

УДК [630*182+630*15]:574

ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ СОСНЫ *PINUS SYLVESTRIS* L. В КОРЕННЫХ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ СОСНЯКАХ КАРЕЛИИ

Е. В. Шорохова

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Охарактеризована возрастная, размерная и виталитетная структура ценопопуляций сосны в биогеоценозах коренных северотаежных сосновых лесов Карелии в зависимости от лесорастительных условий и давности пожаров. Оценены взаимосвязи между биометрическими показателями ценопопуляций.

К л ю ч е в ы е с л о в а: сосна, ценопопуляции, возрастная структура, размерная структура, виталитетная структура, высота, диаметр, категория состояния, пожары.

E. V. Shorohova. RELATIONSHIP BETWEEN CHARACTERISTICS OF SCOTS PINE *PINUS SYLVESTRIS* L. COENOTIC POPULATION STRUCTURE IN NORTHERN BOREAL PINE STANDS IN KARELIA

The age, size and vitality structure of the Scots pine coenotic population in pristine northern boreal pine dominated forest stands in Karelia were characterized depending on the site conditions and fire intervals. Correlations between the biometric characteristics of the coenotic population were assessed.

K e y w o r d s: pine, coenotic population, age structure, size structure, vitality structure, height, diameter, fitness category, fires.

Введение

Структура древостоев коренных сосновых лесов Европейского Севера варьирует в зависимости от конкретной истории формирования и развития насаждений, частоты и характера воздействия естественных нарушений и последующего лесовозобновления [Верхунов, 1970; Вилкайнен и др., 1974; Зябченко, 1984; Цветков, 2002]. Разработана классификация возрастной структуры сосняков, основанная на распределении деревьев в пересеченном по возрасту и диаметру; выделены этапы их возрастной динамики [Зябченко, 1984]. Показано, что пожары являются одним из основных факторов динами-

ки сосновых лесов [Санников, 1983; Горшков, 1993, 2001]; выявлены структурные закономерности организации популяции сосны в процессе послепожарных сукцессий в сосняках лишайниково-зеленомошных [Ставрова, 2012]. Однако связь между показателями возрастной, пространственной и виталитетной структуры популяций в разных ценологических условиях при различной давности нарушений остается недостаточно изученной. Ограниченность экспериментальных данных и обобщений о структурной организации ценопопуляций лесобразующих видов и факторах ее формирования затрудняет объективную оценку степени их устойчивости в конкретных условиях.

Целью работы являлась комплексная характеристика структуры ценопопуляций сосны и взаимосвязи между ее показателями в биогеоценозах коренных северотаежных сосновых лесов Карелии. Задачи работы включали: 1) анализ динамики отпада и возобновления как фактора формирования структуры ценопопуляций, 2) характеристику возрастной, размерной и виталитетной структур ценопопуляций, 3) оценку взаимосвязи между биометрическими показателями ценопопуляций и 4) анализ влияния давности пожаров на формирование структуры ценопопуляций в различных ценотических условиях.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования выбраны коренные разновозрастные сосновые леса на автоморфных почвах сухих олиготрофных и мезо-олиготрофных местообитаний. Пробные площади (ПП) в сосняках лишайниковых скальных (ПП 1–3), лишайниково-зеленомошных (ПП 4–5) и черничных (ПП 6–7) IV–V классов бонитета были заложены в Республике Карелия на территориях Чупинского, Лоухского и Пяозерского лесничеств, а также в ландшафтном заказнике «Гридино» (табл. 1).

На ПП у каждого живого дерева измеряли диаметр на высоте 1,3 м, у каждого пятого изме-

ряли высоту, оценивали категорию состояния [Методы..., 2002]. Каждое пятое живое дерево бурили у основания для определения возраста. Среднюю высоту для каждой ПП по породам определяли по графику высот как соответствующую среднетаксационному диаметру. Запас древостоя рассчитывали по формуле: $M = G \times HF$, где G – сумма площадей сечения, HF – видовая высота, рассчитываемая по таксационным таблицам для видовых чисел [Тетюхин и др., 2004].

Учет естественного возобновления проводили на трансектах, заложенных вблизи от пробных площадей на наиболее характерных участках древостоя [Лопатникова, Шорохова, 2008]. Ширина трансект составляла 4 м, длина – 50 м. Общая длина трансект составила 211, 66, 157, 100, 138, 100 и 100 м на ПП 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 соответственно. Для каждой особи на трансекте определяли высоту, диаметр и категорию состояния [Методы..., 2002]. На трансектах вблизи ПП 1, 2 и 3 у основания каждого пятого экземпляра возобновления спиливали диск для определения возраста.

Динамику отпада и возобновления анализировали за последние 100 лет. Для оценки отпада использовали данные учета крупных древесных остатков (КДО). На ПП для каждого объекта КДО регистрировали породу, диаметр основания, диаметр на высоте 1,3 м

Таблица 1. Таксационная характеристика пробных площадей

№ ПП / площадь, га	Координаты	Годы пожаров	Коеф. состава	Порода	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	N	Полнота, м ² га ⁻¹	Запас, м ³ га ⁻¹
1 / 1,4	N65°54'57", E34°37'22"	1800 1911 1968	9,5	С	102	6,0	13	616	5,4	13,9
			0,4	Е		4,9	8		0,1	0,1
			0,1	Б		4	8		+	
			+	Ос		4,9	8		+	
2 / 1,07	N65°54'25", E34°39'56"	1897 1911	9,2	С	130	6,4	13	630	7,1	19,3
			0,5	Е	118	7,2	12		0,3	0,9
			0,3	Б	99	7	1		0,1	0,2
			+	Ол		4,7	8			
			+	Ос			8			
3 / 1,1	N65°54'20", E34°40'02"	1887 1911	9,6	С	77	5,6	13	692	9,2	23,7
			0,3	Е	143	6,2	13		0,3	0,8
			0,1	Б			11		0,1	
4 / 1	N66°16'281", E30°5'719"	1940 1777	9,7	С	169	15	22	267	12,5	81,3
			0,3	Е			14		0,1	
5 / 0,7	N36°16'312", E30°45'56"	1940 1777	9,4	С	187	20,2	24	212	15,1	130,3
			0,6	Е			15		0,4	
6 / 1	N66°6'875", E30°3'877"	1692 1765	5,0	Е	174	16,7	18	245	3,9	30,7
			5,0	С	214	20,9	32		5,5	33,0
			+	Б	147	18	18		0,6	1,8
			+	Ос	170	18,5	48		0,4	1,8
7 / 1	N66°16'892", E30°43'50"	1692 1765	7,0	С	198	18,1	33	221	5,3	39,0
			2,9	Е	167	12,8	15		3,4	16,2
			0,1	Б		13	18		0,2	0,6
			+	Ос			44		0,5	1,7

Примечание. Породы: С – сосна, Е – ель, Б – береза, Ос – осина, Ол – ольха черная.

(там, где это было возможно), класс разложения, тип субстрата (сухостой, валеж, пень). Для датировки КДО использовали дендрохронологические методы, в частности метод перекрестной кросс-датировки и увеличения прироста соседних деревьев (growth-release). Число объектов и объемы КДО суммировали по 10-летним временным интервалам. При реконструкции динамики возобновления учитывали только выжившие экземпляры подроста. При таком подходе недооценка возобновления увеличивается при увеличении давности временного ряда.

Следы прошлых пожаров определяли по живым деревьям и сухостойю с пожарными подсушинами, а также по обгоревшим пням вблизи ПП. Число и давность пожаров реконструировали с помощью дендрохронологического метода анализа радиального прироста деревьев и реконструкции дат пожаров по пожарным подсушинам [Ловелиус, 1979]. Ширину годичных колец измеряли на дисках с помощью автоматизированного измерителя [Ваганов и др., 1983] с точностью до 0,005 мм, даты пожаров определяли по морфологии пожарных подсушин, используя метод перекрестной датировки древесно-кольцевых хронологий [Карбаинов, Моложников, 1986]. Кривые прироста, полученные в результате измерений, проверяли на наличие выпадающих колец, стандартизировали, убирая возрастную тренд, с помощью программы COFECNA, DPL (Dendrochronology Program Library) [Holmes, 1999]. Осреднением индивидуальных кривых с учетом условий местопроизрастания получали стандартные индексные хронологии с помощью ARSTAN, DPL [Cook and Holmes, 1999]. После перекрестной кросс-датировки образцов, отобранных с сухостоя, годы пожара определяли по числу годичных слоев от корки до слоя, поврежденного последним пожаром, и далее –

каждым предыдущим пожаром. В случаях сухостоя и пней добавляли число лет от года отмирания дерева до года отбора образца.

Все распределения проверяли на нормальность. Гипотезы о принадлежности выборок к разным генеральным совокупностям проверяли с помощью непараметрического теста Краскела-Уоллиса (Statistica 6.0).

Результаты и обсуждение

Возрастная структура ценопопуляций сосны имела выраженный индивидуальный характер; распределение особей по возрасту различалось по всем ПП ($\chi^2 = 15,345$; $p < 0,001$). Все исследованные древостои, согласно классификации С. С. Зябченко [1984], можно отнести к относительно разновозрастным. Средний возраст деревьев сосны увеличивался в ряду: сосняки лишайниковые скальные → сосняки лишайниково-зеленомошные → сосняки черничные скальные и составлял в среднем 102 (вариация от 32 до 158), 171 (вариация от 27 до 382) и 203 (вариация от 128 до 300) года соответственно. Возраст возобновления определяли только в сосняках лишайниковых скальных. Средний возраст подроста составил 33 года (вариация от 3 до 137 лет). Отпад деревьев и интенсивное возобновление, определяющие пики и спады в распределении, были связаны с частотой пожаров (табл. 1, 2). В сообществах всех типов леса периоды наиболее интенсивного возобновления сосны наблюдались в течение 10 лет после пожара, что согласуется с литературными данными [Зябченко, 1984]. В сосняках лишайниковых скальных и лишайниково-зеленомошных возобновление продолжалось в течение более 40 лет после пожаров (рис. 1, а, б), в отличие от сосняков черничных скальных, где при отсутствии пожаров сосна не возобновлялась (рис. 1, в). Среднее

Таблица 2. Динамика отпада и возобновления

Годы	2007–1996	1995–1986	1985–1976	1975–1966	1965–1956	1955–1946	1945–1936	1935–1926	1925–1916	1915–1906	Всего
Сосняки лишайниковые скальные, число деревьев отпада, %											
ПП 1	24	0	24	6	24	18	0	0	0	6	100
ПП 2	21	0	10	21	0	10	0	21	10	10	100
ПП 3	8	8	23	8	8	15	8	8	8	8	100
Сосняки лишайниковые скальные, возобновление, %											
ПП 1	14	24	24	21	7	2	5	-	-	2	100
ПП 2	4	16	24	16	20	4	8	8	-	-	100
ПП 3	11	29	32	7	11	7	3	-	-	-	100
Сосняки лишайниково-зеленомошные, число деревьев отпада, %											
ПП 4 + 5	16	3	9	7	5	9	19	12	7	14	100
Сосняки лишайниково-зеленомошные, возобновление, %											
ПП 4 + 5	-	5	27	14	30	19	1	1	1	-	100

количество всходов и подроста сосны составило: в сосняке лишайниковом скальном – 3235 шт./га; в сосняке лишайниково-зеленомошном – 3310 шт./га; в сосняке черничном возобновление сосны отсутствовало.

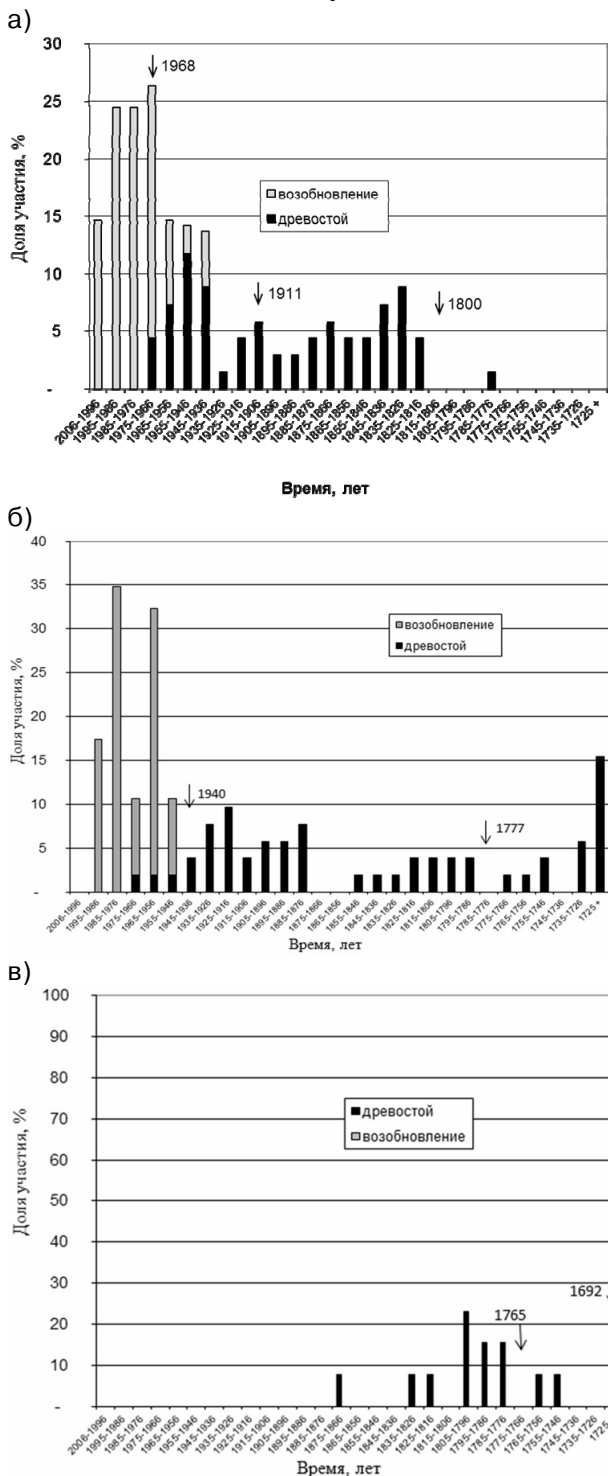


Рис. 1. Возрастная структура популяции сосны в сосняках: а) лишайниковом скальном на примере ПП 1, б) лишайниково-зеленомошном на примере ПП 4, в) черничном скальном на примере ПП 6. Стрелками показаны годы пожаров

Для распределения деревьев по диаметру характерны положительная асимметрия и преобладание в рядах распределения деревьев начальных ступеней толщины (табл. 3), что подтверждает ранее полученные данные для коренных сосняков Карелии [Зябченко, 1984]. Коэффициент вариации диаметра изменялся от 38,6 до 49,3 %, аналогично ранее полученным данным о неоднородности размерной структуры коренных лесов Карелии, Кольского полуострова и Архангельской области [Виликайнен и др., 1974; Зябченко, 1984; Цветков, 2002]. Распределение особей сосны по высоте было более равномерным, чем по диаметру, с приближением к нормальному, с преобладанием деревьев средней высоты. С увеличением продуктивности местообитаний возрастают средние и максимальные высота и диаметр. Распределение всходов и подроста по диаметру и высоте неравномерное, отличающееся от нормального, с преобладанием экземпляров менее 2 см в диаметре и высотой 1–2 м (см. табл. 3).

Таблица 3. Основные показатели размерной структуры популяции сосны

Показатель	Сосняки лишайниковые скальные	Сосняки лишайниково-зеленомошные	Сосняки черничные скальные
Средний диаметр (минимум – максимум), см	13,3 (5,1–55,7)	22,1 (5,4–83,1)	31,6 (8,3–75,0)
Асимметрия	1,67	1,14	0,43
Экцесс	3,4	1,54	0,27
Коэффициент вариации, %	47,1	49,3	38,6
Средняя высота (минимум – максимум), м	6,3 (1,1–12,3)	17,6 (5,8–29,3)	18,9 (11,0–33,2)

Характерные для климаксовой стадии эталонные возрастное и размерное распределение основных лесообразователей северотаежных лесов отличаются максимальным для региона диапазоном и доминированием (55–75 %) особей и парциальных образований низших возрастных (< 20 лет) и размерных (< 4 см и < 2 м) групп и характеризуются распределением Вейбулла и гамма-распределением [Ставрова, 2012]. По классификации Н. И. Ставровой [2012], ценопопуляции сосняков лишайниковых скальных и лишайниково-зеленомошных, рассмотренные в данной работе, характеризуются положительно асимметричными слабо дискретными возрастными распределениями умеренно суженного диапазона. Ценопопуляции сосняков черничных скальных по возрастной структуре отрицательно асимметричны, резко дискретны, значительно суженного возрастного диапазона.

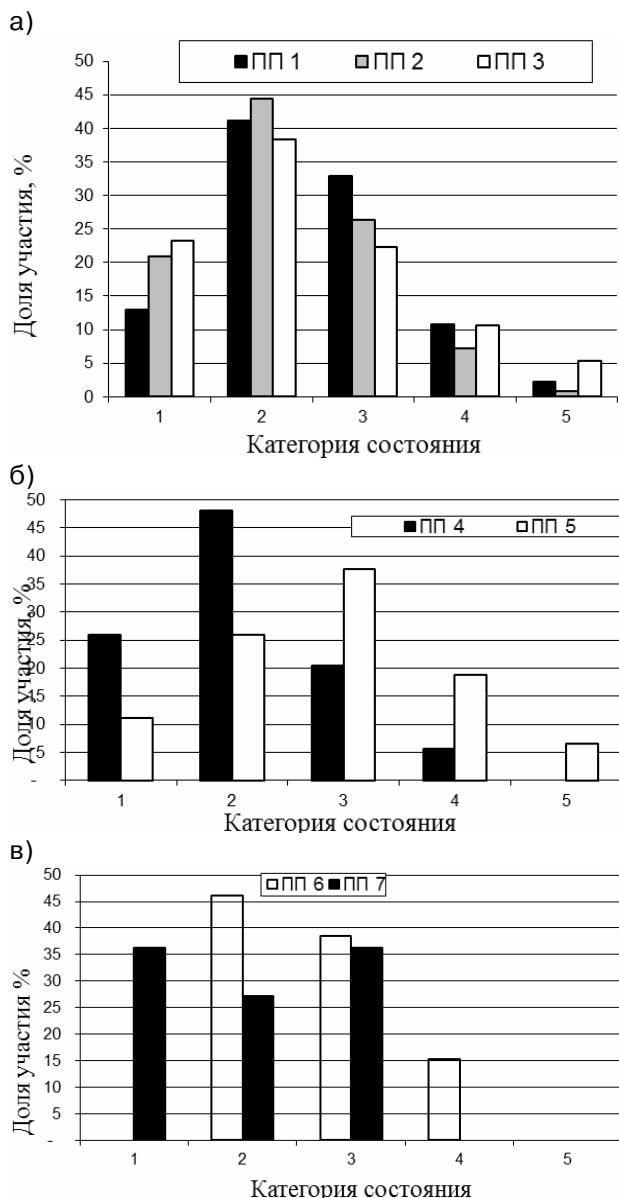


Рис. 2. Виталитетная структура популяции сосны в сосняках: а) лишайниковом скальном, б) лишайниково-зеленомошном, в) черничном скальном

Распределение деревьев по категориям состояния резко отличается от нормального, преобладают ослабленные (2–3 категории) экземпляры, чуть меньше доля здоровых; усыхающие деревья встречаются редко (рис. 2). Несмотря на периодически повторяющиеся пожары, виталитетная структура исследуемых ценопопуляций в сосняках лишайниковых скальных близка к эталонной, отличающейся доминированием умеренно (40 %) и сильно угнетенных (30 %) особей и парциальных образований, пониженной долей (не более 20 %) здоровых деревьев [Ставрова, 2012]. Распределение возобновления по категориям состояния в сосняке лишайниковом скальном близко

к нормальному, с преобладанием ослабленных (сомнительных) экземпляров и небольшой долей как жизнеспособных, так и нежизнеспособных. В сосняке лишайниково-зеленомошном распределение ближе к экспоненциальному, в связи с неоднородностью условий в разных частях участка исследования могут преобладать как жизнеспособные, так и сомнительные экземпляры (табл. 4).

Взаимосвязи высоты и диаметра, диаметра и возраста, а также высоты и возраста наиболее адекватно описывались уравнениями вида $y = a(1 - \exp(-bx))$ (табл. 5). Кривая имеет форму перевернутой экспоненты, отражающей замедление ростовых процессов и уменьшение прироста с возрастом деревьев, в особенности в коренных лесах [Цветков, 2002]. Взаимосвязь между высотой и диаметром теснее в более продуктивных типах леса (см. табл. 5, 6). Менее тесную связь высоты и диаметра в экстремальных лесорастительных условиях сосняков лишайниковых скальных можно объяснить тем, что большинство деревьев отличалось искривлением стволов. В более благоприятных условиях, в сосняке черничном скальном, деревья имеют прямую форму ствола, поэтому коэффициент детерминации выше, связь теснее. Взаимосвязь между возрастом и морфометрическими показателями зависела, по-видимому, в большей степени от внутриценотических условий (пространственное распределение деревьев и эффект конкуренции за питательные элементы), чем от условий произрастания. Связь высот и диаметров для возобновления линейная, достаточно тесная (см. табл. 5).

Наименьшая давность и наибольшее число пожаров были отмечены в сосняке лишайниковом скальном ПП 1 (см. табл. 1). Пожары давностью в 38, 95 и 206 лет повлияли на величину и число пиков в распределении особей сосны по возрасту (см. рис. 1, а) и на виталитетную структуру ценопопуляции: указанная ПП насчитывает меньшее число здоровых и большее число ослабленных и сильно ослабленных деревьев по сравнению с другими древостоями в сходных условиях местопроизрастания с давностью последнего пожара 95 лет (см. рис. 2).

Последний пожар давностью 67 лет в сосняках лишайниково-зеленомошных вызвал интенсивное возобновление сосны; значительный временной промежуток между пожарами в 163 года привел к формированию дискретного распределения особей сосны по возрасту (см. рис. 1, б). Длительное отсутствие пожаров, по-видимому, повлияло на виталитетную структуру ценопопуляции, где довольно высока доля здоровых деревьев.

Таблица 4. Характеристики возобновления сосны

Распределение по диаметру, шт. га ⁻¹											
Диаметр, см	< 0,5	0,6–1,0	1,1–1,5	1,6–2,0	2,1–2,5	2,6–3,0	3,1–3,5	3,6–4,0	4,1–5,0	> 5,1	Итого
Сосняки лишайниковые скальные											
ПП 1	387,5	425	375	413	263	163	188	125	88	63	2488
ПП 2	467	833	1 267	467	533	233	300	33	133	167	4433
ПП 3	267	250	283	200	200	233	100	67	183	133	1917
Сосняки лишайниково-зеленомошные											
ПП 4	100	300	250	700	375	150	150	25	25	–	2075
ПП 5	–	117	300	133	100	117	17	–	17	–	800
Распределение по высоте, шт. га ⁻¹											
Высота, м	< 0,5	0,6–1,0	1,1–1,5	1,6–2,0	2,1–2,5	2,6–3,0	3,1–3,5	3,6–4,0	> 4,0	Итого	
Сосняки лишайниковые скальные											
ПП 1	963	850	338	200	88	50	–	–	–	2488	
ПП 2	1600	1833	333	367	200	67	33	–	–	4433	
ПП 3	683	500	433	100	83	50	67	–	–	1917	
Сосняки лишайниково-зеленомошные											
ПП 4	100	300	250	700	375	150	150	25	25	2075	
ПП 5	–	117	300	133	100	117	17	–	17	800	
Распределение по категории состояния, шт. га ⁻¹											
	Жизнеспособные		Низкой жизнеспособности			Нежизнеспособные			Итого		
Сосняки лишайниковые скальные											
ПП 1	113		2213			163			2488		
ПП 2	–		3867			567			4433		
ПП 3	33		1650			233			1917		
Сосняки лишайниково-зеленомошные											
ПП 4	400		1475			175			2075		
ПП 5	733		33			33			800		

Отсутствие пожаров в течение последних 242 лет в сосняках черничных скальных привело к отсутствию возобновления сосны и постепенному вытеснению сосны елью из древесного полога. Виталитетная структура ценопопуляций отличается самой высокой долей здоровых деревьев по сравнению с другими ценопопуляциями (см. рис. 2).

Выводы

1) Возрастная структура исследуемых ценопопуляций имеет индивидуальный характер в зависимости от режима пожаров. Ценопопуляции сосны сосняков лишайниковых скальных и лишайниково-зеленомошных с давностью последнего пожара в 40–70 лет характеризуются положительно асимметричными слабо дискретными возрастными распределениями умеренно

суженного диапазона. Ценопопуляции сосняков черничных скальных с давностью последнего пожара в 240 лет по возрастной структуре отрицательно асимметричны, резко дискретны, значительно суженного возрастного диапазона. По мере увеличения продуктивности местообитаний средний возраст деревьев в древостое возрастает. Возобновление характеризуется невысокой численностью, преобладающая часть его ослаблена. Динамика возобновления определяется частотой пожаров.

2) Распределение деревьев по диаметру близко к экспоненциальному, по высоте – к нормальному. Коэффициент вариации среднего диаметра изменяется от 39 до 49 %. Средние диаметры и высоты возрастают в ряду сосняки лишайниковые скальные → лишайниково-зеленомошные → черничные скальные.

Таблица 5. Параметры уравнений связи биометрических показателей популяции

Связь	Сосняки лишайниковые скальные			Сосняки лишайниково-зеленомошные			Сосняки черничные скальные		
	a	b	r	a	b	r	a	b	r
Древесный ярус, экспоненциальная модель									
Высота – диаметр	8,657	0,092	0,636	21,162	0,062	0,914	22,982	6,408	0,964
Диаметр – возраст	0,228	0,009	0,764	0,680	0,003	0,827	1,142	0,001	0,929
Высота – возраст	7,038	0,028	0,713	18,168	0,013	0,694	22,929	0,009	0,985
Возобновление, линейная модель									
Высота – диаметр	0,764	0,241	0,940	0,821	0,141	0,928	–	–	–

3) Несмотря на периодически повторяющиеся пожары, виталитетная структура ценопопуляций сосны сосняков лишайниковых скальных близка к эталонной; доминируют умеренно и сильно угнетенные особи. По мере увеличения давности последнего пожара и продуктивности местообитаний увеличивается доля здоровых деревьев.

4) Связь биометрических показателей описывается перевернутой экспоненциальной кривой. С увеличением продуктивности местообитаний теснота связи увеличивается.

Таблица 6. Средние значения таксационных показателей: диаметра (d , см), высоты (h , м) и запасов (M , $m^3 ga^{-1}$) по возрастным поколениям (лет)

По-ка-за-тель	0–40	41–80	81–120	121–160	161–200	201–240	241–280	> 280
Сосняки лишайниковые скальные								
d	10,1	9,9	12,7	13,9	17,4	10,5	16,1	36,6
h	5,5	5,3	6,3	6,2	7,2	7,7	6,4	7,6
M	0,4	2,2	5,1	1,5	1,7	1,6	0,3	3,9
Сосняки лишайниково-зеленомошные								
d	23,2	14,1	15,5	17,1	27,3	33,1	30,4	37,1
h	18,5	13,2	14,6	16,8	15,6	20,1	19,1	20,6
M	1,9	3,0	8,8	6,1	8,6	31,6	17,4	44,5
Сосняки черничные скальные								
d	–	–	–	30,9	30,2	30,2	37,7	32,9
h	–	–	–	17,7	17,7	21,4	21,5	19,3
M	–	–	–	7,6	4,2	10,4	2,8	5,3

Автор выражает благодарность О. Игнатьевой, Е. Капице, А. Кузнецову, А. Гладышеву, К. Минину, А. Молеву, Д. Малюхину, С. Лосеву, О. Лопатниковой, Е. Николаевой и М. Евилиной за помощь в полевых работах и обработке материала, а также рецензентам за ценные замечания.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (05-04-4847, 06-04-3039).

Литература

Ваганов Е. А., Красовский К. В., Свицерская И. В., Шашкин А. В. Автоматизированная система измерения и обработки данных о структуре годичных колец // Лесоведение. 1983. № 2. С. 73–81.

Верхунов П. М. Генезис и возрастное строение современных сосновых лесов Сибири / В кн.: Лесоводственные исследования в лесах Сибири. Красноярск, 1970. Вып. 2. С. 7–58.

Виликайнен М. И., Зябченко С. С., Иванчиков И. А. Сосновые леса Карелии и повышение их продуктивности. Петрозаводск, Карельский филиал АН СССР, 1974. 256 с.

Горшков В. Г. Характеристики восстановления лесных экосистем после пожаров // ДАН России, 1993. Т. 133. № 6. С. 111–114.

Горшков В. Г. Послепожарное восстановление сосновых лесов Европейского Севера: автореф. дис. ... докт. биол. наук. СПб., 2001. 35 с.

Зябченко С. С. Сосновые леса Европейского Севера. Л.: Наука, 1984. 244 с.

Карбаинов Ю. М., Моложников В. Н. Дендроиндикация периодичности возникновения лесных пожаров // Дендрохронология и дендроклиматология. Новосибирск: Наука, 1986. С. 194–199.

Ловелиус Н. В. Изменчивость прироста деревьев. Л.: Наука, 1979. 233 с.

Лопатникова О. В., Шорохова Е. В. Естественное возобновление в коренных северотаежных сосновых лесах Карелии // Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка: материалы междунаучно-практ. конф. 2007 / Под ред. А. А. Егорова. СПб.: СПбГЛТА, 2008. С. 28–32.

Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИ химии СПбГУ, 2002, 240 с.

Санников С. Н. Циклически эрозионно-пирогенная теория естественного возобновления сосны обыкновенной // Экология. 1983. № 2. С. 10–19.

Ставрова Н. И. Структура популяций основных лесообразующих видов на Европейском Севере России: автореф. дис. ... докт. биол. наук. СПб., 2012.

Тетюхин С. В., Минаев В. Н., Богомоллова Л. П. Лесная таксация и лесоустройство: Нормативно-справочные материалы по Северо-Западу Российской Федерации. СПб.: СПбГЛТА, 2004. 360 с.

Цветков В. Ф. Сосняки Кольской лесорастительной области и ведение хозяйства в них. Архангельск: изд-во Арх. гос. тех. ун-та, 2002. 380 с.

Cook E. R., Holmes R. L. Users manual for Program ARSTAN. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, Arizona USA, 1999.

Holmes R. L. Users manual for Program COFECHA Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, Arizona USA, 1999.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Шорохова Екатерина Владимировна

доцент кафедры общей экологии,
физиологии растений и древесиноведения
Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет,
Институтский пер., 5, Санкт-Петербург, Россия, 194021
эл. почта: shorohova@ES13334.spb.edu
тел.: +358503952408

Shorohova, Ekaterina

St Petersburg State Forest Technical University
5 Institutsky st., 14021 St. Petersburg, Russia
e-mail: shorohova@ES13334.spb.edu
tel.: +358503952408