

ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ / FORESTRY, FORESTRY, FOREST CROPS, AGROFORESTRY,
LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.75>

ОЦЕНКА ЗАПАСА ВАЛЕЖА В СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ПОДТАЁЖНО-ЛЕСОСТЕПНОГО РАЙОНА
СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Научная статья

Козлов Н.В.^{1,*}, Вайс А.А.², Вараксин Г.С.³, Ануев Е.А.⁴, Незамов В.И.⁵, Каюков А.Н.⁶

² ORCID : 0000-0003-4965-3670;

⁴ ORCID : 0000-0002-1822-0795;

^{1,2} Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева, Красноярск,
Российская Федерация

³ Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Российская Федерация

⁴ Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, Российская Федерация

^{5,6} Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (nikitos.kozloff2015[at]gmail.com)

Аннотация

В данной статье представлена оценка запасов валежа в сосновых насаждениях подтаёжно-лесостепного района Средней Сибири. Было установлено, что в насаждениях с высокой плотностью (относительная полнота древостоев выше 1,0) и продуктивностью древостоев (I-II классы бонитета) запас валежа менялся от 1,80 до 14,83 м³/га. Доля его (валежа) составляла около 2% от запаса стволовой древесины. Запас валежа представлен преимущественно третьим и выше классами разложения (что составляет 80% от исследуемого показателя). Всё это указывает на то, что процессы деструкции древесины детрита идут достаточно интенсивно. Масса валежа менялась от 0,4 до 3,5 т/га, а запас углерода в валеже варьировал от 0,2 до 1,7 тС/га.

Ключевые слова: валеж, запас, оценка, сосна, Средняя Сибирь.

AN EVALUATION OF THE DEADWOOD STOCK IN THE PINE STANDS OF THE MIDDLE SIBERIAN
SUBFOREST REGION

Research article

Kozlov N.V.^{1,*}, Vais A.A.², Varaksin G.S.³, Anuev Y.A.⁴, Nezamov V.I.⁵, Kayukov A.N.⁶

² ORCID : 0000-0003-4965-3670;

⁴ ORCID : 0000-0002-1822-0795;

^{1,2} M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russian Federation

³ Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation

⁴ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

^{5,6} Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russian Federation

* Corresponding author (nikitos.kozloff2015[at]gmail.com)

Abstract

This article presents an evaluation of deadwood reserves in pine stands in the subtaiga forest-steppe region of Central Siberia. It was established that in stands with high density (relative stand completeness above 1.0) and stand productivity (I-II quality class), the deadwood reserve varied from 1.80 to 14.83 m³/ha. Its fraction (deadwood) was about 2% of the stemwood stock. The deadwood reserve is represented mainly by the third and higher decomposition classes (representing 80% of the surveyed value). All this indicates that detritus wood degradation processes are quite intense. The mass of deadwood varied from 0.4 to 3.5 t/ha, and the carbon stock in dead wood ranged from 0.2 to 1.7 tC/ha.

Keywords: deadwood, reserve, evaluation, pine, Central Siberia.

Введение

Валеж – это деревья в лесу упавшие на землю и их части: сучья, ветви [1].

Ряд авторов считает, что детрит в сосновых насаждениях является критерием оценки санитарного состояния, экологической и пирологической характеристик [2]. Следует отметить значительную роль грибов в процессах деструкции органического вещества и образования биомассы [3]. И.Н. Павлов с соавторами установили, что в хвойных ценозах на территории южной Сибири роль возбудителей корневых гнилей значительно недооценена [4]. Во многих случаях именно их воздействие на фоне неблагоприятных для древесных растений климатических аномалий является основным фактором ухудшения санитарного состояния лесов. В качестве основных причин активизации корневых патогенов следует считать: рост приземной температуры воздуха; увеличение количества и частоты осадков; рубка деревьев, способствующая распространению корневых гнилей; рост ветровой нагрузки на леса (вследствие изменения климата и увеличения площадей вырубок), содействующий развитию раневых гнилей; рост численности популяций стволовых вредителей; техногенное загрязнение, ведущее к общему снижению устойчивости хвойных лесов. Исследования, проведённые И.Н. Павловым с соавторами на территории изучаемого нами опытного объекта

«Караульное», позволили получить вывод об определяющей роли корневой губки в куртинном усыхании сосняков на старопахотных землях [5].

В своей статье по оценке запасов крупных древесных остатков С.А. Мошников, В.А. Ананьев, В.А. Матюшкин констатируют, что максимальное число стволов древесного детрита наблюдается во втором классе возраста (21–40 лет), затем интенсивность изреживания древостоя снижается [6]. Минимальное количество сухостоя и валежа отмечено в возрасте 100–140 лет. В насаждениях старшего возраста отмечается некоторое увеличение числа усохших деревьев, из-за вовлечения в отпад представителей более молодых поколений.

Е.В. Шорохова, Е.А. Капица, А.А. Кузнецов после проведения исследования установили, что скорость ксилолиза в условиях северной тайги зависит, прежде всего, от категории субстрата (ствол, корни, ветви) [7]. На биологическое разложение ветвей и стволовой части оказывает влияние древесная порода. На скорость ксилолиза корней и ветвей установленные факторы влияния не оказали.

Е.В. Шорохова, В.А. Соловьев изучили динамику углерода в лесном массиве. Объектами исследований являлись разновозрастные хвойные и смешанные эксплуатационные и защитные леса в Охтинском учебно-опытном лесхозе. При сравнении полученных показателей авторы сделали следующий вывод, что запасы углерода, заключенные, как в фитомассе древостоя, так и в КДО зависели от преобладающей в древостое породы и ее возраста [8].

Происходит образование валежника при естественном отмирании деревьев, а также при ветровале, буреломе, снеголоме, ожеледи, повреждении насекомыми и грибными заболеваниями (рисунок 1).



Рисунок 1 - Фотография валежника, следствие поражения корневой губкой
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.75.1>

Методы и принципы исследования

Учебно-опытный лесхоз Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева (СибГУ), расположен в центральной части Красноярского края на территории Емельяновского и административного района. В приенисейской части распространены сосновые насаждения, занимающие водораздельные хребты и склоны южных экспозиций. Согласно лесоустроительному районированию Красноярского края, разработанному лабораторией геоботаники института леса им. В.И. Сукачева СО РАН, территория лесхоза расположена в Чулымско-Кетском южно-таежном районе темнохвойных лесов.

Оценка запаса валежа производилась на основе «Методики определения запасов и массы древесного детрита на основе данных лесоустройства» [9].

Полевые работы в намеченных для исследования таксационных выделах закладывали на 3-х и более временных круговых площадок радиусом $R=12,6$ м в типичных для выдела местах.

На площадках отдельно учитывался валеж по классам разложения:

1 класс – полное покрытие корой, сучья крупные и мелкие, твёрдый, форма поперечного сечения круглая, под давлением древесина не прогибается;

2 класс – кора начинает отслаиваться, сучья крупные и мелкие, внешняя часть древесины становится мягкой, форма поперечного сечения круглая, под давлением древесина не прогибается;

3 класс – кора частично сохранилась, сучья крупные, значительная часть древесины сгнила, форма поперечного сечения круглая, под давлением древесины проседает, но не прогибается;

4 класс – кора почти не сохранилась, крупных сучьев нет или они легко вынимаются, древесина мягкая насквозь, форма поперечного сечения деформирована, под давлением древесина проламывается;

5 класс – кора отсутствует, древесина рассыпается, форма поперечного сечения сильно деформирована, наблюдается деструктуризация общего вида [9].

Данные замеров записывались в специальную форму ведомости на закладку площадок. В учет включались детрит-валеж с диаметром у основания равным 10 см и более, длиной 1 м и более.

Измерения выполнялись следующим образом: для валежа — диаметры у основания, посередине, у вершины, а также длина. В случае сильно разложившегося валежа, потерявшего круглую форму сечения, диаметры замеряются параллельно и перпендикулярно поверхности почвы, и оба заносятся в учетную карточку. В случае если ствол валежа попадает в площадку не полностью, учитывалась только его часть, расположенная в радиусе площадок.

Объем валежа рассчитывался по таблицам объемов или другими применяемыми в лесной таксации способами.

Для определения массы детрита применяли базисную плотность древесины — p , являющуюся показателем степени разложения мёртвой древесины, которая вычисляется по формуле:

$$p = Ma.c./V, \quad (1)$$

где $Ma.c$ – масса древесины в абсолютно сухом состоянии, $t^*га^{-1}$;

V – объем древесины, $м^3*га^{-1}$.

Масса детрита определяли по формуле:

$$M = Vd * p, \quad (2)$$

где M – масса детрита, $t^*га^{-1}$;

Vd – запас детрита, $м^3*га^{-1}$;

p – базисная плотность.

Оценка плотности валежа разных классов разложения определялась на основе данных в статье О.В. Трефиловой, Э.Ф. Ведровой, П.А. Оскорбина [10].

Основные результаты и обсуждение

Таксационные характеристики сосновых насаждений, где проводилось изучение запасов валежа, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные таксационные показатели опытных сосняков

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.75.2>

Квартал / выдел	Состав	А, лет	Нср, м	d ср, см	ΣG , $м^2/га$	p	M , $м^3/га$	Бонитет	Тип леса
48/13	10С	105	23,7	27,2	21,9	0,61	235	1	С спос
49/2	10С	130	23,6	34,6	35,44	0,99	393	2	С спос
49/4	10С	150	24,3	33,6	35,36	0,98	425	2	С спос
49/7	10С	130	25,4	34,1	37,84	1,04	419	1	С осрт
49/9	10С	170	25,3	31,8	25,78	0,71	282	2	С осрт
49/12	10С	140	24	37,3	46,04	1,28	517	2	С осрт
49/24	10С	105	25,2	33,9	51,54	1,42	570	1	С осрт
49/28	10С	130	24,9	33,2	47,66	1,31	525	2	С прос
49/31	10С	130	26,3	35,7	52,95	1,44	643	1	С осрт

Примечание: *A* – возраст, лет; *H_{ср}* – средняя высота, м; *d_{ср}* – средний диаметр, см; ΣG – сумма площадей поперечного сечения, м²/га; *P* – относительная полнота; *M* – запас стволовой древесины, м³/га

По составу древостои чистые. Возраст сосняков варьировал от 105 до 170 лет. Средняя высота от 23,6 до 26,3 м. Средний диаметр от 27,2 до 37,3 см. Сумма площади поперечного сечения от 21,9 до 52,95 м²/га. Значения сумм площадей поперечного сечения и относительных полнот указывают на высокую густоту исходных древостоев. Класс бонитета констатирует их высокую продуктивность (I-II). Запас менялся от 235 до 643 м³/га. Типологическая структура достаточно разнообразна, все сосняки относятся к разнотравной группе: сосняк осочково-разнотравный, сосняк спирейно-осочковый, сосняк прострелово-осочковый (остепненный). Основная часть лесных участков расположена на юго-восточных склонах различной крутизны.

Определение разряда выполнялось по данным для деревьев сухостоя, поскольку крупный валеж в большей мере являлся производным сухостоя. Результаты расчета представлены в таблице 2.

Запас валежа менялся от 1,80 до 14,83 м³/га.

Для визуализации соотношения запасов растущего леса и валежа построена гистограмма (рисунок 3).

Таблица 2 - Определение объема валежа (фрагмент)

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.75.3>

K48 B13					
Номер дерева, порода	Категория мертвой древесины	Класс разложения	Диаметр, см	Длина валежа, м	Объем, м ³
1,С	В	3	10	10	0,079
2,С	В	3	9,7	10,5	0,077
3,С	В	4	8,5	8	0,045
4,С	В	3	11,4	11,6	0,118
Итого	-	-	-	-	0,320
На 1га	-	-	-	-	1,795
K49 B2					
1,С	В	4	20,5	12,5	0,412
2,С	В	4	10,5	10,4	0,090
3,С	В	3	8,5	8,8	0,049
4,С	В	4	15	11,5	0,203
5,С	В	3	22	5,5	0,209
6,С	В	4	25,5	13,2	0,674
7,С	В	3	15,5	6,6	0,124
8,С	В	3	22,4	10,4	0,409
Итого	-	-	-	-	2,173
На 1га	-	-	-	-	12,197

Структурные особенности валежа по классам разложения представлены в виде круговой диаграммы (рисунок 2).

В сосновых насаждениях запас валежа представлен преимущественно 3-им классом разложения (45%). При этом доля 4 и 5 классов в сумме составляла (35%). Всё это указывает на то, что процессы деструкции в виде разложения древесины детрита идут достаточно интенсивно.

Для обобщения результатов данные по отдельным категориям древесных остатков (валеж) представлен в виде таблицы 3.

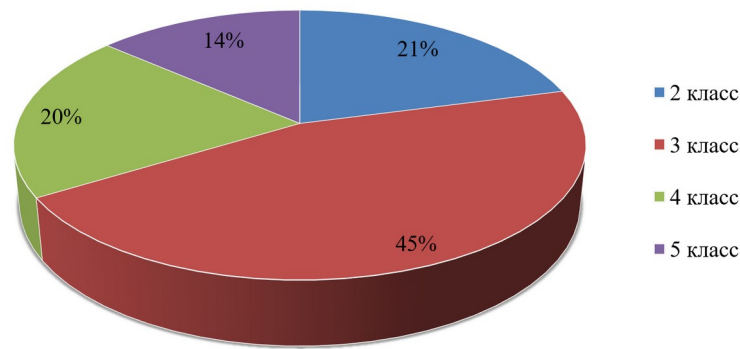


Рисунок 2 - Структура запаса валежа по классам разложения
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.75.4>

Таблица 3 - Соотношение запасов растущей и мертвой древесины
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.75.5>

Квартал / выдел	Запас растущего леса, м ³ /га	Запас валежа, м ³ /га	Соотношение запасов стволовой древесины и валежа, %
48/13	235	1,8	0,8
49/2	393	12,2	3,1
49/4	425	8,4	2,0
49/7	419	5,0	1,2
49/9	282	7,4	2,6
49/12	517	13,6	2,6
49/24	570	14,8	2,6
49/28	525	14,5	2,8
49/31	643	7,9	1,2

Из таблицы 3 и диаграммы (рисунок 3) видно, что общий запас крупных древесных остатков варьировал по отдельным участкам от 235 до 643 м³/га. В процентном соотношении от растущей части древостоя доля валежа менялась от 0,8 до 3,1%.

Результаты расчетов массы и запасы углерода валежа представлены в таблице 4. Строгой зависимости количества древесных остатков от таксационных показателей насаждений не установлено.

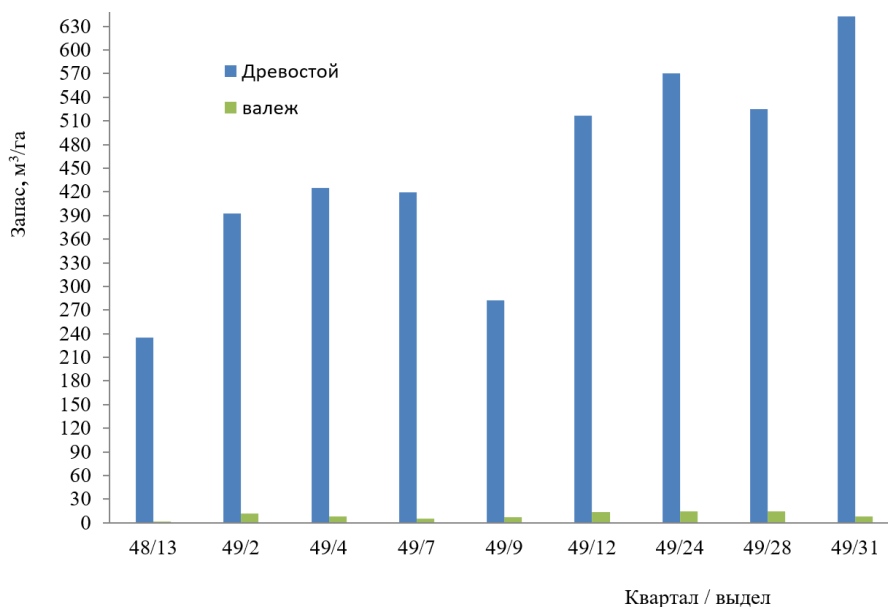


Рисунок 3 - Соотношение запасов древостоя и валежа в сосняках
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.75.6>

Таблица 4 - Оценка массы и запаса углерода валежа

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.75.7>

Квартал / выдел	Тип леса	Возраст, лет	Масса валежа, т/га	Запас углерода валежа, тС/га
48/13	С спос	105	0,4	0,2
49/2	С спос	130	2,9	1,4
49/4	С спос	150	2,0	1,0
49/7	С осрт	130	1,2	0,6
49/9	С осрт	170	1,7	0,9
49/12	С осрт	140	3,2	1,6
49/24	С осрт	105	3,5	1,7
49/28	С прос	130	3,4	1,7
49/31	С осрт	130	1,9	0,9

По данным сосняков Южной Карелии запас валежа увеличивается с возрастом, его величина зависит от таксационных показателей насаждения и составляет 1-23 м³/га, что в целом сопоставимо с нашими данными 1,8-14,8 м³/га [11]. В сосняках лишайникового типа леса Енисейской равнины запас валежа составлял 1-15,6 м³/га [10]. По данным ГИЛ для подтаёжно-лесостепного района Западной Сибири запас валежа для хвойных составляет 2,30±0,4 м³/га [12]. В сосняках Костромской области выявлены значительные запасы валежа 6,5-85,9 м³/га и депонированного в нём углерода 2,0-18,3 тС/га [13].

В иностранной литературе также поднимаются вопросы о роли наземной древесины в биологических процессах лесных экосистем. В настоящее время актуальной проблемой управления древесными остатками (WD) и другими запасами валежной древесины является изучение масштаба стока углерода. При этом фрагментация и выветривание играют значительную роль в разложении древесной массы в интенсивно управляемых лесах [14], [15]. Исследования старовозрастных лиственных насаждений в березняках на плодородных минеральных почвах показало, что запас валежной древесины не связан с продуктивностью древостоя [16]. Изучение спелых и перестойных осинового насаждений гемибореальной зоны показало изменение видового состава крупного древесного детрита в сторону увеличения доли лиственного валежника в старовозрастных древостоях [17].

Информация из научных публикаций подтверждает важность оценки запасов валежной древесины в процессах минерализации и эмиссии углерода в лесных экосистемах. Данные наших исследований в целом соответствуют запасам детрита из других регионов.

Заключение

В результате проведенных исследований получены следующие основные выводы.

- Сосновые насаждения, где проводилось изучение крупного детрита, характеризуются высокой густотой (относительная полнота выше 1,0) и продуктивностью древостоев (I-II классы бонитета).

- Запас валежа менялся от 1,80 до 14,83 м³/га. Доля его составляла около 2% от запаса стволовой древесины.
- Общий запас древостоев варьировал по отдельным участкам от 235 до 643 м³/га, что в процентном соотношении составляет для крупного детрита долю от растущей части древостоя от 7,4 до 13,7 %.
- В сосновых насаждениях запас валежа представлен преимущественно 3-им и выше классами разложения (80%). Всё это указывает на то, что процессы деструкции в виде разложения древесины детрита идут достаточно интенсивно.
- Масса валежа менялась от 0,4 до 3,5 т/га.
- Запас углерода в валеже варьировал от 0,2 до 1,7 тС/га.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Мишкин Д.В., Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.75.8>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Mishkin D.V., Pacific State University, Khabarovsk, Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.75.8>

Список литературы / References

1. Стороженко В.Г. Древесный отпад в структурах лесного биогеоценоза / В.Г. Стороженко // Хвойные бореальной зоны. — Т. XXVII. — № 3-4. — 2010. — с. 279-283.
2. Портянко А.В. Древесный детрит в сосновых насаждениях Казахского мелкосопочника как показатель оценки санитарного состояния, экологической и пирологической характеристик / А.В. Портянко, С.В. Залесов, А.В. Данчева // Леса России и хозяйство в них. — №4(41). — 2011. — с. 45-52.
3. Павлов И.Н. Макромицеты бореальной зоны / И.Н. Павлов // Хвойные бореальной зоны. — XXVI. — №1. — 2009. — с. 7-8.
4. Павлов И.Н. Оценка роли корневых патогенов в ухудшении состояния лесного фонда Сибирского Федерального округа / И.Н. Павлов, О.В. Рухуллаева, О.А. Барабанова и др. // Хвойные бореальной зоны. — XXV. — №3-4. — 2008. — с. 262-268.
5. Павлов И.Н. К вопросу образования очагов куртинного усыхания сосны обыкновенной на старопахотных землях (роль корневой губки, эдафических факторов и изменения климата) / И.Н. Павлов и др. // Хвойные бореальной зоны. — XXVII. — №3-4. — 2010. — с. 263-272.
6. Мошников С.А. Оценка запасов крупных древесных остатков в среднетаежных сосновых лесах Карелии / С.А. Мошников, В.А. Ананьев, В.А. Матюшкин // Лесоведение. — №4(41). — 2019. — с. 266-273.
7. Шорохова Е.В. Микогенный ксилолиз пней и валежа в таежных ельниках / Е.В. Шорохова, Е.А. Капица, А.А. Кузнецов // Лесоведение. — 2009. — № 4. — с. 24-33.
8. Шорохова Е.В. Запасы и экосистемные функции крупных древесных остатков в таежных лесах : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. / Е.В. Шорохова. — СПб., 2020. — 45 с.
9. Трейфельд Р.Ф. Методика определения запасов и массы древесного детрита на основе данных лесоустройства / Р.Ф. Трейфельд, О.Н. Кранкина, Е.Д. Поваров. — М.: ВНИЛМ, 2002. — 44 с.
10. Трефилова О.В. Запас и структура крупных древесных остатков в сосняках Енисейской равнины / О.В. Трефилова, Э.Ф. Ведрова, П.А. Оскорбин // Лесоведение. — 2009. — №4. — с. 16-23.
11. Мошников С.А. Запас древесного детрита в сосновых насаждениях Южной Карелии / С.А. Мошников, В.А. Ананьев // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. — № 2. — 2013. — с. 22-28
12. Малышева Н.А. Количественная оценка запасов древесного детрита в лесах Российской Федерации по данным ГИЛ [Электронный ресурс] / Н.А. Малышева, А.Н. Филипчук, Т.А. Золина и др. // Лесохозяйственная информация. — 2019. — №1. — URL: <http://lhi.vniilm.ru/>. (дата обращения: 06.05.23)
13. Замолодчиков Д.Г. Натурная и модельная оценки углерода валежа в лесах Костромской области / Д.Г. Замолодчиков, В.И. Грабовский, В.В. Каганов // Лесоведение. — 2013. — №4. — с. 3-11.
14. Tobin B. Carbon Losses from Decomposing Windrowed Sitka Spruce Woody Debris Over a 16-Year Chronosequence. / B. Tobin, G. Pastore, M. Nieuwenhuis // Forests. — 2021. — №12(2). — DOI: 10.3390/f12020244
15. Vančura K. Effects of Environmental Factors and Management on Dynamics of Mixed Calcareous Forests under Climate Change in Central European Lowlands. / K. Vančura, M. Šimková, Z. Vacek et al. // Dendrobiology. — 2022. — Vol. 87: 79-100. — DOI: 10.12657/denbio.087.006
16. Šēnhofa S. Deadwood Characteristics in Mature and Old-Growth Birch Stands and Their Implications for Carbon Storage. / S. Šēnhofa, I. Jaunslaviete, G. Šņepsts et al. // Forests. — 2020. — №11(5). — DOI: 10.3390/f11050536
17. Šēnhofa S. Availability and Structure of Coarse Woody Debris in Hemiboreal Mature to Old-Growth Aspen Stands and Its Implications for Forest Carbon Pool. / S. Šēnhofa, G. Šņepsts, K. Bičkovskis et al. // Forests. — 2021. — 12(7). — DOI: 10.3390/f12070901

Список литературы на английском языке / References in English

1. Storozhenko V.G. Drevesnyj otpad v strukturah lesnogo biogeocenoza [Woody Decay in the Structures of Forest Biogeocenosis] / V.G. Storozhenko // Hvojnye boreal'noj zony [Coniferous Boreal Zones]. — Vol. XXVII. — No. 3-4. — 2010. — p. 279-283. [in Russian]

2. Portyanko A.V. Drevesnyj detrit v osnovnyh nasazhdeniyah Kazahskogo melkosopochnika kak pokazatel' ocenki sanitarnogo sostoyaniya, ekologicheskoy i pirologicheskoy karakteristik [Wood Detritus in the Pine Plantations of the Kazakh Melkosopochnik as an Indicator of the Assessment of the Sanitary Condition, Ecological and Pyrological Characteristics] / A.V. Portyanko, S.V. Zalesov, A.V. Dancheva // *Lesy Rossii i hozyajstvo v nih* [Forests of Russia and Agriculture in Them]. — No.4(41). — 2011. — p. 45-52. [in Russian]
3. Pavlov I.N. Makromicety boreal'noj zony [Macromycetes of the Boreal Zone] / I.N. Pavlov // *Hvojnye boreal'noj zony* [Coniferous Boreal Zones]. — XXVI. — No. 1. — 2009. — p. 7-8. [in Russian]
4. Pavlov I.N. Ocenka roli kornevyh patogenov v uhudshenii sostoyaniya lesnogo fonda Sibirskogo Federal'nogo okruga [Assessment of the Role of Root Pathogens in the Deterioration of the State of the Forest Fund of the Siberian Federal District] / I.N. Pavlov, O.V. Rukhullayeva, O.A. Barabanova et al. // *Hvojnye boreal'noj zony* [Coniferous Boreal Zones]. — XXV. — No.3-4. — 2008. — p. 262-268. [in Russian]
5. Pavlov I.N. K voprosu obrazovaniya ochagov kurtinnogo usyhaniya sosny obyknovnoy na staropahotnyh zemlyah (rol' kornevoj gubki, edaficheskikh faktorov i izmeneniya klimata) [On the Issue of the Formation of Foci of Curtin Drying of Scots Pine on Old Arable Lands (the Role of Root Sponge, Edaphic Factors and Climate Change)] / I.N. Pavlov et al. // *Hvojnye boreal'noj zony* [Coniferous Boreal Zones]. — XXVII. — No.3-4. — 2010. — p. 263-272. [in Russian]
6. Moshnikov S.A. Ocenka zapasov krupnyh drevesnyh ostatkov v srednetaezhnyh osnovnyh lesah Karelii [Estimation of Stocks of Large Wood Residues in the Middle Taiga Pine Forests of Karelia] / S.A. Moshnikov, V.A. Ananyev, V.A. Matyushin // *Lesovedenie* [Forest Science]. — No. 4(41). — 2019. — p. 266-273. [in Russian]
7. Shorokhova E.V. Mikogennyj ksiloliz pnej i valezha v taezhnyh el'nikah [Mycogenic Xylolysis of Stumps and Fallen Trees in Taiga Spruce Forests] / E.V. Shorokhova, E.A. Kapitsa, A.A. Kuznetsov // *Lesovedenie* [Forest Science]. — 2009. — No. 4. — P. 24-33. [in Russian]
8. Shorokhova E.V. Zapasy i ekosistemnye funkcii krupnyh drevesnyh ostatkov v taezhnyh lesah [Stocks and Ecosystem Functions of Large Wood Residues in Taiga Forests] : abstract of the dissertation for PhD in Biol. Sciences / E.V. Shorokhova. — St. Petersburg, 2020. — 45 p. [in Russian]
9. Treifeld R.F. Metodika opredeleniya zapasov i massy drevesnogo detrita na osnove dannyh lesoustrojstva [Methodology for Determining Stocks and Mass of Wood Detritus Based on Forest Management Data] / R.F. Treifeld, O.N. Krankina, E.D. Povarov. — Moscow: VNIILM, 2002. — 44 p. [in Russian]
10. Trefilova O.V. Zapas i struktura krupnyh drevesnyh ostatkov v sosnyakh Enisejskoj ravniny [Stock and Structure of Large Wood Residues in the Pine Forests of the Yenisei Plain] / O.V. Trefilova, E.F. Vedrova, P.A. Oskorbin // *Lesovedenie* [Forest Science]. — 2009. — No. 4. — p. 16-23. [in Russian]
11. Moshnikov S.A. Zapas drevesnogo detrita v osnovnyh nasazhdeniyah YUzhnoj Karelii [The Stock of Wood Detritus in Pine Plantations of South Karelia] / S.A. Moshnikov, V.A. Ananyev // *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozyajstva* [Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry]. — No. 2. — 2013. — p. 22-28 [in Russian]
12. Maly'sheva N.A. Kolichestvennaya ocenka zapasov drevesnogo detrita v lesax Rossijskoj Federacii po danny'm GIL [Quantitative Assessment of Wood Detritus Reserves in the Forests of the Russian Federation According to GIL] [Electronic source] / N.A. Maly'sheva, A.N. Filipchuk, T.A. Zolina et al. // *Forestry information*. — 2019. — №1. — URL: <http://lhi.vniilm.ru/>. (accessed: 06.05.23) [in Russian]
13. Zamolodchikov D.G. Naturnaya i model'naya ocenki ugleroda valezha v lesah Kostromskoj oblasti [Full-Scale and Model Estimates of Dead Wood Carbon in the Forests of the Kostroma Region] / D.G. Zamolodchikov, V.I. Grabovsky, V.V. Kaganov // *Lesovedenie* [Forest Science]. — 2013. — No. 4. — p. 3-11. [in Russian]
14. Tobin B. Carbon Losses from Decomposing Windrowed Sitka Spruce Woody Debris Over a 16-Year Chronosequence. / B. Tobin, G. Pastore, M. Nieuwenhuis // *Forests*. — 2021. — №12(2). — DOI: 10.3390/f12020244
15. Vančura K. Effects of Environmental Factors and Management on Dynamics of Mixed Calcareous Forests under Climate Change in Central European Lowlands. / K. Vančura, M. Šimková, Z. Vacek et al. // *Dendrobiology*. — 2022. — Vol. 87: 79-100. — DOI: 10.12657/denbio.087.006
16. Šenhofa S. Deadwood Characteristics in Mature and Old-Growth Birch Stands and Their Implications for Carbon Storage. / S. Šenhofa, I. Jaunslaviete, G. Šņepsts et al. // *Forests*. — 2020. — №11(5). — DOI: 10.3390/f11050536
17. Šenhofa S. Availability and Structure of Coarse Woody Debris in Hemiboreal Mature to Old-Growth Aspen Stands and Its Implications for Forest Carbon Pool. / S. Šenhofa, G. Šņepsts, K. Bičkovskis et al. // *Forests*. — 2021. — 12(7). — DOI: 10.3390/f12070901