ЭКОБИОТЕХ

ISSN 2618-964X

<http://ecobiotex-journal.ru> **ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ПОСТПИРОГЕННЫХ
ДРЕВОСТОЕВ СОСНЯКОВ БРУСНИЧНЫХ
СЕВЕРНОГО ПРИУРАЛЬЯ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)****Кутявин И.Н.*, Манов А.В., Дымов А.А.**Институт биологии Федеральный исследовательский центр
Коми научный центр Уральского отделения Российской
Академии Наук, Сыктывкар (Россия)*E-mail: kutjavin-ivan@rambler.ru

Приводятся результаты наблюдений за развитием древостоев в коренных сосняках брусничных на территории Печоро-Илычского заповедника с использованием метода постоянных пробных площадей. Установлено, что древостои сосняков, не смотря на активное пополнение их состава молодыми деревьями хвойных, обладают относительно стабильным запасом стволовой древесины. Отмечено, что при длительном отсутствии пожаров происходит активное появление новых разновозрастных поколений деревьев сосны, ели и кедра. Выявлено, что низовые беглые пожары способствуют скачку возобновления темнохвойных видов (ели, кедра), которые постепенно внедряются в состав сосновых древостоев.

Ключевые слова: средняя тайга, сосняки, строение, динамика, пожары, Северное Приуралье

**THE STRUCTURE DYNAMICS OF POST-
PYROGENIC COWBERRY PINE STANDS OF THE
NORTHERN CIS-URAL (KOMI REPUBLIC)****Kutyavin I.N., Manov A.V., Dymov A.A.**Institute of Biology Federal Research Center, Komi Science
Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Syktyvkar (Russia)*E-mail: kutjavin-ivan@rambler.ru

Observations results of the development of cowberry pine stands on Pechoro-Ilychsky Reserve territory using the method of permanent sample plots are presented. It was established that pine stands, despite the active replenishment of their species composition with young coniferous trees, have a relatively stable supply of stem wood. It is noted that with a prolonged absence of fires, an active replenishment of the forest stand with new generations of *Pinus sylvestris*, *Picea obovata* and *Pinus sibirica* trees of different ages. It revealed that grassroots weak fires contribute jump regeneration of *Picea obovata* and *Pinus sibirica* that are gradually introduced into the pine stands.

Keywords: middle taiga, pine stands, structure, dynamics, fires

Поступила в редакцию: 07.07.2020

DOI: [10.31163/2618-964X-2020-3-4-627-633](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2020-3-4-627-633)

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в связи с глобальным изменением климата, отмечается увеличение катастрофических явлений (ветровалы, пожары), приводящих к трансформации структуры бореальных лесов [Швиденко, Щепаченко, 2013; Kulha et al., 2020 и др.]. Пройденные пожаром или ветровалом сосновые экосистемы на автоморфных почвах по сравнению с другими хвойными формациями в большинстве случаев нарушаются частично и сукцессионные смены в них выражены слабо [Листов, 1986; Кутявин, Манов, 2019 и др.]. Отмечено [Kullman, 2005], что с изменением климата происходит интенсивная экспансия верхних границ леса в горы, тогда как нижние предгорные массивы леса становятся более продуктивными и жизнеспособными. Для оценки влияния климатических условий на динамические процессы лесных фитоценозов существует несколько подходов: 1) Метод описания возрастных рядов древостоев, развивающихся на различных этапах их формирования [Обмен веществ..., 1977; Нагимов и др., 2010 и др.]; 2) Использование базы данных лесоустройства [Kurzh et al., 2009; Федорчук и др., 2012; Henttonen et al., 2017]; 3) Применение космических снимков разных лет [Kulha et al., 2020]; 4) Наиболее точный метод – проведение исследований на лесных стационарах с заложенными в них постоянными

пробными площадями (ППП) [Рысин и др., 1981; Манов, 2017 и др.]. Биогеоэкологические исследования сосновых лесов европейского Северо-Востока России освещены в работах [Надуткин, Модянов, 1972; Бобкова, 1987; Кутявин, 2018; Манов, Кутявин, 2019]. Процессы динамики строения древостоев сосняков на территории Республики Коми проведена в работе [Осипов, Бобкова, 2016]. Необходимость в проведении более детального изучения динамических процессов в сосновых экосистемах в данном регионе остается актуальной.

Цель работы заключается в оценке динамики строения древостоев сосняков брусничных развитых в условиях Северного Приуралья (Республика Коми).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в среднетаежных сосновых экосистемах на территории Печоро-Илычского биосферного заповедника (табл. 1). В коренных сосняках брусничных, в предгорной и равнинной частях заповедника, по общим нормативным требованиям и указаниям ОСТ 56-69-83 заложены две ППП. На ППП 1 исследование выполнено в 2007 и 2018 гг., на ППП 12 в 2012 и 2019 гг. Первичные данные изучаемых объектов приводятся в работе [Кутявин, 2018]. Исследуемые сосняки представлены коренными сообществами. За период развития древостоев сосняков пройдены от двух до пяти раз низовыми пожарами более 100 лет назад. Фитоценозы сосняков формируются на пирогенных иллювиально-железистых подзолах.

В наблюдениях 2018-2019 гг., с целью получения наиболее подробных показателей древостоя применялось современное таксационное оборудование Haglof. У каждого дерева в древостое проводили измерение биометрических показателей. Для оценки возрастной структуры древостоев, у более половины деревьев на ППП отбирались древесные керны. Пожарная история древостоев установлена с применением дендрохронологических методов с использованием кернов и древесных спилов с живой и мертвой древесины имеющей пожарные подсушены [Madany et al., 1982]. Датировку древесных образцов проводили при помощи прибора Lintab и компьютерной программы Tsap Win.

Обработка полученных измерений таксационных показателей сосняков проведена с использованием нормативов [Лесотаксационный..., 2012]. Оценка степени дифференциации биометрических показателей древостоев рассчитана по общепринятым математико-статистическим методам [Гусев, 2002]. Классификация возрастной структуры дана по Г.Е. Комину, И.В. Семечкину [1970] и С.А. Дыренкову [1973].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Коренной сосняк брусничный (ППП 1) располагается на предпойменной боровой террасе р. Печора. За период развития он был поврежден пятью низовыми пожарами. Последний раз фитоценоз подвергался пирогенному воздействию более 130 лет назад (1887 г.). Перечет в древостое 2018 г. показал, что за десятилетие с момента начала исследований в сосняке произошли изменения в строении древостоя, что связано с появлением в его составе нового поколения деревьев сосны (35-75 лет), перешедших из крупного подроста. При первом обследовании было установлено, что подрост сосны, в фитоценозе, из-за сильной вытянутости стволов страдает от снеголома. За прошедшие 10 лет в составе древостоя коренного сосняка выявлено появление единичных особей ели в возрасте 50–60 лет (табл. 1). За счет пополнения древостоя новым поколением деревьев увеличивается его густота – со 170 до 536 шт. га⁻¹. Несмотря на существенное повышение плотности древостоя, выявлена незначительная тенденция накопления запаса стволовой древесины с 210 до 211.8 м³ га⁻¹. Такой низкий прирост древесины в фитоценозе сосняка объясняется

постепенным отпадом в нем деревьев старого материнского поколения. Сформированное новое поколение деревьев пока не оказывает существенного влияния на накопление стволовой древесины в древостое.

С образованием нового соснового поколения в древостое на ППП 1 отмечается изменение его средних морфометрических показателей. Так, средний диаметр снижается с 39 до 18 см, средняя высота – с 20.8 до 13.1 м. Средний возраст древостоя изменяется с 260 до 190 лет. Образовавшийся разрыв (117 лет) между первым и вторым поколениями деревьев способствовал увеличению амплитуды колебания возраста, диаметра и высоты, что выражается значительным повышением статистических показателей. Коэффициент варьирования возраста за десять лет, с начала исследования, увеличился с 13.3 до 65.6%, диаметра – с 16.9 до 76.4, высоты – с 11.7 до 40.8% (табл. 2). Древостой коренного сосняка брусничного, относящийся к условно-разновозрастному типу возрастной структуры, состоящий из одного старовозрастного поколения, через 10 лет приобрел черты ступенчато-разновозрастного, состоящего из деревьев двух обособленных поколений (рисунок 1).

Таблица 1. Динамика изменения таксационных показателей древостоев в сосняках брусничных

№ п/п (год наблюдений)	Состав	Элемент леса	Густота, шт. га ⁻¹		Запас, м ³ га ⁻¹		Абсолютная полнота, м ² га ⁻¹
			живой	сухой	живой	сухой	
1 (2007)	10С	С	170	60	210.0	20.8	21
1(2018)	10С ед.Е	С	528	68	211.8	26.0	21.3
		Е	8	–	0.02	–	
			536	68	211.8	26.0	
12 (2012)	9С1Е+К,Б	С	317	37	177.6	11.4	24.9
		Е	253	10	26.3	1	
		К	63	–	7	–	
		Б	30	–	5.3	–	
	Итого:		663	47	216.2	12.4	24.9
12 (2019)	8С2Е+К,Б	С	307	57	184.6	15.2	26.0
		Е	393	23	34.2	1.9	
		К	107	–	10.6	–	
		Б	30	–	6.3	–	
	Итого:		837	80	235.7	17.1	26

Примечание: С – сосна, Е – ель, К – кедр (сосна сибирская), Б – береза.

Коренной сосняк брусничный (ППП 12) развивается на флювиогляциальном повышении располагающегося вдоль верхового болота. Из табл. 1 видно, что за восемь лет наблюдений в древостое сосняка, несмотря на снижение густоты сосны с 317 до 307 экз. га⁻¹, происходит увеличение запаса стволовой древесины со 178 до 185 м³ га⁻¹. Такая обратная тенденция накопления стволовой древесины, в отличие от ППП 1, видимо следует объяснить наличием в древостое относительно большого числа деревьев старшего поколения в возрасте от 150 до 173 лет, способных еще продуцировать стволовую древесину. За восемь лет наблюдений в данном сосняке отмечаются значительное увеличение густоты древостоя с 316 до 500 экз. га⁻¹ и объема стволовой древесины с 26 до 36.5 м³ га⁻¹ ели и кедра, пополняющихся также из крупных особей подроста. Береза, в отличие от хвойных, за этот период оставляет свои количественные позиции на прежнем уровне, с незначительным увеличением объема стволовой древесины. Количество отпавших деревьев сосны и ели в древостое рассматриваемого сосняка увеличивается с 47 до 80 экз. га⁻¹, с пополнением объема мертвой стволовой древесины на 5 м³ га⁻¹. Выявлено усыхание единичных деревьев из старших поколений, поваленных ветром и в результате снеголома.

Рис. 1. Распределение деревьев по классам возраста в древостоях брусничных сосняков на ППП 1 (А), ППП 12 (Б). 1 – сосна, 2 – ель, 3 – кедр. Стрелками указываются даты пожаров.

Древостой рассматриваемого сосняка брусничного (ППП 12) за период его развития был подвержен пирогенному воздействию два раза в 1906 и 1869 гг. По характеру горения оба пожара, по-видимому, носили характер слабой пирогенной активности, о чем свидетельствует наличие в древостое ели и кедра, не пострадавших во время пожаров и имеющих почти одинаковый возраст с сосной. Обычно при высокой интенсивности пожара темнохвойные виды гибнут неминуемо. В отличие от сосняка брусничного (ППП 1), в рассматриваемом древостое сосняка брусничного (ППП 12) идет небольшое усыхание деревьев сосны старших поколений и пополнение его количества за счет подроста. Древостой по возрастной структуре характеризуется относительно разновозрастным типом с демутационной фазой динамики, состоящего из двух обособленных поколений – первого, из преобладающего старовозрастными деревьями и второго состоящего из небольшого числа деревьев сосны в возрасте 72–112 лет. За восемь лет наблюдений в коренном сосняке брусничном выявлено увеличение числа деревьев (на 5%) младшего поколения и небольшое снижение числа старых деревьев (на 5%) первого поколения. Таким образом, за данный период отмечается процесс перехода древостоя сосняка из относительно разновозрастного с демутационными фазами динамики типа в ступенчато-разновозрастный тип возрастной структуры (рисунок Б). Возможно, с распадом старых и пополнением их новым поколением деревьев в древостое сформируется два отдельных поколения сосны с примерно одинаковым количеством деревьев в двух поколениях.

Таблица 2. Изменение динамики статистических рядов распределения деревьев по морфометрическим показателям в сосняках брусничных

Порода (год наблюдения)	Поколение	$M_A \pm m_{MA},$ ($A_{min}-A_{max}$), лет	CV_A	$M_D \pm m_{MD}, (D_{min}-$ $D_{max}),$ см	CV_D	$M_H \pm m_{MH},$ ($H_{min}-H_{max}$), м	CV_H
ППП 1							
С (2007)	I	264±6, (181-344)	13.3	39.1±1.6 (20.0-62.0)	21.9	20.2±0.6 (16.0-24.5)	11.7
С (2018)	I-II	190±12, (34-355)	65.6	18.2±1.2 (6.1-62.0)	76.4	13.0±0.5 (4.8-25.1)	40.8
С (2018)	I	279±6, (192-355)	12.7	22.5±0.2 (21.2-62.0)	22.5	12.4-25.1	15
С (2018)	II	63±1, (34- 75)	14.7	8.7±0.3 (6.1-14.9)	25.8	9.6±0.2 (4.8-15.0)	22.4
Е (2018)		50-61	-	6.2-6.7	-	5.2-6.9	-
ППП 12							
С (2012)	I-II	152±3 (96-165)	15.3	26.6±0.9 (6.0-45.9)	35.5	17.0±0.5 (5.0-22.5)	22.5
С (2019)	I-II	154±3 (72-173)	19.8	26.8±1.0 (6.0-48.1)	36.4	17.5±0.4 (7.3-23.6)	23.3
С (2012)	I	159±1 (143-165)	3.7	28.4±1.0 (14.0-45.9)	27.7	17.7±0.4 (10.5-22.5)	16.8
С (2019)	I	167±1 (151-173)	3.5	29.7±1.0 (15.3-48.1)	26.5	19±0.4 (10.8-23.6)	16.6
С (2012)	II	87±4 (72-104)	11.9	10.1±1.1 (6.0-23.1)	31.3	10.4±0.9 (7.0-13.5)	25.3
С (2019)	II	89±3 (72-112)	12.5	11.7±1.5 (6.0-26.1)	46.6	10.9±0.8 (7.3-15.8)	26.7
Е (2012)	I	136±6 (96-145)	13.9	12.9±0.4 (8.0-22.0)	28.8	9.6±1.6 (5.0-19.5)	51.9
Е (2019)	I	138±5 (80-166)	17	10.8±0.4 (6.0-22.9)	38.1	9.3±0.4 (3.7-19.4)	38.7
К (2012)	I	108±5 (70-140)	17.7	14.2±1.3 (8.0-24.0)	39.4	9.8±1.5 (5.0-16.5)	43.3
К (2019)	I	112±5 (78- 148)	18.2	12.5±1.1 (6.3-25.7)	47.1	9.9±0.7 (4.2-17.1)	39

Примечание. $M_A \pm m_{MA}$ – средний показатель и стандартная ошибка среднего возраста (A , лет), диаметра (D , см), высоты (H , м). $CV_{A,D,H}$ – коэффициент варьирования, %.

Из табл. 2 видно, что в сосняке ель и кедр представлены одним поколением деревьев имеют приблизительно схожий максимальный и минимальный возраста. Рисунок свидетельствует, что прошедшие беглые низовые пожары не вызвали полную гибель данных пород, а напротив, способствовали их увеличению в составе. Так, пожар 1869 года вызвал «скачек» возобновления ели и кедра. Тогда как возобновление сосны в древостое отсутствовало полностью. Прошедший в 1906 году пожар, уничтожил часть деревьев подроста темнохвойных видов, дав возможность появиться второму поколению сосны, но и способствовал возобновлению новой волны ели и кедра. Анализ показывает что, низовые беглые пожары в сосняках брусничных могут оказывать содействие смене более пожароустойчивых светлохвойных сообществ на темнохвойные. Теневыносливые ель и кедр на автоморфных подзолистых почвах, в отличие от сосны хотя и отличаются замедленным ростом по диаметру и высоте, однако способны замедлять возобновление и даже вытеснить со временем сосну.

Данные средних показателей возраста, диаметра и высоты в сосняке на ППП 12 (табл. 2) показывают об их незначительных изменениях у сосны во втором поколении, а также участвующих в составе древостоя еловой и кедровой части сосняка. Вариация возраста у всех древесных пород остается в пределах средней изменчивости признака с небольшим увеличением на 0.5–4.5%. С пополнением древостоя молодыми деревьями сосны, ели и кедра идет небольшое изменение средних морфометрических и возрастных показателей. У сосны в первом поколении средний диаметр увеличивается с 28.4 до 29.7 см, высота с 17.7 до 19.0 м. Во втором поколении средние показатели диаметра у нее увеличиваются на 1.6 см, высоты на 0.5 м. В еловом элементе ценоза отмечается снижение среднего диаметра и высоты, тогда как у кедра эти показатели увеличиваются. С поступлением деревьев мелких категорий в составе древостоя происходит увеличение изменчивости диаметра у сосны младшего поколения на 15.3%, у ели – 9.3, кедра – 7.7%. Выявлена тенденция снижения варьирования высоты ели на 13.2 и кедра на 4.3%, что свидетельствует о снижении степени рассеянности высотных показателей данных древесных пород.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Динамика размерной структуры древостоев коренных сосняков брусничных на автоморфных почвах определяется главным образом количеством и интенсивностью пожаров. Изменение запасов стволовой древесины в них находится на относительно стабильном уровне. Размерная структура морфометрических показателей с пополнением деревьев нового поколения характеризуется увеличением вариации, тогда как в отдельных поколениях эти показатели относительно постоянны. При длительном отсутствии пирогенной активности древостои пополняются новыми разновозрастными обособленными поколениями деревьев сосны. Пожары низкой интенсивности способствуют возобновлению под пологом сосновых древостоев темнохвойных древесных видов. При длительном отсутствии пожаров и при наличии в составе древостоев сосняков темнохвойных видов, возможна смена коренных сосновых брусничных сообществ на еловые.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена в рамках Государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН, номер гос. регистрации АААА-А17-117122090014-8, а также при финансовой поддержке гранта РФФИ (19-29-05111 мк).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1987. 156 с.
2. Гусев И.И. Моделирование экосистем. Архангельск: Изд-во Архангельского гос. техн. университета, 2002. 112 с.
3. Дыренков С.А. Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука, 1984. 174 с.
4. Комин Г.Е., Семечкин И.В. Возрастная структура древостоев и принципы ее типизации // Лесоведение. 1970. № 2. С. 24–33.
5. Кутявин И. Н., Манов А. В. Биологическая продуктивность естественно развивающегося и нарушенного ветровалом сосняка лишайникового (Республика Коми) // Сибирский лесной журнал. 2019. № 2. С. 53–63. DOI: [10.15372/SJFS20190205](https://doi.org/10.15372/SJFS20190205)
6. Кутявин И.Н. Сосновые леса Северного Приуралья: строение, рост, продуктивность. Сыктывкар: ИБ КомиНЦ УрО РАН, 2018. 176 с. DOI: [10.31140/book-2018-02](https://doi.org/10.31140/book-2018-02)
7. Лесотаксационный справочник для Северо-Востока европейской части Российской Федерации (нормативные материалы для Ненецкого автономного округа,

- Архангельской, Вологодской областей, Республики Коми) / Отв. сост. Г.С. Войнов, Н.П. Чупров, С.В. Ярославцев. Архангельск: ОАО ИПП «Правда Севера», 2012. 672 с.
8. Манов А. В., Кутявин И. Н. Размерная, возрастная и пространственная структура древостоев постпирогенных среднетаежных сосняков на автоморфных почвах (на примере Республики Коми) // Сибирский лесной журнал. 2019. № 6. С. 100–110. DOI: [10.15372/SJFS20190611](https://doi.org/10.15372/SJFS20190611)
 9. Манов А.В. Динамика горизонтальной структуры древостоя коренного разнотравно-черничного ельника подзоны средней тайги Республика Коми // Известия РАН. серия биологическая. 2017. № 5. С. 573–580. DOI: [10.7868/S0002332917050137](https://doi.org/10.7868/S0002332917050137)
 10. Нагимов З.Я., Нагимов В.З., Артемьева И.Н. Ход роста сосновых древостоев в лишайниковом типе леса Ханты-Мансийского автономного округа // Известия высших учебных заведений «Лесной журнал». 2010. № 5. С. 7–11.
 11. Надуткин В.Д., Модянов А.Н. Наземная фитомасса древесных растений в сосняках зеленомошных // Вопросы экологии сосняков Севера. Сыктывкар, 1972. С. 70–80.
 12. Обмен веществ и энергии в сосновых лесах Европейского Севера / Отв. ред. Н.И. Казимиров. Л.: Наука, 1977. 304 с.
 13. Осипов А.Ф., Бобкова К.С. Биологическая продуктивность и фиксация углерода среднетаежными сосняками при переходе из средневозрастных в спелые // Лесоведение. 2016. № 5. С. 346–354.
 14. ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1983. 60 с.
 15. Рысин Л.П., Вакуров А.Д., Павлов В.Ф. Значение постоянных пробных площадей в лесоводственных исследованиях / Л.П. Рысин, А.Д. Вакуров, В.Ф. Павлов // Лесоведение. № 1. 1981. С. 60–66.
 16. Федорчук В.Н., Алесенков Ю.М., Ананьев В.А. и др. Динамика основных показателей массивов коренных еловых лесов по материалам лесоустройства // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2012. № 1–2. С. 11–17.
 17. Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г. Климатические изменения и лесные пожары в России // Лесоведение. 2013. №5. С. 50 – 61.
 18. Henttonen H. M., Nöjd P., Mäkinen H. Environment-induced growth changes in the Finnish forests during 1971–2010 – An analysis based on National Forest Inventory // Forest Ecology and Management. 2017. V. 368. P. 22–36. DOI: [10.1016/j.foreco.2016.11.044](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.11.044)
 19. Henttonen H.M., Pekka N. Makinen H. Environment-induced growth changes in the Finnish forests during 1971–2010 – An analysis based on National Forest Inventory // Forest ecology and management. 2017. N 386. P. 22 – 36. DOI: [10.1016/j.foreco.2016.11.044](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.11.044)
 20. Kulha N., Pasanen L., Holmstrom L., et al. The structure of boreal old-growth forests changes at multiple spatial scales over decades // Landscape Ecology. DOI: [10.1007/s10980-020-00979-w](https://doi.org/10.1007/s10980-020-00979-w)
 21. Kullman L. Pine (*Pinus sylvestris*) treeline dynamics during the past millennium – a population study in west-central Sweden // Ann. Bot. Fennici. 2005. V. 42. P. 95–106.
 22. Kurz W.A., Dymond C.C., White T.M., et al. CBM-CFS3: A model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards // Ecological modeling. V. 220. 2009. P. 480–504.
 23. Madany M.N., Swetnam T.W., West N.E. Comparison of two approaches for determining fire dates from tree scars // Forest Science. 1982. V. 28. N 4. P. 856–861.