учебно-опытного лесхоза Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова (Воронежская область, географические координаты: 51.805176, 39.318610) (рис. 1).

Лесной массив располагается между рекой Воронеж и горельниками, на которых проводится искусственное лесовосстановление методом лесных культур. Основная лесообразующая порода – сосна

обыкновенная (*Pinus silvestris* L.), формирующая сосняки, к которой примыкают сплошные участки из дуба черешчатого (*Quercus robur* L.). Возраст деревьев в основном лесу составляет 70 лет. Сопутствующими древесными видами на опытных территориях, не пройденных верховыми пожарами, являются: береза повислая, клен остролистный, кустарники представлены бересклетом бородавчатым.



Рисунок 1. Места описания травянистого напочвенного покрова в сосновом бору, который окружен территориями, уничтоженными пожарами 2010 года

Figure 1. Places of description of the grassy ground cover in the pine forest, which is surrounded by territories destroyed by fires in 2010.

Источник: собственная композиция авторов
Source: author's composition

Сбор данных

Описание напочвенного покрова проводили по трансекте, закладываемой по диагонали на территориях, неповрежденных пожаром 2010 г, но территориально близких к ним (2-5 км до пожарища), а также на пройденных пожарами территориях, на которых были проведено искусственное лесовосстановление сосной обыкновенной. Были обследованы несколько типов бора на территориях, неповрежденных пожарами: сухой бор, сырой бор, суборь, травяная растительность представлена в основном мхами, злаками и осоками, лишайниками, а также разнотравьем. В изучаемых сообществах для описания напочвенного покрова закладывали по 10 площадок (1x1 м), на которых определяли видовой состав, проективное покрытие (за 100 % брали площадь трансекты) и встречаемость видов растений. Выделение мозаико-циклических единиц проводили при повто-

⁵ Гаврилова О.И., Пак К.А. Естественное восстановление леса после пожаров в республике Карелия. Успехи современного естествознания. 2017;(12):38–44. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32309487>.

⁶Титлянова, А. А. Самбуу А. Д.Сукцессии в травяных экосистемах. Новосибирск : Издательство Сибирского отделения РАН, 2016. 185 с. ISBN 978-5-7692-1479-0. Режим доступа: <https://elibrary.ru/ygeemu>.

ряемости определенных групп растений на трансектах, в соответствии с уточненными экологическими шкалами [13,14], геоботаническими описаниями В.Э. Смирнова⁷. Виды-индикаторы определяли в соответствии со списком растений-индикаторов лесорастительных условий Д.Н. Цыганова⁸.

Анализ данных

Анализ проводили с использованием статистического пакета программ «Stadia». Для проведения эколого-ценотического анализа напочвенного покрова видам сосудистых растений присваивались эколого-ценотические группы (ЭЦГ) в соответствии с базой данных сосудистых растений с указанием ЭЦГ по В.Э. Смирнову⁷. Для сравнения изменений в обилии проективного покрытия групп по годам использовался Т-критерий Вилкоксона.

Результаты и обсуждение

Анализ напочвенного покрова в нетронутых пожарами биотопах

Флористический список напочвенного покрова, составленный на основе данных 2009 и 2020-2022 годов, включает 87 видов. Средние показатели количества видов в биотопах соснового бора показаны на рисунке 2.

Общее видовое разнообразие соснового бора, составленное на основе всех изучаемых биотопов, остается на одном уровне (2009 г. – 63 вида, 2020 г. – 60 видов, без учета повторяющихся видов в биотопах). Наибольшее видовое разнообразие было представлено в субори (35 видов в 2009, 2020). В сухом бору были выявлены 23 вида – в 2009 г. и 24 – в 2020 г., в сыром бору – 17 в 2009 и 18 в 2020 г.

Таким образом, несмотря на верховые пожары 2010 года, потери значительных участков леса, непосредственно граничащих с опытными территориями, количество видов в биотопах сохраняется, но отличается их видовое разнообразие. Видовой

состав напочвенного покрова, обилие, тип биотопа представлены в табл. 1.

Анализ присутствия растений-индикаторов соснового леса показал, что часть из них постепенно исчезла. В субори в 2020 г. исчезли: душица лекарственная, зимолобка зонтичная, рамишия однобокая, орляк обыкновенный, щитовник мужской, щитовник игольчатый. В сухом бору: кладония альпийская, к. оленья, к. лесная, ковыль перистый, кошачья лапка, полынь равнинная, цетрария исландская, чабрец Палласа. В сыром бору исчезли: грушанка круглолистная, плаун булавовидный, п. сплюснутый, сфагнум. Большинство из исчезнувших растений-индикаторов входят в Красную книгу Воронежской области, это: *Lycopodium clavatum* (плаун булавовидный) L., *Lycopodium complanatum* (плаун сплюснутый) L., *Pyrola rotundifolia* L. (грушанка круглолистная), *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton (зимолобка зонтичная), *Stipa pennata* L. s. l. (ковыль перистый), *Sphagnum* (Сфагнум) [15]. Исчезновение данной группы растений может быть связано с изменением гидрологического и светового режима биотопа, так как данная группа растений, требовательна к влажности почвы.

В 2020 г. в биотопах были зафиксированы изменения напочвенного покрова. Так, в сухом бору появились растения, характерные для субори: *Melica nutans* L. (перловник поникший), *Geranium sanguineum* L. (герань кровяно-красная), земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), а также дубравные виды: *Glechoma hederacea* L. (будра плющевидная), *Prunella vulgaris* L. (черноголовка обыкновенная). Встречаются участки с 90 % моховым покрытием из *Dicranum undulatum* (дикранум) и *Pleurozium schreberi* (плевроциум). Исчезли типичные растения сухого бора: лишайники, *Stipa pennata* L. (ковыль перистый), *Artemisia campestris* L. (полынь равнинная), *Antennaria* Gaertn. (кошачья лапка) и *Thymus pallasianus* (чабрец Палласа).

⁷Смирнов В.Э., Ханина Л.Г., Бобровский М.В. Обоснование системы эколого-ценотических групп видов растений лесной зоны Европейской России на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа. Бюл. МОИП. Отд. биол. 2006;111(2):36–47. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9193085>.

⁸Цыганов, Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука. Москва, 1983. 196 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/zsykvb>.

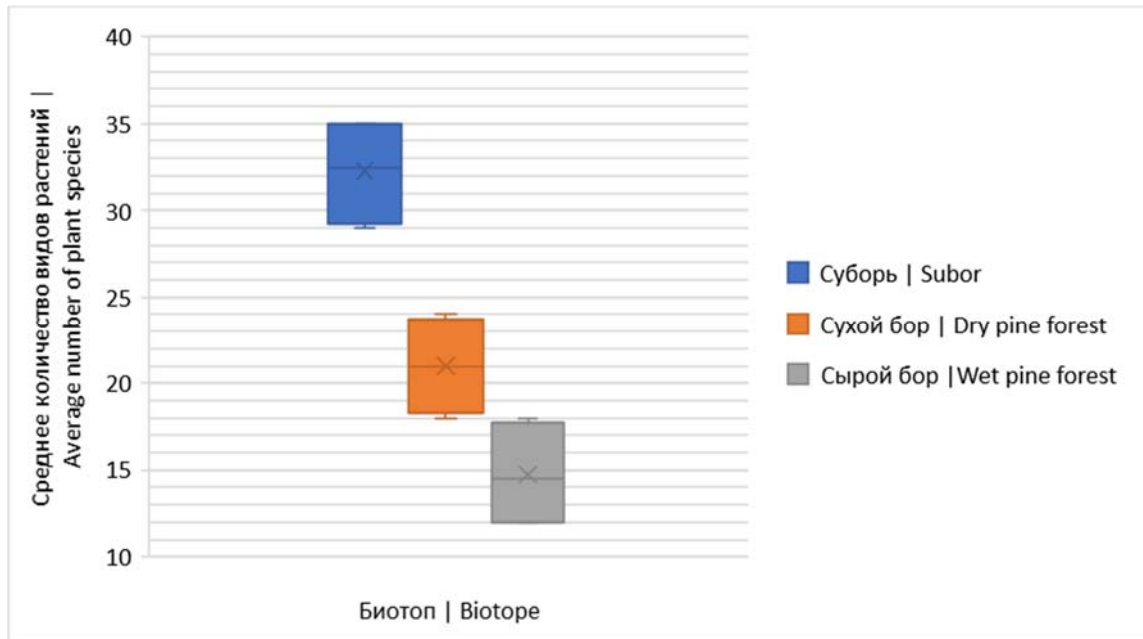


Рисунок 2. Сравнение количества видов в биотопах соснового леса

Figure 2. Comparison of the number of species in pine forest biotopes

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Таблица 1

Видовой состав напочвенного покрова в изучаемых типах леса

Table 1

Species composition of the ground cover in the studied forest types

№ п/п	Вид растений Plant species	Об. Ab.	Суборь Subor				Сухой бор Dry pine forest				Сырой бор Wet pine forest							
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	3-2																
2	Будра плющевидная <i>Glechoma hederacea</i> L.	0-2		+	+	+		+										
3	Букашник горный <i>Jasione montana</i> L.	0-1		+	+	+												
4	Буквица лекарственная <i>Betonica officinalis</i> L.	1-0	+	+														
5	Василек Маршалла <i>Psephellus marschallianus</i> (Spreng.) C. Koch	1-2					+	+	+	+								
6	Вейник наземный <i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth	3-3	+	+	+	+												
7	Вербейник обыкновенный <i>Lysimachia vulgaris</i> L.	2-1											+	+				
8	Вереск обыкновенный <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hill	2-2											+	+	+	+		
9	Вероника седая <i>Veronica incana</i> L.	2-2		+			+	+	+	+								
10	Гвоздика травянка <i>Dianthus deltoides</i> L.	1-1	+				+	+										
11	Герань кровяно-красная <i>Geranium sanguineum</i> L.	2-1	+	+	+	+												
12	Герань лесная <i>Geranium sylvaticum</i> L.	2-1					+	+	+	+								
13	Горичник горный <i>Peucedanum oreoselinum</i> Moench	2-1		+			+	+	+									
14	Грушанка круглолистная <i>Pyrola rotundifolia</i> L.	1-0											+					
15	Дербенник иволистный <i>Lythrum salicaria</i> L.	1-0											+					
16	Дикранум волнистый <i>Dicranum undulatum</i> Ehrh. ex Web. et Molir	3-3	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+			
17	Дрок красильный <i>Genista tinctoria</i> L.	2-2	+	+	+	+		+	+	+								

Естественные науки и лес

№ п/п	Вид растений Plant species	Об. Ab.	Суборь Subor				Сухой бор Dry pine forest				Сырой бор Wet pine forest					
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
18	Душица обыкновенная <i>Origanum vulgare</i> L.	2-2	+		+	+										
19	Живучка женеvская <i>Ajuga genevensis</i> L.	1-1	+													
20	Звездчатка средняя <i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	1-2		+	+	+										
21	Зверобой продырявленный <i>Hypericum perforatum</i> L.	2-2	+	+	+	+										
22	Земляника лесная <i>Fragaria vesca</i> L.	3-2	+	+	+	+		+	+	+						
23	Зимолюбка зонтичная <i>Chimaphila umbellata</i> (L.) W.P.C.Barton	1-0	+													
24	Иван-чай узколистный <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	0-2		+	+	+										
25	Камыш лесной <i>Scirpus sylvaticus</i> L.	2-1										+	+			
26	Кладония лесная <i>Cladonia sylvatica</i> (L.) Hoffm.	2-0						+								
27	Кладония оленья <i>Cladonia rangiferina</i> (L.) Weber ex F.H.Wigg.	2-0						+								
28	Клевер альпийский <i>Trifolium alpestre</i> L.	3-2	+	+	+	+	+	+	+	+						
29	Клевер горный <i>Trifolium montanum</i> L.	3-2	+	+												
30	Ковыль перистый <i>Stipa pennata</i> L.	2-0						+								
31	Колокольчик крапиволистный <i>Campanula trachelium</i> L.	1-0	+													
32	Колокольчик круглолистный <i>Campanula rotundifolia</i> L.	1-0		+					+							
33	Колокольчик персиколистный <i>Campanula persicifolia</i> L.	1-1	+		+	+										
34	Костер безостый <i>Bromus inermis</i> Leyss.	1-2		+	+	+										
35	Костяника <i>Rubus saxatilis</i> L.	2-1										+	+	+	+	
36	Кочедыжник женский <i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth ex Mert.	3-2										+	+	+	+	
37	Кошачья лапка <i>Antennaria</i> Gaertn.	3-0						+								
38	Кукушкин лен обыкновенный <i>Polytrichum commune</i> Hedw.	2-1										+	+	+	+	
39	Купена лекарственная <i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	2-2		+	+	+	+	+	+	+	+			+		
40	Ландыш майский <i>Convallaria majalis</i> L.	2-2	+	+	+	+										
41	Лапчатка песчаная <i>Potentilla arenaria</i>	2-0						+								
42	Лапчатка прямая <i>Potentilla recta</i> L.	1-1										+	+	+	+	
43	Ластовень лекарственный <i>Vincetoxicum hirsutum</i> Medik.	2-2	+	+	+	+										
44	Лисохвост луговой <i>Alopecurus pratensis</i> L.	0-2							+	+	+					
45	Лютик едкий <i>Ranunculus acris</i> L.	0-1											+	+	+	
46	Майник двулистный <i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W.Schmidt	2-1											+	+	+	
47	Малина обыкновенная <i>Rubus idaeus</i> L.	3-2	+	+	+	+			+	+	+	+				
48	Марьянник луговой <i>Melampyrum pratense</i> L.	2-2		+	+	+			+							
49	Мелкопестичник <i>Erigeron</i> L.	0-2		+	+	+										
50	Молодило побегоносное <i>Sempervivum soboliferum</i> Sims	1-0						+								
51	Мятлик луговой <i>Poa pratensis</i> L.	1-2	+													
52	Овсяница Беккера <i>Festuca beckeri</i> (Hack.) Trautv.	2-2		+				+	+	+	+					
53	Орляк обыкновенный <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	3-2	+											+	+	+
54	Осока верещатниковая <i>Carex ericetorum</i> Pollich	2-2		+				+	+	+	+					
55	Очиток видный <i>Sedum spectabile</i> Boreau	1-1						+	+	+	+					

№ п/п	Вид растений Plant species	Об. Ab.	Суборь Subor				Сухой бор Dry pine forest				Сырой бор Wet pine forest			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
56	Очиток едкий <i>Sedum acre</i> L.	2-1					+	+	+	+				
57	Перловник поникший <i>Melica nutans</i> L.	2-2	+					+	+	+				
58	Пижма обыкновенная <i>Tanacetum vulgare</i> L.	1-1	+	+	+	+								
59	Плаун булавовидный <i>Lycopodium clavatum</i> L.	1-0										+		
60	Плаун сплюснутый <i>Lycopodium anceps</i> Wallr.	1-0										+		
61	Плеврочиум Шребера <i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.)	3-2	+	+	+	+							+	
62	Повилика европейская <i>Cuscuta europaea</i> L.	0-1		+	+	+								
63	Подмаренник настоящий <i>Galium verum</i> L.	2-1	+		+	+								
64	Подмаренник северный <i>Galium boreale</i> L.	2-0		+										
65	Польнь равнинная <i>Artemisia campestris</i> L.	2-0					+							
66	Прострел раскрытый <i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	1-1					+	+	+	+				
67	Пырей ползучий <i>Elytrigia repens</i> (L.) Desv. ex Nevski	1-0	+											
68	Рамишия секунда <i>Orthilia secunda</i> (L.) House	1-0	+											
69	Седмичник европейский <i>Trientalis europaea</i> L.	1-1										+	+	+
70	Смолевка поникшая <i>Silene nutans</i> L.	3-2	+	+	+	+								
71	Смолка обыкновенная <i>Viscaria vulgaris</i> Bernh.	3-2	+	+	+	+								
72	Сфагнум <i>Sphagnum</i> L.	2-0										+		
73	Тростник <i>Phragmites</i> Adans.	2-0										+		
74	Тысячелистник благородный <i>Achillea nobilis</i> L.	1-0	+											
75	Тысячелистник обыкновенный <i>Achillea millefolium</i> L.	2-2	+	+	+	+								
76	Хвощ лесной <i>Equisetum sylvaticum</i> L.	3-2										+	+	+
77	Цетрария исландская <i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach.	1-0					+							
78	Цмин песчаный <i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench	2-2					+	+	+	+				
79	Чабрец Палласа <i>Thymus pallasianus</i> Heinr. Braun	2-0					+							
80	Черноголовка обыкновенная <i>Prunella vulgaris</i> L.	1-0	+					+						
81	Чистотел большой <i>Chelidonium majus</i> L.	0-1		+	+	+								
82	Щавель малый <i>Rumex acetosella</i> L.	2-1	+	+	+	+								
83	Щитовник игольчатый <i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs	1-0	+										+	
84	Щитовник мужской <i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott	1-0	+										+	
85	Ясменник красильный <i>Asperula tinctoria</i> L.	1-0	+					+						
86	Ястребинка волосистая <i>Pilosella officinarum</i> F.W. Schultz & Sch. Bip.	2-2		+	+	+	+	+	+	+	+			
87	Ястребинка зонтичная <i>Hieracium umbellatum</i> L.	1-0		+										
Количество видов Number			35	35	29	30	23	24	19	18	17	18	12	12

Примечание: Об. – обилие; «+» - присутствие вида в трансектах, в соответствии с типами соснового бора; «+» - виды-индикаторы. Обилие – обилие по Браун-Бланке для 2009-2020. 1 – 2009 г., 2 – 2020 г., 3 – 2021 г., 4 – 2022 г.

Note: Ab. – abundance; "+" - the presence of the species in the transects, in accordance with the types of pine forest; "+" - indicator species. Abundance – abundance according to the Brown-Blancke for 2009-2020

Источник: собственные данные авторов

Source: own data

В субори появились растения сухого бора: *Veronica incana* L. (вероника седая), *Festuca beckeri* (овсяница Беккера), *Carex ericetorum* (осока вер-

щатниковая), *Pilosella officinarum* (ястребинка волосистая), *Peucedanum oreoselinum* (горичник горный) и *Polygonatum odoratum* (купена лекарствен-

ная), а также рудеральные растения – *Cuscuta europaea* L. (повилика), *Erigeron* L. (мелколепестник), *Stellaria media* (L.) (звездчатка средняя). Возникли куртины *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. (иван-чая узколистного). В сыром бору также изменяется видовой состав, в сравнении с 2009 г. Появляются растения сухого бора (*Sedum spectabile* Boreau (очиток видный) и *Helichrysum arenarium* (цмин песчаный)), субори (*Pteridium aquilinum* (орляк обыкновенный), *Dryopteris carthusiana* (щитовник мужской), *Calamagrostis epigejos* (вейник наземный), а также появились луговые злаки (*Poa pratensis* (мятлик луговой), *Elytrigia repens* (пырей ползучий)).

Индикаторы наряду с другими видами формируют напочвенный покров, представляющий собой комбинацию мозаико-структурных единиц, в которых растения связаны друг с другом. На всех опытных участках соснового леса были обнаружены виды растений, растущих вместе и формирую-

щих облик напочвенного покрова. Количество таких групп растений в биотопах сосняка увеличилось. Новые виды степной флоры (*Alopecurus pratensis* (лисохвост луговой), *Poa pratensis* (мятлик луговой), *Erigeron* (мелколепестник), *Ranunculus acris* (лютик едкий)), а также растения-гелиофиты (*Stipa pennata* (ковыль), *Sedum* (очиток), *Chamaenerion angustifolium* (иван-чай узколистный)), встречаются уже не единично, а составляют группы с индикаторами. Таким образом, можно говорить об изменении растительного покрова в ответ на смену экологических условий. Общее проективное покрытие (ОПП) после пожаров в сохранных биотопах снижается и к 2020 г. составляет 68 %. Процент проективного покрытия основных видов напочвенного покрова и их встречаемость на опытных участках, неповрежденных пожарами, в соответствии с типами соснового леса представлены в табл. 2.

Таблица 2

Проективное покрытие и процент встречаемости основных видов напочвенного покрова в зависимости от биотопа
Table 2
The projective coverage and the percentage of occurrence of the main types of ground cover depending on the biotope

Тип сосново-го леса Type of pine forest	Группы видов напочвенного покрова Groups of types of ground cover	Проективное покрытие Projective coverage		Встречаемость видов, % Occurrence of species, %	
		2009	2020	2009	2020
Сухой бор Dry pine forest	Лишайники р. <i>Cladonia</i> , <i>Cetraria</i>	20,3 ± 3,8	-	40	-
	Сем. Толстянковые <i>Crassulaceae</i>	9, 6 ± 6,7	5,7 ± 3,2	60	50
	Сем. <i>Poaceae</i> , <i>Сyperaceae</i>	35, 6 ± 2,4	37, 9 ± 3,3	80	80
	Разнотравье	15,1 ± 2,3	17, 3 ± 1,8	30	30
Суборь Subor	Зеленые мхи – класс <i>Musci</i>	85,3 ± 15,2	86,1 ± 14,8	80	70
	Папоротники <i>Polypodiophyta</i>	25, 7 ± 14,9	23,1 ± 16,1	20	20
	Сем. <i>Poaceae</i>	30, 7 ± 5,2	33, 4 ± 4,3	50	50
	Разнотравье	7, 2 ± 2,6	8, 4 ± 2,2	30	30
Сырой бор Wet pine forest	Белые и зеленые мхи	90, 6 ± 3,3	80, 6 ± 2,8	90	70
	Плауны и папоротники <i>Polypodiophyta</i>	23,2 ± 20,1	-	20	-
	Брусника – <i>Vaccinium myrtillus</i>	22,7 ± 4,7	16,8 ± 4,1	40	30
	Вереск – род <i>Calluna</i>	35,3 ± 5,3	20,4 ± 9,1	30	20
	Сем. <i>Poaceae</i> , <i>Сyperaceae</i>	10,8 ± 6,9	11,3 ± 5,8	30	40

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Группы в биотопах различаются по видовому составу. В 2009 г. можно было выделить следующие группы растений. В субори: *Orthilia secunda*

(рамишия однобокая) – *Chimaphila umbellata* (зимолюбка зонтичная) – *Convallaria majalis* (ландыш майский) – *Dicranum undulatum* (дикранум волни-

стый) – *Pleurozium schreberi* (плевроциум Шребера); *Calamagrostis epigejos* (вейник наземный) – *Viscaria vulgaris* (смолка обыкновенная) – *Silene nutans* (смолевка поникшая) – *Betonica officinalis* (буквица лекарственная) – *Origanum vulgare* (душица обыкновенная); *Melica nutans* (перловник поникший) – *Campanula persicifolia* (колокольчик персиколистный) – *Galium verum* (подмаренник настоящий) – *Asperula tinctoria* (ясменник красильный) – *Geranium sanguineum* (герань кровяно-красная); *Fragaria vesca* (земляника лесная) – *Rubus idaeus* (малина обыкновенная) – *Hypericum perforatum* (зверобой продырявленный) – *Trifolium alpestre* (клевер альпийский) – *Trifolium montanum* (клевер горный); *Pteridium aquilinum* (орляк обыкновенный) – *Dryopteris filix-mas* (щитовник мужской) – *Dryopteris carthusiana* (щитовник игольчатый) – *Achillea millefolium* (тысячелистник обыкновенный) – *Vincetoxicum hirsutaria* (ластовень лекарственный).

В сыром бору: *Trientalis europaea* (седмичник европейский) – *Maianthemum bifolium* (майник двулистный) – *Potentilla recta* (лапчатка прямая) – *Rubus saxatilis* (костяника); *Calluna vulgaris* (вереск обыкновенный) – *Polytrichum commune* (кукушкин лен обыкновенный); *Athyrium filix-femina* (кочедыжник женский) – *Equisetum sylvaticum* (хвощ лесной) – *Pyrola rotundifolia* (грушанка круглолистная); *Sphagnum* (сфагнум) – *Polytrichum commune* (кукушкин лен обыкновенный) – *Lycopodium* (плауны) – *Vaccinium vitis-idaea* (брусника); *Scirpus sylvaticus* (камыш лесной) – *Phragmites* (тростник) – *Lythrum salicaria* (дербенник иволистный) – *Potentilla recta* (лапчатка прямая).

В сухом бору выделялись: *Cladonia* (кладонии) – *Carex ericetorum* (осока верещатниковая) – *Festuca beckeri* (овсяница Беккера) – *Festuca beckeri* (горичник горный); *Stipa pennata* (ковыль перистый) – *Pilosella officinarum* (ястребинка волосистая) – *Thymus pallasianus* (чабрец Палласа) – *Artemisia campestris* (полынь равнинная); *Pulsatilla patens* (прострел раскрытый) – *Antennaria* (кошачья лапка) – *Veronica incana* (вероника седая) – *Polygonatum odoratum* (купена лекарственная); *Sempervivum soboliferum* (молодило побегоносное) – *Sedum spectabile* (очиток видный) – *Sedum acre* (очиток едкий) – *Helichrysum arenarium* (цмин песчаный).

В 2020 году со сменой видового состава и привносом в нее новых видов изменяются группы растений. В сыром бору были выделены: *Dryopteris filix-mas* (щитовник мужской) – *Dryopteris carthusiana* (щитовник игольчатый) – *Pteridium aquilinum* (орляк обыкновенный); *Rubus saxatilis* (костяника) – *Vaccinium vitis-idaea* (брусника) – *Maianthemum bifolium* (майник двулистный) – *Trientalis europaea* (седмичник европейский) – *Potentilla recta* (лапчатка прямая); *Athyrium filix-femina* (кочедыжник женский) – *Equisetum sylvaticum* (хвощ лесной) – *Lythrum salicaria* (дербенник иволистный) – рогоз; *Poa pratensis* (мятлик луговой) – *Elytrigia repens* (пырей ползучий); *Dicranum undulatum* (дикранум волнистый) – *Polytrichum commune* (кукушкин лен обыкновенный) – *Calluna vulgaris* (вереск обыкновенный) – *Veronica incana* (вероника седая) – *Ranunculus acris* (лютик едкий); *Calamagrostis epigejos* (вейник наземный) – *Sedum spectabile* (очиток видный) – *Helichrysum arenarium* (цмин песчаный) – злаки.

В сухом бору: *Festuca beckeri* (овсяница Беккера) – *Peucedanum oreoselinum* (горичник горный) – *Campanula rotundifolia* (колокольчик круглолистный) – *Pulsatilla patens* (прострел раскрытый) – *Alopecurus pratensis* (лисохвост); *Melica nutans* (перловник поникший) – *Helichrysum arenarium* (цмин песчаный) – *Chelidonium majus* (чистотел большой) – *Poa pratensis* (мятлик луговой); *Polygonatum odoratum* (купена лекарственная) – *Psephellus marschallianus* (василек Маршалла) – *Fragaria vesca* (земляника лесная) – *Rubus idaeus* (малина обыкновенная) – *Trifolium alpestre* (клевер альпийский); *Pilosella officinarum* (ястребинка волосистая) – *Geranium sanguineum* (герань кровяно-красная) – *Prunella vulgaris* (черноголовка обыкновенная) – *Melampyrum pratense* (марьянник луговой) – *Asperula tinctoria* (ясменник красильный); *Sedum acre* (очиток едкий) – *Sedum spectabile* (очиток видный) – *Carex ericetorum* (осока верещатниковая) – *Veronica incana* (вероника седая) – *Dicranum undulatum* (дикранум волнистый).

В субори сформировались следующие группы растений: *Calamagrostis epigejos* (вейник наземный) – *Viscaria vulgaris* (смолка обыкновенная) – *Silene nutans* (смолевка поникшая) – *Festuca beckeri* (овсяница Беккера) – *Galium verum* (подмаренник

обыкновенный); *Peucedanum oreoselinum* (горичник горный) – *Pilosella officinarum* (ястребинка волосистая) – *Carex ericetorum* (осока верещатниковая) – *Bromus inermis* (костер безостый) – осоки; *Fragaria vesca* (земляника лесная) – *Achillea millefolium* (тысячелистник обыкновенный) – *Rumex acetosella* (щавель малый) – *Hypericum perforatum* (зверобой продырявленный); *Geranium sanguineum* (герань кроваво-красная) – *Betonica officinalis* (буквица лекарственная) – *Trifolium montanum* (клевер горный) – *Trifolium alpestre* (клевер альпийский) – *Tanacetum vulgare* (пижма обыкновенная) – *Polygonatum odoratum* (купена лекарственная); *Erigeron* (мелколепестник) – *Veronica incana* (вероника седая) – *Melampyrum pratense* (марьянник луговой); *Campanula rotundifolia* (колокольчик круглолистный) – *Rubus idaeus* (малина обыкновенная) – *Stellaria media* (звездчатка средняя) – *Glechoma hederacea* (будра плющевидная); *Vincetoxicum hirundinaria* (ласто-вель лекарственный) – *Hieracium umbellatum* (ястребинка зонтичная) – *Chamaenerion angustifolium* (иван-чай узколистный) – *Jasione Montana* (букашник горный); *Dicranum undulatum* (дикранум волнистый) – *Pleurozium schreberi* (плевроциум Шребера). Т.о., в группах появились луговые и сорно-рудеральные растения.

Анализ эколого-ценотических групп

В ходе исследования было отмечено изменение видового состава напочвенного покрова, что, возможно, связано с изменениями условий среды вследствие влияния близкого расположения горельников: увеличением освещенности и снижением влажности почв. Для того, чтобы проверить, что изменение видового состава является ответом на изменение условий среды (т.е. что изменение видов является качественным), был проведен анализ эколого-ценотических групп. Эколого-ценотические группы объединяют растения, которые сходны по своему отношению к совокупностям экологических факторов, характерных для определенных растительных сообществ. В современной ботанической науке ЭЦГ часто применяются оценки экосистемного и структурного разнообразия растительного покрова и прогнозирования его динамики.

На каждом участке леса: субори, сухом бору и сыром бору для каждого вида сосудистых растений напочвенного покрова присваивалась та или иная ЭЦГ по В.Э. Смирнову. Затем сравнивалось количество видов в группах в 2009 и 2020 году (рис. 3).

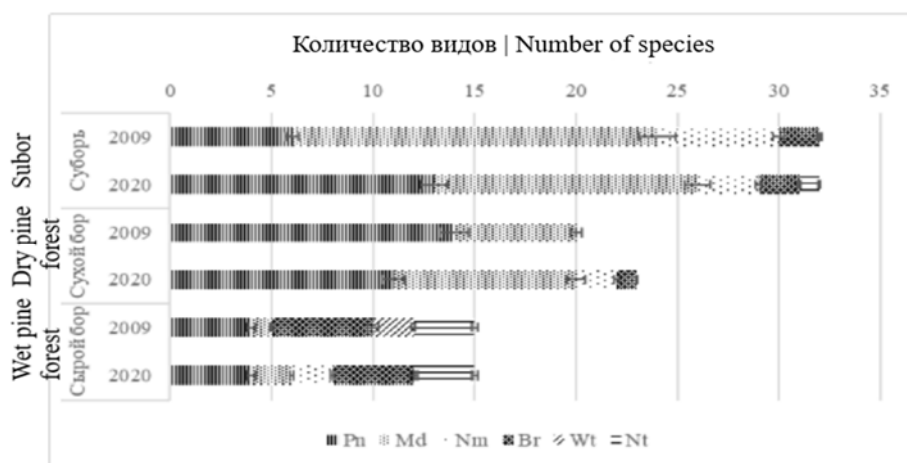


Рисунок 3. Сравнение количества видов в эколого-ценотических группах 2009 и 2020 года: Pn – группа сосновых лесов, Md – лугово-степная, Nm - неморальная, Br - бореальная, Wt – группа водно-болотных угодий, Nt – нитрофильная

Figure 3. Comparison of the number of species in the ecological cenotic groups of 2009 and 2020: Pn is a group of pine forests, Md is meadow-steppe, Nm is non-moral, Br is boreal, Wt is a group of wetlands, Nt is nitrophilic

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Исходя из гистограммы, можно отметить, что основное ядро видов субори и сухого бора составляют виды соснового леса (Pn), в то время как в сыром бору значительную долю имеют растения бореальной (Br), нитрофильной (Nt) и группы водно-болотных угодий (Wt), т.к. именно они наиболее тесно связаны с специфическими экологическими условиями этих сообществ.

Рассматривая изменение количества видов в каждой ЭЦГ по годам, можно наметить некоторые тенденции к трансформации растительного покрова на исследуемых территориях. Так, в суборах снижается количество видов неморальной группы при увеличении доли видов сосновых лесов. Это может свидетельствовать о постепенном переходе субори к состоянию сухого бора. Для того, чтобы определить значительность изменений, было проведено сравнение изменения обилия видов группы Pn по T-критерию Вилкоксона. Значение $T_{эмп} = 12$ (при $T_{кр}(0,05) = 17$) подтверждает статистически достоверное различие обилия – в 2020 году оно значимо больше, чем в 2009. Это дополнительно подтверждает предположение о выраженном сукцессионном процессе трансформации субори в сухой бор при изменении экологических условий в местах, находящихся под влиянием пожара.

В сыром бору также были выявлены серьезные изменения соотношения видов в ЭЦГ по годам. Комплекс видов нитрофильной (Nt), бореальной (Br) группы и группы водно-болотных угодий (Wt) существенно снизил свое видовое присутствие, причем, Wt выпал из состава сообщества полностью. T-критерий Вилкоксона показывает, что и обилие этих видов достоверно снижается ($T_{эмп} = 1$, $T_{кр}(0,05) = 10$). Появление же видов неморальной группы и увеличение доли видов лугово-степной группы обозначают тенденцию к изменению сообщества сырого бора в суборь.

Менее всего меняется сосудистая флора сухого бора. Статистически достоверных различий в обилии ЭЦГ 2009 года и 2020 года не обнаружено. Однако, увеличивается разнообразие этих групп с двух (Pn, Md) до четырех (Pn, Md, Nm, Br). С учетом снижения участия доли лишайников и мхов в создании проективного покрытия такое изменение функционального разнообразия сосудистой флоры

напочвенного покрова представляется интересным для дальнейшего наблюдения.

Анализ напочвенного покрова на горельниках

На сгоревших территориях, до пожара 2010 г, выделялись те же биотопы соснового леса. Искусственное лесовосстановление проводили сотрудники и студенты ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», начиная с 2012 г. Были высажены сеянцы сосны обыкновенной методом лесных культур. В настоящее время в низинах, где ранее в допожарный период располагались биотопы сырого бора, формируются пересыхающие при длительных засухах болота, на возвышенностях – степная растительность с подростом сосны обыкновенной.

В 2020 г. видовое разнообразие напочвенного покрова лесных культур составляет всего 19 видов. некоторые виды являются типичными первопроходцами горельников, это: *Chamaenerion angustifolium* (иван-чай узколистный), виды, обычно приуроченные к сухому бору (*Sedum acre* (очиток едкий), *Potentilla arenaria* (лапчатка песчаная), *Berteroa incana* (икотник серо-зеленый), *Helichrysum arenarium* (цмин песчаный), *Hieracium umbellatum* (ястребинка зонтичная)) и к субори (*Tanacetum vulgare* (пижма обыкновенная), *Rumex acetosella* (щавель малый), *Calamagrostis epigejos* (вейник наземный)), а также: *Erigeron* (мелколепестник), *Solidago virgaurea* (золотарник обыкновенный), *Artemisia vulgaris* (полынь обыкновенная), *Verbascum thapsus* (коровяк медвежье ухо), *Poa pratensis* (мятлик луговой), *Poa stepposa* (мятлик степной), *Festuca gigantea* (овсяница гигантская), *Linaria vulgaris* (льнянка обыкновенная), *Jasione montana* (букашник горный), *Calamagrostis epigejos* (вейник наземный).

Растительность низин горельников составляют: очиток видный, рогоз широколистный, *Lythrum salicaria* (дербенник иволистный), *Scirpus sylvaticus* (камыш лесной), *Phragmites* (тростник южный). Прослеживается связь с растениями сырого бора, находившимися там до пожара 2010 г. При переходе на возвышенности отмечаются вейник наземный, цмин песчаный, лапчатка песчаная.

Видовой состав напочвенного покрова в биотопах соснового леса показывает сохранность общего числа видов, однако группы растений изменяют-

ся. Смена видового состава фитоценозов может быть вызвана изменениями экологических условий биотопа, таких как освещенность, температура, минеральный состав и влажность почвы, ее pH.

Отсутствие на горельниках травянистых растений соснового леса свидетельствует об уничтожении почвенного банка семян. Восстановление растительности происходило в первую очередь за счет появления злаков: *Festuca gigantea* (овсяница гигантская), *Agrostis capillaris* (полевица тонкая),

Calamagrostis epigejos (вейник наземный), и *Chamaenerion angustifolium* (иван-чай узколистый). Появление растений, нетребовательных к увлажнению почв или устойчивых к их недостатку, в субори и сыром бору говорит об изменении экологических условий. Анализ количества осадков в период с 2009 по 2020 г. по месяцам весенне-летнего периода показал варьирование их объема, постепенное снижение к 2020 г. осадков в марте, апреле, июне, августе (рис. 4).

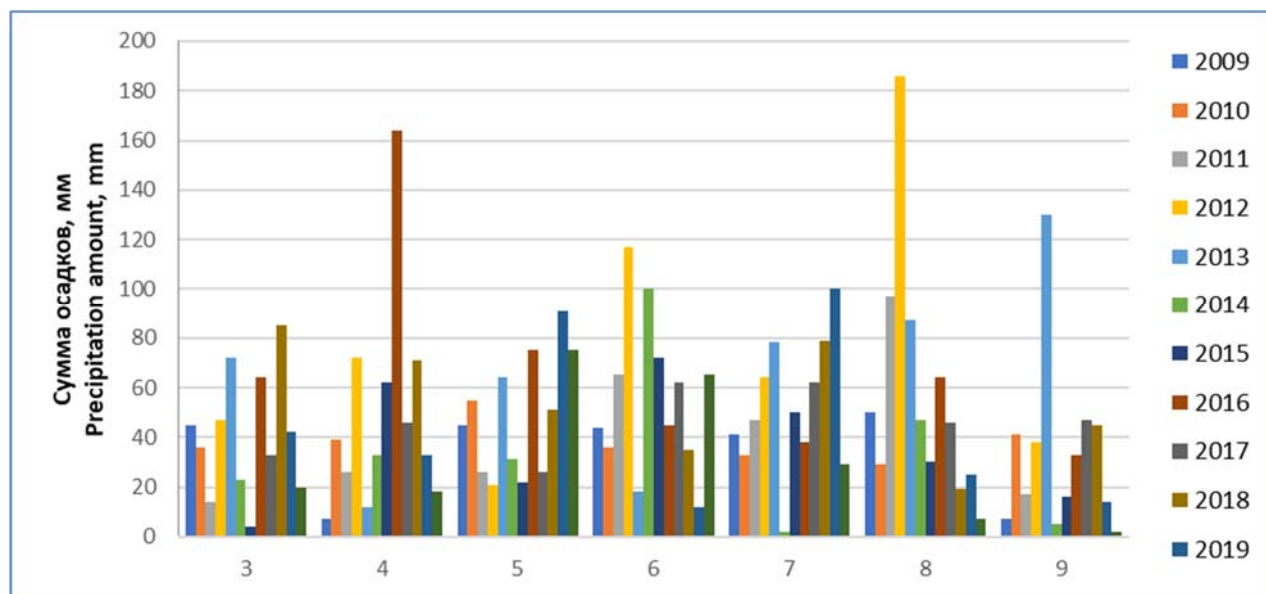


Рисунок 4. Диаграмма суммы осадков по месяцам с 2009 по 2020 г. По оси абсцисс цифры 3-9 обозначают номер месяца, «3» - март и т.д. по порядку

Figure 4. Diagram of precipitation by month from 2009 to 2020. On the abscissa axis, the numbers 3-9 denote the number of the month, "3" - March, etc. in order

Источник данных: диаграмма построена по данным http://www.pogodaiklimat.ru/history/34123_2.htm
 Source: the diagram is based on the data http://www.pogodaiklimat.ru/history/34123_2.htm

Песчаные почвы⁹ сосновых лесов обладают слабой водоудерживающей способностью [16], сильным прогреванием верхних горизонтов [17]. Появление открытых территорий без растений¹⁰ приводит к еще большему прогреву почвы и гибели части растений напочвенного покрова и всходов сосны обыкновенной [3, 8, 18]. Развитие напочвенного покрова на горельниках соответствует начальным этапам пиро-

генной сукцессии. По видовому составу напочвенный покров сосняков лесостепной зоны отличается от таежной и среднетаежной зоны [19, 20] преобладанием злаковых растений, бедным видовым составом мхов и лишайников, папоротников и плаунов, а также индикаторов соснового леса. При кратковременных низовых пожарах и близости грунтовых вод происходит быстрое восстановление растительности сырых боров и суборей [10, 19, 20]. Сукцессии на горельниках таежной и среднетаежной зоны идут схожим образом. При полном уничтожении леса пожаром на горячих не происходит появления типичных растений-первопроходцев, лишайники погибают полностью

⁹ Карпачевский, Л. О. Курс лесного почвоведения / Л. О. Карпачевский, Ю. Н. Ашинов, Л. В. Березин. Майкоп : Аякс, 2009. 348 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/tlv1st>

¹⁰ Рунова Е.М., Савченкова В.А. Особенности естественного возобновления леса на основных типах вырубок Приангарья. Актуальные проблемы лесного комплекса. 2008;21. Режим доступа: <https://elibrary.ru/tyzgzkz>

при пожарах любой интенсивности от теплового воздействия. Повышение температуры, освещенности и снижение влажности в сохранных лесах, граничащих с горящими, приводит к исчезновению напочвенных лишайников [19, 20].

Выводы

Анализ напочвенного покрова в сосновых лесах лесостепной зоны показал, что после пожаров 2010 г.:

1. Видовое богатство сохраняется на уровне 63-65 видов, флористический состав меняется.

2. В субори появились растения сухого бора, а также сорно-рудеральные растения, куртины иван-чая узколистного (*Chamaenerion angustifolium* (L.) SCOP.), исчезли некоторые типичные растения сухого бора. В сыром бору появились растения субори и луговые злаки.

3. Исчезла часть растений-индикаторов, которые входят в Красную книгу Воронежской области (2011): *Lycopodium clavatum* L., *Lycopodium complanatum* L., *Pyrola rotundifolia* L., *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton, *Stipa pennata* L. s. l., *Sphagnum* sp.

4. Изменение состава и соотношения эколого-ценотических групп на исследуемых территориях свидетельствует об изменении как экологических условий, произошедших вследствие пожара (увеличение освещенности, повышение температуры почв и воздуха, изменение влажности почвы и ее pH), так и сопутствующих им трансформациях растительных сообществ.

5. Восстановление напочвенного покрова на горящих после посадки лесных культур сосны обыкновенной в течение первых восьми лет после пожара происходило за счет появления злаков и иван-чая узколистного (*Chamaenerion angustifolium* (L.) SCOP.), которые являются характерными видами для постпирогенных сукцессий, а также некоторыми видами, обычно приуроченными к сухому бору, – икотником серо-зеленым (*Berteroa incana* (L.) DC.), очитком едким (*Sedum acre* L.), лапчаткой песчаной (*Potentilla incana* P.GAERTN., B.MEY. & SCHERB.), цмином песчаным (*Helichrysum arenarium* (L.) MOENCH). Отсутствие травянистых растений свидетельствует об уничтожении почвенного банка семян.

Список литературы

1. Ufimtsev, V.I. Structure of the living ground cover in pine forests on dumps of Kuzbass / V.I. Ufimtsev, T.O. Strelnikova, O.A. Kupriyanov. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. 2018; 44: 36-58. DOI: <https://doi.org/10.17223/19988591/44/3>.
2. Розенберг Г.С. Количественные методы фитоценологии в работах Б. М. Миркина и их современное состояние. Фиторазнообразие Восточной Европы. 2018; 2 (3): 31-54. Режим доступа: <https://elibrary.ru/yovlul>.
3. Chernenkova T., Morozova O., Belyaeva N., Puzachenko M. Actual organization of forest communities with broad-leaved trees in broad-leaved-coniferous zone (with Moscow Region as an example). Rastitel'nost' Rossii. 2018;107-130. DOI: <https://doi.org/10.31111/vegrus/2018.33.107>.
4. Телеснина В.М., Семенов О.В., Богатырёв Л.Г. Свойства лесных подстилок во взаимосвязи с напочвенным покровом в лесных экосистемах Подмосковья (на примере УОПЭЦ «Чашниково»). Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2017; 4. Режим доступа: <https://elibrary.ru/zmirjn>.
5. Forsmark, B. Low and high nitrogen deposition rates in northern coniferous forests have different impacts on aboveground litter production, soil respiration, and soil carbon stocks / B. Forsmark, A. Nordin, N.I. Maaroufi et al. Ecosystems. 2020; 23(7): 1423-1436. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-020-00478-8>.
6. Landuyt, D. The functional role of temperate forest understorey vegetation in a changing world / D. Landuyt, E. De Lombaerde, M.P. Perring et al. GlobalChangeBiology. 2019; 25 (11): 3625–3641. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.14756>.
7. Сергеева О.В., Мухортова Л.В., Кривобоков Л.В. Распределение запасов подстилки и биомассы живого напочвенного покрова в северной тайге центральной Эвенкии в зависимости от рельефа. Сибирский лесной журнал. 2020;1:38-46. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42400860>.

8. Gill N., Jarvis D., Rogan J., Kulakowski D. Disturbance history modulates how litter and herbaceous cover influence conifer regeneration after fire. *International Journal of Wildland Fire*. 2020;29. DOI: <https://doi.org/10.31111/10.1071/WF19028>.
9. Kudryavtsev A., Oparin M., Oparina O., Mamaev A., Kovalev, D. State of split birch woods of the southern trans-Urals in the zone of high anthropogenic load on natural ecosystems. *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2021; 427-441. DOI: <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-4-427-441>.
10. Splawinski, T. The colonization of young fire-initiated stands by the crustose lichen *Trapeliopsis granulosa* and its potential effect on conifer establishment and stand succession / T. Splawinski, S. Gauthier, N. Fenton et al. *Silva Fennica*. 2018; 52 (1). DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.7791>.
11. Jílková, V. Post-fire forest floor succession in a Central European temperate forest depends on organic matter input from recovering vegetation rather than on pyrogenic carbon input from fire / V. Jílková, M. Adámek, G. Angst et al. *Science of the Total Environment*. 2023; 861: 160659. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160659>.
12. Ananyev, V.A. Fire severity controls successional pathways in a fire-affected spruce forest in Eastern Fennoscandia / V.A. Ananyev, V. V. Timofeeva, A.M. Kryshen' et al. *Forests*. 2022; 13 (11):1775. DOI: <https://doi.org/10.3390/f13111775>.
13. Baranovski, B. Comparison of commonly used ecological scales with the Belgard Plant Ecomorph System / B. Baranovski, N. Roschina, L. Karmyzova, I. Ivanko. *BiosystemsDiversity*. 2018; 26 (4): 286-291. DOI: <https://doi.org/10.15421/011843>.
14. Изучение биоразнообразия некоторых лесопарковых фитоценозов Ростовской агломерации / А. А. Наливайченко, П. Н. Скрипников, С. Н. Горбов, А. Ю. Матецкая. *Лесотехнический журнал*. 2022; 12 (4): 169-184. DOI <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/12>.
15. Красная книга Воронежской области: в 2 томах. Том 1. Растения, лишайники, грибы / под общ. науч. ред. В. А. Агафонова – Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2018. 412 с. ISBN 978-5-91338-165-1. Режимдоступа: <https://elibrary.ru/vzxezq>.
16. Gustafson, E.J. Simulating Growth and Competition on Wet and Waterlogged Soils in a Forest Landscape Model / E.J. Gustafson, B.R. Miranda, A.Z. Shvidenko, B.R. Sturtevant. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2020; 8: 1-19. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.598775>.
17. Ribeiro-Kumara, C. How do forest fires affect soil greenhouse gas emissions in upland boreal forests? A review / C. Ribeiro-Kumara, E. Köster, H. Aaltonen, K. Köster. *EnvironmentalResearch*. 2020; 184: 109328. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109328>.
18. Приходько, О. Ю. Естественное лесовозобновление после выборочных рубок в лиственных лесах Приморского края / О. Ю. Приходько, О. Р. Федоров, Т. А. Бычкова // *Вестник Поволжского государственного технологического университета*. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2021; 4(52): 32-41. DOI <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2021.4.32>.
19. Гаврилова О.И., Пак К.А. Естественное восстановление леса после пожаров в республике Карелия. *Успехи современного естествознания*. 2017;12:38-44. Режим доступа: <https://elibrary.ru/yumlxe>
20. Галдин В. К., Беспаленко О. Н., Михин В. И. Пирогенные изменения в порослевых дубравах. *Лесотехнический журнал*. 2018;4(32): 58-66. Режимдоступа: <https://elibrary.ru/yqhmvv>.

References

1. Ufimtsev, V.I. Structure of the living ground cover in pine forests on dumps of Kuzbass / V.I. Ufimtsev, T.O. Strelnikova, O.A. Kupriyanov. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. 2018; 44: 36-58. DOI: <https://doi.org/10.17223/19988591/44/3>.
2. Rozenberg G.S. Kolichestvenny'e metody` fitocenologii v rabotax B. M. Mirkina i ix sovremennoe sostoyanie [Quantitative methods of phytocenology in the works of B. M. Mirkin and their current state]. *Fitoraznoobrazie Vostochnoj Evropy`*. 2018;3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kolichestvennye-metody-fitotsenologii-v-rabotah-b-m-mirkina-i-ih-sovremennoe-sostoyanie>.

3. Chernenkova T., Morozova O., Belyaeva N., Puzachenko M. Actual organization of forest communities with broad-leaved trees in broad-leaved-coniferous zone (with Moscow Region as an example). *Rastitel'nost' Rossii*. 2018;107-130. DOI:10.31111/vegus/2018.33.107.
4. Telesnina V.M., Semenyuk O.V., Bogatyryov L.G. Svoystva lesny`x podstilk vo vzaimosvyazi s napochvenny`m pokrovom v lesny`x e`kosistemax Podmoskov`ya (na primere UOPE`Cz «Chashnikovo») [Properties of forest litter in relation to the ground cover in the forest ecosystems of the Moscow region (on the example of the UOPEC "Chashnikovo")]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochvovedenie*. 2017; 4. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/zmirjn>.
5. Forsmark, B. Low and high nitrogen deposition rates in northern coniferous forests have different impacts on aboveground litter production, soil respiration, and soil carbon stocks / B. Forsmark, A. Nordin, N.I. Maaroufi et al. *Ecosystems*. 2020; 23(7): 1423-1436. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-020-00478-8>.
6. Landuyt, D. The functional role of temperate forest understorey vegetation in a changing world / D. Landuyt, E. De Lombaerde, M.P. Perring et al. *Global Change Biology*. 2019; 25 (11): 3625–3641. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.14756>.
7. Sergeeva O.V., Muxortova L.V., Krivobokov L.V. Raspredelenie zapasov podstilki i biomassy` zhi-vogo napochvennogo pokrova v severnoj tajge central`noj E`venkii v zavisimosti ot rel`efa [Distribution of litter stocks and biomass of living ground cover in the northern taiga of central Evenkia, depending on the relief]. *Sibirskij lesnoj zhurnal*. 2020;1:38-46. (In Russ.). URL:<https://elibrary.ru/item.asp?id=42400860>.
8. Gill N., Jarvis D., Rogan J., Kulakowski D. Disturbance history modulates how litter and herbaceous cover influence conifer regeneration after fire. *International Journal of Wildland Fire*. 2020;29. DOI:10.1071/WF19028.
9. Kudryavtsev A., Oparin M., Oparina O., Mamaev A., Kovalev, D. State of Split Birch Woods of the Southern Trans-Urals in the Zone of High Anthropogenic Load on Natural Ecosystems. *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2021; 427-441. DOI:10.35885/1684-7318-2020-4-427-441.
10. Splawinski, T. The colonization of young fire-initiated stands by the crustose lichen *Trapeliopsis granulosa* and its potential effect on conifer establishment and stand succession / T. Splawinski, S. Gauthier, N. Fenton et al. *Silva Fennica*. 2018; 52 (1). DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.7791>.
11. Jílková, V. Post-fire forest floor succession in a Central European temperate forest depends on organic matter input from recovering vegetation rather than on pyrogenic carbon input from fire / V. Jílková, M. Adámek, G. Angst et al. *Science of the Total Environment*. 2023; 861: 160659. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160659>.
12. Ananyev, V.A. Fire severity controls successional pathways in a fire-affected spruce forest in Eastern Fennoscandia / V.A. Ananyev, V. V. Timofeeva, A.M. Kryshen' et al. *Forests*. 2022; 13 (11):1775. DOI: <https://doi.org/10.3390/f13111775>.
13. Baranovski, B. Comparison of commonly used ecological scales with the Belgard Plant Ecomorph System / B. Baranovski, N. Roschina, L. Karnyzoza, I. Ivanko. *BiosystemsDiversity*. 2018; 26 (4): 286-291. DOI: <https://doi.org/10.15421/011843>.
14. Izuchenie bioraznoobraziya nekotoryh lesoparkovyh fitocenozov Rostovskoj aglomeracii [Studying the biodiversity of some forest park phytocenoses of the Rostov agglomeration] / A. A. Nalivajchenko, P. N. Skripnikov, S. N. Gorbov, A. Y. Mateckaya. *Lesotekhnicheskij zhurnal [Forestry Engineering Journal]*. 2022; 12 (4): 169-184. DOI <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/12>.
15. Krasnayakniga Voronezhskoj oblasti, tom 1. Rasteniya, lishajniki, griby` [Red Book of the Voronezh Region, volume 1. Plants, lichens, fungi]. / pod obshh. nauchnoj red. V. A. Agafonova – Voronezh: Centr duxovnogo vrozozhdeniya Chernozemnogo kraya, 2018. – 412 p (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/vzxezq>.
16. Gustafson, E.J. Simulating Growth and Competition on Wet and Waterlogged Soils in a Forest Landscape Model / E.J. Gustafson, B.R. Miranda, A.Z. Shvidenko, B.R. Sturtevant. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2020; 8: 1-19. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.598775>.
17. Ribeiro-Kumara, C. How do forest fires affect soil greenhouse gas emissions in upland boreal forests? A review / C. Ribeiro-Kumara, E. Köster, H. Aaltonen, K. Köster. *Environmental Research*. 2020; 184: 109328. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109328>.

18. Prihod'ko, O. YU. Estestvennoe lesovozobnovlenie posle vyborochnykh rubok v listvennichnykh lesakh Primorskogo kraja / O. YU. Prihod'ko, O. R. Fedorov, T. A. Bychkova // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie. 2021; 4(52): 32-41. DOI <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2021.4.32>.

19. Gavrilova O.I., Pak K.A. Estestvennoe vosstanovlenie lesa posle pozharov v respublike Kareliya [Natural forest restoration after fires in the Republic of Karelia]. Uspexi sovremennogo estestvoznaniya. 2017;12:38-44. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/ymilxe>.

20. Galdin V. K., Bepalenko O. N., Mixin V. I. Pirogenny'e izmeneniya v poroslevy'x dubravax [Pyrogenic changes in overgrown oak forests]. Lesotexnicheskij zhurnal. 2018;4(32): 58-66 (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/yqhmvmv>.

Сведения об авторах

✉ *Попова Валентина Трофимовна* – кандидат биологических наук, зав. кафедрой ботаники и физиологии растений, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3765-7164>, e-mail: bot.fiz-rast@yandex.ru.

Попова Анна Александровна – доктор с.-х. наук, профессор кафедры ботаники и физиологии растений, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4711-5377>, e-mail: logachevaaa@rambler.ru.

Кондратьева Анастасия Константиновна – ассистент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4711-5377>, e-mail: nasteckomoe@yandex.ru.

Цепляев Алексей Николаевич – доктор с.-х. наук, профессор кафедры ботаники и физиологии растений, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1938-5660>, e-mail: vsealexey@mail.ru.

Климчик Геннадий Яковлевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесоводства. Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, г. Минск, 220006, Республика Беларусь, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8518-2154>, e-mail: les@belstu.by

Бельчина Олеся Григорьевна – ассистент кафедры лесоводства. Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, г. Минск, 220006, Республика Беларусь, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8502-2812>, e-mail: belchyna@belstu.by

Information about the authors

✉ *Valentina T. Popova* – Cand. Sci. (Biol.), Head of the department Botany and plant physiology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3765-7164>, e-mail: bot.fiz-rast@yandex.ru. – Для контактов/Corresponding author

Anna A. Popova – Dr. Sci. (Agric.), Prof, department Botany and plant physiology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3765-7164>, e-mail: bot.fiz-rast@yandex.ru.

Anastasia K. Kondratieva – Assistant, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4711-5377>, e-mail: nasteckomoe@yandex.ru.

Aleksey N. Tseplyaev – Dr. Sci. (Agric.), Prof, department Botany and plant physiology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1938-5660>, e-mail: vsealexey@mail.ru.

Gennadiy Y. Klimchik – PhD (Agriculture), Docent, Associate Professor, Department of Silviculture. Belarusian State Technological University, 13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8518-2154>; e-mail: les@belstu.by.

Olesya G. Bel'china – Phd student, Department of Silviculture. Belarusian State Technological University, 13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8502-2812>, e-mail: belchyna@belstu.by.

✉ – Для контактов | Corresponding author