

ПРОТЕКАНИЕ СУКЦЕССИЙ В ДРЕВОСТОЯХ НА ТЕРРИТОРИИ СОЛОВЕЦКОГО МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА

А.Н. Соболев¹, П.А. Феклистов^{2✉}, Л.Ф. Попова³, И.Н. Болотов²

¹ФГБУК Соловецкий государственный историко-архитектурный и природный музей-заповедник, Россия, 163000, Архангельская обл., Приморский район, пос. Соловецкий

²ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова УрО РАН, Россия, 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 109

³ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ), Россия, 163002, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, д. 17

pfeklistov@yandex.ru

Представлены материалы исследований, проведенных на территории Соловецкого музея-заповедника в разных наиболее распространенных типах леса: сосняках лишайниковых, брусничных, черничных, сфагновых и ельниках черничных. Приведено обоснование выбора этих типов леса. Показано количество подроста разных пород по типам леса. Установлено, что более всего подрост сосны под пологом сосняков лишайниковых, меньше в сфагновых и очень мало в черничных и брусничных, в ельниках черничных подрост сосны нет. Выявлено, что подрост ели встречается под пологом сосняков черничных брусничных и ельников черничных. Показано, что подрост березы больше всего в сосняках лишайниковых, значительно меньше в сосняках черничных и брусничных и совсем мало в сосняках сфагновых и ельниках черничных. Осины везде крайне мало, а в сфагновых сосняках нет вообще. Установлено, что оказывает влияние на состав подроста состав древостоя. Во всех типах леса сосны в составе подроста меньше на несколько единиц под пологом сосняков, а ели под пологом ельников. Установлено время накопления подроста под пологом, оно составляет 12–22 года. Показано, что сосняки лишайниковые и сфагновые, а так же ельники черничные будут существовать без вмешательства человека на занимаемых площадях бесконечно долго. В сосняках черничных и брусничных с большой долей вероятности произойдет смена пород и на место сосны придет ель.

Ключевые слова: подрост, категория состояния, высота, тип леса, сукцессия, смена пород

Ссылка для цитирования: Соболев А.Н., Феклистов П.А., Попова Л.Ф., Болотов И.Н. Протекание сукцессий в древостоях на территории Соловецкого музея-заповедника // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2023. Т. 27. № 2. С. 11–17. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-2-11-17

Сукцессии или смена одной экосистемы на другую протекают вследствие накопления с течением времени органического вещества и перехода количественных изменений в качественные [1, 2]. Это соответствует философскому закону перехода количественных изменений в качественные [3]. Смена экосистем происходит независимо, однако направление сукцессии в некоторой степени можно спрогнозировать и предопределить возможности изменения. В лесоводственной литературе это явление характеризуется как смена пород [4, 5]. В приарктических лесных экосистемах драйвером смены пород, безусловно, выступают древесные растения. Именно они накапливают наибольшее количество органических веществ [8–10] и являются эдификаторами для других организмов. В смене пород существенное значение имеет наличие подроста под пологом древостоя, его количество, породный состав и состояние. Молодое поколение леса всходы, подрост оказывают едва ли не решающее значение для смены пород, определяют тип будущего лесного биогеоценоза. В связи с этим подросту достаточно уделяют внимания в научной литературе [6–12] Однако

для северных и крайне северных биогеоценозов подрост изучен недостаточно особенно с точки зрения его перспектив в будущем.

Цель работы

Цель работы — проведение исследования древостоев в разных типах леса (разных типах экосистем) и подроста под пологом на примере Большого Соловецкого острова для предсказания вероятного развития сукцессионных смен.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили данные пробных площадей на территории Соловецкого музея-заповедника. В разных наиболее характерных типах леса было заложено 39 пробных площадей для изучения древостоя и подроста. Пробные площади закладывали в сосняках лишайниковых, брусничных, черничных, сфагновых и в ельниках черничных. В совокупности эти типы леса занимают 70 % покрытой лесом площади (рис. 1).

Древостои сосняков лишайниковых и сфагновых чистые по составу, а брусничные и черничные — с небольшой примесью березы и осины, в ельниках черничных присутствует в примеси береза и осина, а также сосна.

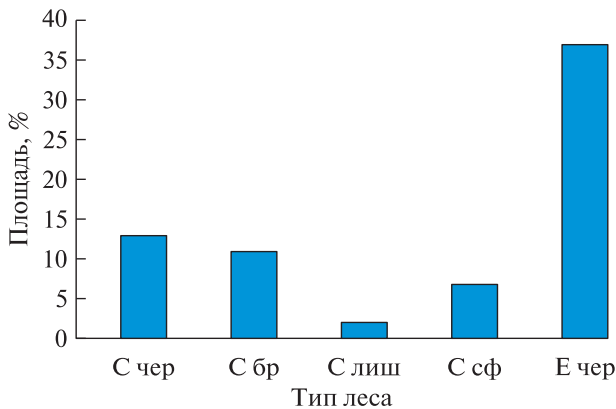


Рис. 1. Распределение покрытой лесом площади по типам леса [13]

Fig. 1. Distribution of forested area by forest types [13]

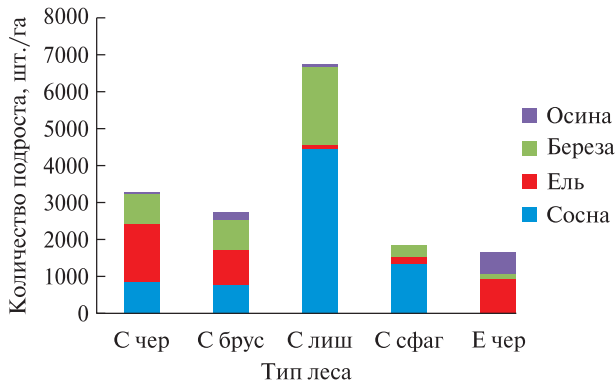


Рис. 2. Породный состав и количество подроста в разных типах леса

Fig. 2. Species composition and amount of undergrowth in different types of forest

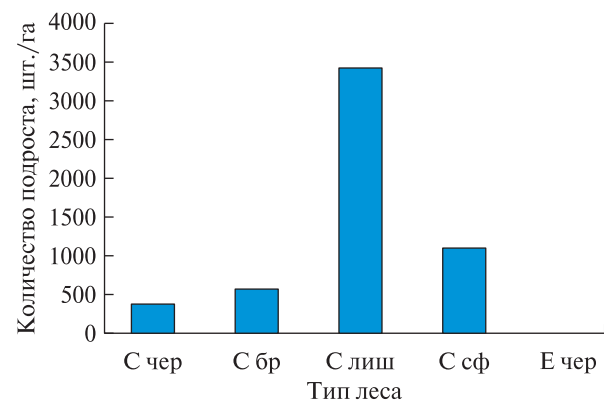


Рис. 3. Среднее количество подроста сосны в разных типах леса категорий ББ и БД

Fig. 3. Average number of pine undergrowth in different forests types of categories BB and BD

Закладку пробных площадей, их лесоводственно-таксационное и геоботаническое описание выполняли с учетом известных методик и рекомендаций [14–18]. Для изучения возраста применяли возрастную буров Naglof и микроскоп

МБС-9 [19–22]. На каждой пробной площади у 64 учетных деревьев были измерены диаметр ствола, высота и определен возраст. Расчеты проводили с использованием рекомендаций И.И. Гусева [16].

В пределах пробных площадей проводилось изучение подроста основных лесобразующих пород с подразделением на категории высоты (мелкий 0...9,5 м, средний 0,51...1,5 м и крупный 1,51...2,0 м и более) и жизненного состояния на пяти учетных площадках размером 2×10 м, заложенных лентой по диагонали пробной площади. Выделены следующие категории жизненного состояния [4]:

- *благонадежный безукоризненный* (ББ) — подрост благонадежный физиологически, безукоризненный в техническом отношении;
- *благонадежный дефектный* (БД) — подрост благонадежный физиологически, но дефектный в техническом отношении;
- *сомнительный* (Сом) — потенциальные возможности подроста в данный момент трудно определить;
- *ненадежный* (Нен);
- *сухой подрост* (Сух).

Эти категории жизненного состояния помогут определить перспективность подроста в будущем.

Результаты и обсуждение

Сравнение количества подроста сосны по типам леса показывает следующее. В целом под пологом сосняков количество подроста изменяется в пределах от 820 шт./га в сосняках черничных до 2943 шт./га в сосняках лишайниковых (рис. 2). Полностью отсутствует подрост сосны под пологом ельников черничных. Количество подроста под пологом сосняков нарастает по мере увеличения сухости почвы и ее бедности питательными веществами, это следует из классификационных построений В.Н. Сукачева, классификацией которого мы пользуемся. По-видимому, количество подроста связано с толщиной подстилки и ее содержанием, наполнением мхами, лишайниками и травянистыми растениями. Чем больше сухость, тем меньше мхов и травянистых растений. Сравнительно давно Г.Ф. Хильми [23] убедительно доказал, что «для сосны подстилка является значительно большим препятствием к самовозобновлению, нежели для ели». Другим мощным фактором возобновления является освещенность под пологом леса [4]. Оба фактора в совокупности, вероятно, привели к тому, что в ельнике черничном нет подроста сосны. Больше всего его под пологом сосняков черничных, даже больше, чем соснового подроста. Очень близки показатели количества подроста в сосняках брусничных и ельниках черничных и он пол-

ностью отсутствует в сосняках лишайниковых и сфагновых. Практически везде под пологом присутствует береза и особенно много ее в сосняках лишайниковых.

Если рассматривать, например, только подрост сосны из двух категорий — безукоризненно благонадежный (ББ) и безукоризненный дефектный (БД), то пропорции остаются прежними, с той лишь разницей, что количество подроста уменьшается на 1 га (рис. 3). Часть подроста переходит в другие категории качества, а часть — отмирает или усыхает. Количество усохших деревьев подроста под пологом сосняков в среднем составляет 2,5 % его общего количества, а в ельниках черничных — 3 %.

Интересно сравнение состава древостоя и состава подроста по типам леса (табл. 1). В сосняках в подросте меньше сосны, чем в составе древостоя на 3–5 ед., а ели, наоборот, больше на 1–2 ед. В ельниках ели в подросте меньше, чем в составе древостоя на 2 ед. Следует отметить, что состав древостоя определялся по сумме площадей поперечных сечений, а состав подроста по количеству.

Таким образом, количество подроста под пологом леса невелико. Если руководствоваться литературными данными, например, П.Н. Львова, Л.Ф. Ипатова [24], то следует признать, что возобновление неудовлетворительно (критическим они считают 3000 шт./га). Более поздние работы [25] дают еще большие цифры для признания возобновления удовлетворительным. Если речь идет о рубке в ближайшее время, то, вероятно, приведенные оценки можно использовать. В то же время, как нам кажется, эти оценки не совсем объективны, если речь идет о естественном процессе сукцессии, а не смене экосистем в результате рубки.

Для понимания того, как быстро идет процесс накопления подроста под пологом леса, мы использовали данные по среднему приросту в высоту у деревьев в разных типах леса. Для этой оценки использовалось 64 учетных дерева на каждой пробной площади (39 пробных площадей) а затем получили средний прирост в высоту по типам леса (табл. 2) Средний прирост в высоту уменьшается от сосняков черничных к соснякам сфагновым. Если в сосняках черничных средний прирост в высоту составляет 15,6 см/год, то в сосняках сфагновых почти в 2 раза меньше — 9,1 см/год. Все показатели достоверны для уровня значимости 0,05, а точность их определения находится в пределах 4...5 %

Зная прирост деревьев в высоту, можно рассчитать период времени, за который произошло накопление подроста сосны разных высотных групп под пологом в разных типах леса (табл. 3).

Т а б л и ц а 1

Средний состав древостоя и подроста в разных типах леса

Average composition of stand and undergrowth in different forest types

Тип леса	Состав древостоя	Состав подроста
С черничный	6С3Е1Б ед. Ос	2С5Е3Б ед. Ос
С брусничный	8С2Е ед. Б	3С4Е2Б1Ос
С лишайниковый	10С ед. Е	7С3Б+Е, Ос
С сфагновый	10С ед. Е	7С2Б1Е
Е черничный	8Е1Б1Ос ед. С	6Е3Ос1Б

Т а б л и ц а 2

Средний прирост в высоту деревьев сосны в разных типах леса (см/год)

Average increase in height of pine trees in different forest types (cm/year)

Статистические показатели прироста в высоту	Тип леса			
	Счер	Сбр	Слиш	Ссф
Среднее значение, см	15,6	11,1	9,8	9,1
Стандартное отклонение, см	5,7	3,3	3,5	3,7
Ошибка среднего, см	0,8	0,4	0,46	0,5
Коэффициент изменчивости, %	36,9	31,1	37,3	43,1
Достоверность (критерий Стьюдента)	17,5	28,5	22,2	19,8
Точность, %	4,9	3,9	4,7	5,4

Т а б л и ц а 3

Количество подроста сосны в разных типах леса по высотным группам

The number of pine undergrowth in different forest types by altitude groups

Группа высот	Счер		Сбр		Слиш		Ссф	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Мелкий 0...0,5 м	40	3	150	4,5	1900	5,1	360	5,5
Средний 0,51...1,5 м	260	9,6	325	13,5	1833	15,3	520	16,5
Крупный 1,51...2,0 м	520	12,8	275	18,0	700	20,4	460	22,0

Примечание 1 — количество подроста, шт./га; 2 — среднее время накопления, лет.

Строгих закономерностей в распределении подроста сосны по разным высотным группам нет. В сосняках черничных в среднем больше крупного и среднего подроста, то же самое в сосняках брусничных. В сосняках лишайниковых более всего мелкого и среднего подроста, а в сосняках сфагновых представлены все высотные группы. В ельниках черничных подроста нет.

Интересно, что для накопления подроста (на момент исследования) в сосняках черничных потребовалось 13 лет, в сосняках брусничных — 18 лет, в сосняках лишайниковых — 20 лет и в сфагновых — 22 года. Следовательно, перспективы продолжения накапливания подроста имеются во всех типах леса с учетом возраста древостоев.

Выводы

Подроста сосны больше всего в сосняках лишайниковых (4433 шт./га) и сосняках сфагновых 1340 шт./га, значительно меньше в сосняках черничных и брусничных, в ельниках черничных подроста сосны нет.

Подроста ели больше всего под пологом сосняков черничных (1600 шт./га) и брусничных (975 шт./га), мало в сосняках лишайниковых и сфагновых, а под пологом ельников черничных наименьшее количество (925 шт./га).

Подроста березы больше всего в сосняках лишайниковых, в сосняках брусничных и черничных почти в три раза меньше и еще меньше в сфагновых. Осины в сосняках мало, в сфагновых — осина отсутствует, но много ее в ельниках черничных.

Преобладающими категориями подроста являются безукоризненно благонадежные экземпляры и безукоризненно дефектные, количество усохших составляет в среднем 2,5 % в сосняках и 3 % в ельниках.

Состав подроста отличается от состава древостоя. Сосны в сосняках в составе подроста на 3–5 ед. меньше, чем в составе древостоя, а ели на 1–2 ед. больше. В ельниках ели на 2 ед. меньше, чем в составе древостоя.

Скорость накопления имеющегося подроста сосны под пологом сосняков в разных типах леса варьируется от 12 до 22 лет

При естественном протекании сукцессионных процессов можно предположить, что сосняки лишайниковые и сфагновые, а также ельники черничные будут существовать бесконечно долго и их можно считать климаксовыми сообществами. В сосняках черничных и брусничных, с большой вероятностью, произойдет смена пород, и доминирующим видом в будущем будет ель.

Список литературы


- [1] Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
- [2] Основы лесной биогеоценологии / Под ред. В.Н. Сукачева, Н.В. Дылиса. М.: Наука, 1964. 574 с.
- [3] Философия / Под ред. В.В. Миронова. М.: Норма, 2005. 928 с.
- [4] Мелехов И.С. Лесоведение. М.: Лесная пром-сть, 1980. 406 с.
- [5] Чибисов Г.А. Смена сосны елью. Архангельск: СевНИИЛХ, 2010. 150 с.
- [6] Тетюхин С.В., Павская М.В. Общая оценка естественного лесовозобновления по преобладающим породам, типам леса и типам лесорастительных условий на территории Лисинской части Учебно-опытного лесничества Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2021. Вып. 235. С. 71–83. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.235.71-83
- [7] Ермакова М.В. Структура подроста сосны в различных экотопах Среднего Урала // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2021. Вып. 234. С. 53–64. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.234.53-64
- [8] Данилов Д.А., Шестаков В.А., Шестакова Т.А., Эндерс О.О. Сукцессионные стадии восстановления древесной растительности на постагрогенных землях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2020. Вып. 233. С. 60–80. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.233.60-80
- [9] Смирнов А.А., Богачев П.А., Смирнов А.П. Естественное возобновление на вырубках Карелии в связи с плодородием и увлажнением лесной почвы // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2020. Вып. 232. С. 20–32. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.20-32
- [10] Нгуен Ван Туен, А.П. Смирнов, Ву Ван Чыонг. Возобновление леса и влияние на него нижних ярусов фитоценозов после выборочных рубок в центральном Вьетнаме // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2020. Вып. 230. С. 54–72. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.230.54-72
- [11] Данилов Д.А., Богданова Л.С., Мандрыкин С.С., Яковлев А.А., Сергеева А.С. Влияние плодородия почвы на естественное возобновление леса на старопашотных землях // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2019. Вып. 229. С. 145–163. DOI: 10.21266/2079-4304.2019.229.145-163
- [12] Андреев Г.В. Формирование, рост и развитие полевой ели и пихты II яруса нескольких рядов восстановительно-возрастной динамики на Южном Урале // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2019. Вып. 226. С. 6–19. DOI: 10.21266/2079-4304.2019.226.6-19
- [13] Феклистов П.А., Соболев А.Н. Лесные насаждения Соловецкого архипелага (Структура, состояние, рост). Архангельск: САФУ, 2010. 201 с.
- [14] Анучин Н.П. Лесная таксация. М.: Лесная промышленность, 1982. 552 с.
- [15] Бурова Н.В., Феклистов П.А. Антропогенная трансформация пригородных лесов. Архангельск: Изд-во Архангельского ГТУ, 2007. 264 с.
- [16] Гусев И.И., Калинин В.И. Лесная таксация. Л.: ЛТА, 1988. 61 с.
- [17] ОСТ 56-69–83. Площади пробные лесоустroительные. Метод закладки. Введ. 01.01.84. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1984. 60 с.
- [18] Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: АН СССР, 1961. 144 с.
- [19] Битвинскас Т.Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеониздат, 1974. 172 с.
- [20] Матвеев С.М., Тимашук Д.А. Дендроклиматический анализ 200-летнего древостоя сосны обыкновенной в Воронежском биосферном заповеднике // Лесоведение, 2019. № 2. С. 93–104. DOI: 10.1134/S0024114819020074
- [21] Константинов А.В., Матвеев С.М. Методический подход к оценке адаптационного потенциала лесных экосистем Российской Федерации // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства, 2020. № 2. С. 14–33.

- [22] Славский В.А., Матвеев С.М. Некоторые аспекты закладки пробных площадей при проведении государственной инвентаризации лесов // Лесотехнический журнал, 2021. Т. 11. № 1(41). С. 56–63. <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.1/5>
- [23] Хильми Г.Ф. Теоретическая биогеофизика леса. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1957. 206 с.
- [24] Львов П.Н., Ипатов Л.Ф. Лесная типология на географической основе. Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1976. 196 с.
- [25] Лесотаксационный справочник для северо-востока Европейской части СССР (Нормативные материалы для Архангельской, Вологодской областей и Коми АССР). Архангельск: АИЛ и ЛХ, 1986. 358 с.

Исследования выполнены в рамках государственного задания ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН» (Номер гос. регис-трации — 122011400384-2).

Сведения об авторах

Соболев Александр Николаевич — канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. ФГБУК Соловецкий государственный историко-архитектурный и природный музей-заповедник, alex-sobol@mail.ru

Феклистов Павел Александрович  — д-р с.-х. наук, профессор ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН», pfeklistov@yandex.ru

Попова Людмила Федоровна — д-р биол. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ), Lf.porova@narfu.ru

Болотов Иван Николаевич — д-р биол. наук, директор ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН», inepgras@yandex.ru

Поступила в редакцию 24.11.2022.

Одобрено после рецензирования 10.01.2023.

Принята к публикации 09.02.2023.

STANDS SUCCESSIONS COURSE IN SOLOVETSKY MUSEUM-RESERVE

A.N. Sobolev¹, P.A. Feklistov², L.F. Popova³, I.N. Bolotov²

¹Solovetsky State Historical, Architectural and Natural Museum-Reserve, 163000, Arkhangelsk reg., Primorsky District, Solovetsky settlement, Russia

²Federal Research Center for the Integrated Study of the Arctic named after Academician N.P. Laverov, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 109, Naberezhnaya Severnoy Dviny st., 163000, Arkhangelsk, Russia

³Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (SAFU), 17, Naberezhnaya Severnoy Dviny st., 163002, Arkhangelsk, Russia

pfeklistov@yandex.ru

The research was carried out on the territory of the Solovetsky Museum Reserve in various most common types of forests — lichen, cranberry, blueberry, sphagnum and blueberry spruce forests. Temporary taxing trial areas were laid out for the research, widely known and proven methods were used. The stand was studied at each test area, in addition, the height diameter was measured and the age of 64 registered trees was determined, sites were laid for the study of undergrowth with its division by species, height and condition. It was found that the highest amount of the pine undergrowth is under the canopy of lichen pine forests, smaller amount in sphagnum and the least is found in blueberry and lingonberry. There is no pine undergrowth in the blueberry spruce forests. Spruce undergrowth is found under the canopy of blueberry cranberry pine forests and blueberry spruce forests. Of the undergrowth of deciduous species, birch undergrowth is mostly found in lichen pine forests, aspen is extremely scarce everywhere, and there is no sphagnum pine forests at all. The composition of the stand has an effect on the composition of the undergrowth. Everywhere pine trees in the undergrowth are several units smaller under the canopy of pine forests, and spruce trees under the canopy of spruce forests. The time of accumulation of undergrowth under the canopy has been established, it is 12–22 years. It has been established that lichen and sphagnum pine forests, as well as blueberry spruce forests, will exist ever so long without human intervention on the areas. In the blueberry and lingonberry pine forests, a change of species is likely to occur and spruce will take the place of pine.

Keywords: undergrowth, category of condition, height, type of forest, succession, change of breeds

Suggested citation: Sobolev A.N., Feklistov P.A., Popova L.F., Bolotov I.N. *Protokanie suksessiy v drevostoyakh na territorii Solovetskogo muzeya-zapovednika* [Stands successions course in Solovetsky museum-reserve]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2023, vol. 27, no. 2, pp. 11–17. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-2-11-17

References

- [1] Odum Yu. *Osnovy ekologii* [Fundamentals of ecology]. Moscow: Mir, 1975, 740 p.
- [2] *Osnovy lesnoy biogeotsenologii* [Fundamentals of forest biogeocenology]. Eds. V.N. Sukachev, N.V. Dilis. Moscow: Nauka, 1964, 574 p.

- [3] *Filosofiya* [Philosophy]. Ed. V.V. Mironov. Moscow: Norma, 2005, 928 p.
- [4] Melekhov I.S. *Lesovedenie* [Forestry]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1980, 406 p.
- [5] Chibisov G.A. *Smena sosny el'yu* [Change from pine to spruce]. Arkhangel'sk: Sevnii kh, 2010, 150 p.
- [6] Tetyukhin S.V., Pavskaya M.V. *Obshchaya otsenka estestvennogo lesovozobnovleniya po preobladayushchim porodam, tipam lesa i tipam lesorastitel'nykh usloviy na territorii Lisinskoy chasti Uchebno-opyt'nogo lesnichestva Leningradskoy oblasti* [General assessment of natural reforestation by prevailing species, forest types and types of forest growth conditions on the territory of the Lisinsky part of the Educational and Experimental Forestry of the Leningrad Region]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy], 2021, iss. 235, pp. 71–83. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.235.71-83
- [7] Ermakova M.V. *Struktura podrosta sosny v razlichnykh ekotopakh Srednego Urala* [The structure of pine undergrowth in various ecotopes of the Middle Urals]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy], 2021, iss. 234, pp. 53–64. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.234.53-64
- [8] Danilov D.A., Shestakov V.A., Shestakova T.A., Enders O.O. *Sukstessionnye stadii vosstanovleniya drevesnoy rastitel'nosti na postagrogennykh zemlyakh Leningradskoy oblasti* [Successional stages of restoration of woody vegetation on post-agrogenic lands of the Leningrad Region]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [Proceedings of the St. Petersburg Forest Engineering Academy], 2020, iss. 233, pp. 60–80. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.233.60-80
- [9] Smirnov A.A., Bogachev P.A., Smirnov A.P. *Estestvennoe vozobnovlenie na vyrubkakh Karelii v svyazi s plodorodiem i uvlazhneniem lesnoy pochvy* [Natural regeneration in the clearings of Karelia due to the fertility and moisture of the forest soil]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [Proceedings of the St. Petersburg Forestry Engineering Academy], 2020, iss. 232, pp. 20–32. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.20-32
- [10] Nguen Van Tuen, A.P. Smirnov, Vu Van Chyong. *Vozobnovlenie lesa i vliyaniye na nego nizhnikh yarusov fitotsenozov posle vyborochnykh rubok v tsentral'nom V'etname* [Renewal of the forest and the impact on it of the lower tiers of phytocenoses after selective felling in central Vietnam]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [Proceedings of the St. Petersburg Forestry Engineering Academy], 2020, iss. 230, pp. 54–72. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.230.54-72
- [11] Danilov D.A., Bogdanova L.S., Mandrykin S.S., Yakovlev A.A., Sergeeva A.S. *Vliyaniye plodorodiya pochvy na estestvennoe vozobnovlenie lesa na staropakhotnykh zemlyakh* [Influence of soil fertility on natural reforestation on old arable lands]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [Proceedings of the St. Petersburg Forestry Engineering Academy], 2019, iss. 229, pp. 145–163. DOI: 10.21266/2079-4304.2019.229.145-163
- [12] Andreev G.V. *Formirovaniye, rost i razvitiye pokoleniy eli i pikhty II yarusa neskol'kikh ryadov vosstanovitel'no-vozzrastnoy dinamiki na Yuzhnom Urale* [Formation, growth and development of generations of spruce and fir of the II tier of several series of restoration-age dynamics in the Southern Urals]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [Proceedings of the St. Petersburg Forestry Engineering Academy], 2019, iss. 226, pp. 6–19. DOI: 10.21266/2079-4304.2019.226.6-19
- [13] Feklistov P.A., Sobolev A.N. *Lesnye nasazhdeniya Solovetskogo arhipelaga (Struktura, sostoyaniye, rost)* [Forest plantations of the Solovetsky Archipelago (Structure, condition, growth)]. Arkhangel'sk: NArFU, 2010, 201 p.
- [14] Anuchin N.P. *Lesnaya taksatsiya* [Forest taxation]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1982, 552 p.
- [15] Burova N.V., Feklistov P.A. *Antropogennaya transformatsiya prigorodnykh lesov* [Anthropogenic transformation of suburban forests]. Arkhangel'sk: Publishing House of the Arkhangel'sk State Technical University, 2007, 264 p.
- [16] Gusev I.I., Kalinin V.I. *Lesnaya taksatsiya* [Forest taxation]. Leningrad: LTA, 1988, 61 p.
- [17] OST 56-69-83 *Ploshchadi probnye lesoustroitel'nye. Metod zakladki* [Trial forest inventory areas. Bookmark method. Introduction 01.01.84]. Moscow: TsBNTI Gosleskhkh USSR, 1984, 60 p.
- [18] Sukachev V.N., Zonn S.V. *Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu tipov lesa* [Guidelines for the study of forest types]. Moscow: AN SSSR, 1961, 144 p.
- [19] Bitvinskis T.T. *Dendroklimaticheskie issledovaniya* [Dendroclimatic research]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974, 172 p.
- [20] Matveev S.M., Timashchuk D.A. *Dendroklimaticheskiy analiz 200-letnego drevostoya sosny obyknovennoy v Voronezhskom biosfernom zapovednike* [Dendroclimatic analysis of a 200-year-old Scotch pine stand in the Voronezh Biosphere Reserve]. *Lesovedeniye*, 2019, no. 2, pp. 93–104. DOI: 10.1134/S0024114819020074
- [21] Konstantinov A.V., Matveev S.M. *Metodicheskiy podkhod k otsenke adaptatsionnogo potentsiala lesnykh ekosistem Rossiyskoy Federatsii* [A methodological approach to assessing the adaptive potential of forest ecosystems in the Russian Federation]. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaystva* [Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry], 2020, no. 2, pp. 14–33.
- [22] Slavskiy V.A., Matveev S.M. *Nekotorye aspekty zakladki probnykh ploshchadey pri provedenii gosudarstvennoy inventarizatsii lesov* [Some aspects of laying trial plots during the state forest inventory]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2021, v. 11, no. 1 (41), pp. 56–63. <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.1/5>
- [23] Khil'mi G.F. *Teoreticheskaya biogeofizika lesa* [Theoretical biogeophysics of the forest]. Moscow: Acad. Sciences of the USSR, 1957, 206 p.
- [24] L'vov P.N., Ipatov L.F. *Lesnaya tipologiya na geograficheskoy osnove* [Forest typology on a geographical basis]. Arkhangel'sk: North-West Book Publishing House, 1976, 196 p.
- [25] *Lesotaksatsionnyy spravochnik dlya severo-vostoka Evropeyskoy chasti SSSR (Normativnye materialy dlya Arkhangel'skoy, Vologodskoy oblastey i Komi ASSR)* [Forest inventory guide for the north-east of the European part of the USSR (Regulatory materials for the Arkhangel'sk, Vologda regions and Komi ASSR)]. Arkhangel'sk: AIL i LH, 1986, 358 p.

The research was carried out within the framework of the state task of the Federal State Budgetary Institution of Science «Federal Research Center for the Comprehensive Study of the Arctic named after Academician N.P. Laverov Ural Branch of the Russian Academy of Sciences» (Number of state registration — 122011400384-2).

Authors' information

Sobolev Aleksandr Nikolaevich — Cand. Sci. (Agriculture), Senior researcher of the Solovetsky State Historical, Architectural and Natural Museum-Reserve, alex-sobol@mail.ru

Feklistov Pavel Aleksandrovich [✉] — Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the Federal Research Center for the Integrated Study of the Arctic named after Academician N.P. Laverov, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, pfeklistov@yandex.ru

Popova Lyudmila Fedorovna — Dr. Sci. (Biology), Professor, Lomonosov Northern (Arctic) Federal University (SAFU), Lf.popova@narfu.ru

Bolotov Ivan Nikolaevich — Dr. Sci. (Biology), Director of Federal Research Center for Integrated Arctic Studies named after Academician N.P. Laverov, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, inepras@yandex.ru

Received 21.11.2022.

Approved after review 10.01.2023.

Accepted for publication 09.02.2023.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest