DOI: 10.24419/LHI.2304–3083.2019.1.09
УДК 630.181.9

Количественная оценка запасов древесного детрита в лесах Российской Федерации по данным ГИЛ

Н. В. Малышева
Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, зам. зав. отделом, кандидат географических наук, nat-malysheva@yandex.ru,

А. Н. Филипчук
Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, зам. директора по науке, доктор сельскохозяйственных наук, afilipchuk@yandex.ru

Т. А. Золина
Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, ведущий инженер, tzolina@gmail.ru

Г. В. Сильнягина
Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, ведущий инженер, silnjagina@yandex.ru

В статье проанализированы результаты научных исследований в области оценки древесного детрита – сухостоя, валежника и пней; методы количественной оценки запаса углерода в сухостое и валежнике, применяемые при составлении кадастра парниковых газов. Рассмотрены проблемы количественной оценки запасов древесного детрита в лесах Российской Федерации. Выявлены преимущества использования качественно новой информации, создаваемой при проведении ГИЛ, для более достоверной оценки запасов наземной и надземной части древесного детрита. На основе проведенных исследований представлены предварительные результаты количественной оценки запасов сухостоя, валежника и пней в лесах по данным полевых измерений на 27 403 постоянных пробных площадях ГИЛ, характеризующих 15 лесных районов Российской Федерации.

Ключевые слова: *запасы сухостоя, запасы валежника, запасы пней, пул древесного детрита, государственная инвентаризация лесов (ГИЛ).*

Для ссылок: http://dx.doi.org/10.24419/LHI.2304–3083.2019.1.09
Количественная оценка запасов древесного детрита в лесах Российской Федерации по данным ГИЛ *[Электронный ресурс] / Н. А. Малышева, А. Н. Филипчук, Т. А. Золина, Г. В. Сильнягина // Лесохоз. информ. : эхлектрон. сетевой журн. – 2019. – № 1. – С. 101–128. URL: http://lhi.vniilm.ru/*

Введение

Парижское соглашение по климату (2015 г.) подтвердило значимость лесов в качестве основного поглотителя и накопителя парниковых газов. Национальный вклад России в Парижское соглашение сформулирован следующим образом: «Долгосрочной целью ограничения антропогенных выбросов парниковых газов в Российской Федерации может быть показатель 70–75% выбросов 1990 года к 2030 году при условии максимально возможного учета поглощающей способности лесов» [1].

В бореальных лесах углерод накапливается не только в процессе роста лесной растительности, но и длительное время находится в связанном состоянии в сухостое и валежнике. Пул углерода в сухостое и валежнике – второй по величине наземный резервуар углерода после фитомассы лесов [2]. По оценкам, опубликованным в официальной национальной отчетности по международным климатическим соглашениям [3, 4], запасы углерода в пуле мертвой древесины в среднем по стране составляют 19,8% (данные 2017 г.) – 19,5% (2018 г.) запасов углерода биомассы лесов. Исследования разных научных коллективов представляют близкие оценки.

Коллектив исследователей IIASA приводит оценки запасов углерода в сухостое, валежнике и пнях по России в размере около 20,0% общего запаса углерода в фитомассе. При этом только в этой из известных нам работ опубликована оценка запаса углерода в мертвых корнях, сохранивших свою морфологическую структуру. В общей структуре запасов углерода в отпавшей древесине 37,8% приходится на сухостой, 30,6% – на валежник, 31,6% – на мертвые корни [5]. По результатам исследований Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, проведенным в Енисейском регионе Красноярского края по меридиональному градиенту, участие древесного детрита в формировании среднего запаса углерода в лесных экосистемах оценено в 22% [6]. В связи с этим количественная оценка запаса мертвой древесины, как составляющей для определения общего объема углерода, накопленного лесными экосистемами, приобретает большое значение.

Понимание роли этого пула и его количественного вклада в бюджет углерода лесных экосистем требует накопления знаний эмпирического уровня. Положение пула древесного детрита в системе пулов и потоков углерода в лесных экосистемах остается недостаточно понятным [2]. Разработка методов подсчета запасов органического вещества в мертвой древесине признается приоритетной задачей для снижения неопределенности оценки запасов углерода лесных экосистем [7, 8]. Подавляющее большинство исследователей использует при региональных и национальных оценках модельные расчеты запасов углерода в пуле мертвого органического вещества сухостоя и валежника для земель, занятых лесными насаждениями (покрытых лесом), основанные на соотношении фитомассы и мертвой древесины [3, 4, 9–11]. Для не занятых лесными насаждениями земель (гари, погибшие насаждения и пр.) в расчетах используют данные непосредственных измерений составляющих древесного детрита – сухостоя, валежника и пней.

Запасы мертвого органического вещества представляют собой значительный резервуар углерода в лесах России. Этот углеродный пул формируют сухостой, валежник, пни, сухие ветви, отмершие корни деревьев. Для надземной (сухостой) и наземной (валежник, пни) частей используют термин крупные древесные остатки (древесный детрит) – КДО [7, 12].

Сухостой – это усохшие, стоящие на корню деревья или кустарники [13]. Усыхание деревьев обусловлено естественный отпадом и воздействием неблагоприятных природно-климатических и антропогенных факторов, в числе которых атмосферная и почвенная засухи, понижение уровня грунтовых вод, заболачивание почв и грунтов, уплотнение почв, лесные пожары, массовое распространение вредных насекомых и грибных болезней и др. Валежник образуют стволы отмерших деревьев или их части (ветви, сучья), лежащие на земле, а также скопления ветровальных и буреломных деревьев [http://rosleshoz.gov.ru/open-agency/opendata/glossary].

При региональных оценках к валежнику зачастую относят наземную часть пней [12].

Определение запасов углерода пула древесного детрита и, тем более, оценка поступлений и потерь органического вещества этого пула – нетривиальная задача, поиск методического решения которой продолжается. Неопределенность оценки запасов и годичного поглощения углерода в валежной и сухостойной древесине остается значительной. Так, Руководящие указания по эффективной практике для ЗИЗЛХ [14] признают приемлемой величину неопределенности запаса углерода в валежной и сухостойной древесине ±30% на национальном уровне. Запас углеродного пула древесного детрита зависит от объема древесины, погибшей и поврежденной в результате воздействия негативных факторов или естественного отпада в древостоях; времени, прошедшего после негативного воздействия; скорости разложения органического вещества в тех или иных климатических условиях; своевременного выполнения санитарно-оздоровительных мероприятий. Отраслевая отчетность о санитарном и лесопатологическом состоянии лесов свидетельствует о том, что основными факторами, вызывающими гибель лесов и способствующими накоплению древесного детрита, являются лесные пожары (около 50% площади погибших насаждений) и насекомые-вредители леса (приблизительно 21%) [15, 16].

Санитарно-оздоровительные мероприятия, предусмотренные отраслевыми нормативными актами [17, 18], включают рубку погибших и поврежденных насаждений (выборочные и сплошные санитарные рубки) и очистку лесов от захламленности (уборка захламленности насаждений). Очистка лесов от захламленности заключается, главным образом, в разработке ветровальников, буреломов прошлых лет. Отношение площади санитарно-оздоровительных мероприятий к площади погибших и поврежденных лесов (%), приведенное федеральной статистикой [https://www.fedstat.ru/indicator/43444], свидетельствует о снижении объемов мероприятий за последние годы. Так, в 2013 г. это соотношение составляло 24%, 2014 г. – 16,5%, а в 2015 г. – 12%. За это же время, по данным федеральных статистических наблюдений, доля площади лесов, погибших от пожаров, неблагоприятных погодных условий, вредителей и болезней леса по отношению к площади земель, занятых лесными насаждениями, возросла на 12%, а объемы санитарно-оздоровительных мероприятий сократились на 50%. Это свидетельствует о недостаточности объемов проводимых мероприятий, в результате чего происходит накопление запасов сухостойной и валежной древесины в лесах. Негативная тенденция накопления погибших лесных насаждений, оставшихся на корню, отмечена в большинстве регионов России и по данным государственного лесопатологического мониторинга. В обзорах санитарного и лесопатологического состояния лесов [15, 16] также отражена недостаточность объемов санитарных рубок и других лесохозяйственных мероприятий по разработке погибших и поврежденных насаждений.

Цель проведенного исследования состоит в обобщении и анализе количественных характеристик запасов мертвой древесины, накопленных в свежем сухостое, старом сухостое, валежнике и пнях, по данным государственной инвентаризации лесов (ГИЛ). Исходными источниками данных служили аналитические обзоры о состоянии лесов, их количественных и качественных характеристиках по 22 субъектам Российской Федерации, в которых ГИЛ завершена в 2013–2016 гг., и аналитические обзоры о состоянии лесов, их количественных и качественных характеристиках по 10 лесным районам, подготовленные в 2018 г. [http://rosleshoz.gov.ru/activity/inventory/presentations].

Предполагается, что использование данных ГИЛ, собранных в полевых условиях по единой методике с представительным объемом выборки, позволит дать объективную и достоверную количественную оценку накопленных запасов углерода в мертвой древесине на региональном и национальном уровнях. В конечном счете предлагаемый источник данных и метод оценки могут качественно улучшить климатическую отчетность Российской Федерации в РКИК ООН в условиях действия Парижского соглашения.

Материалы и методы исследования

Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства МГЭИК [14] предлагают несколько вариантов измерений объема валежной и сухостойной древесины в полевых условиях на постоянных пробных площадях (ППП). При замерах каждая учтенная единица валежника классифицируется по классу плотности (степени разложения органического вещества). Для приблизительной оценки средних темпов ежегодного отпада от неблагоприятных факторов и среднего соотношения запаса валежника к запасу фитомассы предлагаются ориентировочные параметры, представленные в табл. 1 [14, таблица 3.2.2]. Таблица из источника заимствована в редакции оригинала.

Методически однотипные измерения и количественная оценка объемов сухостоя, валежника и пней на ППП на регулярной основе выполняются при ведении государственной инвентаризации лесов (ГИЛ). Государственная инвентаризация лесов – новый вид лесоучетных работ в Российской Федерации, введенный в действие лесным законодательством 2006 г. (статья 90 ЛК РФ в ред. от 03.08.2018 с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019). Работы по ГИЛ выполняют по единой методике [19–21] посредством полевых измерений характеристик на постоянных пробных площадях. Расчет количества ППП ГИЛ проводится по лесным районам с установленной целевой точностью определения общего запаса древесины. По результатам измерений на ППП формируют полевой проект ГИЛ, включающий, в том числе, измерения отмерших деревьев (сухостой, валежник, пни). В паспорт ППП ГИЛ вносят характеристику вида сухостоя (свежий или старый) и напочвенного детрита по трем категориям – хворост, валежник, пни. На ППП проводят учет валежной древесины – стволов отмерших деревьев и их частей диаметром более 4–6 см и длиной более 0,5 м, лежащих на земле, с подразделением по породам. Кроме того, измеряют длину и диаметр валежника, давность его образования, определяют степень его разложения по 4-м категориям, количество и высоту пней, наличие хвороста из отмерших ветвей деревьев. Дифференциация категорий разложения валежника соответствует снижению базисной плотности мертвой древесины с использованием коэффициентов: нет разложения – 0,8 базисной плотности, слабое – 0,6, среднее – 0,5, сильное – 0,2. Принятые коэффициенты для категории разложения упрощены. Похожее подразделение валежника по степени разложения на 4 класса используется при ведении инвентаризации лесов в Швеции [22]: разложение слабой степени – снижение массы на 1–9%, от слабого до среднего – 10–25%, среднее – 26–75%, сильное (почти

Таблица 1. **Обновленные данные по умолчанию о естественном отпаде, запасах валежной древесины и соотношении валежной древесины к фитомассе [14] по [7]**

Лесная формация	Средние темпы естественного отпада (доля сухостоя в год)	Коэффициент вариации
Хвойные леса	0,0116	1,059
Лиственные леса	0,0117	0,682
	Средний запас валежной древесины (тонны с.в./га)	**Коэффициент вариации**
Хвойные леса	43,4	1,12
Лиственные леса	34,7	1,00
	Среднее соотношение запаса валежной древесины к запасу фитомассы	**Коэффициент вариации**
Хвойные леса	0,20	1,33
Лиственные леса	0,14	0,77

полное разложение) – 76–100%. В ряде публикаций отечественных авторов приводится более детальная оценка снижения базисной плотности древесины по стадиям разложения, хотя диапазон варьирования показателя в зависимости от древесной породы и региона значителен [23–25].

После завершения закладки расчетного количества пробных площадей и камеральной обработки данных ППП определяют ряд стандартных переменных, в том числе средние таксационные показатели насаждений, которые позволяют оценить количественные и качественные характеристики лесов. Для отмершей древесины рассчитывают средние запасы сухостоя по видам и породам (или группам пород), средние значения запасов валежника по породам и степени разложения, средний запас пней, подсчитывают запасы углерода в насаждениях. Результаты работ сводят и представляют по типовой форме, утвержденной Рослесхозом, в виде Аналитического обзора о состоянии лесов, их количественных и качественных характеристиках.

По состоянию на 2018 г. полевые работы по закладке ППП ГИЛ завершены в 64 субъектах Российской Федерации (76% площади лесов) [http://data.rosleshoz.ru/+/DOCS/Доронин%20М.С.%20 Современная%20система%20государственной%20инвентаризации%20лесов%20в%20Российской%20Федерации.pdf].

В настоящем исследовании для получения сведений об объемах сухостоя, валежника и пней использованы аналитические обзоры о состоянии лесов, их количественных и качественных характеристиках по 22 субъектам Российской Федерации и 10 лесным районам [http://rosleshoz.gov.ru/activity/inventory/presentations]. Общее количество ППП, на которых проводились полевые измерения запасов сухостойной, валежной древесины и пней, по всем исследуемым объектам составляет 27 403.

Количественные характеристики запасов сухостоя, валежника и пней отобраны из аналитических обзоров, обобщены и сведены в единую форму для последующей оценки запасов углерода в пуле мертвой древесины. Предпринятый в проведенном исследовании учет запаса пней в лесах России с использованием представительной выборки до настоящего времени не проводился. Запас пней, как структурная составляющая древесного детрита, учитывается редко [2]. Следует оговориться, что в настоящем исследовании акцент сделан на оценке наземной и надземной частей пула мертвой древесины, вместе с тем, значительная часть ее сосредоточена в отмерших корнях деревьев. Запас этой составляющей непосредственно на ППП ГИЛ не определяют.

Свод характеристик наземной и надземной составляющих древесного детрита выполнен по лесным районам и лесорастительным зонам. В состав таежной зоны европейской части России (ЕЧР) включены северотаежная подзона (Карельский северо-таежный район и Северо-таежный район европейской части), среднетаежная подзона (Балтийско-Белозерский, Карельский таежный, Двинско-Вычегодский, Западноуральский таежный), южно-таежная подзона европейской части (западная часть). Южно-таежная подзона в нашем исследовании представлена частью территорий Новгородской, Тверской, Нижегородской и Ярославской областей. Зона хвойно-широколиственных лесов европейской части России включает полностью или частично следующие территориальные единицы: Брянскую, Владимирскую, Нижегородскую, Ивановскую, Калининградскую, Тверскую, Калужскую, Новгородскую, Псковскую, Рязанскую, Смоленскую, Тульскую, Ярославскую области, Республику Марий Эл, Мордовскую и Чувашскую республики. Лесостепная зона европейской территории представлена 8 регионами, полностью или частично включенными в лесостепной район европейской части Российской Федерации (ЕЧ РФ), в их числе Брянская, Воронежская, Липецкая, Тамбовская, Орловская, Рязанская, Тульская области и Республика Мордовия. Степной район европейской части степной зоны представлен Воронежской областью, 26,5% площади которой расположены на территории этого района. Южно-Сибирская горная зона представлена Алтае-Саянским горно-таежным районом, в который полностью входит Республика Алтай и частично Алтайский край – 35%

территории. Перечень лесорастительных зон и лесных районов установлен приказом МПР России от 18.08.2014 № 367 (ред. от 21.03.2016 № 83 и 18.10.2018 № 528). Карта деления территории России на лесорастительные зоны/подзоны и лесные районы представлена на рис. 1. Деление таежной зоны на подзоны соответствует более раннему приказу Рослесхоза «Об утверждении перечня лесорастительных зон и лесных районов» от 04.02.2009 № 37 и лесорастительному районированию С. Ф. Курнаева [26]. Карта лесорастительного районирования России с делением на подзоны приведена в работе [27].

Количество ППП ГИЛ, данные которых использованы в исследовании, по лесным районам представлено в табл. 2.

Пояснение к карте «Лесорастительных зон и лесных районов». Номера и названия лесных районов:

1 – Притундровых лесов и редкостойной тайги Европейско-Уральской части РФ; 2 – Северо-таежный район европейской части РФ; 3. Карельский северо-таежный; 4 – Карельский таежный; 5 – Двинско-Вычегодский таежный; 6 – Балтийско-Белозерский таежный; 7 – Южно-таежный район европейской части РФ; 8 – Хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части РФ; 9 – Лесостепной район европейской части РФ; 10 – Степей европейской части РФ; 11 – Полупустынь и пустынь европейской части РФ; 12 – Северо-Кавказский горный; 13 – Крымский горный; 14 – Северо-Уральский таежный; 15 – Западно-Уральский таежный; 16 – Средне-Уральский таежный; 17 – Южно-Уральский лесостепной; 18 -Западно-Сибирский район притундровых лесов и редкостойной тайги; 19 – Западно-Сибирский северо-таежный равнинный; 20 – Западно-Сибирский средне-таежный равнинный; 21 – Западно-Сибирский южно-таежный равнинный; 22 – Западно-Сибирский подтаежно-лесостепной; 23 – Среднесибирский район притундровых лесов и редкостойной тайги; 24 – Среднесибирский плоскогорный таежный; 25 – Нижнеангарский таежный; 26 – Среднеангарский таежный; 27 – Среднесибирский подтаежно-лесостепной район; 28 – Алтае-Саянский горно-таежный; 29. Алтае-Саянский горно-лесостепной; 30 – Восточно-Сибирский район притундровых лесов и редкостойной тайги; 31 – Восточно-Сибирский таежный мерзлотный; 32 – Верхнеленский таежный; 33 – Байкальский горный лесной; 34. Забайкальский горномерзлотный; 35 – Забайкальский горный лесной; 36 – Забайкальский лесостепной; 37 – Дальневосточный район притундровых лесов и редкостойной тайги; 38 – Камчатский таежный; 39 – Дальневосточный таежный; 40 – Приамурско-Приморский хвойно-широколиственных лесов; 41 – Дальневосточный лесостепной; Без номера – нелесные земли

Рис. 1. **Карта лесорастительных зон/подзон и лесных районов России**

Таблица 2. **Количество постоянных пробных площадей ГИЛ, обследованных по лесорастительным зонам и лесным районам**

Лесорастительная зона/подзона	Лесной район	Количество ППП ГИЛ
Северо-таежная подзона ЕЧ РФ	Карельский северо-таежный	377
	Северо-таежный ЕЧ РФ	1 548
	Всего	**1 925**
Среднетаежная подзона ЕЧ РФ	Балтийско-Белозерский таежный	2 657
	Карельский таежный	402
	Двинско-Вычегодский таежный	1 306
	Западно-Уральский таежный	378
	Всего	**4 743**
Южно-таежная подзона ЕЧ РФ (западная часть)[1]	Южно-таежный район ЕЧ РФ	1 612
Итого таежная зона ЕЧ РФ		**8 280**
Таежная/южно-таежная подзона Урала[1]	Среднеуральский таежный	2 343
Зона хвойно-широколиственных лесов ЕЧ РФ	Хвойно-широколиственных (смешанных) лесов ЕЧ РФ	7 851
Зона хвойно-широколиственных лесов ДВ	Приамурско-Приморский хвойно-широколиственный район	2 115
Лесостепная зона ЕЧ РФ[2]	Лесостепной ЕЧ РФ	2 030
Лесостепная зона ЗС	Подтаежно-лесостепной	2 859
Лесостепная зона ДВ	Дальневосточный лесостепной	969
Степная зона ЕЧ РФ[3]	Степной ЕЧ РФ	221
Южно-Сибирская горная зона[4]	Алтае-Саянский горно-таежный	735
Итого по всем объектам		**27 403**

Примечание. ЕЧ РФ – европейская часть Российской Федерации, ЗС – Западная Сибирь, ДВ – Дальний Восток.

[1] Западная часть южно-таежной подзоны ЕЧ РФ представлена областями: Новгородская (47,4% площади области), Ярославская (58,5%), Нижегородская (25,3%) и Тверская (6,4%).

[2] Лесостепная зона ЕЧР представлена областями: Брянская, Воронежская, Липецкая, Орловская, Рязанская, Тамбовская, Тульская, Республика Мордовия.

[3] Степная зона ЕЧ РФ представлена частью Воронежской области (в зону входит 26,5% площади области).

[4] Южно-Сибирская горная зона, Алтае-Саянский горно-таежный район представлен частью территории Алтайского края и Республикой Алтай.

Обзор литературы

Изучение древесного детрита и потоков органического вещества, связанных с отпадом и его разложением, проводится в лесах России небольшими коллективами в рамках научных исследований, и выборочная совокупность данных невелика [6, 24, 25,28, 29]. Это объясняется тем, что такие экспериментальные исследования трудоемки и выполняются на протяжении многих лет. Установленные на локальных участках закономерности сложно экстраполировать на уровень регионов и лесорастительных зон. Тем более оправдано использовать большой массив выборочных измерений отпада на ППП ГИЛ. Аналогичный подход привлечения данных национальных инвентаризаций лесов об объемах сухостойной и валежной древесины для оценки запасов углерода регионального и национального уровней используется во многих странах мира [30, 31]. В Швеции инвентаризация валежника проводится на ППП национальной инвентаризации лесов (НИЛ) с 1994 г. [22].

В США на ППП НИЛ измеряют как запас крупных древесных остатков, так и запасы тонкого древесного детрита, при этом объем выборки

пробных площадей составляет 4 531 [31]. Представляют интерес результаты определения запасов сухостойной и валежной древесины в бореальных лесах США. Полученные средние значения запасов древесного детрита составляют 19,46 т/га для бореальных лесов севера и северо-востока США и 16,58 т/га для северного района Скалистых гор северо-запада США. На запас сухостоя и валежника в бореальных лесах севера и северо-востока США приходится 14,22 т/га, на запас корней – 5,24 т/га. В северном районе Скалистых гор средние запасы сухостоя и валежника – 11,4 т/га, запасы корней – 5,18 т/га. При этом выборка существенно меньше, чем в нашем исследовании, – около 618 пробных площадей в бореальных лесах севера и северо-востока США и 188 в северном районе Скалистых гор. Запас сухостоя и валежника коррелирует с природно-климатическими условиями, хотя эта связь статистически неустойчива [31].

Из подробно документированных и представленных в научных публикациях многолетних научных исследований запасов древесного детрита и круговорота органического вещества в лесных экосистемах заслуживают обсуждения результаты работ сотрудников Института биологии Коми НЦ УрО РАН [32–36], Санкт-Петербургской лесотехнической академии и СПбНИИЛХ [24, 25, 37], Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН [6, 38].

Натурные наблюдения сотрудников Института биологии Коми НЦ РАН показали, что масса древесного детрита в спелом ельнике черничном подзоны средней тайги Республики Коми в среднем составляет 9,7 т/га [35], или 7% запасов углерода древостоя. В структуре древесного детрита 50% составляет валежник, 42% сухостой и 8% пни и остолопы. К. С. Бобкова с соавт. [32] приводит следующие результаты, полученные на пробных площадях стационара в подзоне средней тайги этого же региона: масса органического вещества древесного детрита варьируется от 19 т/га в лиственных древостоях до 19,5–35 т/га в смешанных с преобладанием ели, из которых на долю сухостоя приходится 5…42%, валежника – 23…80%, пней и остолопов – 1…32 %. Существенные расхождения в средних значениях массы древесного детрита в исследованиях [32] по сравнению с [35] можно объяснить преобладанием в общей массе КДО сухостоя и валежника ранних стадий разложения (снижение базисной плотности древесины на 10–20%).

Группа исследователей из СПбНИИЛХ и СПбЛТА приводит такие результаты оценок запасов КДО по данным стационарных наблюдений [37]: в подзоне северной тайги европейской части России – 9,7±5,4 т/га, подзоне средней тайги – 21,6±13,5 т/га. Количество заложенных пробных площадей в подзоне северной тайги – 33, в подзоне средней тайги – 80. Результаты исследований показали вариабельность пула органического вещества КДО в коренных типах леса. В работе [25] широкая географическая представленность объектов исследований (Ленинградская и Архангельская области, Республика Коми) позволила выявить изменчивость запасов древесного детрита при среднем значении по всем исследуемым объектам 36,9±1,24 т/га. Здесь оценивались запасы детрита не только в сухостое и валежнике, но и в пнях, однако отдельно запасы последней составляющей не сообщаются [25]. Запас древесного детрита в перестойных ельниках средней тайги Ленинградской обл. оценен в 44,54±1,7 т/га, в сосняках – 22,02±14,25 т/га; в ельниках подзоны северной тайги Республики Коми получены наименьшие значения из представленных в исследовании – 19,36±0,95 т/га.

Фундаментальные исследования научного коллектива Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, проведенные в Енисейском регионе Красноярского края по меридиональному градиенту, показали следующие вариации среднего значения напочвенной составляющей древесного детрита: в подзоне лесотундры – 23,4 т/га, в подзоне южной тайги – 10,7 т/га, при среднем по исследуемой территории – 15,6 т/га [6]. А. В. Климченко с соавт. [38] приводит оценку КДО в разнородных по составу лесообразующих пород среднетаежных насаждениях Приенисейской Сибири: для сосняков лишайниковых – 12,4±3,0 т/га; в кедровых, еловых и пихтовых насаждениях средние запасы древесного детрита изменяются в диапазоне 48–62 т/га. При этом динамика

запасов КДО зависит от возраста насаждений и частоты лесных пожаров.

В отечественном лесоведении накоплен большой объем информации по темпам годичного отпада древостоев, сведенный в таблицы хода роста насаждений. Однако расчеты запасов древесного детрита на основе этих таблиц могут содержать серьезные ошибки [2]. Использовать таблицы хода роста для расчета отношения объемов сухостоя и валежника к запасу древостоев проблематично, так как фактические темпы отпада превосходят нормативные, которые рассчитаны для хода роста нормальных насаждений [2, 8, 39]. В работе [7] приводится ссылка на исследования, проведенные в Канаде (Британская Колумбия) [40] и Финляндии [41], в которых продемонстрировано, что основную роль в накоплении сухостоя и валежника играет режим нарушенности неблагоприятными факторами, имеющий большую значимость, чем возрастная группа насаждений, особенно в молодняках и средневозрастных насаждениях. Аналогичные выводы получены в работах [25, 31, 37, 42].

Средняя величина запасов углерода в древесном детрите для управляемых лесов России по среднемноголетним данным рассчитана в размере 8,2 т С/га, или 16,4 т/га в пересчете на сухое органическое вещество [10]. В этой работе запас углерода в пуле мертвой древесины для лесов Российской Федерации за 1990–2004 гг. оценен в среднем в размере 4,46 Гт С, а по данным Национального доклада о кадастре на 2016 г. [4], рассчитанным по методике РОБУЛ [http://old.cepl.rssi.ru/programms.htm], – 5,23 Гт С. При этом в структуре общего запаса углерода лесных экосистем (включая пул почвы) запас пула мертвой древесины составляет 5% [4, 10]. По оценкам А. З. Швиденко и др. [5], запасы углерода в древесном детрите (включая мертвые корни) по России в целом составляют 10,3±1,0 Гт С, что эквивалентно 20,6 Гт органической массы. По расчетам, выполненным по Методике ВНИИЛМ [11], на 2016 г. они оцениваются в 8,61 Гт С, или 17,22 Гт органической массы.

Принятая для подготовки национальной отчетности методика определения запаса углерода для пула древесного детрита [10] включает расчет массы мертвой древесины по объемному запасу стволовой древесины с помощью конверсионных коэффициентов, дифференцированных в зависимости от группы возраста и преобладающей породы. Д. Г. Замолодчиков с соавт. [10] приводит среднее отношение массы мертвой древесины к фитомассе, полученное расчетным путем: 22% для хвойных и 11% для твердолиственных пород.

Методика ВНИИЛМ [11] тоже предусматривает определение массы мертвого органического вещества сухостоя и валежника расчетным путем, исходя из его отношения к запасу фитомассы (надземной и подземной). На рис. 2 проиллюстрировано пространственное представление запасов углерода в мертвой древесине (сухостой, валежник), рассчитанных с использованием этой методики [11].

Анализ результатов натурных исследований запасов древесного детрита, расчетных оценок и факторов, влияющих на его пространственную изменчивость и временную динамику, продемонстрировал вариативность характеристик и подтвердил гипотезу о целесообразности привлечения масштабных по объему выборки данных ППП ГИЛ для оценки наземной и надземной части пула мертвой древесины в лесах России.

Результаты исследования

Характеристики запаса сухостоя, валежника и пней по основным группам пород, отобранные из аналитических обзоров о состоянии лесов, их количественных и качественных характеристиках и сгруппированные по лесорастительным зонам и лесным районам, приведены в табл. 3–9.

В данных табл. 3 о запасах сухостойной древесины по всем обследованным лесорастительным зонам и лесным районам преобладает старый сухостой – 85% общего запаса сухостоя. Накопление запасов старого сухостоя на фоне незначительных объёмов свежего сухостоя (15%) свидетельствует о недостаточных объемах санитарно-оздоровительных мероприятий,

Рис. 2. **Средние запасы углерода в мертвом органическом веществе сухостоя и валежника, рассчитанные по методике ВНИИЛМ [11]**

Таблица 3. **Средние запасы сухостоя с подразделением по категориям по лесорастительным зонам и лесным районам Российской Федерации, м³/га**

Лесорастительная зона/подзона	Лесной район	Сухостой		Всего
		свежий	старый	
Северо-таежная подзона ЕЧ РФ	Карельский северо-таежный	0,82±0,36	8,26±1,38	9,08±1,7
	Северо-таежный ЕЧ РФ	2,00±0,05	10,00±1,4	12,00±1,4
В среднем по подзоне		1,41±0,2	9,13±1,4	10,54±1,6
Среднетаежная подзона ЕЧ РФ	Балтийско-Белозерский	1,00±0,0	9,00±0,5	10,00±0,5
	Карельский таежный	2,70±1,0	8,60±2,0	11,30±3,0
	Двинско-Вычегодский	2,00±1,0	12,00±1,5	14,00±2,2
	Западно-Уральский таежный	1,00±0,5	7,00±1,7	8,00±2,0
В среднем по подзоне		**1,68±0,6**	**9,15±1,4**	**10,8±1,9**
Южно-таежная подзона ЕЧ РФ[1] (западная часть)	Южно-таежный район ЕЧ РФ	1,07±0,5	6,68±2,9	7,75±3,5
Итого в среднем по таежной зоне ЕЧ РФ		**1,51±0,4**	**8,79±1,9**	**10,30±2,3**
Таежная/южно-таежная подзона Урала	Среднеуральский таежный	2,17±0,41	13,31±0,89	15,48±1,4

Лесорастительная зона/подзона	Лесной район	Сухостой		Всего
		свежий	старый	
Зона хвойно-широколиственных лесов ЕЧ РФ	Хвойно-широколиственных лесов ЕЧ РФ	2,22±2,1	11,67±7,3	13,89±9,3
Зона хвойно-широколиственных лесов ДВ	Приамурско-Приморский хвойно-широколиственных лесов	1,70±0,4	13,40±1,2	15,10±1,6
Лесостепная зона ЕЧ РФ	Лесостепной ЕЧ РФ	3,62±2,8	19,10±13,1	22,72±14,7
Лесостепная зона ЗС	Подтаежно-лесостепной	2,35±0,4	8,06±0,7	10,41±1,1
Лесостепная зона ДВ	Дальневосточный лесостепной	1,00±0,5	4,00±1,0	5,00±1,0
Степная зона ЕЧ РФ	Степной ЕЧ РФ	1,77±0,6	10,42±1,64	12,19±2,2
Южно-Сибирская горная зона	Алтае-Саянский горно-таежный	0,54±0,1	8,93±4,9	9,47±5,1

Примечания. ЕЧ РФ – европейская часть Российской Федерации, ЗС – Западная Сибирь, ДВ – Дальний Восток.
[1] Западная часть южно-таежной подзоны ЕЧ РФ представлена областями: Новгородская (47,4% площади области), Ярославская (58,5%), Нижегородская (25,3%) и Тверская (6,4%).
[2] Степная зона ЕЧ РФ представлена частью Воронежской области (в зону входит 26,5% площади области).

Таблица 4. **Средние запасы сухостоя с подразделением по группам пород по лесорастительным зонам и лесным районам Российской Федерации, м³/га**

Лесорастительная зона/подзона	Лесной район	Сухостой		Всего
		хвойные	лиственные	
Северо-таежная подзона ЕЧ РФ	Карельский северо-таежный	7,95±1,6	1,13±0,2	9,08±1,7
	Северо-таежный ЕЧ РФ	9,00±1,4	3,00±0,05	12,00±1,5
В среднем по подзоне		**8,48±1,5**	**2,07±0,1**	**10,54±1,6**
Среднетаежная подзона ЕЧ РФ	Балтийско-Белозерский	6,00±0,5	4,00±0,0	10,00±0,5
	Карельский таежный	7,00±2,0	4,30±1,4	11,30±3,0
	Двинско-Вычегодский	9,00±1,7	5,00±0,5	14,00±2,2
	Западно-Уральский таежный	6,00±2,0	2,00±0,5	8,00±2,0
В среднем по подзоне		**7,00±1,5**	**3,83±0,8**	**10,83±2,0**
Южно-таежная подзона ЕЧ РФ[1] (западная часть)	Южно-таежный район ЕЧ РФ	2,53±1,2	5,22±2,8	7,75±3,5
Итого в среднем по таежной зоне ЕЧ РФ		**6,78±1,49**	**3,52±0,78**	**10,30±2,3**
Таежная/южно-таежная подзона Урала	Среднеуральский таежный	9,35±1,0	6,13±0,6	15,48±1,4
Зона хвойно-широколиственных лесов ЕЧ РФ	Хвойно-широколиственных лесов ЕЧ РФ	4,63±4,2	9,26±5,2	13,89±9,3
Зона хвойно-широколиственных лесов ДВ	Приамурско-Приморский хвойно-широколиственных лесов	9,40±1,2	5,70±0,4	15,10±1,6
Лесостепная зона ЕЧ РФ	Лесостепной ЕЧ РФ	6,99±5,1	15,73±10,5	22,72±14,7
Лесостепная зона ЗС	Подтаежно-лесостепной	2,02±0,5	8,39±0,9	10,41±1,1
Лесостепная зона ДВ	Дальневосточный лесостепной	2,00±0,5	3,0±0,5	5,00±1,0
Степная зона ЕЧ РФ[2]	Степной ЕЧ РФ	3,35±0,9	8,84±2,0	12,19±2,2
Южно-Сибирская горная зона	Алтае-Саянский горно-таежный	8,26±5,0	1,21±0,1	9,47±5,1

Примечание. ЕЧ РФ – европейская часть Российской Федерации, ЗС – Западная Сибирь, ДВ – Дальний Восток.
[1] Западная часть южно-таежной подзоны ЕЧ РФ представлена областями: Новгородская (47,4% площади области), Ярославская (58,5%), Нижегородская (25,3%) и Тверская (6,4%).
[2] Степная зона ЕЧ РФ представлена частью Воронежской области (в зону входит 26,5% площади области).

проводимых в лесах субъектов Российской Федерации, участвующих в исследовании.

Структура запасов сухостоя по группам пород соответствует особенностям зональной представленности древостоев определенных пород по лесорастительным зонам/лесным районам. В составе запасов сухостойной древесины зоны хвойно-широколиственных лесов европейской части РФ, лесостепной зоны (лесостепной район ЕЧ РФ, подтаежно-лесостепной Западной Сибири, Дальневосточный лесостепной), степной зоны (степной ЕЧ РФ) преобладают лиственные породы. В составе запасов сухостойной древесины таежной зоны (таежная зона ЕЧ РФ, Среднеуральский таежный район, Алтае-Саянский таежный район) – хвойные породы (рис. 3). Преобладание в структуре запасов сухостоя хвойных пород в Приамурско-Приморском районе хвойно-широколиственных лесов Дальнего Востока (62%) и накопление старого сухостоя (88% общего объема сухостойной древесины, см. табл. 3) можно объяснить недостаточными объемами санитарных рубок в хвойных насаждениях, поврежденных стволовыми вредителями [15, 16].

Рис. 3. **Средний запас сухостойной древесины с подразделением по группам пород по лесным районам, м³/га**

Соотношение групп пород в формировании средних запасов сухостойной древесины, представленное на рис. 4, показывает, что в таежной зоне соотношение хвойных и лиственных пород порядка 70 и 30%, в зоне хвойно-широколиственных лесов – примерно 50 и 50%, в лесостепной и степной зонах – порядка 30 и 70% соответственно.

Средние запасы валежника по лесорастительным зонам и лесным районам представлены в табл. 5.

Данные о структуре средних запасов валежника по всем объектам нашего исследования проиллюстрированы на рис. 5. Структура запасов валежника по группам пород отвечает зональному принципу представленности древесных пород по лесорастительным зонам и лесным районам. В составе запаса валежника таежной зоны (Северо-таежный ЕЧ РФ, Карельский северо-таежный, Среднеуральский таежный, Западно-Уральский таежный, Балтийско-Белозерский таежный, Двинско-Вычегодский таежный, Карельский таежный, Алтае-Саянский таежный район) преобладают хвойные породы.

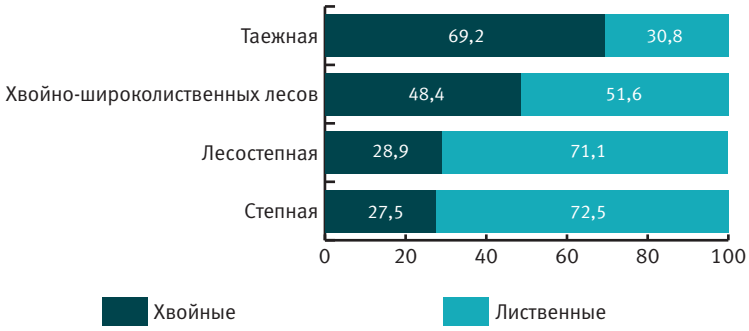


Рис. 4. **Структура средних запасов сухостойной древесины с подразделением на группы пород по анализируемым лесорастительным зонам, %**

В составе валежника зоны хвойно-широколиственных лесов (лесные районы Приамурско-Приморский и европейской части РФ) и лесостепного района ЕЧ РФ равная представленность лиственных и хвойных пород – порядка 50% хвойные и 50% лиственные. В лесостепных районах Западной Сибири и Дальнего Востока преобладает валежник лиственных пород. В отмеченные зональные закономерности не

Таблица 5. **Средние запасы валежника с подразделением по группам пород по лесорастительным зонам и лесным районам Российской Федерации, м³/га**

Лесорастительная зона/подзона	Лесной район	Валежник		Всего
		хвойные	лиственные	
Северо-таежная подзона ЕЧ РФ	Карельский северо-таежный	12,20±1,7	0,90±0,2	13,10±1,8
	Северо-таежный ЕЧ РФ	11,20±0,8	2,40±0,2	13,60±1,0
В среднем по подзоне		**11,70±1,25**	**1,65±0,2**	**13,35±1,4**
Среднетаежная подзона ЕЧ РФ	Балтийско-Белозерский	12,20±0,8	9,80±0,6	22,00±1,4
	Карельский таежный	9,20±1,8	3,50±0,6	12,70±2,3
	Двинско-Вычегодский	10,20±0,7	4,30±0,4	14,50±1,0
	Западно-Уральский таежный	11,10±1,8	2,70±0,6	13,80±2,1
В среднем по подзоне		**10,68±1,28**	**5,08±0,55**	**15,75±1,7**
Южно-таежная подзона ЕЧ РФ (западная часть)[1]	Южно-таежный район ЕЧ РФ	9,29±0,8	13,62±4,8	22,91±5,4
Итого в среднем таежная зона ЕЧ РФ		**10,77±1,2**	**5,32±1,1**	**16,09±2,1**
Таежная/южно-таежная подзона Урала	Среднеуральский таежный	8,80±0,7	6,70±0,5	15,50±1,0
Зона хвойно-широколиственных лесов ЕЧ РФ	Хвойно-широколиственных лесов ЕЧ РФ	9,3±5,0	10,5±5,0	19,8±2,7
Зона хвойно-широколиственных лесов ДВ	Приамурско-Приморский хвойно-широколиственных лесов	11,90±1,1	11,50±0,65	23,40±1,8
Лесостепная зона ЕЧ РФ	Лесостепной ЕЧ РФ	9,24±5,5	9,0±5,0	18,24±4,7
Лесостепная зона ЗС	Подтаежно-лесостепной	2,30±0,4	9,70±1,1	12,00±1,3
Лесостепная зона ДВ	Дальневосточный лесостепной	1,80±0,4	3,50±0,5	5,30±0,7
Степная зона ЕЧ РФ[2]	Степной ЕЧ РФ	7,16±0,9	3,3±1,7	10,46±2,5
Южно-Сибирская горная зона	Алтае-Саянский горно-таежный	20,2±11,94	4,62±2,72	24,82±10,09

Примечание. ЕЧ РФ – европейская часть Российской Федерации, ЗС – Западная Сибирь, ДВ – Дальний Восток.

[1] Западная часть южно-таежной подзоны ЕЧ РФ представлена областями: Новгородская (47,4 % площади области), Ярославская (58,5%), Нижегородская (25,3%) и Тверская (6,4%).

[2] Степная зона ЕЧ РФ представлена частью Воронежской области (в зону входит 26,5% площади области).

вписывается южно-таежный лесной район ЕЧ РФ, в котором валежник лиственных пород составляет около 60% среднего запаса, и степной район ЕЧ РФ, в котором в составе валежника преобладают хвойные породы (68,5%). Отмеченные отклонения, возможно, связаны с меньшим объемом выборочных наблюдений для этих территорий (например, степная зона представлена только частью Воронежской области) и недостаточным объемом санитарно-оздоровительных мероприятий в субъектах европейской части России [15, 16]. Группировка данных по лесорастительным зонам дает более выразительную картину изменчивости структуры средних запасов валежника в соответствии с зональным принципом (рис. 6).

Из-за отсутствия массовых статистических данных и сложности масштабных натурных обследований, редко оценивается запас пней как составляющей общего запаса пула древесного детрита и общего запаса углерода в биомассе лесов. На ППП ГИЛ проводят измерения диаметра, высоты, степени разложения пней и принадлежности к группе древесных пород. Несмотря на то что доля этого компонента в общем объеме запасов древесины и КДО невелика, эти измерения позволяют оценить запас пней и включить его в пул запасов древесного детрита. В табл. 6 представлены общие запасы пней по лесорастительным зонам и лесным районам, проанализированные в нашем исследовании.

Рис. 5. **Средние запасы валежника по группам пород по лесным районам, м³/га**

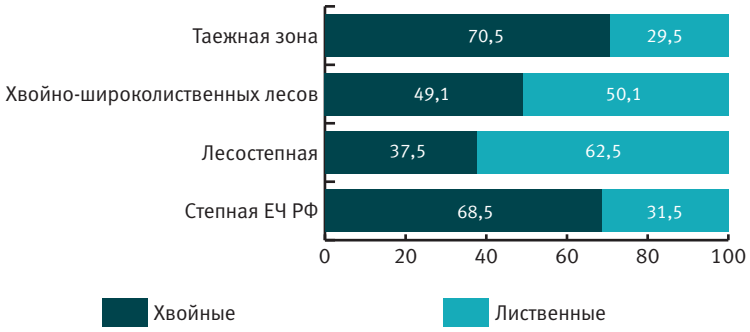


Рис. 6. **Структура средних запасов валежника по группам пород и лесорастительным зонам, %**

Из представленных сводных данных натурных обследований на ППП ГИЛ (табл. 6) наибольшие средние запасы пней зафиксированы в Приамурско-Приморском районе хвойно-широколиственных лесов – 1,7 м³/га, далее по убывающей следует среднетаежная подзона ЕЧ РФ – 1,65 м³/га, южно-таежная подзона ЕЧ РФ и Алтае-Саянский горно-таежный район – 1,2 м³/га. В среднеуральском таежном районе, хвойно-широколиственных лесах ЕЧ РФ, лесостепном районе ЕЧ РФ средний запас пней составляет около 1,0 м³/га. В лесах лесостепных районов Западной Сибири и Дальнего Востока он оценен в 0,7 и 0,3 м³/га соответственно. Из общего среднего запаса пней всех групп пород по объектам, участвующим в исследовании, на долю пней хвойных приходится порядка 70%, на долю лиственных – 30% (см. табл.6). Представленное по лесным районам распределение среднего запаса пней отражает историю лесозаготовительной деятельности и ее активности в определенных регионах.

Сводные средние запасы древесного детрита, включающего сухостой, валежник, пни по лесорастительным зонам/подзонам и лесным районам приведены в табл. 7. Для последующих оценок в табл. 8 средние запасы древесины обобщены по группам пород. На рис. 7 проиллюстрированы итоговые данные о средних запасах надземной и наземной составляющих древесного детрита (сухостой, валежник, пни) по лесорастительным зонам и лесным районам.

Таблица 6. **Средние запасы пней с подразделением по группам пород по лесорастительным зонам и лесным районам, м³/га**

Лесорастительная зона/подзона	Лесной район	Пни		Всего
		хвойные	лиственные	
Северо-таежная подзона ЕЧ РФ	Карельский северо-таежный	1,70±0,2	0,10±0,05	1,80±0,3
	Северо-таежный ЕЧ РФ	1,10±0,05	0,20±0,05	1,30±0,1
В среднем по подзоне		**1,4±0,1**	**0,15±0,05**	**1,55±0,2**
Среднетаежная подзона ЕЧ РФ	Балтийско-Белозерский	1,10±0,05	0,50±0,05	1,60±0,1
	Карельский таежный	2,40±0,4	0,40±0,15	2,80±0,55
	Двинско-Вычегодский	1,20±0,1	0,20±0,05	1,40±0,15
	Западно-Уральский таежный	0,70±0,1	0,10±0,0	0,80±0,1

Лесорастительная зона/подзона	Лесной район	Пни		Всего
		хвойные	лиственные	
В среднем по подзоне		**1,35±0,15**	**0,3±0,06**	**1,65±0,2**
Южно-таежная подзона ЕЧ РФ (западная часть)[1]	Южно-таежный район ЕЧ РФ	0,68±0,2	0,5±0,3	1,18±0,58
Итого таежная зона ЕЧ РФ		**1,27±0,15**	**0,29±0,1**	**1,55±0,27**
Таежная/южно-таежная подзона Урала	Среднеуральский таежный	0,80±0,05	0,20±0,05	1,00±0,1
Зона хвойно-широколиственных лесов ЕЧ РФ	Хвойно-широколиственных лесов ЕЧ РФ	0,6±0,2	0,5±0,3	1,1±0,45
Зона хвойно-широколиственных лесов ДВ	Приамурско-Приморский хвойно-широколиственных лесов	1,20±0,1	0,50±0,1	1,70±0,2
Лесостепная зона ЕЧ РФ	Лесостепной ЕЧ РФ	0,34±0,1	0,73±0,3	1,07±0,4
Лесостепная зона ЗС	Подтаежно-лесостепной	0,30±0,05	0,40±0,05	0,70±0,1
Лесостепная зона ДВ	Дальневосточный лесостепной	0,30±0,05	0,00	0,30±0,05
Степная зона ЕЧ РФ[2]	Степной ЕЧ РФ	0,1±0,05	1,3±0,3	1,4±0,38
Южно-Сибирская горная зона	Алтае-Саянский горно-таежный	1,06±0,42	0,15±0,14	1,20±0,27

Примечания. ЕЧ РФ – европейская часть Российской Федерации, ЗС – Западная Сибирь, ДВ –Дальний Восток.

[1] Западная часть южно-таежной подзоны ЕЧ РФ представлена областями: Новгородская (47,4 % площади области), Ярославская (58,5%), Нижегородская (25,3%) и Тверская (6,4%).

[2] Степная зона ЕЧ РФ представлена частью Воронежской области (в зону входит 26,5% площади области).

Таблица 7. **Средние запасы КДО (сухостой, валежник, пни) по лесорастительным зонам и лесным районам Российской Федерации, м³/га**

Лесорастительная зона/подзона	Лесной район	Средний запас, м³/га					
		Свежий сухостой	Старый сухостой	Итого	Валежник	Пни	Всего
Северо-таежная подзона ЕЧ РФ	Карельский северо-таежный	0,82±0,36	8,26±1,38	9,08±1,7	13,10±1,8	1,80±0,3	23,98±1,9
	Северо-таежный ЕЧ РФ	2,0±0,05	10,0±1,4	12,00±1,4	13,60±1,0	1,30±0,1	26,90±1,4
В среднем по подзоне		**1,41±0,2**	**9,13±1,4**	**10,54±1,6**	**13,35±1,4**	**1,55±0,2**	**25,44±1,7**
Среднетаежная подзона ЕЧ РФ	Балтийско-Белозерский	1,0±0,0	9,0±0,5	10,00±0,5	22,00±1,4	1,60±0,1	33,60±6,9
	Карельский таежный	2,7±1,0	8,6±2,0	11,30±3,0	12,70±2,3	2,80±0,55	26,80±4,9
	Двинско-Вычегодский	2,0±1,0	12,0±1,5	14,00±2,2	14,50±1,0	1,40±0,15	29,90±6,2
	Западно-Уральский таежный	1,0±0,5	7,0±1,7	8,00±2,0	13,80±2,1	0,80±0,1	22,60±4,6
В среднем по подзоне		**1,68±0,6**	**9,15±1,4**	**10,83±1,9**	**15,75±1,7**	**1,65±0,2**	**31,84±5,7**
Южно-таежная подзона ЕЧ РФ (западная часть)[1]	Южно-таежный район ЕЧ РФ	1,07±0,46	6,68±2,9	7,75±3,5	22,91±5,6	1,18±0,58	31,84±9,8
Всего по таежной зоне ЕЧ РФ		**1,51±0,62**	**8,79±2,77**	**10,30±3,20**	**16,09±2,1**	**1,55±0,27**	**27,95±5,1**
Таежная/южно-таежная подзона Урала	Среднеуральский таежный	2,17±0,41	13,31±0,89	15,48±1,3	15,50±1,0	1,00±0,1	31,98±1,2

Лесорастительная зона/подзона	Лесной район	Средний запас, м³/га					
		Свежий сухостой	Старый сухостой	Итого	Валежник	Пни	Всего
Зона хвойно-широколиственных лесов ЕЧ РФ	Хвойно-широколиственных лесов ЕЧ РФ	2,22±2,1	11,67±7,3	13,89±9,3	19,8±2,7	1,1±0,45	34,79±7,6
Зона хвойно-широколиственных лесов ДВ	Приамурско-Приморский хвойно-широколиственных лесов	1,70±0,4	13,40±1,2	15,10±1,6	23,40±1,8	1,70±0,2	40,20±5,3
Лесостепная зона ЕЧ РФ	Лесостепной ЕЧ РФ	3,62±2,8	19,10±13,1	22,72±14,7	18,24±4,7	1,07±0,4	42,03±9,6
Лесостепная зона ЗС	Подтаежно-лесостепной	2,35±0,4	8,06±0,7	10,41±1,1	12,00±1,3	0,70±0,1	23,11±1,7
Лесостепная зона ДВ	Дальневосточный лесостепной	1,00±0,5	4,00±1,0	5,00±1,0	5,30±0,7	0,30±0,05	10,60±0,9
Степная зона ЕЧ РФ[2]	Степной ЕЧ РФ	1,77±0,6	10,42±1,64	12,19±2,2	10,46±2,5	1,4±0,38	24,05±0,91
Южно-Сибирская горная зона	Алтае-Саянский горно-таежный	0,54±0,1	8,93±4,9	9,47±5,1	24,82±10,09	1,20±0,27	35,49±11,9
Всего в среднем		*1,74±0,83*	*10,01±3,59*	*11,76±4,21*	*16,14±5,54*	*1,29±0,57*	*29,19±9,7*

Примечания. ЕЧ РФ – Европейская часть Российской Федерации, ЗС – Западная Сибирь, ДВ –Дальний Восток.

[1] Западная часть южно-таежной подзоны ЕЧ РФ представлена областями: Новгородская (47,4% площади области), Ярославская (58,5%), Нижегородская (25,3%) и Тверская (6,4%).

[2] Степная зона ЕЧ РФ представлена частью Воронежской области (в зону входит 26,5% площади области).

Таблица 8. **Средние запасы древесины с подразделением по группам пород по лесорастительным зонам и лесным районам Российской Федерации, м³/га**

Лесорастительная зона/подзона	Лесной район	Средний запас древесины		Средний запас древесины всех пород
		хвойной	лиственной	
Северо-таежная подзона ЕЧ РФ	Карельский северо-таежный	132	84	122
	Северо-таежный ЕЧ РФ	140	122	135
Среднетаежная подзона ЕЧ РФ	Балтийско-Белозерский	227	237	239
	Карельский таежный	214	203	211
	Двинско-Вычегодский	191	211	199
	Западно-Уральский таежный	183	195	176
Южно-таежная подзона ЕЧ РФ (западная часть)[1]	Южно-таежный район ЕЧ РФ	216	133	215
Таежная/южно-таежная подзона Урала	Средне-Уральский таежный ЕЧ РФ	259	232	249
Зона хвойно-широколиственных лесов ЕЧ РФ	Хвойно-широколиственных лесов ЕЧ РФ	265	168	237
Зона хвойно-широколиственных лесов ДВ	Приамурско-Приморский хвойно-широколиственных лесов	228	182	191
Лесостепная зона ЕЧ РФ	Лесостепной ЕЧ РФ	338	171	271
Лесостепная зона ЗС	Подтаежно-лесостепной	296	189	215
Лесостепная зона ДВ	Дальневосточный лесостепной	221	200	203
Степная зона ЕЧ РФ[2]	Степной ЕЧ РФ	285	186	240

Лесорастительная зона/ подзона	Лесной район	Средний запас древесины		Средний запас древесины всех пород
		хвойной	лиственной	
Южно-Сибирская горная зона	Алтае-Саянский горно-таежный	191	87	173
Всего в среднем		225,7±56,3	173,3±47,2	205,1±41,3

Примечания. ЕЧ РФ – европейская часть Российской Федерации, ЗС – Западная Сибирь, ДВ – Дальний Восток.
[1] Западная часть южно-таежной подзоны ЕЧР представлена областями: Новгородская (47,4% площади области), Ярославская (58,5%), Нижегородская (25,3%) и Тверская (6,4%).
[2] Степная зона ЕЧ РФ представлена частью Воронежской области (в зону входит 26,5% площади области).

По натурным обследованиям на ППП ГИЛ запас сухостоя в среднем по всем исследуемым объектам составляет 11,76±4,21 м³/га (см. табл. 7), запас валежника – 16,14±5,5 м³/га, запас пней – 1,29±0,57 м³/га. Общий средний запас наземной и надземной составляющих древесного детрита оценен в размере 29,19±9,7 м³/га. В общей структуре запасов КДО сухостой составляет 40,3%, валежник – 55,3%, пни – 4,4% (табл. 7), а по отношению к среднему запасу древесины по всем объектам (табл. 8): сухостой 5,82±1,8 %, валежник – 8,15±3,1%, пни – 0,67±0,4%. В целом по всем исследованным объектам запас древесного детрита наземной и надземной частей оценен в 14,6±4,4% среднего запаса стволовой древесины.

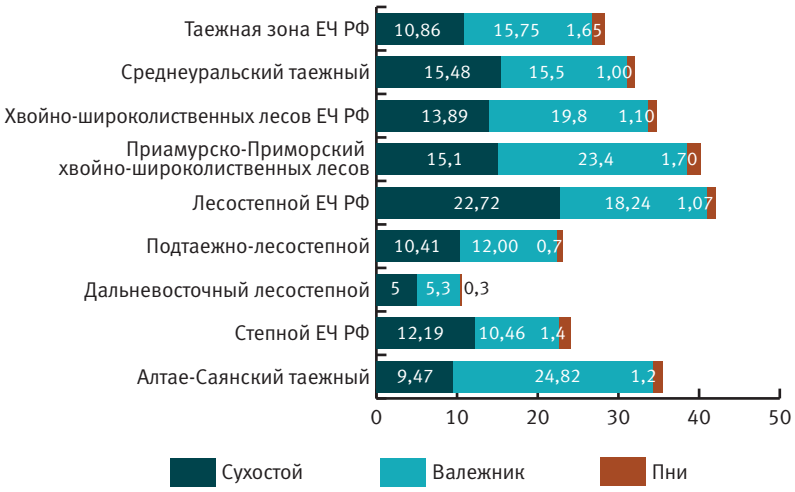


Рис. 7. **Средние запасы надземной и наземной составляющих древесного детрита (сухостой, валежник, пни) по лесорастительным зонам и лесным районам**

Многие исследователи считают, что объем накопленного органического вещества в сухостое и валежнике зависит от природно-климатических условий [6, 7, 37]. Это утверждение в ряде других исследований ставиться под сомнение [25], показывая, что корреляционная связь статистически неустойчива [31], и другие факторы, а именно – история нарушений, уровень продуктивности древостоев, возрастная группа древостоев и лесохозяйственная деятельность – более значимы [12, 38–42]. Тем не менее факт, что темпы разложения органического вещества в древесном детрите зависят от природно-климатических и лесорастительных условий, неоспорим. Исходя из этого целесообразно обобщить статистически обработанные данные о средних запасах сухостоя, валежника и пней, собранные на ППП ГИЛ, по лесорастительным зонам (табл. 9). Деление территории России на лесорастительные зоны соответствует нормативно-правовым документам с перечнем лесорастительных зон и лесных районов, утвержденных приказом Минприроды России 23.12.2015 № 569 (в ред. от 21.03.2016 №83 и ред. 18.10.2018 № 528).

Данные, обобщенные в табл. 9 по лесорастительным зонам и подзонам европейской и азиатской частей Российской Федерации, свидетельствуют о том, что наибольшие средние запасы надземной и наземной составляющих древесного детрита (42,03±9,6 м³/га) по обследованным объектам ГИЛ приходятся на леса, произрастающие на территории лесостепной зоны ЕЧ РФ. Сопоставимые объемы сухостоя, валежника и пней выявлены в зоне хвойно-широколиственных лесов Дальнего Востока – 40,2±5,3 м³/га, зоне хвойно-широколиственных лесов ЕЧ РФ – 34,79±7,6 м³/га и южно-Сибирской горной зоне – 35,49±11,9 м³/га. Это согласуется с расчетными оценками запасов углерода в пуле сухостоя

Таблица 9. **Распределение средних запасов сухостоя, валежника и пней по лесорастительным зонам**

Лесорастительные зоны	Средний запас, м³/га				
	Свежий сухостой	Старый сухостой	Валежник	Пни	Всего
Европейская часть					
Таежная зона	1,51±0,62	8,79±2,77	16,09±4,82	1,55±0,55	27,95±5,1
Зона хвойно-широколиственных лесов	2,20±2,68	11,67±7,27	19,8±2,68	1,1±0,45	34,79±7,6
Лесостепная зона	3,62±2,83	19,10±13,04	18,24±4,7	1,07±0,37	42,03±9,6
Степная зона	1,77±0,53	10,42±1,64	10,46±3,46	1,4±0,38	24,05±0,91
Азиатская часть					
Таежная зона/ южно-таежная подзона Урала	2,17±0,41	13,31±0,89	15,5±±0,9	1,0±0,1	31,98±1,2
Зона хвойно-широколиственных лесов ДВ	1,7±0,4	13,4±1,1	23,4±1,7	1,7±0,2	40,2±5,3
Лесостепная зона ЗС	2,35±0,4	8,06±0,7	12,0±1,3	0,7±0,1	23,11±1,7
Лесостепная зона ДВ	1,0±0,5	4,0±1,0	5,3±0,7	0,3±0,05	10,6±0,9
Южно-Сибирская горная зона	0,54±0,09	8,93±4,82	24,82±10,09	1,2±0,27	35,49±11,9

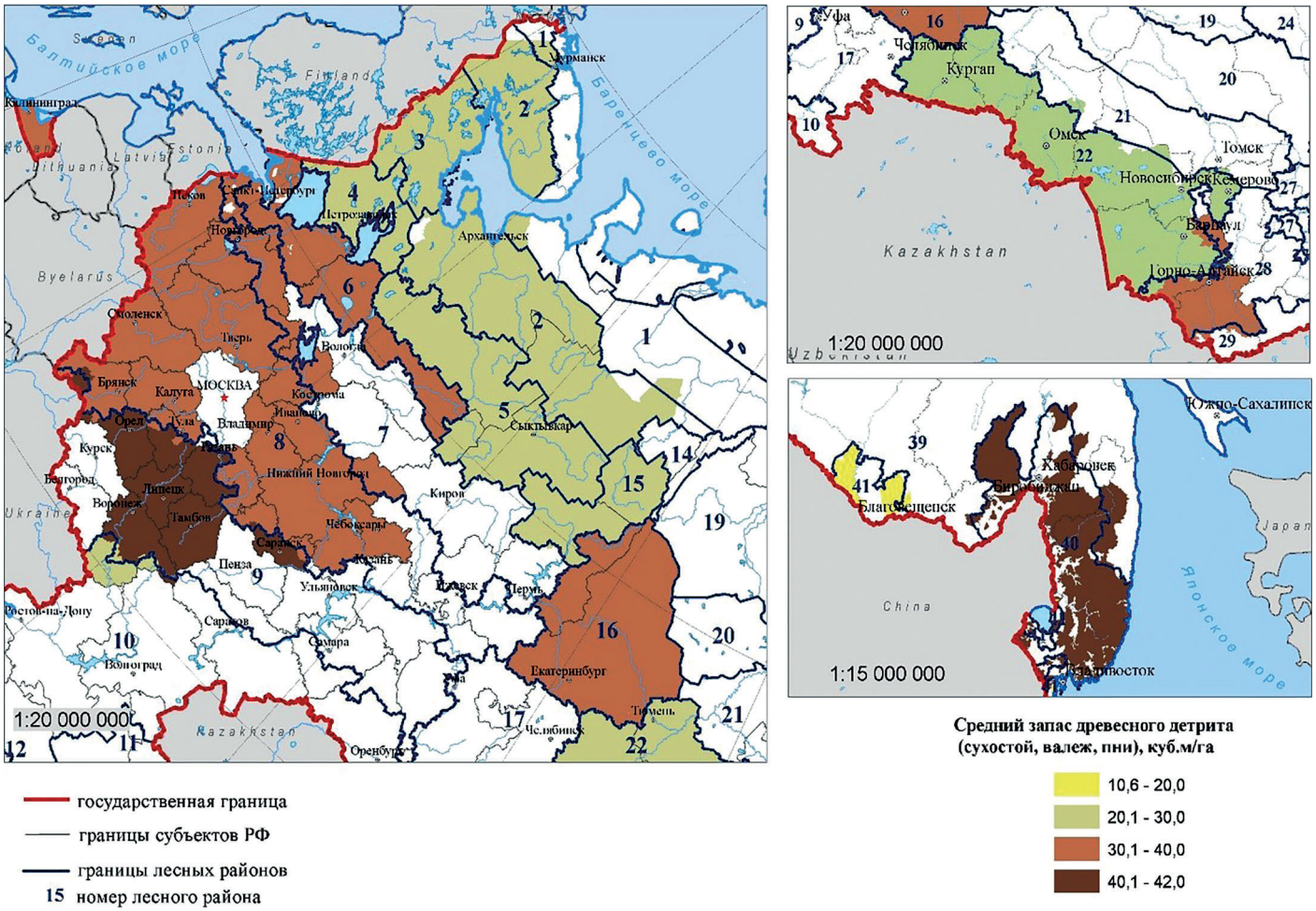
Примечание: ЗС – Западная Сибирь, ДВ – Дальний Восток

и валежника по методике ВНИИЛМ [11], пространственное представление которых отражено на рис. 2. Карта демонстрирует (см. рис. 2), что наибольшие средние запасы сухостойной и валежной древесины приходятся на лесничества лесостепной зоны. На рис. 8 показано пространственное распределение древесного детрита по исследованным лесным районам.

Обсуждение полученных результатов

Статистически обработанные данные о запасах наземной и надземной частях древесного детрита, представленные в табл. 3–7 и 9 выражены в объемной мере (м³/га). Общепринято для характеристики углеродных пулов оценивать их в единицах массы. Поскольку масса органического вещества, в том числе и древесного детрита, связана с объемом, можно пересчитать объемные запасы стволовой древесины в массу органического вещества с помощью конверсионных коэффициентов. В большинстве публикаций, на которые мы ссылаемся, численные оценки даются именно в единицах массы органического вещества или углерода, поэтому для удобства сопоставлений, когда это необходимо, будем представлять результаты исследований в единицах массы.

В одном из исследований авторитетного коллектива, цитируемого МГЭИК [14], приведены результаты оценки запасов сухостоя и валежника для лесов России, выраженные в объемной мере. По данным О. Н. Кранкиной с соавт. [7] для лесов Ленинградской области среднее значение запаса сухостоя и валежника составило 19 м³/га, а отношение запаса древесного детрита к запасу древостоев – порядка 12,2 % [7, рис. 4]. В нашем исследовании по данным выборочных измерений на 1 765 ППП ГИЛ для лесов Ленинградской области (входит в состав Карельского таежного и Балтийско-Белозерского лесных районов) оно составило в 28,3 м³/га, а в соотношении к запасу древостоев 10,6 %. Наши результаты получены на основании обработки большего количества выборочных измерений на пробных площадях. В вышеупомянутой публикации [7] для Ленинградской области их было 379. Кроме того, общие запасы стволовой древесины по области, по данным ГИЛ, определены с точностью ±2%. Полученные нами оценки отношения запаса древесного детрита к запасу стволовой древесины совпадают со значением, приведенным для бореальных лесов северной части Швеции – 11%



Номера и названия лесных районов: 2 – Северо-таежный район европейской части РФ, 3 – Карельский северо-таежный, 4 – Карельский таежный; 5 – Двинско-Вычегодский таежный; 6 – Балтийско-Белозерский таежный; 7 – Южно-таежный район европейской части РФ; 8 – Район хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части РФ; 9 – Лесостепной район европейской части РФ; 10 – Район степей европейской части РФ; 15 – Западно-Уральский таежный; 16 – Средне-Уральский таежный; 22 – Западно-Сибирский подтаежно-лесостепной; 28 – Алтае-Саянский горно-таежный; 40 – Приамурско-Приморский хвойно-широколиственных лесов; 41 – Дальневосточный лесостепной

Рис. 8. **Пространственное распределение средних запасов древесного детрита, полученных на ППП ГИЛ, по лесным районам**

[43]. Совпадение оценок объясняется сходством методов сбора данных на ППП и их обработки, так как в Швеции данные о запасах древесного детрита собирают в ходе инвентаризации.

Чтобы сопоставить, насколько результаты нашего исследования корреспондируются с данными, приведенными О. Н. Кранкиной с соавт. [7] для областей центральной части России, мы отобрали для сравнения данные ГИЛ о запасах сухостоя и валежника по тем же административным единицам центрального региона, что и авторитетная группа исследователей. Это представительная выборка данных 8 280 ППП ГИЛ по 14 субъектам РФ – Брянская, Владимирская, Нижегородская, Ивановская, Тверская, Калужская, Орловская, Смоленская, Рязанская, Тульская и Ярославская области, Республика Марий Эл, Чувашская Республика, Республика Мордовия. По нашим исследованиям, основанным на подсчетах средних показателей по измерениям на ППП ГИЛ, суммарное среднее значение запаса сухостоя и валежника составляет 35,71±10,3 м^3/га. Отношение к запасу древесины – 14,03±4,3%. В исследовании О. Н. Кранкиной с соавт. [7] эти показатели составили по административным единицам региона: средний запас сухостоя и валежника – 16 м^3/га, а суммарное соотношение запаса мертвой древесины к запасу стволовой

древесины – 10,3%. Отношение к запасу стволовой древесины с учетом среднеквадратичного отклонения корреспондируется, а суммарное среднее значение запаса сухостойной и валежной древесины в нашем исследовании намного выше. Это можно объяснить накоплением сухостойной и валежной древесины в лесах центрального региона в результате гибели древостоев от вредителей и болезней леса в последние годы и недостаточного объема лесозащитных мероприятий. Это заключение подтверждено данными, приведенными в Обзоре санитарного и лесопатологического состояния лесов (2017). Сообщается, что максимальные показатели площади лесов, погибших от вредителей и болезней, отмечены в насаждениях центральной России, причем в этом регионе доля гибели лесов от вредителей и болезней выше, чем от пожаров, а объемы субвенций на противопожарные мероприятия намного больше, что в корне неверно [16].

Представляет интерес сопоставление оценок древесного детрита, полученного в результате нашего анализа данных ППП ГИЛ для Приамурско-Приморского района хвойно-широколиственных лесов, с исследованиями, выполненными на территории Северо-Востока Китая в смешанных спелых хвойно-широколиственных древостоях [44]. По данным [44], масса органического вещества в древесном детрите, включая мертвые корни (порядка 31% в структуре КДО) – 33,4 т/га, исключая мертвые корни – 23,0 т/га, и соотношение со средним запасом древесины – 16,5 %. По нашим оценкам объемные запасы КДО (без мертвых корней) для Приамурско-Приморского района хвойно-широколиственных лесов составляют 40,2±5,3 м^3/га, или в упрощенном пересчете объемных запасов древесины в массу органического вещества слабой степени разложения (20% потерь базовой плотности) ≈20,0 т/га, в соотношении со средним запасом древесины – 21%. Таким образом, средние значения массы органического вещества в наземных и надземных составляющих детрита (без учета мертвых корней) в нашем исследовании (≈20,0 т/га) и процитированном (23,0 т/га) [44] близки.

Приведенные в табл. 9 обобщенные данные натурных обследований об объемах КДО в целом не противоречат заключению о том, что пространственное распределение КДО подчиняется зональным закономерностям. Согласно работе [12] максимальные объемы древесного детрита в европейской части Российской Федерации приходятся на подзону южной и средней тайги, уменьшаясь от этого максимума к югу и северу. Однако по результатам наших исследований, максимальные объемы надземной и наземной составляющих детрита отмечены в лесах лесостепной зоны европейской части РФ – 42,03±9,6 м^3/га и в зоне хвойно-широколиственных (смешанных) лесов – 34,11±7,6 м^3/га, а в таежной зоне европейской части РФ средние запасы КДО составляют 27,95±5,1 м^3/га, т. е. ниже. При этом в лесостепной зоне около 55% объема древесного детрита приходится на сухостой. Вероятно, недостаточные объемы санитарно-оздоровительных мероприятий оказываются более значимым фактором, влияющим на накопление древесного детрита в лесах европейской части РФ.

Для азиатской части РФ мы не располагали достаточным представительством данных ППП по лесорастительным зонам. Закладку ППП ГИЛ на значительной части территории планируется завершить в 2020 г. [http://data.rosleshoz.ru/+/DOCS/Доронин%20М.С.%20 Современная%20система%20государственной%20инвентаризации%20лесов%20в%20Российской%20Федерации.pdf]. По завершенным и обобщенным в аналитических обзорах объектам ГИЛ в азиатской части РФ, проанализированным в нашем исследовании (Средне-Уральский таежный район/южно-таежная подзона Урала, зона хвойно-широколиственных лесов и лесостепная Дальнего Востока, лесостепная зона Западной Сибири и Алтае-Саянский горно-таежный район), максимальные объемы древесного детрита приходятся на хвойно-широколиственные леса Приамурско-Приморского лесного района – 40,2±5,3 м^3/га, в среднем меньшие объемы, но сопоставимые с учетом стандартного отклонения, выявлены в лесах Южно-Сибирской горной

зоны (Алтае-Саянский горно-таежный район) – 35,49±11,9 м³/га. Таежная зона азиатской части РФ представлена Средне-Уральским таежным районом, в котором средние объемы древесного детрита оценены в 31,98±1,2 м³/га.

Зональная приуроченность количества древесного детрита показана в работе [31]. По экспериментальным данным ППП НИЛ США, его наибольшие запасы выявлены в бореальных лесах севера и северо-востока США, в экологических зонах с пониженными темпами разложения органического вещества, – 7,78 т С/га, или в пересчете на органическое вещество – 15,56 т/га. Упрощенный пересчет полученных нами объемных запасов древесного детрита (сухостой, валежник, пни) в биомассу с учетом снижения базисной плотности за счет разложения детрита на 10% для лесов таежной зоны России дает близкую оценку – 15,3±5,1 т/га. Однако для лесостепной зоны европейской части России масса органического вещества древесного детрита превосходит приведенное значение для бореальных лесов США, составляя 26,4±9,6 т/га (упрощенный пересчет с учетом снижения базисной плотности за счет разложения массы органического вещества на 10%).

Измеренные и обобщенные по лесорастительным зонам/лесным районам данные об объемах сухостоя, валежника и пней (см. табл. 7) в отношении к запасу древесины (%) (см. табл. 8) могут быть использованы для коррекции коэффициента соотношения запаса КДО к наличному запасу стволовой древесины, который применяют при модельных расчетах запасов углерода в фитомассе регионального уровня. Такие агрегированные соотношения востребованы для крупномасштабных оценок запасов углерода как регионального, так и национального уровней.

Выводы

По данным полевых измерений на 27 403 ППП ГИЛ, характеризующих 15 лесных районов Российской Федерации, выполнены не имевшие до настоящего времени аналогов масштабные оценки надземной и наземной составляющих древесного детрита.

По натурным обследованиям на ППП ГИЛ запас сухостоя в среднем по всем исследуемым объектам составляет 11,76±4,21 м³/га, запас валежника – 16,14±5,5 м³/га, запас пней – 1,29±0,57 м³/га. Общий средний запас наземной и надземной составляющих древесного детрита оценен в размере 29,19±9,7 м³/га. В общей структуре запасов КДО сухостой составляет 40,3%, валежник – 55,3%, пни – 4,4 %, а по отношению к среднему запасу древесины 5,82±1,8 %, 8,15±3,1% и 0,67±0,4% соответственно. В целом по всем исследованным объектам запас древесного детрита наземной и надземной частей оценен в 14,6±4,4% среднего запаса стволовой древесины.

По результатам наших исследований максимальные объемы надземной и наземной составляющих детрита отмечены в лесах лесостепной зоны европейской части РФ – 42,03±9,6 м³/га, в зоне хвойно-широколиственных (смешанных) лесов – 34,11±7,6 м³/га, а в таежной зоне европейской части РФ средние запасы КДО составляют 27,95±5,1 м³/га, т. е. меньше, чем в первых двух. При этом в лесостепной зоне европейской части РФ около 55% объема древесного детрита приходится на сухостой. Для азиатской части России, представленной Средне-Уральским таежным районом таежной зоны, зоной хвойно-широколиственных лесов и лесостепной Дальнего Востока, лесостепной зоной Западной Сибири и Алтае-Саянским горно-таежным районом, максимальные объемы древесного детрита приходятся на хвойно-широколиственные леса Приамурско-Приморского лесного района – 40,2±5,3 м³/га и леса Южно-Сибирской горной зоны (Алтае-Саянский горно-таежный район) – 35,49±11,9 м³/га. Меньшие объемы в среднем выявлены в таежной зоне (Средне-Уральский таежный район) – 31,98±1,2 м³/га.

Полученные данные в целом не противоречат утверждению о том, что пространственное распределение КДО подчиняется зональным закономерностям. Однако наибольшие запасы древесного детрита отмечены не в экологических

зонах с пониженными темпами разложения органического вещества (таежная зона европейской части РФ), а в лесостепной зоне европейской части, хвойно-широколиственных лесах Дальнего Востока и европейской части, лесах Южно-Сибирской горной зоны. Вероятно, недостаточные объемы санитарно-оздоровительных мероприятий являются более значимым фактором, влияющим на накопление древесного детрита.

К сожалению, при проведении настоящего исследования мы не имели доступа к базе данных ППП ГИЛ, а использовали открытые и разрешенные к публикации материалы аналитических обзоров. Это обстоятельство не позволило проследить закономерности накопления запасов сухостоя и валежника в зависимости от класса возраста древостоя. Надеемся, что более детальное изучение таких закономерностей будет предметом последующих публикаций. Кроме этого, для азиатской части России мы не располагали достаточным представительством данных ППП по лесорастительным зонам. Закладку ППП ГИЛ на значительной части Сибири и Дальнего Востока планируется завершить в 2020 г. Обобщение этих данных позволит получить более полную картину зональной приуроченности запасов КДО и уточнит выводы, сделанные по натурным обследованиям на ППП ГИЛ для 15 лесных районов.

Представленные выводы позволяют надеяться, что накопление эмпирических данных о характеристиках сухостоя и валежника на ППП ГИЛ мотивирует аналитические обобщения и установление взаимосвязей с породно-возрастной структурой древостоев, зональных градиентов и закономерностей пространственного распределения древесного детрита для понимания роли этого углеродного пула в системе пулов и потоков углерода в лесных экосистемах России.

Список использованных источников

1. Парижское соглашение. – Ст. 5, п. 1. – Женева: ООН, 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/russian_paris_agreement.pdf.

2. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / В. Н. Кудеяров, Г.А. Заварзин, С.А. Благодатский и др.: [отв. ред Г.А.Заварзин]; Ин-т физ.-хим. и биол. проблем почвоведения РАН – М. : Наука, 2007 – 315 с.

3. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2015 гг. – Ч. 2. – М. : Росгидромет, 2017. – 114 с.

4. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2016 гг. – Ч. 2. – М. : Росгидромет, 2018. – 106 с.

5. Швиденко, А. З. Углеродный бюджет лесов России / А. З. Швиденко, Д. Г. Щепащенко // Сибирский лесной журнал. – 2014. – № 1. – С. 69–92.

6. Ваганов, Е.А. Леса и болота Сибири в глобальном цикле углерода / Е. А. Ваганов, Э. Ф. Ведрова, С. В. Верховец, С. П. Ефремов, Т. Т. Ефремова, В. Б. Круглов, А. А. Онучин, А. И. Сухинин, О. Б. Шибистова // Сиб. экол журн. – 2005. – № 4. – С. 631–649.

7. Coarse woody debris in forest regions of Russia / O. Krankina, M. Harmon, Yu. Kukuev, R. Treifeld, N. Kashpor, V. Kresnov, V. Skudin, N. Protasov, M. Yatskov, G. Spycher, E. Povarov // Can. J. For. Res. – 2002. – 32. – P. 768–778.

8. Моисеев, Б. Н. Об оценке запаса и прироста углерода в лесах России / Б. Н. Моисеев, А. Алферов, В. В. Страхов // Лесн. хоз-во. – 2000. – № 2. – С.18–20.

9. Щепащенко, Д. Г. Биологическая продуктивность и бюджет углерода лиственничных лесов Северо-Востока России / Д. Г. Щепащенко, А. З. Швиденко, В.С. Шалаев. – М. : МГУЛ, 2008. –296 с.

10. Замолодчиков, Д. Г. Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации / Д. Г. Замолодчиков, Г. Н. Коровин, М. Л. Гитарский //Лесоведение. – 2007. – № 6. – С. 23–34.

11. Методика учета поглощения CO2 в лесах Российской Федерации / А. А. Мартынюк, А. Н. Филипчук, Б. Н. Моисеев, Н. В. Малышева, В. В. Страхов [и др.]. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2017. – 82 с.

12. Швиденко, А. Оценка древесного детрита в лесах России / А. Швиденко, Д. Щепащенко, С. Нильссон // Лесная таксация и лесоустройство. – 2009. – № 1(41). – С. 133–147.

13. ГОСТ 18486–87 Лесоводство. Термины и определения. Дата введения 01.01.1989.

14. Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. – М. : МГЭИК. ВМО, 2003. – 330 с.

15. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Российской Федерации в 2016 году и прогноз лесопатологической ситуации на 2017 г. – Пушкино : Российский Центр защиты леса, 2017. – 130 с.

16. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Российской Федерации в 2017 году. – Пушкино : Российский Центр защиты леса, 2018. – 106 с.

17. Об утверждении Порядка осуществления лесопатологического мониторинга. Приказ Минприроды России от 05.04.2017 № 156. Зарегистрировано в Минюсте 30.06.2017 № 47257.

18. О правилах санитарной безопасности в лесах. Постановление Правительства РФ от 20.05.2017 № 607.

19. Порядок проведения государственной инвентаризации лесов (утвержден приказом Минприроды России от 14.11.2016 № 592).

20. Методические рекомендации по проведению государственной инвентаризации лесов, утвержденные приказом Федерального агентства лесного хозяйства от 10.11.2011 №472 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:http://www.rosleshoz.gov.ry/docs/leshoz/189

21. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 15.03.2018 № 173 «О внесении изменений в Методические рекомендации по проведению государственной инвентаризации лесов, утвержденные приказом Рослесхоза от 10.11.2011 № 472»

22. Burial of downed deadwood is strongly affected by log attributes, forest ground vegetation, edaphic conditions, and climate zones [Электронный ресурс]. / J. N. Stokland, C. W. Woodall, J. Fridman, G. St hl // Can. J. For. Res.– 2016. – 46 : 1451–1457. – Режим доступа: dx.doi.org/10.1139/cjfr-2015-0461

23. Стороженко, В. Г. Устойчивые лесные сообщества / В. Г. Стороженко. – Тула : Гриф и К., 2007. – 192 с.

24. Шорохова, Е. В. Характеристика классов разложения древесного детрита ели, березы, осины в ельниках подзоны средней тайги / Е. В. Шорохова, А. А. Шорохов // Тр. СПбНИИЛХ. – Вып. 1(2). – 1999.– С. 17–23.

25. Капица, Е. А. Пул углерода крупных древесных остатков в коренных лесах Северо-Востока русской равнины/ Е. А. Капица, Е. В. Шорохова, А. А. Кузнецов // Лесоведение. – 2012. – № 5. – С. 36–43.

26. Курнаев, С. Ф. Лесорастительное районирование СССР / С. Ф. Курнаев. – М. : Наука, 1973. – 203 с.

27. Малышева, Н. В. Оценка накопления углерода лесами России: геопространственный аспект / Н. В. Малышева, Т. А. Золина, В. Ю. Дедова // ИнтерКарто/ИнтерГИС 23. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата : матер. междунар. конф. – Т. 1. – М. : изд-во МГУ, 2017. – С. 373–382. – DOI:10.24057/2414-9179-2017-1-23-373-382

28. Базилевич, Н. И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии / Н. И. Базилевич. – М. : Наука, 1993. – 293 с.

29. Уткин, А. И. Углеродный цикл и лесоводство / А. И. Уткин // Лесоведение. – 1995. – № 5. – С. 3–20.

30. Predicting broad-scale carbon stores of woody detritus from plot-level data / M. E. Harmon, O. N. Krankina, M. Yatskov and E. Matthews ; eds.: R., J. Lai, B. A. Kimble, Stewart // Assessment Methods for Soil Carbon. – New York : CRC Press, 2001. – P. 533–552.

31. Woodall, C. Climatic regions as an indicator of forest coarse and fine woody debris carbon stocks in the United States / C. Woodall, G. Liknes // Carbon Balance Management.– 2008. – 3:5. – DOI:10.1186/1750-0680-3-5

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

33. Бобкова, К. С. Биологическая продуктивность и фиксация углерода среднетаежными сосняками при переходе из средневозрастных в спелые / К. С. Бобкова, А. Ф. Осипов // Лесоведение. – 2016. – № 5. – С. 346–354.

34. Роль бореальных лесов Европейского Севера России в регулировании углеродного баланса северного полушария / К. С. Бобкова, Э. П. Галенко, В. В. Тужилкина, А. Ф. Осипов, М. А. Кузнецов // Управленческие аспекты развития северных территорий России : тр. Всеросс. научн. конф. (Сыктывкар, 20–23 октября 2015). – Ч. 3. – С. 36–41.

35. Осипов, А. Ф. Запасы и потоки органического углерода в экосистеме спелого сосняка черничного средней тайги / А. Ф. Осипов // Сибирский лесной журнал. – 2017. – № 2. – С. 70–80.

36. Кутявин, И. Н. Биологическая продуктивность сосновых фитоценозов северного Приуралья (Республика Коми) / И. Н. Кутявин, К. С. Бобкова // Лесоведение. – 2017. – № 1. – С. 3–16.

37. Кузнецов, А. А. Запас и потоки углерода, связанные с крупными древесными остатками в лесных биогеоценозах средней и северной тайги : автореф. дисс. … канд. биол. наук / А. А. Кузнецов. – СПбЛТИ, 2010. – 21 с.

38. Запасы крупных древесных остатков в среднетаежных экосистемах Приенисейской Сибири / А. В. Климченко, С. В. Верховец, О. А. Слинкина, Н. Н. Кошурникова // География и природные ресурсы. – 2011. – № 2. – С. 91–97.

39. Эмиссия углерода от разложения валежа в южнотаежном ельнике/ С. С. Сафонов, Д. В. Карелин, В. А. Грабар, Б. А. Латышев, В. И. Грабовский, Н. Е. Уварова, Д. Г. Замолодчиков, В. Н. Коротков, М. Л. Гитарский // Лесоведение. – 2012. – № 5. – С. 44–49.

40. Coarse woody debris in sub-boreal spruce forests of west-central British Columbia / F. D. Clark, D. D. Kneeshow, P. J. Burton, J. A. Antos // Can. J. For. Res. – 1998. – 28. – P. 284-290.

41. Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forests in southern Finland / J. Siitonen, P. Martikainen, P. Punttila, J. Rauh // For. Ecol. Manage. – 128. – P. 211–225.

42. 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.

43. Fridman, J. Amount, structure and dynamics of dead wood on managed forest land in Sweden / J. Fridman, V. Walheim // For. Ecol. Manage.– 2000. – 131. – P. 23–36.

44. Carbon storage, net primary production and net ecosystem production in four major temperate forest types in northeastern China / H. Cai, X. Di, S. X. Chang, Ch. Wang, B. Shi, P. Geng, G. Jin // Can. J. For. Res.– 2016. – 46: 1–9. – dx.doi.org/10.1139/cjfr-2015-0038

References

1. Parizhskoe soglashenie. – St. 5, p. 1. – Zheneva: OON, 2015 [Ehlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: *http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/russian_paris_agreement.pdf.*

2. Puly i potoki ugleroda v nazemnyh ehkosistemah Rossii / V. N. Kudeyarov, G. A. Zavarzin, S. A. Blagodatskij i dr.: [otv. red G. A. Zavarzin]; In-t fiz.-him. i biol. problem pochvovedeniya RAN – M.: Nauka, 2007 – 315 s.

3. Nacional'nyj doklad o kadastre antropogennyh vybrosov iz istochnikov i absorbcii poglotitelyami parnikovyh gazov, ne reguliruemyh Monreal'skim protokolom za 1990–2015 gg. – Ch. 2. – M. : Rosgidromet, 2017. – 114 s.

4. Nacional'nyj doklad o kadastre antropogennyh vybrosov iz istochnikov i absorbcii poglotitelyami parnikovyh gazov, ne reguliruemyh Monreal'skim protokolom za 1990–2016 gg. – Ch. 2. – M. : Rosgidromet, 2018. – 106 s.

5. Shvidenko, A. Z. Uglerodnyj byudzhet lesov Rossii / A. Z. Shvidenko, D. G. Shchepashchenko // Sibirskij lesnoj zhurnal. – 2014. – № 1. – S. 69–92.

6. Vaganov, E.A. Lesa i bolota Sibiri v global'nom cikle ugleroda / E. A. Vaganov, Eh. F. Vedrova, S. V. Verhovec, S. P. Efremov, T. T. Efremova, V. B. Kruglov, A. A. Onuchin, A. I. Suhinin, O. B. Shibistova // Sib. ehkol zhurn. – 2005. – № 4. – S. 631–649.

7. Coarse woody debris in forest regions of Russia / O. Krankina, M. Harmon, Yu. Kukuev, R. Treifeld, N. Kashpor, V. Kresnov, V. Skudin, N. Protasov, M. Yatskov, G. Spycher, E. Povarov // Can. J. For. Res. – 2002. – 32. – R. 768– 778.

8. Moiseev, B. N. Ob ocenke zapasa i prirosta ugleroda v lesah Rossii / B. N. Moiseev, A. Alferov, V. V. Strahov // Lesn. hoz-vo. – 2000. – № 2. – S. 18–20.

9. Shchepashchenko, D. G. Biologicheskaya produktivnost' i byudzhet ugleroda listvennichnyh lesov Severo-Vostoka Rossii / D. G. Shchepashchenko, A. Z. Shvidenko, V.S. Shalaev. – M.: MGUL, 2008. –296 s.

10. Zamolodchikov, D. G. Byudzhet ugleroda upravlyaemyh lesov Rossijskoj Federacii / D. G. Zamolodchikov, G. N. Korovin, M. L. Gitarskij //Lesovedenie. – 2007. – № 6. – S. 23–34.

11. Metodika ucheta pogloshcheniya SO_2 v lesah Rossijskoj Federacii / A. A. Martynyuk, A. N. Filipchuk, B. N. Moiseev, N. V. Malysheva, V. V. Strahov [i dr.]. – Pushkino : VNIILM, 2017. – 82 s.

12. Shvidenko, A. Ocenka drevesnogo detrita v lesah Rossii / A. Shvidenko, D. Shchepashchenko, S. Nil'sson // Lesnaya taksaciya i lesoustrojstvo. – 2009. – № 1(41). – S. 133–147.

13. GOST 18486-87 Lesovodstvo. Terminy i opredeleniya. Data vvedeniya 01.01.1989.

14. Rukovodyashchie ukazaniya po ehffektivnoj praktike dlya zemlepol'zovaniya, izmenenij v zemlepol'zovanii i lesnogo hozyajstva. Programma MGEHIK po nacional'nym kadastram parnikovyh gazov. – M. : MGEHIK. VMO, 2003. – 330 s.

15. Obzor sanitarnogo i lesopatologicheskogo sostoyaniya lesov Rossijskoj Federacii v 2016 godu i prognoz lesopatologicheskoj situacii na 2017 g. – Pushkino : Rossijskij Centr zashchity lesa, 2017. – 130 s.

16. Obzor sanitarnogo i lesopatologicheskogo sostoyaniya lesov Rossijskoj Federacii v 2017 godu.– Pushkino : Rossijskij Centr zashchity lesa, 2018. – 106 s.

17. Ob utverzhdenii Poryadka osushchestvleniya lesopatologicheskogo monitoringa. Prikaz Minprirody Rossii ot 05.04.2017 № 156. Zaregistrirovano v Minyuste 30.06.2017 № 47257.

18. O pravilah sanitarnoj bezopasnosti v lesah. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 20.05.2017 № 607.

19. Poryadok provedeniya gosudarstvennoj inventarizacii lesov (utverzhden prikazom Minprirody Rossii ot 14.11.2016 № 592).

20. Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu gosudarstvennoj inventarizacii lesov, utverzhdennye prikazom Federal'nogo agentstva lesnogo hozyajstva ot 10.11.2011 №472 [Ehlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: URL:http://www.rosleshoz.gov.ry/docs/leshoz/189

21. Prikaz Federal'nogo agentstva lesnogo hozyajstva ot 15.03.2018 № 173 «O vnesenii izmenenij v Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu gosudarstvennoj inventarizacii lesov, utverzhdennye prikazom Rosleskhoza ot 10.11.2011 № 472».

22. Burial of downed deadwood is strongly affected by log attributes, forest ground vegetation, edaphic conditions, and climate zones [Ehlektronnyj resurs]. / J. N. Stokland, C. W. Woodall, J. Fridman, G. St hl // Can. J. For. Res.– 2016. – 46 : 1451–1457. – Rezhim dostupa: dx.doi.org/10.1139/cjfr-2015-0461

23. Storozhenko, V. G. Ustojchivye lesnye soobshchestva / V. G. Storozhenko. – Tula : Grif i K., 2007. – 192 s.

24. Shorohova, E. V. Harakteristika klassov razlozheniya drevesnogo detrita eli, berezy, osiny v el'nikah podzony srednej tajgi / E. V. Shorohova, A. A. Shorohov // Tr. SPbNIILH. – Vyp. 1(2). – 1999.– S. 17-23.

25. Kapica, E. A. Pul ugleroda krupnyh drevesnyh ostatkov v korennyh lesah Severo-Vostoka russkoj ravniny/ E. A. Kapica, E. V. Shorohova, A. A. Kuznecov // Lesovedenie. – 2012. – № 5. – S. 36-43.

26. Kurnaev, S. F. Lesorastitel'noe rajonirovanie SSSR / S. F. Kurnaev. – M. : Nauka, 1973. – 203 s.

27. Malysheva, N. V. Ocenka nakopleniya ugleroda lesami Rossii: geoprostranstvennyj aspekt / N. V. Malysheva, T. A. Zolina, V. Yu. Dedova // InterKarto/InterGIS 23. Geoinformacionnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya territorij v usloviyah global'nyh izmenenij klimata : mater. mezhdunar. konf. – T. 1. – M. : izd-vo MGU, 2017. – S. 373-382. – DOI:10.24057/2414-9179-2017-1-23-373-382

28. Bazilevich, N. I. Biologicheskaya produktivnost' ehkosistem Severnoj Evrazii / N. I. Bazilevich. – M. : Nauka, 1993. – 293 s.

29. Utkin, A. I. Uglerodnyj cikl i lesovodstvo / A. I. Utkin // Lesovedenie. – 1995. – № 5. – S. 3–20.

30. Predicting broad-scale carbon stores of woody detritus from plot-level data / M. E. Harmon, O. N. Krankina, M. Yatskov and E. Matthews ; eds.: R., J. Lai, B. A. Kimble, Stewart // Assessment Methods for Soil Carbon. – New York : CRC Press, 2001. – R. 533–552.

31. Woodall, C. Climatic regions as an indicator of forest coarse and fine woody debris carbon stocks in the United States / S. Woodall, G. Liknes // Carbon Balance Management.– 2008. – 3:5. – DOI:10.1186/1750-0680-3-5

32. Bobkova, K. S. Zapasy krupnyh drevesnyh ostatkov v el'nikah srednej tajgi Evropejskogo severo-vostoka / K. S. Bobkova, M. A. Kuznecov, A. F. Osipov // Lesnoj zhurnal. – 2015. – № 2. – S. 9–20.

33. Bobkova, K. S. Biologicheskaya produktivnost' i fiksaciya ugleroda srednetaezhnymi sosnyakami pri perekhode iz srednevozrastnyh v spelye / K. S. Bobkova, A. F. Osipov // Lesovedenie. – 2016. – № 5. – S. 346–354.

34. Rol' boreal'nyh lesov Evropejskogo Severa Rossii v regulirovanii uglerodnogo balansa severnogo polushariya / K. S. Bobkova, Eh. P. Galenko, V. V. Tuzhilkina, A. F. Osipov, M. A. Kuznecov // Upravlencheskie aspekty razvitiya severnyh territorij Rossii : tr. Vseross. nauchn. konf. (Syktyvkar, 20–23 oktyabrya 2015). – Ch. 3. – S. 36-41.

35. Osipov, A. F. Zapasy i potoki organicheskogo ugleroda v ehkosisteme spelogo sosnyaka chernichnogo srednej tajgi / A. F. Osipov // Sibirskij lesnoj zhurnal. – 2017. – № 2. – S. 70–80.

36. Kutyavin, I. N. Biologicheskaya produktivnost' sosnovyh fitocenozov severnogo Priural'ya (Respublika Komi) / I. N. Kutyavin, K. S. Bobkova // Lesovedenie. – 2017. – № 1. – S. 3–16.

37. Kuznecov, A. A. Zapas i potoki ugleroda, svyazannye s krupnymi drevesnymi ostatkami v lesnyh biogeocenozah srednej i severnoj tajgi : avtoref. diss. … kand. biol. nauk / A. A. Kuznecov. – SPbLTI, 2010. – 21 s.

38. Zapasy krupnyh drevesnyh ostatkov v srednetaezhnyh ehkosistemah Prienisejskoj Sibiri / A. V. Klimchenko, S. V. Verhovec, O. A. Slinkina, N. N. Koshurnikova // Geografiya i prirodnye resursy. – 2011. – № 2. – S. 91–97.

39. EHmissiya ugleroda ot razlozheniya valezha v yuzhnotaezhnom el'nike / S. S. Safonov, D. V. Karelin, V. A. Grabar, B. A. Latyshev, V. I. Grabovskij, N. E. Uvarova, D. G. Zamolodchikov, V. N. Korotkov, M. L. Gitarskij // Lesovedenie. – 2012. – № 5. – S. 44–49.

40. Coarse woody debris in sub-boreal spruce forests of west-central British Columbia / F. D. Clark, D. D. Kneeshow, P. J. Burton, J. A. Antos // Can. J. For. Res. – 1998. – 28. – R. 284–290.

41. Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forests in southern Finland / J. Siitonen, R. Martikainen, R. Punttila, J. Rauh // For. Ecol. Manage. – 128. – P. 211–225.

42. Zamolodchikov, D. G. Naturnaya i model'naya ocenki ugleroda valezha v lesah Kostromskoj oblasti / D. G. Zamolodchikov, V. I. Grabovskij, V. V. Kaganov // Lesovedenie. – 2013. – № 4. – S. 3-11.

43. Fridman, J. Amount, structure and dynamics of dead wood on managed forest land in Sweden / J. Fridman, V. Walheim // For. Ecol. Manage.– 2000. – 131. – P. 23–36.

44. Carbon storage, net primary production and net ecosystem production in four major temperate forest types in northeastern China / N. Cai, H. Di, S. X. Chang, Ch. Wang, V. Shi, R. Geng, G. Jin // Can. J. For. Res.– 2016. – 46: 1–9. – dx.doi.org/10.1139/cjfr-2015-0038.

DOI: 10.24419/LHI.2304–3083.2019.1.09

Quantitative Assessment of Coarse Woody Debris in the Forests of the Russian Federation According to the State Forest Inventory Data

N. Malysheva
Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry (FBU VNIILM), Deputy Head of the Department, PhD in Geography, nat-malysheva@ yandex.ru

A. Filipchuk
Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry (FBU VNIILM), Deputy Director, Dr. Sci. in Agriculture, afilipchuk@yandex.ru

T. Zolina
Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry (FBU VNIILM), lead engineer, tzolina@gmail.ru

G. Sil'nyagina
Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry (FBU VNIILM), lead engineer, silnjagina@yandex.ru

Keywords: *snag volume, log volume, stump volume, coarse woody debris pool, the state forest inventory.*

The article addressed the problems related to quantitative assessment of coarse woody debris in the forests of the Russian Federation. The results of scientific research in the field of quantitative assessment of coarse woody debris which includes snags, logs and stumps and evaluation of the amount of carbon stored in snags and logs applied in GHG inventory have been analysed.

Advantages of sample plot state forest inventory data for reliable evaluation of deadwood stock were identified. Preliminary results of quantitative evaluation of coarse woody debris from plot-level inventory data collected on 27 403 state forest inventory sample plots in 15 forest stratums (forest regions with homogeneous site-growth conditions and management regimes) of the Russian Federation are presented.