

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ МОЛОДНЯКОВ, СФОРМИРОВАВШИХСЯ НА УЧАСТКАХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

О. И. Гаврилова¹, А. В. Грязькин², К. А. Пак¹, Лубинь Го², Тун Чэн²

¹Петрозаводский государственный университет (ПетрГУ)
Российская Федерация, Республика Карелия, г. Петрозаводск, просп. Ленина, 33
E-mail ogavril@mail.ru

²Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Институтский переулок, 5, корп. 1

Исследование особенностей структуры молодняков, сформировавшихся на участках лесных культур сосны, проведено спустя 8–10 лет после их создания. Учет и оценка структуры молодняков производились выборочно-статистическим методом. Все характеристики сформировавшихся фитоценозов определялись на круговых учетных площадках площадью 10 м². Для лесных культур сосны устанавливали численность, высоту, текущий прирост за 3 года. Для других пород, входящих в состав молодняков, были определены численность и высота. Кроме этого, на каждой учетной площадке учитывали подлесок и живой напочвенный покров. Для подлеска определяли видовой состав, высоту и численность, а для живого напочвенного покрова – видовой состав, встречаемость и проективное покрытие. Установлено, что приживаемость и сохранность культур сосны, созданных посадочным материалом с открытой корневой системой, оказались выше по сравнению с культурами, созданными из посадочного материала с закрытой корневой системой. Все таксационные характеристики молодняков на опытных участках различаются. Общая численность достигает 6 тыс. экз./га. Наиболее выражена дифференциация по высоте. Максимальная высота – у лесных культур сосны. Средние значения на участках изменяются от 1,77 до 3,54 м. Средняя высота березы на лесокультурных участках составляет 2,41–3,07 м. Кроме сосны и березы, в состав молодняков входят ель, осина и сосна естественного возобновления. Общая численность этих лесобразующих пород не превышает 350 экз./га. Исключение составляет подрост сосны, численность которого достигает около 1 тыс./га. На лесокультурных участках восстанавливается подлесок. В составе живого напочвенного покрова встречается до 26 видов, преобладают 3–4 вида: брусник, вереск и лишайники. Почвы на участках лесных культур – супесчаные дерново-подзолистые.

Ключевые слова: лесные культуры, сосна, естественное возобновление, смешанные молодняки, ход роста.

Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 2, P. 133–138

PECULIARITIES OF THE STRUCTURE OF YOUNG STANDS FORMED ON FOREST PLANTATION PLOTS

O. I. Gavrilova¹, A. V. Gryaskin², K. A. Pak¹, Lubin Go², Tun Then²

¹Petrozavodsk State University (PetrSU)
33, Lenin av., Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russian Federation
E-mail ogavril@mail.ru

²St. Petersburg State Forest Engineering University
5, build. 1, Institutskiy Pereulok, Saint Petersburg, Russian Federation

The study of the structural peculiarities of young stands formed on the forest plantations of pine was carried out 8–10 years after their creation. Accounting and evaluation of the structure of young stands were carried out by a selective statistical method. All the characteristics of the formed phytocenoses were determined on circular discount area of 10 m². For pine forest crops, the number, height, and current growth for 3 years were established. For other species that make up the young plantations, the number and height were determined. In addition, undergrowth and living ground cover were taken into account at each discount area. Species composition, height and abundance were determined for the undergrowth, and species composition, occurrence and projective coverage were determined for the living ground cover. It was found that the survival and preservation of pine crops created by planting material with an open root system were higher compared to crops created from planting material with a closed root system. All the taxation characteristics of young stands in the experimental areas differ. The total number reaches 6 thousand pieces/ha. The differentiation in height is the most clear. The pine forest culture has the maximum height. The average values on the areas vary from 1.77 to 3.54 m. The average height of the birch tree in the forest-cultivated areas is 2.41–3.07 m. In addition to pine and birch, the young stands include spruce, aspen and pine of natural renewal. The total number of

these forest-forming species does not exceed 350 pieces/ha. The exception is the undergrowth of pine, the number of which reaches about 1 thousand pieces/ha. Undergrowth is being restored on forest-cultivated areas. Up to 26 species are found in the living ground cover, while 3-4 species predominate: cowberry, heather and lichens. The soils on the areas of forest crops are sandy loam sod-podzolic.

Keywords: forest crops, pine, natural regeneration, mixed young stands, growth course.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии со Стратегией развития лесного комплекса до 2030 года (утв. Распоряжением Правительства РФ № 312-р от 11 февраля 2021 г.), лесовосстановление является одной из основных стратегических задач лесной отрасли страны. Предполагается значительное увеличение доли искусственных лесов за счет внедрения интенсивных технологий лесовыращивания, в том числе перспективных видов посадочного материала из качественных семян известного происхождения [1; 3; 6]. Необходимым условием интенсификации лесовосстановительных работ является исследование существующих насаждений искусственного происхождения и особенностей их роста и развития [5; 11]. Часто лесные культуры остаются продуктом незавершенного производства. В этой связи следует особое внимание уделять анализу причин неудовлетворительного состояния искусственных лесов, по которым они не всегда достигают запланированных показателей [7; 8]. Значительная доля участков лесных культур не переводится в покрытую лесом площадь из-за несоответствия установленным нормативам. Нередки случаи повторного создания культур на тех же участках. На площадях лесных культур в абсолютном большинстве случаев формируются молодняки смешанного состава [4; 9; 10]. Из-за этого возникают затруднения при таксации подобных молодняков, когда происходит смена преобладающей породы и изменение других характеристик, таких, как возраст, численность, высота и т.д.

Согласно действующих Правил лесовосстановления, (введены в действие с 01.01.2020 г.), в период с 01.01.2022 г. по 01.01.2025 г. не менее 20 % площадей искусственного и комбинированного лесовосстановления будет создаваться с использованием посадочного материала с закрытой корневой системой. Впоследствии это соотношение будет увеличивается, и составит 30 % – до 2030 года и 45 % – в последующие годы. Многие публикации свидетельствуют о перспективности создания культур сеянцами с закрытой корневой системой, которые имеют более высокую приживаемость, более длинный период посадки и множество других преимуществ [1; 7; 12].

Целью работы является оценка структурных особенностей молодняков на участках лесных культур сосны, а также сравнение биометрических характеристик растений искусственного (посадочный материал с открытой корневой системой и закрытой корневой системой), и естественного происхождения (подрост последующего и предварительного возобновления).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследований послужили участки лесных культур сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris* L., которые были созданы на вырубках (после сплошных

рубок сосняков брусничных, проведенных ЗАО «Шуялес»). Эти объекты – арендованные территории, по договору аренды № 97-а, относятся к Пряжинскому центральному лесничеству, Сямозерскому участковому лесничеству, находящиеся к южной части республики Карелия. Обработка почвы была проведена осенью или весной в год посадки форвардером «John Deere» в агрегате с плугом «TTS-20», глубина обработки почвы 10–15 см. Ширина борозд – 0,6 м, а расстояние между ними – 3,0 м. Лесные культуры сосны с открытой корневой системой созданы посадочным материалом двухлетнего возраста из полей лесного питомника «Вилга», а с закрытой – однолетнего, тепличного выращивания. Размер кома сеянца с закрытой корневой системой составляет 72 см³ (3×3×8 см). Культуры созданы вручную под меч Колесова и под посадочную трубу. На момент исследования возраст лесных культур составил 8 и 10 лет. На трех участках культуры созданы осенью (объекты 2, 4, 6 – все в возрасте 8 лет, посадочный материал с закрытой корневой системой), а на других – весной (объекты 1, 3, 5 – все в возрасте 10 лет, с открытой корневой системой). На всех опытных участках были определены следующие характеристики молодняков: численность по породам, распределение по группам высот и жизненному состоянию (по виталитету).

Кроме исследования молодняков, оценивали состояние подлеска и живого напочвенного покрова. Для подлесочных пород устанавливали вид, высоту и численность. Для живого напочвенного покрова определяли видовой состав, проективное покрытие и встречаемость. На каждом участке лесных культур определяли морфологические характеристики почвы не менее, чем на трех почвенных прикопках.

Характеристики всех выделенных компонентов леса определяли с использованием выборочно-статистического метода. С этой целью на каждом опытном объекте закладывали не менее 30 круговых учетных площадок по 10 м² (в соответствии с патентом № 2084129).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общая характеристика опытных объектов представлена в табл. 1. На территории Сямозерского участкового лесничества (по лесоустройству – Сямозерское) в квартале 86 выделах 10, 14, квартале 87 выделах 7, 10, 14 и квартале 88 выдел 4 были заложены пробные площади с целью исследования роста лесных культур и естественного возобновления. Лесные культуры из посадочного материала с открытой корневой системой (ОК) были созданы на участках большой площади – от 10 до 14 га, а из посадочного материала с закрытой корневой системой (ЗК) – от 2 до 4 га.

Густота созданных культур с открытой корневой системой – 4200 экз./га, а с закрытой – 3300. К момен-

ту инвентаризации густота снизилась на 600–900 посадочных мест.

Общий вид лесных культур на опытном участке № 1 представлен на рис. 1.

Как видно на рис. 1, даже на сравнительно бедных почвах происходит дифференциация культур по высоте. Преобладают растения, высота которых превышает 2,5 м. Установлено, что размах варьирования высот на данном участке составляет от 1,1 до 3,4 м. Из 4200 растений зк сохранилось около 2200 экземпляров (сохранность на момент обследования составила 55 %). Структура лесных культур по виталитету выглядит следующим образом: жизнеспособных 70 %, нежизнеспособных 21 %, усохших 9 %. Основная часть сухостоя (из 45 % выпавших из состава культур растений) не сохранилась.

На всех исследуемых участках в составе лесных культур имеется примесь и других пород. В целом на участках лесных культур, примесь других лесобразующих пород представлена разным соотношением. В составе молодняков береза занимает до 50, а осина и ель представлены единично.



Рис. 1. Лесные культуры на пробной площади № 1

За 8–10-летний период после создания лесных культур на этих участках сформировались смешанные молодняки. Таксационная характеристика молодняков, сформировавшихся на участках лесных культур, представлена в табл. 2.

Таблица 1
Основные характеристики объектов исследования

Показатели	Номер участка исследования					
	1 ОК	2 ЗК	3 ОК	4 ЗК	5 ОК	6 ЗК
Квартал, выдел	86-10	86-14	87-7	87-10	87-14	88-4
Площадь, га	13,1	3,6	14,6	2,3	10,1	4,1
Возраст культур, лет	10	8	10	8	10	8
Сезон посадки	Весна 2011	Осень 2013	Весна 2011	Осень 2013	Весна 2011	Осень 2013
Биологический возраст культур, лет	12	9	12	9	12	9
Густота посадки, экз./га	4200	3300	4200	3300	4200	3300
Год инвентаризации культур	2011	2014	2011	2014	2011	2014
Густота культур при инвентаризации, экз./га	3286	2764	3211	2640	3295	2725
Густота культур сосны на момент обследования, экз./га	3110	1840	2870	1680	3150	1710

Таблица 2
Таксационная характеристика молодняков на опытных участках

Показатели	Номер участка исследования					
	1 ОК	2 ЗК	3 ОК	4 ЗК	5 ОК	6 ЗК
Квартал, выдел	86-10	86-14	87-7	87-10	87-14	88-4
Биологический возраст культур, лет	12	9	12	8	12	8
Средняя высота, м	2,91±0,05	1,77±0,02	2,79±0,03	1,93±0,03	3,54±0,02	2,00±0,02
Текущий прирост 2020 года, см	43,67±0,9	35,97±0,66	32,75±0,46	34,95±0,58	53,8±0,66	36,2±0,55
Текущий прирост 2019 года, см	41,87±0,9	33,15±0,64	31,45±0,48	35,65±0,54	49,85±0,65	36,4±0,63
Текущий прирост 2018 года, см	34,87±0,9	27,30±0,57	27,80±0,49	32,4±0,56	45,0±0,86	32,5±0,51
Состав молодняка, %	55C _{культ} 42БЗЕ	50C _{культ} 48Б 2Е	49C _{культ} 21C _{ест} 19Б 7Е4Ос	49C _{культ} 48Б 3Е	62C _{культ} 12C _{ест} 24Б 2Е	41C _{культ} 22C _{ест} 35Б 2Е
Общая густота молодняка, экз./га	5650	3700	5370	3400	5240	4200
Сохранность культур сосны на момент обследования, %	55	50	53	49	60	41

Из материалов, представленных в табл. 2, видно, что приживаемость лесных культур, созданных с открытой корневой системой, на 22–28 % выше, чем с закрытой корневой системой. Это можно объяснить использованием нестандартного посадочного материала с закрытой корневой системой (высота менее 10 см) и тем, что посадка осуществлялась после окончания вегетационного периода, осенью. Сохранность, как и приживаемость лесных культур, созданных посадочным материалом с открытой корневой системой, в целом оказались выше, чем с закрытой. В итоге, средний периодический прирост за последние 3 года у лесных культур, созданных сеянцами с ОК, оказался выше по сравнению с лесными культурами, созданными сеянцами с ЗК, соответственно 40 и 34 см/год. Частично эти различия можно объяснить разным биологическим возрастом лесных культур, который составляет 9 лет (ЗК) и 12 лет (ОК).

Если сравнивать прирост по годам, соответствующим одинаковому возрасту лесных культур, то эти различия проявляются в пользу лесных культур, созданных посадочным материалом с открытой корневой системой. Например, на опытном объекте № 5 (биологический возраст культур 12 лет – ОК) прирост за последние 3 года (2020, 2019, 2018 годы) составил соответственно 54, 50, 45 см/год. Прирост лесных культур на объекте № 2 (биологический возраст 9 лет, ЗК) за эти же годы составил соответственно 36, 33 и 27 см/год. Учитывая разницу в возрасте (3 года), величина прироста при одинаковом возрасте составила на участке 5 (при возрасте 9 лет) 45 см/год, а на участке 2 (при таком же возрасте) – 36 см/год. По другим объектам закономерность аналогичная.

Сравнение средних высот лесных культур и подроста показывает, что сосна естественного происхождения, которая встречается в рядах культур, ниже лесных культур на всех объектах исследования. В первую очередь это связано с тем, что весь подрост сосны имеет возраст около 5 лет, что существенно моложе лесных культур (табл. 3).

Береза, которая в большом количестве входит в состав молодняков, по высоте превышает как куль-

туры сосны, так и все другие породы. Отдельные растения достигают высоты 3,9 м.

Таблица 3
Средняя высота молодняков по породам, м

Номер опытного участка	Сосна ЛК	Сосна ЕВ	Береза	Ель	Осина
1	2,90	1,48	2,53	1,08	–
2	1,77	1,35	2,41	1,61	–
3	2,79	1,85	3,07	1,87	0,92
4	1,93	0,93	2,88	0,93	–
5	3,54	0,99	2,15	0,85	–
6	2,00	1,41	2,81	0,72	–

Подрост ели на объектах исследования относится как к предварительной, так и к последующей генерациям. Средняя высота варьирует от 0,72 до 1,87 м. Осина встречается в небольшом количестве только на объекте №3. Средняя высота существенно ниже по сравнению с березой и сосной. Это связано с регулярным повреждением осины зайцем и лосем.

Таким образом, лесные культуры, созданные с открытой корневой системой в весенний период, оказались более жизнеспособными и показали более высокую сохранность. Приживаемость, сохранность, средний периодический прирост культур, созданных посадочным материалом с ЗК, оказались ниже.

Возраст хвои лесных культур сосны не зависит от вида посадочного материала и составляет, как и у подроста сосны, 2 года. Такой возраст хвои зафиксирован как на центральных, так и на боковых побегах.

На опытных участках появляются и подлесочные породы, преобладают ивы кустарниковые – *Salix sp.**, крушина ломкая – *Frangula alnus* Mill.(Кр), можжевельник обыкновенный – *Juniperus communis* L.(Мж), рябина обыкновенная – *Sorbus aucuparia* L.(Рб). Максимальная численность всех видов подлесочных пород не превышает 360 экз./га, следовательно, значимого влияния подлесок не оказывает на лесные культуры (табл. 4).

Таблица 4
Видовой состав и численность подлеска на опытных объектах

Показатели	Номер участка исследования					
	1 ОК	2 ЗК	3 ОК	4 ЗК	5 ОК	6 ЗК
Квартал, выдел	86-10	86-14	87-7	87-10	87-14	88-4
Состав молодняка, %	55С 42БЗЕ	50С 48Б 2Е	49С _{культ} 21С _{ест} 19Б 7Е4Ос	49С 48Б 3Е	62С _{культ} 12С _{ест} 24Б 2Е	41С _{культ} 22С _{ест} 35Б 2Е
Общая густота молодняка, экз./га	5650	3700	5370	3400	5240	4200
Состав подлеска, %	42Мж 31Кр 27Рб	37Мж28Кр 18Рб 17Ив*	38Кр 29Ив 17Мж 16Рб	33Рб 25Кр 22 Ив 20Мж	46Мж 21Рб 20Кр 13Ив	49Мж 19Рб 18Кр 14Ив
Численность подлеска, экз./га	290	180	360	290	170	210

Примечание. *Ивы ушковая и козья.

Живой напочвенный покров, напротив, хорошо развит. Численность видов на отдельных участках достигает 26. Преобладают лесные виды (рис. 2). Преобладающие виды в составе ЖНП представлены в формуле состава (табл. 5). Формула составлена по величине проективного покрытия и встречаемости каждого вида. Для составления формулы на каждом участке использовали четыре преобладающих вида. Все остальные виды указывали в числе прочих



Рис. 2. Напочвенный покров на пробной площади № 1

Таблица 5
Состав живого напочвенного покрова
и общее количество видов на опытных объектах

Номер опытного объекта	Состав ЖНП, %	Общее количество видов
1	25Кл 21Вр 17Бр 14Ич 23Проч.	16
2	34Вр 27Кл 14Бр 11Ич 14Проч.	18
3	46Чер 18Ич 7Вр 5Бр 24Проч.	26
4	41Вр 22Бр 15Вей 12Ич 10Проч.	23
5	42Бр 30Вр 5Кл 4Ич 19Проч.	21
6	53Вр 32 Бр 5Кл 4Ич 6Проч.	15

Примечание. Кл – кладония лесная – *Cladonia arbuscula* (WALLR.) FLOT, Вр – вереск обыкновенный – *Calluna vulgaris* (L.) HILL, Бр. – брусника обыкновенная – *Vaccinium vitis-idaea* L., Ич – иван-чай узколистный – *Chamaenerion angustifolium* L., Вей – ветник лесной – *Calamagrostis arundinacea* (L.) ROTH, Проч. – прочие виды



Рис. 3. Основные типы почв на исследуемых участках

Основные типы почв относятся к супесчаным свежим дерново-подзолистым. Такой тип почвы представлен на всех исследуемых объектах (рис. 3). Почвы на опытных участках отличались лишь мощностью органогенного горизонта

ВЫВОДЫ

1. На всех опытных объектах лесных культур сосны, созданных на месте сплошных рубок сосняков брусничных посадочным материалом с открытой корневой системой, имеют лучшие показатели относительно культур, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой. Основные причины различий – качество посадочного материала и сезон посадки.

2. Приживаемость лесных культур составила 63–95 %. Оказалось, что приживаемость культур, созданных сеянцами с открытыми корнями, оказалась выше, чем для культур, созданных сеянцами с закрытыми корнями. Сохранность на момент обследования – 41–60 %. Сохранность лесных культур, созданных посадочным материалом с открытой корневой системой, также оказалась выше.

3. Молодняки на опытных участках характеризуются смешанным составом. Доля сосны искусственного происхождения варьирует от 41 до 62 %. Береза в составе молодняков по численности занимает 19–48 %. Осина и ель представлены единичными экземплярами. Численность подроста сосны на отдельных участках составляет более 800 экз./га.

4. На опытных участках культур сосны 8–10 лет в составе живого напочвенного покрова преобладают вереск и брусника, до 53 % по проективному покрытию.

5. Средний текущий прирост лесных культур сосны за последние 3 года варьирует от 31 до 50 см/год. Величина прироста у растений, сформировавшихся из сеянцев с открытыми корнями, выше, чем у растений из сеянцев с закрытыми корнями.

6. Возраст хвой лесных культур сосны не зависит от вида посадочного материала и составляет, как и у подроста последующей генерации сосны, 2 года. Средний возраст подроста сосны – около 5 лет.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Бабич Н. А. Корчагов С. А., Конюшатов О. А., Стребков Н. Н., Лупанова И. Н. Актуальные проблемы лесовосстановления на Европейском Севере России в рамках перехода к интенсивной модели ведения лесного хозяйства // Лесной журнал, 2013. № 2. С. 36–42.
2. Гаврилова О. И., Колганов Е. С., Пак К. А. Оценка успешности самовозобновления сосны на гари // Лесотехнический журнал, 2020. № 4. С. 142–150. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.4/11.
3. Гоф А. А. Эффективность создания лесных культур сосны обыкновенной сеянцами с закрытой корневой системой в ленточных борах Алтая : дис. ... канд. сельскохозяйств. наук. Урал. гос. лесотехнич. ун-т. Екатеринбург, 2020. http://spbfu.ru/wp-content/uploads/2020/03/Dissertaziya_Gof_AA.pdf.
4. Грязькин А. В. Пат. 2084129 Российская Федерация, МКИ С 6 А 01 G 23/00. Способ учета подроста. Заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургская

лесотехническая академия. № 94022328/13; заяв. 10.06.94; опуб. 20.07.97, Бюл. № 20. 3 с.

5. Грязькин А. В., Беляева Н. В., Казы И. А., Ефимов А. В., Сырников И. А. Особенности роста подраста сосны под пологом древостоев на сухих бедных почвах // Research Science. (Banská Bystrica, Словакия). URL: <http://researchscience.info/payment/>. 2019. № 8. С. 3–6.

6. Кутявин И.Н. Манов А.В., Осипов А.Ф., Кузнецов М.А. Стрoение древостоев северотаежных сосняков // Изв. вузов. Лесн. журн., 2021. No 2. С. 86–105. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-86-105.

7. Мерзленко М. Д. Актуальные аспекты искусственного лесовосстановления // Лесн. журн. 2017. № 3. С. 22–30.

8. Gryazkin A., Bepalova V., Samsonova I. (et al.). Potential reserves and development of non-wood forest resources. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 453–468. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/316/1/012007>.

9. Hansen W. D., Braziunas K. H., Rammer W, Seidl R., Turner M. G. (2018). It takes a few to tango: Changing climate and fire regimes can cause regeneration failure of two subalpine conifers. Ecology 99:966–977. DOI: 10.1002/ecy.

10. Hanssen K. H. Natural regeneration of *Picea abies* on small clear-cuts in SE Norway. For. Ecol. Manage, 180 (2003), pp. 199–213.

11. Monica G. Turner, Kristin H. Braziunas, Winslow D. Hansen, and Brian J. Harvey. Short-interval severe fire erodes the resilience of subalpine lodgepole pine forests PNAS June 4, 2019 116 (23) 11319–11328; <https://doi.org/10.1073/pnas.1902841116>.

12. Zarubina L. V. Outflow and Distribution of Spruce 14C-Assimilates after Selective Felling in the Northern Taiga Phytocenosis. Lesnoy Zhurnal 2019, no. 2, pp. 40–55. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.40.

REFERENCES

1. Babich N. A., Korchagov S. A., Konjushatov O. A., Strebkov N. N., Lupanova I. N. Aktual'nye problemy lesovosstanovleniya na Evropejskom Severe Rossii v ramkah perehoda k intensivnoj modeli vedeniya lesnogo hozjajstva. Lesn. zhurn. 2013. № 2. S. 74–83. (In Russ.)

2. Gavrilova O. I., Kolganov E. S., Pak K. A. Ocenka uspešnosti samovozobnovleniya sosny na gari. Lesotekhnicheskij zhurnal. 2020. № 4. S. 142–150. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.4/11. (In Russ.)

3. Gof A. A. Jeffektivnost' sozdaniya lesnyh kul'tur sosny obyknovennoj sejancami s zakrytoj kornevoj

sistemoj v lentochnyh borah Altaja : Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata sel'skohozjajstvennyh nauk. Ural'skij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet. Ekaterinburg, 2020. http://spbftu.ru/wp-content/uploads/2020/03/Dissertaziya_Gof_AA.pdf. (In Russ.)

4. Gryazkin A. V. Pat. 2084129 Russian Federation, MKI C 6 A 01 G 23/00. The method of accounting for undergrowth. Applicant and patent holder St. Petersburg Forest Engineering Academy. No. 94022328/13; dec. 06/10/94; pub. 07/20/97, Bull. No. 20. 3 p.

5. Grjaz'kin A. V., Beljaeva N. V., Kazi I. A., Efimov A. V., Syrnikov I. A. Osobennosti rosta podrosta sosny pod pologom drevostoev na suhix bednyh pochvah. Nauchnyj zhurnal "Research Science" (Banská Bystrica, Slovakiya). sajт: <http://researchscience.info/payment/>. 2019. № 8. S. 3–6. (In Russ.)

6. Kutjavin I. N., Manov A. V., Osipov A. F., Kuznecov M. A. Stroenie drevostoev severota-ezhnyh sosnjakov. Izv. Vuzov. Lesn. zhurn. 2021. No 2. s. 86–105. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-86-105. (In Russ.)

7. Merzlenko M. D. Aktual'nye aspekty iskusstvennogo lesovosstanovleniya. Lesn. zhurn. 2017. № 3. S. 22–30. (Izv. vyssh. ucheb. zavedenij). (In Russ.)

8. Gryazkin A., Bepalova V., Samsonova I. (et al.). Potential reserves and development of non-wood forest resources. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 453–468. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/316/1/012007>.

9. Hansen W. D., Braziunas K. H., Rammer W, Seidl R., Turner M. G. (2018) It takes a few to tango: Changing climate and fire regimes can cause regeneration failure of two subalpine conifers. Ecology 99: 966–977. DOI: 10.1002/ecy.

10. Hanssen K. H. Natural regeneration of *Picea abies* on small clear-cuts in SE Norway. For. Ecol. Manage., 180 (2003), pp. 199–213.

11. Monica G. Turner, Kristin H. Braziunas, Winslow D. Hansen, and Brian J. Harvey. Short-interval severe fire erodes the resilience of subalpine lodgepole pine forests PNAS June 4, 2019 116 (23) 11319–11328; <https://doi.org/10.1073/pnas.1902841116>.

12. Zarubina L. V. Outflow and Distribution of Spruce 14C-Assimilates after Selective Felling in the Northern Taiga Phytocenosis. Lesnoy Zhurnal, 2019, no. 2, pp. 40–55. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.40.

© Гаврилова О. И., Грязькин А. В., Пак К. А.,
Лубинь Го, Тун Чэн, 2023

Поступила в редакцию 26.10.2022

Принята к печати 04.04.2023