



Научная статья

УДК 630*182.21*614.841.2

DOI: 10.37482/0536-1036-2024-3-203-214

Структурные особенности коренных сосняков северной и средней тайги при пирогенных воздействиях

В.Г. Стороженко, д-р биол. наук; ResearcherID: [J-1460-2016](https://orcid.org/0000-0002-7254-9161).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7254-9161>

Институт лесоведения РАН, ул. Советская, д. 21, с. Успенское, Одинцовский р-н, Московская обл., Россия, 143030; root@ilan.ras.ru, lesoved@mail.ru

Поступила в редакцию 21.03.22 / Одобрена после рецензирования 27.06.22 / Принята к печати 29.06.22

Аннотация. Изучение коренных сосновых лесов эволюционного формирования как исчезающих девственных лесов является основой фундаментальных исследований процессов образования устойчивых лесных сообществ. Цель представленного в статье исследования – сравнительная оценка структур древесных фракций фитоценозов по параметрам возрастных рядов древостоев и сукцессионному положению, динамическим показателям древесного отпада, влиянию пирогенного фактора, присутствию гнилевых повреждений древостоев. Возрастные структуры, числовые и линейные параметры пирогенных факторов, их воздействие на пораженность деревьев гнилями, объемные показатели древесного отпада и характеристики естественного возобновления, масса продуктов ксилолиза древесины при ее разложении дереворазрушающими грибами изучены в сосновых биогеоценозах с различными динамическими характеристиками в таежной зоне Европейской России. Сосновые биогеоценозы в этих условиях имеют разновозрастные структуры, измененные пожарами разных типов. На примере коренного сосняка в Печоро-Ильчском заповеднике (средняя тайга) показано влияние пирогенного воздействия на формирование гнилей разных типов и повреждений стволов. Объемы древесного отпада распределены по стадиям разложения в сосняках с неодинаковыми структурными и динамическими характеристиками; подрост сосны – по грациям высоты. Приведен пример расчета массы депонированных в древостоях и выделяющихся при разложении древесного отпада компонентов древесины дереворазрушающими грибами для биогеоценоза Печоро-Ильчского заповедника. Коренные сосновые леса северных территорий в большинстве пройдены пожарами разной интенсивности и типов, иногда по несколько раз за цикл развития. Пирогенные воздействия оказывают существенное влияние на изменение возрастных структур сосняков, поврежденность их стволов, общую пораженность древостоев дереворазрушающими грибами биотрофного комплекса, объемы древесного отпада, формирование структур естественного возобновления.

Ключевые слова: коренные сосновые леса, возрастная структура, древесный отпад, естественное возобновление, пирогенный фактор, ксилолиз древесины

Для цитирования: Стороженко В.Г. Структурные особенности коренных сосняков северной и средней тайги при пирогенных воздействиях // Изв. вузов. Лесн. журн. 2024. № 3. С. 203–214. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-3-203-214>

Original article

Structural Features of the Indigenous Pine Forests of the Northern and Middle Taiga under Pyrogenic Influences

Vladimir G. Storozhenko, Doctor of Biology; ResearcherID: [J-1460-2016](https://orcid.org/0000-0002-7254-9161).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7254-9161>

Institute of Forest Science of the Russian Academy of Sciences, ul. Sovetskaya, 21, s. Uspenskoye, Moscow Region, 143030, Russian Federation; root@ilan.ras.ru, lesoved@mail.ru

Received on March 21, 2022 / Approved after reviewing on June 27, 2022 / Accepted on June 29, 2022

Abstract. The study of indigenous pine forests of evolutionary formation as endangered virgin forests is the basic for fundamental research into the processes of formation of sustainable forest communities. The aim of the study presented in the article is a comparative assessment of the structures of tree fractions of phytocenoses according to the parameters of the age series of stands and the successional position, dynamic indicators of woody waste, the influence of the pyrogenic factor, and the presence of rot damage to the stands. Age structures, numerical and linear parameters of pyrogenic factors, their impact on the infestation of trees with rot, volumetric indicators of wood waste and characteristics of natural regeneration, the mass of wood xylolysis products during its decomposition by wood-destroying fungi have been studied in pine biogeocenoses with various dynamic characteristics in the taiga zone of European Russia. Pine biogeocenoses under these conditions have structures of different ages, altered by fires of different types. Using the example of an indigenous pine forest in the Pechora-Ilychskiy Nature Reserve (middle taiga), the influence of pyrogenic effects on the formation of various types of rot and damage to trunks is shown. The volumes of woody waste are distributed according to the stages of decomposition in pine forests with different structural and dynamic characteristics; pine undergrowth – according to height gradations. An example is given of calculating the mass of wood components deposited in the stands and released during the decomposition of woody waste by wood-destroying fungi for the biogeocenosis of the Pechora-Ilychskiy Nature Reserve. The majority of indigenous pine forests in the northern territories have been affected by fires of varying intensity and types, sometimes several times during a development cycle. Pyrogenic effects have a significant on changes in the age structures of pine forests, damage to their trunks, the general infestation of forest stands by wood-destroying fungi of the biotrophic complex, the volumes of woody waste, and the formation of natural regeneration structures.

Keywords: indigenous pine forests, age structure, woody waste, natural regeneration, pyrogenic factor, wood xylolysis

For citation: Storozhenko V.G. Structural Features of the Indigenous Pine Forests of the Northern and Middle Taiga under Pyrogenic Influences. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2024, no. 3, pp. 203–214. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-3-203-214>



Введение

Коренные разновозрастные сосновые леса европейской тайги России, не затронутые антропогенным воздействием, рассматриваются как исчезающие формации устойчивых девственных лесных сообществ эволюционного развития [4, 12]. Изучение законов формирования таких лесов является основой фундаментальных научных исследований в лесоведении, лесоводстве и других лесных науках. С этих позиций актуальными направлениями исследований можно признать: изучение в условиях пирогенных воздействий структуры и динамики формирования коренных девственных, не затронутых антропогенными изменениями, разновозрастных сосняков таежной зоны как универсальных эталонов устойчивости лесов одной из главных лесообразующих пород Севера; определение физических параметров коренных сосновых лесов по возрастным, горизонтальным, возобновительным характеристикам структур фитоценозов, древесного опада и грибных дереворазрушающих комплексов.

Изучению сосновых лесов посвящены многочисленные работы как отечественных, так и зарубежных авторов, почти на всех континентах планеты [14–19]. В европейской части России наиболее выдающиеся исследования проведены в научных центрах севера: в Карелии, Архангельской, Вологодской и Ленинградской областях, Республике Коми и других регионах [1, 2, 4, 6–10, 12, 14].

Цель исследования – сравнительная оценка структур древесных фракций фитоценозов по параметрам возрастных рядов древостоев и сукцессионному положению, динамическим показателям древесного опада, влиянию пирогенного фактора, присутствию гнилей древостоев.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования приняты коренные разновозрастные, не затронутые антропогенным влиянием сосновые биогеоценозы различной производительности и структурных характеристик в северной и южной частях подзоны северной тайги: 1 – в Усть-Цилемском лесничестве Республики Коми (65°26'02" с. ш. 52°09'03" в. д.); 2 – в Национальном парке «Паанаярви» (66°09'45" с. ш. 30°32'37" в. д.); 3 – в Кандалакшском лесничестве Мурманской области (66°94'78" с. ш. 31°60'74" в. д.); 4 – в Национальном парке «Югыд ва» (63°940'461" с. ш. 57°585'186" в. д.); а также в средней тайге: 5, 6 – в Национальном парке «Водлозерский» (62°30'0" с. ш. 36°55'0" в. д.); 7 – в резервате «Ащозерский» (60°16'43" с. ш. 34°42'27" в. д.) Ленинградской области; 8 – в Печоро-Илычском заповеднике Республики Коми (62°34'30" с. ш. 58°15'30" в. д.).

На пробных площадях (ПП), заложенных на каждой из 8 изученных территорий, учитывались лесоводственные характеристики биогеоценозов, проводились сплошная нумерация и картирование расположения деревьев, бурение возрастным буром Пресслера у шейки корня с определением их возрастов, стадий развития и вида гнилей – коррозионные или деструктивные [12]. Устанавливались линейные и качественные параметры признаков пиро-

генных воздействий на стволах, их связь с присутствием гнилей стволов. Учитывалось естественное возобновление всех пород по категориям высоты через 0,5 м. Древесный отпад распределялся по виду (ветровал, бурелом), степени разложения, породе, диаметру стволов [12]. В камеральный период строились возрастные ряды биогеоценозов с распределением деревьев по возрастным поколениям, фиксировалось их динамическое сукцессионное положение [2, 4, 12]. Находились объемы стволов древесного отпада с применением разрядов высот по таблицам объемов деревьев [13]. Запасы древостоев и объемы древесного отпада переводились в фитомассу по конверсионным коэффициентам [5]. По формулам микогенного ксилолиза древесины [11] определялась масса депонированных в стволах живых деревьев и выделяющихся при разложении древесного отпада компонентов древесины – С, CO₂, H₂O – и количество энергии (Q, кДж/г):

$$100 \text{ частей древесины} + 138,4 (\text{O}_2) = 182,6 (\text{CO}_2) + 55,8 (\text{H}_2\text{O}) + 19,89Q.$$

Результаты исследования и их обсуждение

Краткая лесоводственная характеристика принятых для анализа коренных разновозрастных сосновых биогеоценозов представлена в табл. 1.

Сосновые биогеоценозы, данные о которых представлены в табл. 1, на европейской части России расположены между 66 и 62° с. ш., что относит их к ельникам северной и средней подзон тайги. Все они имеют разновозрастные структуры, измененные пожарами, некоторые – по несколько раз за свою жизнь. Только в одном из 8 выделенных для анализа сосняков не обнаружено признаков пирогенного воздействия – ПП 1. Преимущественная группа типов леса для всех биогеоценозов – брусничная с постоянным присутствием черники.

Отобранные для анализа древостои имеют относительно незначительные запасы стволовой древесины, полноты, что характерно для коренных девственных сосняков, произрастающих в основном на мелких песчаных, галечно-песчаных моренных почвах, иногда с выходами скальных пород.

Возрастные и динамические показатели изучаемых сосновых биогеоценозов, отраженные в табл. 2, в большинстве подчинены общей для коренных лесных сообществ тенденции к формированию наиболее устойчивых структур древостоев как основного накопителя биомассы лесов любых формаций, в т. ч. и сосновых. По данным И.И. Гусева, устойчивые леса, к которым в наибольшей степени относятся биогеоценозы климаксовых фаз динамики, должны иметь один эксцесс максимума объемов деревьев в середине возрастного ряда [2]. Близок к этой позиции и С.А. Дыренков [4]. Динамическое положение биогеоценозов (табл. 2) описано с позиций И.И. Гусева [2]. Проведенные нами многолетние исследования структур коренных лесов в различных лесных зонах Европейской России показывают, что климаксовой фазе динамики как конечному, наиболее устойчивому сукцессионному положению лесного сообщества в его онтогенезе соответствует более равномерное распределение деревьев в возрастных поколениях по всему возрастному ряду.

Таблица 1

Лесоводственные характеристики сосновых биогеоценозов северных территорий Европейской России
The silvicultural characteristics of pine biogeocenoses in the northern territories of European Russia

ПП	Состав древостоя	Запас, м ³ /га	Признаки пионерного воздействия	Тип леса	Полнота	Бонитет	Состав		
							подроста	подлеска	напочвенного покрова
1	6С4Е+Б	68,0	Нет	С бр.-вод.-баг.-лиш.	0,4	V	Б ^{кар} , Б ^{пуш}	Бр., баг., мор., яг.	
2	10С	165,1	Есть	С бр.-чрр.-баг.	0,5	IV	РБ, Мж	Бр., чрр., баг., мхи, лиш.	
3	10С+Е	96,8					Б, Мж		
4	8С2Е+Кл, Б	66,2	Есть	С бр.-чрр.-баг.-мш.	0,6	V	Б, Мж, СтЛ ^{кл}	Чрр., бр., баг., мхи	
5	10С+Е	256,3					Б, Мж, РБ		
6	10С	162,2	Есть	С бр.-чрр.	0,5	III	Б	Бр., чрр., мхи, пап.	
7	10С+Е	193,6					Мж, РБ		
8	10С+Лц, Е	148,2					Б, Мж		

Примечание: Бр. – брусничный; вод. – водяничковый; лиш. – лишайниковый; лиш. – лишайниковый; чрр. – черничный; мш. – мшистый; Б^{кар} – береза карликовая; Б^{пуш} – береза пушистая; Мж – можжевельник; пап. – папоротник; СтЛ^{кл} – кедровый стланник; яг. – ягель.

Таблица 2

Возрастные и динамические характеристики исследованных сосновых биогеоценозов
The age and dynamic characteristics of the studied pine biogeocenoses

ПП	Запас, м ³ /га	Распределение, м ³ /га, деревьев по возрастным поколениям, лет												Фаза динамики	
		До 40	41–80	81–120	121–160	161–200	201–240	241–280	281–320	321–360	361–400	401 и более			
1	68,0	12,2	17,0	7,5	13,6	11,6	6,1	–	–	–	–	–	–	–	Дн
2	165,1	1,2	14,3	35,1	6,8	57,4	41,4	8,9	–	–	–	–	–	–	
3	96,8	3,9	3,3	3,3	7,9	12,8	5,6	17,8	8,2	13,4	20,6	–	–	–	Кл
4	66,2	2,6	4,4	12,5	35,7	5,3	5,7	–	–	–	–	–	–	–	
5	256,3	2,3	14,8	175,3	40,7	8,8	7,0	–	7,4	–	–	–	–	–	Дн
6	162,2	4,7	21,2	17,6	58,2	30,9	6,2	7,3	16,1	–	–	–	–	–	
7	193,6	23,2	1,9	31,4	41,0	56,2	15,4	9,2	15,3	–	–	–	–	–	
8	148,2	1,2	6,4	1,2	–	–	–	2,2	14,6	122,6	–	–	–	–	

Примечание: Кл – климакс; Дн – промежуточная динамика.

Анализируя структуру возрастных рядов биогеоценозов с позиций И.И. Гусева [2], можно видеть соответствие обозначенным тенденциям только у двух сообществ: ПП 4 в северной тайге и ПП 5 – в средней. Менее соответствует биогеоценоз ПП 6, еще меньше – ПП 2 и 7, и совсем не соответствуют биогеоценозы ПП 1, 3, 8. Как находящийся в состоянии климакса, по нашей трактовке, нельзя охарактеризовать ни один из рассмотренных биогеоценозов. Биогеоценозы с обозначением «промежуточная динамика» рассматриваются нами как сообщества, не в полной мере соответствующие принятым фазам динамики – климакс, демутация, дигрессия, – а находящиеся в промежуточных динамических положениях.

Изучение связи возраста и запаса древостоя в возрастных поколениях сосновых биогеоценозов, относящихся, по трактовке И.И. Гусева, к климаксовым сообществам, с применением уравнений корреляционных отношений по линейным и экспоненциальным приближениям выявило отсутствие существенной связи по обоим из них, в то время как показатели связи этих предикторов при климаксовых фазах динамики должны стремиться к 1 (рис. 1).

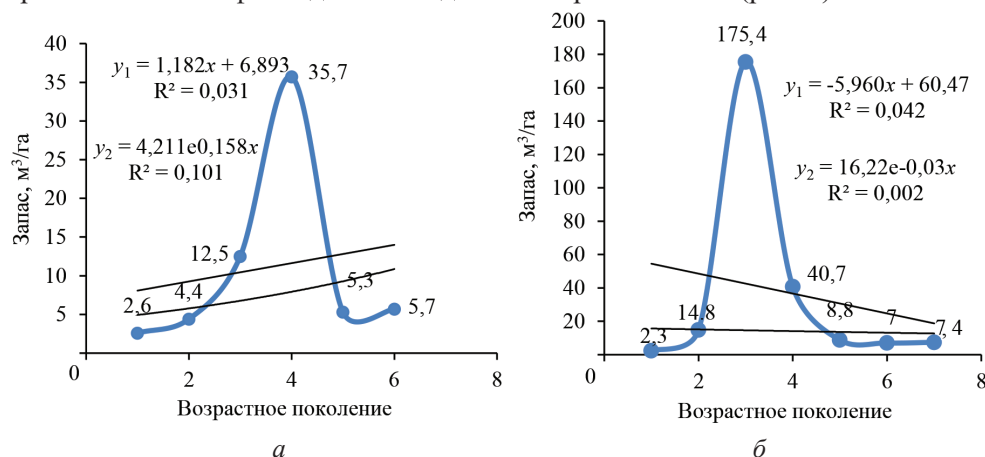


Рис. 1. Теснота связи возраста и запаса древостоя в возрастных поколениях (1-е – 40 лет; 8-е – 360 лет) сосняков: а – ПП 4; б – ПП 5 (y_1 – линейное приближение; y_2 – экспоненциальное приближение)

Fig. 1. The closeness of the relationship between the age and stand stock in age generations (the 1st generation – 40 years old, the 8th generation – 360 years old) of the age series of pine forests: а – SP 4; б – SP 5 (y_1 – linear approximation; y_2 – exponential approximation)

Можно предположить, что в значительной степени на дестабилизацию структур возрастных рядов сосняков влияют пирогенные воздействия: низовые пожары, уничтожающие подрост и подстилку вместе с запасом семян, нарушающие естественную смену возрастных поколений, и комбинированные, являющиеся причиной гибели части деревьев из более молодых возрастных поколений, подрост, подгона с более тонкой корой и подгаров коры и древесины стволов на значительные высоты. Показательным в подтверждении воздействия пирогенного фактора на изменение структур сосняков является биогеоценоз ПП 8, располагающийся на высоком плато р. Печоры предгорий Урала. Биогеоценоз был пройден комбинированными пожарами 3 раза за период в 120 лет. По анализу каллюсов, образовавшихся по краям незарастающих подгаров, и отсутствию подгаров на молодых соснах можно сделать вывод, что последний пожар прошел примерно 90–100 лет назад. Подгары стволов до древесины фиксирова-

лись в 68 % случаев, из которых в 7 % образовались дупла. Общая пораженность биогеоценоза грибами дереворазрушающего комплекса составляет 40 % от числа всех деревьев и трактуется как очень высокая. Числовые показатели результатов пирогенного воздействия на коренной сосновый биогеоценоз ПП 8 (квартал 898, выдел 25, Печоро-Илычский заповедник) следующие: запас – 148,2 м³/га; количество деревьев – 146 дер./га; количество деревьев с гнилями – 45,5 % коррозийных и 54,5 % деструктивных; пораженность древостоя – 40 %; присутствие подгаров на стволах зафиксировано у 68 % и не отмечено у 32 %; доля деревьев с подгарами по высоте стволов (м): до 0,5 – 36 % от общего с подгарами; 0,6–1,0 – 13 %; 1,1–1,5 – 19 %; 1,6–2,0 – 15 %; 2,1–2,5 – 5 %; 2,6–3,0 – 5 %; 3,1 и более – 7 %. Именно гнили способствуют повышенным объемам вывалов деревьев, особенно первых поколений и их переходу в структуру валежа.

Кроме пирогенного воздействия на показатели пораженности древостоя ПП 8 дереворазрушающими грибами влияют предельные возраста деревьев 1-го поколения, достигающие 440 лет. По динамическим показателям биогеоценоз относится к дигрессивной фазе.

Принято, что пирогенные воздействия в определенной степени могут влиять на выбывание деревьев из состава древостоев в структуру древесного отпада, валежа. В табл. 3 приведены показатели древесного отпада в древостоях изучаемых биогеоценозов.

Наиболее устойчивые лесные сообщества климаксовой фазы динамики в своем развитии формируют не только относительно равномерные объемы деревьев в возрастных рядах, но и такие же относительно равномерные объемы древесного отпада по стадиям разложения в структурах валежа [12].

Таблица 3

Объемы древесного отпада в исследованных сосновых биогеоценозах
The volumes of dead wood in the studied pine biogeocenoses

ПП	Запас древостоя, м ³ /га	Объем валежа, м ³ /га	Доля валежа от запаса, %	Распределение валежа по стадиям разложения, м ³ /га					Фаза динамики
				1-я (1–5)	2-я (6–25)	3-я (26–35)	4-я (36–45)	5-я (50–60)	
1	68,0	8,2	12,1	–	1,8	3,6	1,4	1,4	Дн
2	165,1	15,1	9,1	0,4	1,7	9,3	0,8	2,9	
3	96,8	7,2	13,4	0,4	1,1	1,3	1,5	2,9	Кл
4	66,2	23,6	35,6	0,8	7,2	1,6	11,4	2,6	Дн
5	256,3	54,1	21,1	6,5	15,0	12,0	13,3	7,3	Кл
6	162,2	12,7	7,8	–	1,6	0,5	7,8	2,8	Дн
7	193,6	31,4	16,2	1,3	3,8	9,1	5,3	11,9	
8	148,2	43,5	29,4	4,0	13,3	10,2	1,3	4,7	

Примечание: Подробное описание стадий разложения для хвойных пород северной тайги приведено в статьях и монографиях В.Г. Стороженко [12]. В скобках приведены ориентировочные временные периоды (лет) стадий разложения для валежа ели и сосны северной тайги.

Этим условиям с некоторым приближением может соответствовать биогеоценоз ПП 5, который, по версии И.И. Гусева [2], рассматривается как климаксовое сообщество (рис. 2, б). По нашей версии, наиболее приближен к состоянию климакса биогеоценоз ПП 3 (рис. 2, а).

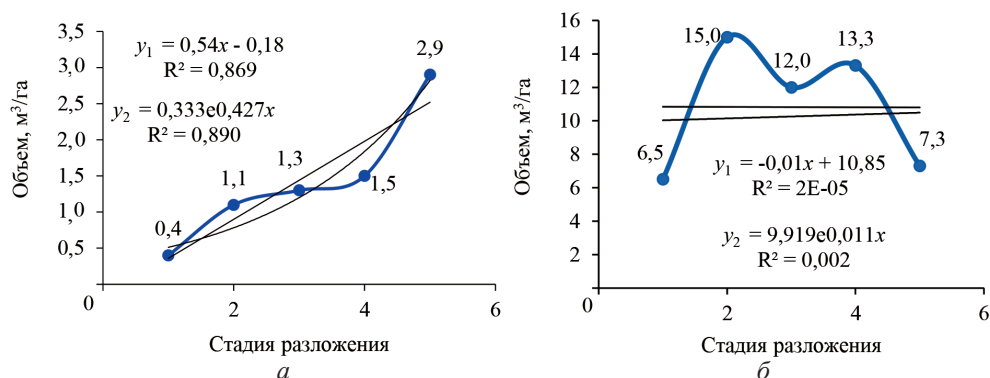


Рис. 2. Теснота связи стадии разложения и объема валежа в различных по структуре биogeоценозах: а – ПП 3; б – ПП 5

Fig. 2. The closeness of the relationship between decomposition stage and the volume of dead wood in biogeocenoses of different structures: а – SP 3; б – SP 5

Для линейного и экспоненциального приближений величин искомым предикторов древостоя ПП 3, с постепенным равномерным увеличением объемов валежа от минимальных к максимальным значениям, уравнения связи y_1 и y_2 обнаруживают высокие показатели корреляционного отношения $R^2 = 0,869$ и $0,890$ – связь тесная [3]. Для древостоя ПП 5 те же показатели, но с неравномерным распределением объемов валежа по стадиям разложения констатируют отсутствие даже незначительной связи (рис. 2, б). Эта закономерность наблюдается также при статистической обработке показателей связи возраста и объемов деревьев в возрастных рядах древостоев. По данной закономерности возможно дать сукцессионную характеристику биogeоценозов – климаксовые, дигрессивные, демутационные: чем равномернее увеличение объемов валежа в поколениях возрастного ряда, тем ближе биogeоценоз к состоянию климакса или наоборот.

По результатам анализа структур сосняков в целом можно констатировать, что пирогенные воздействия в значительной степени изменяют возрастные структуры коренных сосняков, приводят к появлению гнилей стволов и повышенным объемам древесного отпада в структурах валежа.

Пирогенные воздействия любых типов, но в особенности низовые пожары, сопровождаются практически полным уничтожением естественного возобновления на всей площади, пройденной огнем, кардинально меняя возрастную структуру биogeоценозов. При этом из структуры возрастных рядов одновременно выпадает, как правило, 2 возрастных поколения. Кроме того, уничтожается запас семян в подстилке и верхнем горизонте почвы. Тем не менее уже на следующий год после пожара площади могут обсемениться новым урожаем семян от оставшихся на корню живых деревьев, появляются всходы новых поколений леса, достаточные для формирования последующих поколений деревьев – биogeоценозы ПП 3–8. В перспективе последствия пожара могут сказаться на уменьшении количества деревьев в определенных поколениях возрастных рядов – биogeоценоз ПП 2.

Общее количество подроста сосны (шт.) в изучаемых биogeоценозах: для ПП 1 – 900; 2 – 30; 3 – 1483; 4 – 789; 5 – 4252; 6 – 3519; 7 – 3000; 8 – 10 710. На рис. 3 приведена диаграмма распределения подроста по грациям высоты через 0,5 м в данных биogeоценозах.

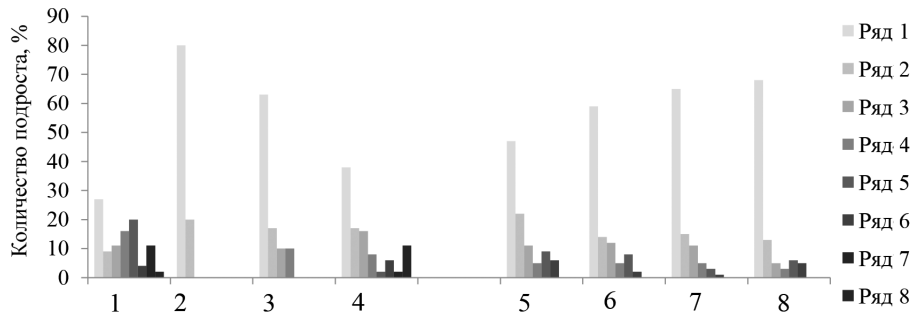


Рис. 3. Распределение подроста сосны в биогеоценозах ПП 1–8 по градациям высоты: ряд 1 – до 0,5 м; ряд 2 – до 1,0 м; ряд 3 – до 1,5 м; ряд 4 – до 2,0 м; ряд 5 – до 2,5 м; ряд 6 – до 3,0 м; ряд 7 – до 3,5 м; ряд 8 – до 4,0 м

Fig. 3. The distribution of pine undergrowth in the biogeosenoses of SPs 1–8 by height gradations: row 1 – up to 0.5 m; row 2 – up to 1.0 m; row 3 – up to 1.5 m; row 4 – up to 2.0 m; row 5 – up to 2.5 m; row 6 – up to 3.0 m; row 7 – up to 3.5 m; row 8 – up to 4.0 m

Как общая закономерность, наибольшее количество подроста имеет высоту до 0,5 м с постепенным снижением количества к высоте 4 м с диаметрами на высоте груди, приближающимися к пересчетным величинам древостоя. Можно отметить, что в биогеоценозе ПП 2 зафиксирован подрост только двух градаций – до высоты 1 м. Именно в нем последний пожар произошел около 20 лет назад.

Определенный интерес представляют данные о массе депонированных в древостоях фитогенозов и выделяющихся компонентов древесины при ее разложении дереворазрушающими грибами. В табл. 4 приведен пример такого расчета для биогеоценоза ПП 5 по формуле микогенного ксилолиза, предложенной В.А. Соловьевым. С помощью этой формулы рассчитывается масса продуктов ксилолиза древесины в основном дереворазрушающими грибами [11].

Таблица 4

Фитомасса древостоя и масса депонированных в нем продуктов ксилолиза для биогеоценоза ПП 5 (запас древостоя, включая валеж, 256,3 м³/га)

The phytomass of the stand and the mass of xylolysis products deposited in it for the biogeocenosis of SP 5 (the stand stock, including dead wood, is 256.3 m³/ha)

Часть фитомассы	Запас фитомассы, т/га	Масса компонентов древесины, т/га				Q, · 10 ⁶ , кДж/г
		C	O ₂	CO ₂	H ₂ O	
Живая	165,5	82,6	229,1	302,2	92,3	32,9
Валеж всего	34,9	17,4	48,3	63,7	19,5	6,9
В т. ч.:						
1-я стадия	4,2	2,1	5,8	7,7	2,3	0,8
2-я стадия	9,7	4,8	13,4	17,7	5,4	1,9
3-я стадия	7,7	3,8	10,7	14,1	4,3	1,5
4-я стадия	8,6	4,3	11,9	15,7	4,8	1,7
5-я стадия	4,7	2,3	6,5	8,6	2,6	0,9

По такому же алгоритму могут быть рассчитаны объемные показатели древесных фракций и компонентов древесины биогеоценозов любых лесоводственных и динамических характеристик, в т. ч. и биогеоценозов эталонного статуса, для сравнения с другими лесами.

Заключение

Сосновые леса северных территорий по большей части пройдены пожарами разной интенсивности и типов, иногда по несколько раз за цикл развития. Пирогенные воздействия оказывают существенное влияние на возрастные структуры сосняков, меняя естественный ход формирования возрастных рядов и, соответственно, фазовое положение в сукцессионной динамике сосновых биогеоценозов.

В коренных разновозрастных сосняках высоких возрастов первых поколений повторяющиеся в течение их генезиса пожары вызывают поражение деревьев грибами дереворазрушающего биотрофного комплекса, обуславливающее гнилевые фауны, в отдельных примерах – до 50 % и более, часто с образованием незарастающих сухобочин и дупел.

Статистический анализ показал отсутствие связи возраста и объемов деревьев в возрастных поколениях сосняков с нарушенными пожарами возрастными структурами древостоев – корреляционное отношение (R^2) при линейном и экспоненциальном приближениях составляет от 0,001 до 0,1.

Анализ связи объема валежа с его присутствием в грациях стадий разложения выявил различные значения корреляционного отношения R^2 . Постепенное равномерное увеличение объема валежа (и наоборот) показывает высокие значения связи и корреляционного отношения $R^2 = 0,890$ – связь тесная как при линейном, так и при экспоненциальном приближениях.

Низовые пожары уничтожают подрост и запас семян в подстилке, нарушая возобновительный процесс, который, однако, восстанавливается в последующие годы обсеменением от сохранившихся деревьев.

Алгоритм расчета депонированных в древостое компонентов древесины по формуле микогенного ксиллиза В.А. Соловьева может быть использован для получения сравнительных показателей биогеоценозов с различными лесоводственными и динамическими характеристиками при исследованиях пулов и потоков углерода, двуокиси углерода, воды и накопления энергии в лесах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Бахтин А.А., Соколов Н.Н. Типы возрастной структуры заболоченных сосняков Архангельской области // Изв. вузов. Лесн. журн. 2015. № 4. С. 76–86.

Bakhtin A.A., Sokolov N.N. Types of Age Structure of Waterlogged Pine Forests in the Arkhangelsk Region. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2015, no. 4, pp. 76–86. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2015.4.76>

2. Гусев И.И. Строение и особенности таксации ельников Севера. М.: Лесн. пром-сть, 1964. 76 с.

Gusev I.I. *The Structure and Features of Taxation of Spruce Forests of the North*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1964. 76 p. (In Russ.).

3. Дворецкий М.Л. Пособие по вариационной статистике. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 104 с.

Dvoretzky M.L. *A Manual on Variation Statistics*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ, 1971. 104 p. (In Russ.).

4. Дыренков С.А. Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1984. 176 с.

Dyrenkov S.A. *The Structure and Dynamics of Taiga Spruce Forests*. Leningrad, Nauka Publ. (Leningrad department), 1984. 176 p. (In Russ.).

5. Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Честных О.В. Коэффициенты конверсии запасов насаждений в фитомассу основных лесообразующих пород России // Лесн. таксация и лесоустройство. 2003. № 1(32). С. 119–127.

Zamolodchikov D.G., Utkin A.I., Chestnykh O.V. Conversion Rates of Planting Stocks into Phytomass of the Main Forest-Forming Species in Russia. *Lesnaya taksatsiya i lesoustrojstvo*, 2003, no. 1(32), pp. 119–127. (In Russ.).

6. Кутявин И.Н. Сосновые леса Северного Приуралья: строение, рост, продуктивность. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2018. 176 с.

Kutyavin I.N. *Pine Forests of the Northern Cis-Urals: Structure, Growth, Productivity*. Syktывkar, IB FRC Komi SC UB RAS Publ., 2018. 176 p. (In Russ.). <https://doi.org/10.31140/book-2018-02>

7. Кутявин И.Н., Манов А.В., Осипов А.Ф., Кузнецов М.А. Строение древостоев северотаежных сосняков // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 2. С. 86–105.

Kutyavin I.N., Manov A.V., Osipov A.F., Kuznetsov M.A. Stand Structure of Northern Taiga Pine Forests. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2021, no. 2, pp. 86–105. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-2-86-105>

8. Мелехов И.С. Влияние пожаров на лес. М.; Л.: Гослестехиздат, 1948. 127 с.

Melekhov I.S. *The impact of Fires on Forests*. Moscow, Leningrad, Gosl'estekhizdat Publ., 1948. 127 p. (In Russ.).

9. Соболев А.Н., Феклистов П.А. Особенности строения сосновых древостоев на острове Большом Соловецком // Изв. вузов. Лесн. журн. 2022. № 1. С. 77–87.

Sobolev A.N., Feklistov P.A. Features of the Structure of Pine Forest Stands on Bolshoy Solovetsky Island. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2022, no. 1, pp. 77–87. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-1-77-87>

10. Соколов Н.Н. Возрастное строение сосняков Архангельской области // Лесовосстановление и формирование древостоев на Европейском Севере: сб. ст. / отв. ред. П.Н. Львов. Архангельск, 1969. (Тр. Арханг. лесотехн. ин-та им. В.В. Куйбышева; Вып. 21). С. 56–60.

Sokolov N.N. Age Structure of Pine Forests of the Arkhangelsk Region. *Reforestation and Formation of Tree Stands in the European North: Collection of Articles*. Ed.-in-chief P.N. L'vov. *Proceedings of the Arkhangelsk Forestry Institute named after V.V. Kujbyshev*, 1969, iss. 21, pp. 56–60. (In Russ.).

11. Соловьев В.А. Микогенный ксилолиз, его экологическое и технологическое значение // Научные основы устойчивости лесов к дереворазрушающим грибам / отв. ред. С.Э. Вомперский. М.: Наука, 1992. С. 140–171.

Solov'yev V.A. Mycogenic Xylolysis, its Environmental and Technological Significance. *The Scientific Basis of Forest Resistance to Wood-decaying Fungi*. Moscow, Nauka Publ., 1992, pp. 140–171. (In Russ.).

12. Стороженко В.Г. Устойчивые лесные сообщества: (Теория и эксперимент). Тула: Гриф и К., 2007. 190 с.

Storozhenko V.G. *Sustainable Forest Communities: Theory and Experiment*. Moscow, Tula, Grif i K. Publ., 2007. 190 p. (In Russ.).

13. Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г. Справочник таксатора: Таблицы для таксации леса. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952. 853 с.

Tret'yakov N.V., Gorskiy P.V., Samoylovich G.G. *Taxator's Handbook: Tables for Forest Taxation*. Moscow, Leningrad, Goslesbumizdat Publ., 1952. 853 p. (In Russ.).

14. Garet J., Raulier F., Pothier D., Cumming S.G. Forest Age Class Structures as Indicators of Sustainability in Boreal Forest: Are We Measuring Them Correctly? *Ecological Indicators*, 2012, vol. 23, pp. 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.03.032>

15. Kuuluvainen T., Mäki J., Karjalainen L., Lehtonen H. Tree Age Distributions in Old-Growth Forest Sites in Vienansalo Wilderness, Eastern Fennoscandia. *Silva Fennica*, 2002, vol. 36, no. 1, art. no. 556. <https://doi.org/10.14214/sf.556>

16. Liu Zh., Yang J., Chang Y., Weisberg P.J., He H.S. Spatial Patterns and Drivers of Fire Occurrence and its Future Trend under Climate Change in a Boreal Forest of Northeast China. *Global Change Biology*, 2012, vol. 18, iss. 6, pp. 2041–2056. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2012.02649.x>

17. Rigo de D., Libertà G., Durrant T.H., Artés Vivancos T., San-Miguel-Ayanz J. *Forest Fire Danger Extremes in Europe under Climate Change: Variability and Uncertainty*. Luxembourg, Publication Office of the European Union, 2017. 71 p. <https://doi.org/10.2760/13180>

18. Steijlen I., Zackrisson O. Long-Term Regeneration Dynamics and Successional Trends in a Northern Swedish Coniferous Forest Stand. *Canadian Journal of Botany*, 1987, vol. 65, no. 5, pp. 839–848. <https://doi.org/10.1139/b87-114>

19. Río del M., Pretzsch H., Alberdi I., Bielak K., Bravo F., Brunner A., Condés S., Ducey M.J., Fonseca T., Lüpke von N., Pach M., Peric S., Perot T., Souidi Z., Spathelf P., Sterba H., Tijardovic M., Tomé M., Vallet P., Bravo-Oviedo A. Characterization of the Structure, Dynamics, and Productivity of Mixed-Species Stands: Review and Perspectives. *European Journal of Forest Research*, 2016, vol. 135, pp. 23–49. <https://doi.org/10.1007/s10342-015-0927-6>

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The author declares that there is no conflict of interest