

СТАТЬИ

УДК 630*181.9

**ЗАПАС СУХОСТОЯ В ПИХТОВО-ЕЛОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ
ПРЕДГОРНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНОГО САЯНА**

Вайс А.А., Ануев Е.А., Шишмарёва А.В.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
им. академика М.Ф. Решетнева», Красноярск, e-mail: vais6365@mail.ru*

Статья посвящена проведению исследования по определению запаса и фитомассы крупного детрита в Восточном Саяне. Крупный древесный детрит – это сухостой, валеж, пни – мертвое органическое древесное вещество (мортмасса) всех стадий разложения до перехода в гумус. Значение древесного детрита как одного из элементов круговорота углерода лесных биогеоценозов широко признано, однако развитие представлений о динамике этого элемента в лесных экосистемах сдерживается из-за недостатка достоверных сведений о его запасах и структуре. Согласно лесорастительному районированию территория исследования расположена в Восточно-Саянском горно-таёжном районе сосново-кедрово-пихтовых лесов. На территории выделены следующие страты: сосновая (с примесью пихты, березы и ели); еловая (с примесью пихты, березы и кедра); пихтовая (с примесью ели, березы, кедра) и кедровая (с примесью сосны, пихты, ели, березы). Методом определения показателей натурной таксации и фитомассы насаждений являлся ленточный перебор. Елово-пихтовые насаждения имели возраст от 70 до 140 лет. Типы леса крупнотравные, крупнотравно-папоротниковые и зеленомошниковые. Бонитет II–III. Все насаждения среднеполотные (0,4–0,7), что характерно для темнохвойных насаждений. Структура отпада пихтового элемента насаждений следующая: взрослый древостой; подпологовая часть (II ярус); подрост; очаговая часть, повреждённая различными патогенами. Запас древесины варьировал от 120 до 300 м³/га. Запас сухостоя изменялся от 4,92 до 12,30 м³/га, что указывает на достаточно высокую захламленность территории с точки зрения лесного хозяйства. Запас валежа менялся от 13,08 до 32,70 м³/га. На территории исследования зафиксирована вариация общей массы сухостоя от 4,6 до 30,6 т*га⁻¹. При этом во всех насаждениях преобладает фитодетрит пихтового элемента. Получены парные достоверные и адекватные регрессии связи запаса сухостоя с таксационными показателями древостоев запасом и средним диаметром. В результате можно констатировать значительное снижение устойчивости пихтового элемента в темнохвойных насаждениях предгорной части Восточного Саяна. Данные по крупному детриту позволяют проводить проектные работы по расчетам бюджета углерода. В условиях, когда елово-пихтовые насаждения испытывают климатический и инвазивный стресс, запасы крупного детрита увеличиваются.

Ключевые слова: крупный древесный детрит, фитомасса, запас, насаждение, сухостой

**RESERVES AND PHYTOMASS OF LARGE DETRITUS (DEAD WOOD) IN DARK
CONIFEROUS STANDS OF THE FOOTHILL PART OF THE EASTERN SAYAN**

Vais A.A., Anuev E.A., Shishmareva A.V.

*Siberian State University of Science and Technology named after academician M.F. Reshetnev,
Krasnoyarsk, e-mail: vais6365@mail.ru*

The article is devoted to conducting a study to determine the stock and phytomass of large detritus in the Eastern Sayan. Large wood detritus is dead wood, dead wood, stumps-dead organic wood matter (mortmass) of all stages of decomposition before passing into humus. The importance of wood detritus as one of the elements of the carbon cycle of forest biogeocenoses is widely recognized, but the development of ideas about the dynamics of this element in forest ecosystems is hindered due to the lack of reliable information about its reserves and structure. According to the forest-growing zoning, the research area is located in the East Sayan mountain-taiga region of pine-cedar-fir forests. On the territory allocated to the following strata: pine (with fir, birch and spruce); spruce (with fir, birch, and cedar); fir (with an admixture of spruce, birch, cedar) and pine (with a touch of pine, fir, spruce, birch). The method of determining the indicators of full-scale taxation and phytomass of plantings was a tape list. The spruce-fir stands ranged in age from 70 to 140 years. Forest types are large-grass, large-grass-fern and green-moss. The site class II-III. All plantings are medium-sized (0.4-0.7), which is typical for dark coniferous plantings. The structure of the fall of the fir element of the plantings is as follows: adult stand; sub-tree part (II tier); undergrowth; focal part damaged by various pathogens. The stock of wood was varied from 120 to 300 m³/ha. The stock of dead wood varied from 4.92 to 12.30 m³ / ha, which indicates a fairly high clutter of the territory from the point of view of forestry. The stock of dead wood varied from 13.08 to 32.70 m³ / ha. On the territory of the study, a variation in the total mass of dead wood was recorded from 4.6 to 30.6 t * ha⁻¹. In all plantings are dominated by fir photodetrit of the item. Pairwise reliable and adequate regressions of the relationship between the deadwood stock and the taxation indicators of stands with stock and average diameter were obtained. As a result, we can state a significant decrease in the stability of the fir element in the dark coniferous stands of the foothill part of the Eastern Sayan. Data on large detritus allows for design work on carbon budget calculations. Under conditions when spruce-fir stands experience climatic and invariant stress, the reserves of large detritus increase.

Keywords: large woody detritus, standing crops, stock, planting, dead wood

Крупный древесный детрит (КДД) – это стадий разложения до перехода в гумус. К КДД относят древесину стволов с диаметром в нижнем отрезе 10 см и более. КДД – это сухостой, валеж, пни – мертвое органическое древесное вещество (мортмасса) всех

является частью древесной массы древостоя, куда входят также сучья и ветви, пни и корни [1, 2].

Данные С.А. Мошникова, В.В. Ананьева [3] по соснякам Южной Карелии позволили сделать вывод о наличии связи запаса детрита с возрастом и запасом насаждений. При этом если в молодняках детрит в основном обусловлен наличием сухостоя, к возрасту спелости запасы сухостоя и валежа выравниваются, в перестойных насаждениях преобладает валеж.

Важное значение при оценке запаса детрита имеет биогенный ксилолиз (биологический процесс разложения древесины) [4]. По данным авторов скорость ксилолиза в условиях северной тайги зависит от таких факторов, как категория субстрата (ствол, корни, ветви) и древесная порода [4].

Л.В. Мухортова, Э.Ф. Ведрова [5] выполнили оценку запасов КДО в послерубочных сукцессиях сосняков и пихтарников Восточного Прибайкалья. Скорость разложения КДО в пихтачах выше, чем в таежных сосняках. Данный процесс вызван целым рядом причин, включая состав древесины, гидротермические условия произрастания и почвенные условия [5].

Д.Г. Замолдчиков с соавт. [6] выполнили натурную и модельную оценку углерода валежа. Установлена трендовая тенденция – увеличение запаса углерода валежа с возрастом применительно к лесам Костромской области.

В другой статье Д.Г. Замолдчиков [7] отмечает недостаток данных о запасах углерода сухостоя для средней широты и насаждений начальных групп возраста (молодняка и средневозрастной категорий).

Значение древесного детрита как одного из элементов круговорота углерода лесных биогеоценозов широко признано, однако развитие представлений о динамике этого элемента в лесных экосистемах сдерживается из-за недостатка достоверных сведений о его запасах и структуре [8].

Цель исследования – оценка запасов и фитомассы крупного детрита в темнохвойных насаждениях предгорной части Восточного Саяна.

Материалы и методы исследования

Массив лесных выделов, составляющий основную по числу выделов часть лесостроительной базы данных, разделялся на страты или обособленные множества выделов с минимальной изменчивостью признака, в нашем случае – запасов сухостоя и валежа.

Считается вероятным, что изменчивость концентрации мертвой древесины в лесу в большей степени зависит от древесной породы и возраста, в меньшей – от класса бонитета, полноты древостоя и типа леса [1, 9]. Исходя из этого стратифицирование покрытых лесной растительностью земель, включая естественные редины, производилось по двум признакам – преобладающей породе и группе возраста [1]. В соответствии с этой классификацией выделены следующие страты по основным лесообразующим породам: сосновая (с примесью пихты, березы и ели); еловая (с примесью пихты, березы и кедра); пихтовая (с примесью ели, березы, кедра) и кедровая (с примесью сосны, пихты, ели, березы). Выявлены три возрастные группы: молодняки, включая сомкнувшиеся лесные культуры; средневозрастные и приспевающие; спелые и перестойные.

Методом определения показателей натурной таксации и фитомассы насаждений являлся ленточный пересчет. Он выполнялся на лентах, закладываемых вдоль граничных линий и внутренних визиров. Для сравнения данных, полученным по материалам лесостроительства и натурным данным, выполнен ленточный пересчет (размер 10*20 м). Количество лент пересчета и их ширина устанавливались в целом для выдела в зависимости от ее ширины. В пределах лесного участка закладывалось 3 ленты. Общее число лент составило 24 шт. Суммарная площадь ленточных пересчетов составляла не менее 8% общей площади выдела.

Конверсионные коэффициенты для вычисления запасов детрита взяты из методики [1].

Все насаждения относились к категории темнохвойные, а по возрасту спелые [10]. Для насаждений Восточно-Сибирского региона конверсионные коэффициенты составили: для сухостоя $K_{мс} = 0,041$ и валежа $K_{мв} = 0,109$.

Природные условия района исследования

Согласно лесорастительному районированию Красноярского края, разработанному лабораторией Института леса и древесины им. В.И. Сукачева СО АН СССР, территория лесничества расположена в Восточно-Саянском горно-таежном районе сосново-кедрово-пихтовых лесов. Вертикальная зональность резкого выражения не имеет. Характер лесной растительности зависит в основном от почвенных условий и микроклимата, формируемого на теневых и световых склонах. Темнохвойные насаждения

занимают в основном пологие северные склоны, а также пониженные равнинные части рельефа. С поднятием по склону увеличивается примесь лиственницы и в верхних частях склонов лиственничные насаждения образуют первый ярус. На южных склонах температура воздуха и почвы выше, здесь произрастают сосновые насаждения. Приподнятые плато заняты кедровыми древостоями.

Среднегодовая температура, как показывают данные таблицы, близка к нулю. Среднегодовое количество осадков довольно значительное и достигает 430 мм в год. Продолжительность вегетационного периода составляет 153 дня – со 2 мая по 3 октября.

В лесничестве преобладают низкополнотные насаждения. На долю насаждений полнотой 0,3–0,5 приходится 36,2% покрытой лесом площади, 34,2% составляют насаждения с полнотой 0,6 и 29,6% – с полнотой 0,7 и более.

Пихтарники являются преобладающими насаждениями в лесничестве. На их долю приходится 35% покрытой лесом площади. Лиственные насаждения имеют производный характер. Появились они на местах старых вырубок и гарей. Насаждения с преобладанием березы имеют меньшее распространение, чем осиновые насаждения. Ельники занимают обычно крутые склоны, примыкающие непосредственно к поймам рек. Почвы подзолистые, слаборазвитые. Древостои одноярусные – 9Е1П+К,С, III бонитета. Подлесок редкий, из таволги, жимолости, желтой акации. Моховой покров

ровным слоем покрывает почву. Возобновление неудовлетворительное.

Результаты исследования и их обсуждение

В 2019 г. проведены исследования на территории по определению запаса и массы крупного детрита (сухостоя и валежа) елово-пихтовых насаждений.

В табл. 1 приведены сведения о запасах крупного детрита в пихтово-еловых насаждениях. Данные указывают на то, что елово-пихтовые насаждения имеют возраст от 70 до 140 лет. Типы леса крупнотравные, крупнотравно-папоротниковые и зеленомошниковые. Бонитет II–III. Все насаждения среднеполнотные (0,4–0,7), что характерно для темнохвойных насаждений. Запас древесины варьировал от 120 до 300 м³/га. Запас сухостоя изменялся от 4,92 до 12,30 м³/га, что указывает на достаточно высокую захламленность территории с точки зрения лесного хозяйства. Запас валежа менялся от 13,08 до 32,70 м³/га (табл. 1).

В настоящее время большое значение в экосистемах играет бюджет углерода. Поэтому важно определить массу крупного детрита. В табл. 2 представлены данные по массе крупного детрита в исследуемых насаждениях, исходя из плотности сухостоя и валежа [1]. В результате установлено, что в елово-пихтовых насаждениях масса сухостоя варьировала от 1,55 до 3,89 т/га. Масса валежа менялась от 3,06 до 7,65 т/га.

На лентах производился учет элемента крупного детрита – сухостоя.

Таблица 1

Запасы крупного детрита (сухостоя и валежа) в елово-пихтовых и пихтово-еловых насаждениях

Номер выдела	Состав	Возраст, лет	Тип леса	Бонитет	Полнота	Запас, м ³ /га	Запас крупного детрита, м ³ /га	
							сухостой	валеж
1	4Е3П1К2Б	80	Ектп	II	0,4	120	4,92	13,08
2	4Е3П1К2Б	95	Ектп	II	0,5	170	6,97	18,53
4	7Е2П1Б	90	Екрт	III	0,6	200	8,20	21,80
7	6Е3П1Б	90	Екрп	II	0,4	150	6,15	16,35
9	5Е4П1Л	140	Екрт	II	0,6	280	11,48	30,52
12	4Е4П1С1Л	140	Езмк	II	0,6	290	11,89	31,61
13	7П2Е1К+Л,Б	110	Пзмк	III	0,6	230	9,43	25,07
17	7П1Е2Л+К	110	Пкрт	III	0,7	300	12,30	32,70
18	7П2П1Е+К	90	Пкрт	III	0,6	200	8,20	21,80
21	7П2Е1Л	120	Пкрт	III	0,6	260	10,66	28,34
22	6П1Е1К2Б	70	Пкрт	III	0,7	160	6,56	17,44
23	4Е3П3Л+С	140	Екрт	II	0,6	260	10,66	28,34
26	7П1Е1С1Л	110	Пкрт	III	0,7	290	11,89	31,61

(собственные экспериментальные данные и вычисления авторов)

Таблица 2

Масса крупного детрита елово-пихтовых и пихтово-еловых насаждений

Номер выдела	Состав	Запас крупного детрита, м ³ /га		Плотность древесины		Масса крупного детрита, т/га	
		сухостой	валеж	сухостой	валеж	сухостой	валеж
1	4ЕЗП1К2Б	4,92	13,08	0,316	0,234	1,55	3,06
2	4ЕЗП1К2Б	6,97	18,53			2,20	4,34
4	7Е2П1Б	8,20	21,80			2,59	5,10
7	6ЕЗП1Б	6,15	16,35			1,94	3,83
9	5Е4П1Л	11,48	30,52			3,63	7,14
12	4Е4П1С1Л	11,89	31,61			3,76	7,40
13	7П2Е1К+Л,Б	9,43	25,07			2,98	5,87
17	7П1Е2Л+К	12,30	32,70			3,89	7,65
18	7П2П1Е+К	8,20	21,80			2,59	5,10
21	7П2Е1Л	10,66	28,34			3,37	6,63
22	6П1Е1К2Б	6,56	17,44			2,07	4,08
23	4ЕЗПЗЛ+С	10,66	28,34			3,37	6,63
26	7П1Е1С1Л	11,89	31,61			3,76	7,40

(собственные экспериментальные данные и вычисления авторов)

Масса сухостоя варьировала на территории от 1,55 до 3,89 т/га. Запас валежа менялся от 3,06 до 7,65 т/га (табл. 2). Пример расчета приведен ниже.

Параметры крупного детрита сухостоя:

$$П - \Sigma G = 1,045 \text{ м}^2\text{Е} - \Sigma G = 0,262 \text{ м}^2$$

$$g_{\text{cp}} = 0,0262 \quad g_{\text{cp}} = 0,01742$$

$$d_{\text{cp}} = 18,3 \text{ см} \quad d_{\text{cp}} = 14,9 \text{ см}$$

Запас крупного детрита сухостоя:

$$M_{\text{П}} = 40,5 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Общий запас детрита сухостоя = 50,5 м³/га.

$$M_{\text{Е}} = 10 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Плотность древесины для сухостоя хвойных спелых насаждений Восточно-Сибирского региона – 0,316.

Таким образом, масса детрита сухостоя составила

$$M_{\text{д}} = V_{\text{д}} * \rho = 50,5 * 0,316 = 15,96 \text{ т/га}.$$

Поскольку именно сухостой является преобладающим элементом в формировании крупного детрита (сухостой + валеж + пни), дальнейшие исследования проводились с целью изучения запасов и массы сухостоя в пихтовых и кедровых насаждениях. Выполнена закладка пяти пробных площадей с определением таксационных характеристик смешанных насаждений различного состава. В табл. 3 приведено соотношение запасов древесины растущих (Р) и сухостойных (С) деревьев в темнохвой-

ных насаждениях предгорной части Восточного Саяна.

Все насаждения достаточно разнообразны по составу: пихтово-елово-кедровые с примесью березы, сосны и осины, а также кедрово-пихтово-елово-сосновые с примесью березы. Пихтовые насаждения соответствовали спелой возрастной стадии (80–90 лет). Кедровые древостои имели возраст приспевающей стадии. Запас сухостоя в той или иной мере указывает на стабильность лесной экосистемы к экзогенным и эндогенным факторам. В данных насаждениях степень устойчивости зависела от количественной представленности древесной породы (по числу деревьев, запасу). Процент сухостоя по запасу позволяет оценить устойчивость древесных пород в исследуемых условиях местопроизрастания: пихта (16,8–79,2%), ель (2,8–11,1%), кедр (0,0–20,3%), береза (0,0–9,3%), сосна (0,0–4,3%).

С помощью конверсионных коэффициентов [1] через запасы древесной массы определили фитомассу растущей и сухой части древостоя (табл. 4).

На территории исследования зафиксирована вариация общей массы сухостоя от 4,6 до 30,6 т*га⁻¹. При этом во всех насаждениях преобладает фитодетрит пихтового элемента. Это можно объяснить структурой отпада насаждений, когда изреживание наблюдается во всех компонентах насаждений пихтового элемента: взрослый древостой; подпологовая часть (II ярус); подрост; очаговая часть, поврежденная различными патогенами.

Таблица 3

Соотношение запасов древесины растущих (Р) и сухостойных (С) деревьев в темнохвойных насаждениях предгорной части Восточного Саяна

№ п/п	Состав	А, лет	Средняя высота, м		Средний диаметр, см		Полнота	Запас, м ³ /га		% сухостоя
			Р	С	Р	С		Р	С	
1	4П	80	18,7	17,0	19,9	16,6	0,50	119	39	32,8
	4Е		25,0	23,9	30,4	21,7	0,30	108	11	10,2
	1Б		21,4	–	23,2	32,2		54	5	9,3
	1К		25,1	–	42,5	–		19	–	0,0
	+С		25,7	–	37,9	–		15	–	0,0
	+Ос		–	–	52,6	–		17	–	0,0
2	4П	80	18,8	15,8	20,2	14,2	0,36	90	25	27,8
	2Е		25,9	22,9	32,2	24,0	0,21	72	2	2,8
	2С		25,6	–	18,4	12,0	0,18	73	0,5	0,7
	2Б		22,4	–	27,0	18,3	–	52	3	5,8
3	5П	90	19,3	17,2	21,2	17,0	0,75	197	33	16,8
	3К		24,1	22,1	35,4	19,9	0,30	153	31	20,3
	2Е		26,1	25,7	24,5	23,7	0,33	142	6	4,2
	+С		25,4	–	40,0	–	–	6	–	0,0
	+Б		16,7	–	14,5	–	–	7	–	0,0
4	5К	160	25,4	22,2	45,0	20,4	0,25	142	3	2,1
	2С		26,4	18,4	32,7	17,9	0,17	70	3	4,3
	2П		17,8	15,3	18,2	13,1	0,10	23	7	30,4
	1Е		18,2	9,0	18,0	14,2	0,08	19	2	10,5
	едБ		15,3	–	16,6	–	–	8	–	0,0
5	4К	160	24,3	22,1	36,7	19,6	0,26	144	6	4,2
	3Е		26,6	17,7	27,4	17,7	0,31	135	15	11,1
	2П		20,4	19,4	23,3	21,4	0,33	96	76	79,2
	1Б		18,3	7,0	19,5	8,0	–	48	–	0,0

Примечание: А – возраст, лет.
(собственные экспериментальные данные и вычисления авторов)

Таблица 4

Масса растущих деревьев и сухостоя в темнохвойных насаждениях предгорной части Восточного Саяна

Номер пробной площади	Состав	Запас, м ³ *га ⁻¹		Масса сухостоя, т*га ⁻¹	
		Р	С	Р	С
1	4П	119	39	44,6	12,3
	4Е	108	11	48,1	3,5
	1Б	54	5	35,1	1,8
	1К	19	–	8,9	–
	+С	15	–	7,5	–
	+Ос	17	–	8,4	–
Итого:		392	55	152,6	17,6
2	4П	90	25	33,8	7,9
	2Е	72	2	32,0	0,6
	2С	73	0,5	36,5	0,2
	2Б	52	3	33,8	1,1
Итого:		287	30,5	136,1	9,8
3	5П	197	33	73,9	10,4
	3К	153	31	66,6	9,8
	2Е	142	6	63,2	1,9
	+С	6	–	3,0	–
	+Б	7	–	4,6	–

Окончание табл. 4					
Номер пробной площади	Состав	Запас, м ³ *га ⁻¹		Масса сухостоя, т*га ⁻¹	
		Р	С	Р	С
Итого:		505	70	211,3	22,1
4	5К	142	3	61,8	0,9
	2С	70	3	35,0	0,9
	2П	23	7	8,6	2,2
	1Е	19	2	8,5	0,6
	едБ	8	–	5,2	–
Итого:		262	15	119,1	4,6
5	4К	144	6	62,6	1,9
	3Е	135	15	60,1	4,7
	2П	96	76	36,0	24,0
	1Б	48	–	31,2	–
Итого:		423	97	189,9	30,6

(собственные экспериментальные данные и вычисления авторов)

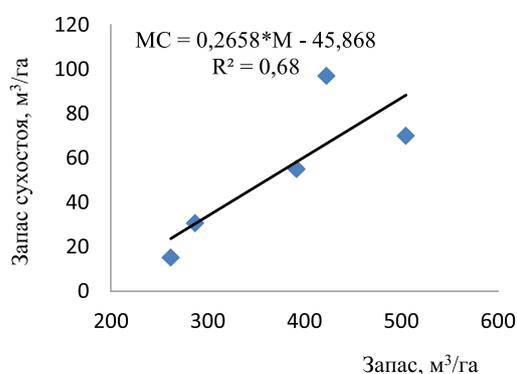


Рис. 1. Связь запаса сухостоя и запаса древостоя в смешанных темнохвойных насаждениях

(собственные экспериментальные данные и вычисления авторов)

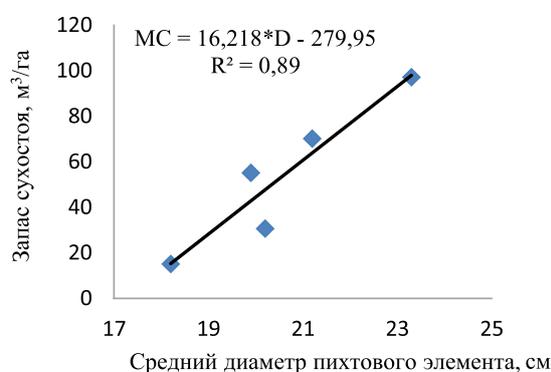


Рис. 2. Связь запаса сухостоя и среднего диаметра пихтового элемента в смешанных темнохвойных насаждениях

Данная структура позволяет констатировать значительное снижение устойчивости пихтового элемента в темнохвойных насаждениях предгорной части Восточного Саяна. На рис. 1, 2 показано соотношение запаса сухостоя с основными таксационными показателями насаждений.

Такая вариация в данных указывает на необходимость продолжить исследования по крупному детриту для уточнения информации.

Данные по крупному детриту позволяют проводить проектные работы по расчетам бюджета углерода. В условиях, когда елово-пихтовые насаждения испытывают климатический и инвазивный стресс, запасы крупного детрита увеличиваются [11, 12].

Заключение

В результате изучения крупного детрита (сухостоя и валежа) в елово-пихтовых на-

саждениях предгорной части Восточного Саяна получены следующие выводы:

– Запас древесины варьировал от 120 до 300 м³/га. Запас сухостоя изменялся от 4,92 до 12,30 м³/га, что указывает на достаточно высокую захламенность территории с точки зрения лесного хозяйства. Запас валежа менялся от 13,08 до 32,70 м³/га.

– Масса сухостоя варьировала на территории от 1,55 до 3,89 т*га⁻¹. Запас валежа изменялся от 3,06 до 7,65 т*га⁻¹.

– Сравнение данных натуральных исследований запаса сухостоя с данными материалов лесоустройства показало, что в стадии разрушения молодняка в елово-пихтовых насаждениях запас сухостоя может превышать усредненные запасы крупного детрита в 5 раз (11,89 м³/га по МЛУ и 50,5 м³/га по натурным исследованиям).

– Получены парные достоверные и адекватные линейные регрессии связи за-

паса сухостоя с запасом древостоя и средним диаметром.

– На территории исследования зафиксирована вариация общей массы сухостоя от 4,6 до 30,6 т*га⁻¹. При этом во всех насаждениях преобладает фитодетрит пихтового элемента.

– Структура отпада пихтового элемента насаждений следующая: взрослый древостой; подпологовая часть (II ярус); подрост; очаговая часть, повреждённая различными патогенами.

В результате можно констатировать значительное снижение устойчивости пихтового элемента в темнохвойных насаждениях предгорной части Восточного Саяна. При этом кедровый, сосновый и еловые элементы леса характеризуются более высокой устойчивостью.

Список литературы / References

1. Методика определения запасов и массы древесного детрита на основе данных лесоустройства / М-во природ. ресурсов Рос. Федерации; [Кранкина О.Н., Поваров Е.Д.]. Пушкино: Всерос. науч.-исслед. ин-т лесоводства и механизации лес. хоз-ва, 2002. 44 [1] с.: ил, табл.; 20 см.; ISBN 5-94219-206-7.

Methodology for determining the reserves and mass of wood detritus based on forest management data / M-voprirrod. resources grew. Russian Federation; [Krankina O.N., Povarov E.D.]. Pushkino: All-Russian Scientific research. Institute of silviculture and mechanization of the forest. khoz-va, 2002. 44, [1] p.: il, tab.; 20 cm.; ISBN 5-94219-206-7.

2. Мальшева Н.В., Филипчук А.Н., Золина Т.А., Сильнягина Г.В. Количественная оценка запасов древесного детрита в лесах РФ по данным ГИЛ // Лесохозяйственная информация. 2019. № 1. С. 101–128.

Malysheva N.V., Filipchuk A.N., Zolina T.A., Silnyagina G.V. Quantitative assessment of wood detritus reserves in the forests of the Russian Federation according to GIL data // Forestry information. 2019. No. 1. P. 101–128.

3. Мошников С.А., Ананьев В.А. Запас древесного детрита в сосновых насаждениях Южной Карелии // Труды СПНИИЛХ. 2013. № 2. С. 22–28.

Moshnikov S.A., Ananyev V.A. The stock of wood detritus in pine plantations of Southern Karelia // Trudy SPNIILKH. 2013. No. 2. P. 22–28.

4. Капица Е.А., Трубицына Е.А., Шорохова Е.В. Биогенный ксиллиз стволов, ветвей и корней лесообразующих пород темнохвойных северотаежных лесов // Лесоведение. 2012. № 3. С. 51–58.

Kapitsa E.A., Trubitsyna E.A., Shorokhova E.V. Biogenic xylolysis of trunks, branches and roots of forest-forming rocks of dark coniferous northern taiga forests // Forest science. 2012. No. 3. P. 51–58.

5. Мухортова Л.В., Ведрова Э.Ф. Вклад крупных древесных остатков в динамику запасов органического вещества послерубочных лесных экосистем // Лесоведение. 2012. № 6. С. 55–62.

Mukhortova L.V., Vedrova E.F. Contribution of large wood residues to the dynamics of organic matter reserves in post-harvest forest ecosystems // Forest science. 2012. No. 6. P. 55–62.

6. Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Каганов В.В. Натурная и модельная оценки углерода валежа в лесах Костромской области // Лесоведение. 2013. № 4. С. 3–11.

Zamolodchikov D.G., Grabovskiy V.I., Kaganov V.V. Full-scale and model estimates of the carbon of dead wood in the forests of the Kostroma region // Lesovedenie. 2013. No. 4. P. 3–11.

7. Замолодчиков Д.Г., Зукерт Н.В., Честных О.В. Подходы к оценке углерода сухостоя в лесах России // Лесоведение. 2011. № 5. С. 61–71.

Zamolodchikov D.G., Zukert N.V., Chestnykh O.V. Approaches to assessing the carbon of dead wood in the forests of Russia // Lesovedenie. 2011. No. 5. P. 61–71.

8. Трейфельд Р.Ф. Запасы и масса крупного древесного детрита: на примере лесов Ленинградской области: автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук: 06.03.02. Санкт-Петербург, 2001. 19 с.

Treifeld R.F. Reserves and mass of large wood detritus: on the example of the forests of the Leningrad region: abstract of the cand. dissert. for the degree of Candidate of Agricultural Sciences: 06.03.02. Saint Petersburg, 2001–19 p.

9. Мирин Д.М. Внутрифитоценоотические элементы неоднородности растительного покрова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. № 2. С. 10–13.

Mirin D.M. Intraphytocenotic elements of heterogeneity of vegetation cover // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2012. No. 2. P. 10–13.

10. Вайс А.А., Красиков И.И. Класс товарности темнохвойных насаждений Восточно-Саянского горно-таежного района // Сельское, лесное и водное хозяйство. 2013. № 10. [Электронный ресурс]. URL: <http://agro.snauka.ru/2013/10/1164/> (дата обращения: 24.06.2021).

Vais A.A., Krasikov I.I. Class of marketability of dark coniferous plantings of the East Sayan mountain-taiga region // Agriculture, forestry and water management. 2013. No. 10. [Electronic resource]. URL: <http://agro.snauka.ru/2013/10/1164/> (date of access: 24.06.2021).

11. Бобкова К.С., Кузнецов М.А., Осипов А.Ф. Запасы крупных древесных остатков в ельниках средней тайги Европейского северо-востока // Известия ВУЗ. Лесной журнал. 2015. № 2. С. 9–20.

Bobkova K.S., Kuznetsov M.A., Osipov A.F. Reserves of large wood residues in the spruce forests of the Middle taiga of the European North-East // Izvestiya VUZ. Lesnoy zhurnal. 2015. No. 2. P. 9–20.

12. Клименко А.В., Безкоровайная И.Н., Борисова И.В., Шобалина О.М. Депонирование углерода в фитодетрите на поверхности почвы в среднетаежных лесах среднего течения р. Подкаменная Тунгуска // Вестник КрасГАУ. 2015. № 10. С. 3–5.

Klimchenko A.V., Bezkorovaynaya I.N., Borisova I.V., Shobalina O.M. Carbon deposition in phytodetrite on the soil surface in the middle taiga forests of the middle reaches of the Podkamennaya Tunguska River // Vestnik KrasGAU. 2015. No. 10. P. 3–5.