

УДК 630*181.9(470.22)

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.40

ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ ПОРУБОЧНЫХ ОСТАТКОВ В СПЕЛЫХ СОСНЯКАХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ)*

С.А. Мошников, канд. с.-х. наук, и.о. зав. лаб.

В.А. Ананьев, канд. с.-х. наук, доц.

В.А. Матюшкин, гл. инж.

Институт леса Карельского научного центра Российской академии наук,
ул. Пушкинская, д. 11, г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910;
e-mail: moshniks@krc.karelia.ru, vladimir.ananyev@krc.karelia.ru, matyush@krc.karelia.ru

На основании данных 73 пробных площадей, заложенных в подзоне средней тайги (Карельский таежный район), определены запасы крупных древесных остатков (древесного дебриса) сосновых насаждений в возрасте 81–120 лет. Показатель запаса крупных древесных остатков отличается высокой вариабельностью (0...180 м³/га) и в среднем оценивается в 50,9±5,62 м³/га, т. е. может достигать 15...20 % наличного запаса. В разрезе типологической структуры лесного фонда Республики Карелия наибольшими запасами крупных древесных остатков характеризуются сосняки черничные (63 м³/га), наименьшими – лишайниковые (12 м³/га); запасы в брусничных и багульниковых типах леса составляют 34 и 35 м³/га соответственно. Установлено, что снижение класса бонитета насаждений приводит к уменьшению запаса крупных древесных остатков. Подтверждена зависимость этого показателя от запаса древостоя – с его увеличением возрастает и количество древесных остатков (коэффициент корреляции для сгруппированных данных – 0,90). Указанная закономерность отчетливо прослеживается в диапазоне 150...400 м³/га, что предполагает возможность использования полученных данных в расчетах для дальнейшего определения объемов крупных древесных остатков и массы углерода соответствующего пула на основе данных Государственного лесного реестра. Статистически подтверждена связь запаса крупных древесных остатков с другими таксационными показателями древостоев – средними диаметром и высотой, суммой площадей сечений, относительной полнотой, количеством растущих деревьев. Выявлена тенденция снижения запаса крупных древесных остатков в насаждениях, пройденных рубками разной давности и интенсивности, по сравнению с незатронутыми ими. Закономерность проявляется в древостоях с интенсивностью изреживания до 15 % по числу стволов (150 пней/га).

Ключевые слова: порубочные остатки, углерод, сосновые насаждения, запас, возраст, бонитет, рубки.

Введение

Леса Российской Федерации занимают площадь около 800 млн га. На фоне приобретающих все большую важность вопросов углеродного баланса наземных экосистем наличие столь огромной территории с различными климатическими и лесорастительными условиями требует точной и адекватной оценки не только природных ресурсов, но и пулов органического углерода.

**Финансирование:* Работа выполнена в рамках госзадания КарНЦ РАН.

Для цитирования: Мошников С.А., Ананьев В.А., Матюшкин В.А. Особенности аккумуляции порубочных остатков в спелых сосняках средней тайги (на примере Республики Карелия) // Лесн. журн. 2019. № 1. С. 40–51. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.40

Известно, что мертвое органическое вещество – обязательная составляющая любой экологической системы [14, 16]. В лесных биогеоценозах оно представлено в виде крупных древесных остатков (КДО, древесного детрита, дубрисы) и лесной подстилки. Древесный детрит является одним из важных структурных компонентов лесного биоценоза, поскольку в зависимости от него находится целый ряд организмов разных таксономических групп [10]. Кроме того, КДО имеют большое значение в глобальном углеродном цикле [13–15, 17, 18 и др.]. По данным Д.Г. Замолодчикова с соавт. [1], вклад пула мертвой древесины лесов может достигать 8 % общей величины стока углерода. По мнению Р.Ф. Трейфельда и О.Н. Кранкиной [8], именно недостаток информации о запасах КДО в лесах России является одной из основных причин расхождений в существующих оценках общих запасов и потоков углерода в них.

В настоящее время существует несколько основных методик определения запасов углерода лесных экосистем. В нашей стране широкое распространение имеет система РОБУЛ, позволяющая рассчитать запасы углерода всех основных пулов [5]. Сравнительная оценка запасов углерода пула КДО сосняков Карелии с применением указанной методики выявила более чем двукратное превышение над нашими результатами, полученными на начальном этапе исследований [6]. Столь существенные различия и обусловили необходимость их дальнейшего проведения.

Таким образом, общей целью исследования явилась оценка запасов КДО в сосновых лесах среднетаежной подзоны на территории Республики Карелия, выявление закономерностей, связей с таксационными показателями насаждений и оценка их тесноты. В дальнейшем это позволило бы актуализировать данные по общим запасам КДО и соответствующего пула углерода на региональном уровне. Сосна в качестве изучаемой породы выбрана ввиду ее доминирования в лесном фонде Карелии. В качестве исследуемого объекта выступила группа древостоев в возрасте 81–120 лет.

Объекты и методы исследования

Республика Карелия расположена на северо-западе европейской части России. Протяженность ее территории с севера на юг составляет 660 км, общая площадь – 180,5 тыс. км². Географическое положение республики, вытянутость ее территории в широтном направлении, наличие большого количества водоемов и пересеченность рельефа определяют различия в климате, почвах и растительности отдельных ее частей.

Исследования проводились в восьми районах, расположенных в южной части Республики Карелия. В более широком географическом аспекте объект находится в пределах подзоны средней тайги. Полученные в ходе исследования результаты предполагается использовать для уточнения пула КДО в лесах Карелии и, возможно, в регионах со сходными естественно-географическими и климатическими условиями.

Наблюдения выполнялись на постоянных и временных пробных площадях (ПП) Института леса Карельского научного центра РАН. Форма пробных площадей прямоугольная или круговая постоянного радиуса. Площадь временных ПП составляла от 400 до 800 м², постоянных – от 2000 до 4000 м². На ПП производились сплошной переčet растущей части древостоя, описание подроста, подлеска и живого напочвенного покрова. Отдельно учитывались КДО, сухостой по 2-сантиметровым ступеням толщины, валеж – путем обмера длины и диаметра в верхнем и нижнем концах бревна. Объем корней

определялся по данным Н.И. Казиминова и А.Е. Митрукова [2]. Учет запасов КДО на ПП производился с учетом класса разложения в соответствии со шкалой, предложенной Е.В. Шороховой и А.А. Шороховым [10]. Всего учет был осуществлен на 73 ПП, расположенных в основных типах леса сосняков. Количество ПП по типам леса распределялось следующим образом: лишайниковая группа (лишайниковый тип) – 14 %; зеленомошная группа – 75 % (брусничные – 27 %, черничные – 48 %); сфагновая группа (багульниковые, осоково-сфагновые и т. п.) – 11 %. Участие главной породы в составе насаждений колебалось от 5,3 до 10 ед. (в среднем – 8,4 ед.), лиственных – от 0 до 3 ед. (в среднем 0,7 ед.). Класс бонитета варьировал от I до IV,5, относительная полнота – от 0,43 до 1,30. Большая часть древостоев была пройдена рубками ухода различной давности (10–30 лет).

При камеральной обработке рассчитывались основные таксационные показатели насаждения (состав, запас, полнота, бонитет и т. д.) и запас мертвой древесины. Для более детального анализа данных обработка полученных материалов проводилась по массовым материалам таксации насаждений, а также в целях повышения согласованности статистических результатов – по сгруппированным данным. Необходимое количество групп определялось в соответствии с правилом Стерджесса:

$$n = 1 + 3,322 \lg N, \quad (1)$$

где N – общее число наблюдений.

Интервал (шаг) группировки вычислялся по следующей формуле:

$$I = (X_{\max} - X_{\min}) / n, \quad (2)$$

где X_{\max} и X_{\min} – минимальное и максимальное значение показателя.

Для выявления зависимости между запасом КДО и таксационными показателями выполнены корреляционный и регрессионный анализ полученных данных с использованием пакета Statistica 10.

Оценка влияния ранее проведенных рубок на запас крупных древесных остатков осуществлялась следующим образом: кроме таксационных показателей и запасов КДО, на ПП были учтены следы рубок, а именно количество и размеры пней, а также класс разложения их древесины. Интенсивность рубки определялась через число пней на единице площади. Изначально в обработку были вовлечены все насаждения указанной группы, но в дальнейшем исключены ПП, расположенные в недостаточно благоприятных условиях (лишайниковые, багульниковые, сфагновые и т.п.). Причиной этого служили выявленные в ходе исследования значительные отличия запасов КДО в насаждениях разных типов леса. В конечном варианте при анализе использовались материалы девяти ПП площадью 0,2...0,4 га. Все указанные ПП расположены в черничном типе леса.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно полученным данным запас КДО ($M_{\text{КДО}}$) в спелых сосняках варьирует в довольно широких пределах – от 0 до 180 м³/га (в среднем 50,9 м³/га), что составляет 15...20 % наличного запаса древостоя. Такая особенность изучаемого показателя, как высокая вариабельность, отмечалась и ранее [4]. На величину запаса влияет несколько основных факторов: лесорастительные условия, структура и состав насаждения, а также ранее проведенные рубки. К важным факторам также можно отнести поврежденность пожарами различной давности, снеголомами, насекомыми и грибными болезнями, большое значение может иметь рекреационная нагрузка на леса.

Проведено сравнение полученных результатов с имеющимися в литературе. Довольно близкими оказались данные, рассчитанные на основе исследования Р.Ф. Трейфельда и О.Н. Кранкиной [4], – 53 м³/га (+4 %), несколько большие отклонения обнаруживаются при сопоставлении с результатами Д.Г. Замолодчикова с соавт. [1] – 67 м³/га (+31 %). Наибольшие отличия получены с оценкой, основанной на материалах А.З. Швиденко с соавт. [9], – почти 72 м³/га (+41 %). Следует уточнить, что расчеты согласно [9] предназначены для оценки запаса КДО в возрастной группе «спелые и перестойные насаждения», что отчасти может объяснять разброс результатов. Еще большие отличия, но уже с обратным знаком, наблюдаются при сравнении с показателями, полученными для Западной Европы. Так, по данным В. Ekbohm et al. [11], запас КДО в сосняках и ельниках бореальной зоны Европы составляет в среднем 14 м³/га, а, по информации J. Fridman, M. Walheim [12], в сосновых лесах Швеции – всего 4,9 м³/га. Столь заметные расхождения могут косвенно свидетельствовать о сравнительно невысокой интенсивности ведения лесного хозяйства, по крайней мере в части проведения рубок ухода в России в целом и Карелии в частности.

Выполненное исследование несколько расширило понимание структуры КДО, а также позволило выявить ряд закономерностей. Запас древесного детрита распределен по категориям в указанной возрастной группе почти поровну: 25,7 м³/га приходится на сухостой, 25,2 м³/га – на валеж. Средняя численность – 570 шт./га, при этом распределение по категориям уже иное – здесь 60 % представлено валежными стволами. Объем среднего сухостойного ствола составляет 0,112 м³, или 23,8 % от объема среднего растущего дерева.

Проведена оценка запасов и структуры древесного детрита в разрезе типологической структуры республики. Для этого на предварительном этапе были выделены четыре основных типа леса: лишайниковый, брусничный, черничный и сфагновый. Согласно полученным результатам, наибольшими значениями характеризуются сосняки черничные, наименьшими – лишайниковые (см. таблицу и рис. 1).

Брусничный и сфагновый типы леса обладают близкими показателями. Минимальные значения в сосняках лишайниковых определяются невысокими густотой, темпами роста и, соответственно, низким уровнем конкуренции в древостое. Нельзя также исключать и вероятность периодического уничтожения части валежа в ходе пожаров, следы которых очень часто регистрировались в таких местообитаниях.

Таксационная характеристика спелых сосняков Карелии по типам леса

Тип леса	Количество ПП, шт.	Средние		Наличный запас, м ³ /га	Полнота относительная	Класс бонитета	Запас КДО, м ³ /га		
		диаметр на высоте 1,3 м, см	высота, м				Сухостой	Валеж	Всего
Лишайниковый	10	22,3	17,8	206	0,72	IV,2	5,4	6,7	12,1
Брусничный	20	21,9	22,6	283	0,83	III,0	16,2	17,5	33,7
Черничный	32	26,2	23,4	384	1,05	II,4	30,8	32,2	63,0
Сфагновый	11	15,2	16,2	179	0,70	IV,6	23,4	11,9	35,3

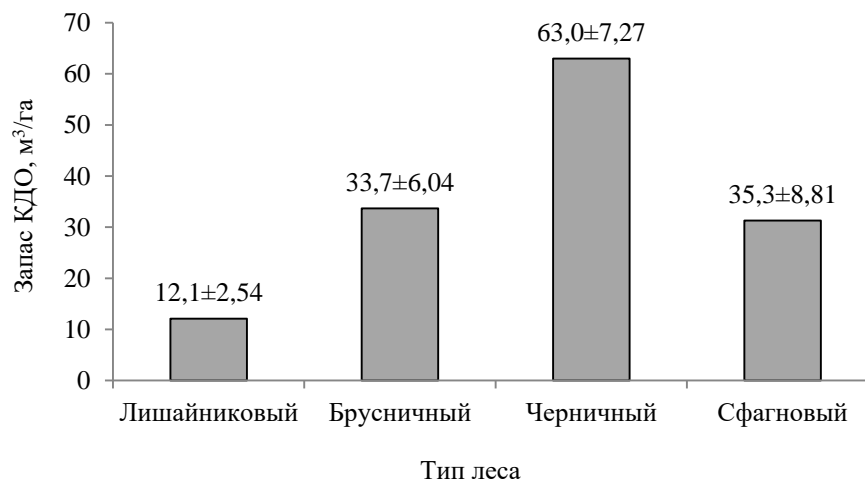


Рис. 1. Запас КДО спелых сосняков Карелии по типам леса

Fig. 1. CWD stock of mature pine forests in Karelia according to forest types

Сравнение распределения древесного детрита по категориям (сухостой/валеж) на типологической основе не выявило существенных отличий. Минимальное количество отмерших древесных растений зарегистрировано в сосняках лишайниковых, максимальное – в сфагновых. Эти два типа леса характеризуются наименьшими объемами среднего дерева сухостоя, наибольшая величина ($0,13 \text{ м}^3$) отмечена в сосняках черничных. Вне зависимости от типа леса объем среднего дерева сухостоя составляет 21...30 % от объема среднего растущего дерева насаждения.

Важным аспектом исследования запасов КДО является установление статистически достоверных связей с таксационными показателями насаждений, особенно с наиболее значимыми – возрастом и запасом. Достоверного влияния возраста насаждений на $M_{\text{КДО}}$ не обнаружено, что подтверждается низким значением коэффициента корреляции (0,22). По-видимому, это объясняется узкими возрастными рамками исследования. Использование данных без столь строгого ограничения (в диапазоне возрастов от 15 до 200 лет) демонстрирует достаточно высокую согласованность показателей [7].

Выявлена связь КДО с запасом насаждения ($M_{\text{нас}}$). Увеличение последнего закономерно сопровождается ростом количества древесного детрита в древостое. Предполагаем, что это явление обусловлено усилением внутри- и межвидовой конкуренции в более продуктивных насаждениях, что приводит к более активному изреживанию среди древесных растений. Коэффициент корреляции составляет 0,76.

При этом довольно важные результаты дает раздельная (по категориям сухостой/валеж) оценка полученных данных. Проведенный анализ свидетельствует о значительно большей согласованности $M_{\text{нас}}$ с запасом валежа ($M_{\text{вал}}$): коэффициент корреляции составляет 0,83 против 0,53 для сухостоя. Таким образом, несмотря на сходный характер динамики показателей, запасы сухостоя ($M_{\text{сух}}$) характеризуются более выраженной флуктуационной составляющей. Вероятно, это во многом определяется не только продуктивностью древостоя, но и другими (взаимосвязанными и нет) факторами, такими как возраст дерева,

размеры ствола, период времени до изменения категории, а также различными видами природного и антропогенного воздействий на ценоз. Запас валежа в меньшей степени подвержен случайным колебаниям, в том числе, возможно, в силу достаточно длительного сдвига (смещения) во времени с момента усыхания дерева до его падения. Поэтому он может считаться более стабильным и репрезентативным показателем.

Группировка данных с применением правила Стерджесса (6 групп, интервал 50 м^3) приводит к значительному усилению связи (рис. 2). Коэффициент корреляции возрастает до 0,90. Некоторым недостатком линейной функции можно считать нулевые значения исследуемого показателя в насаждениях с запасом менее $70 \text{ м}^3/\text{га}$. Наибольшая репрезентативность модели достигнута в диапазоне наличных запасов $150...400 \text{ м}^3/\text{га}$.

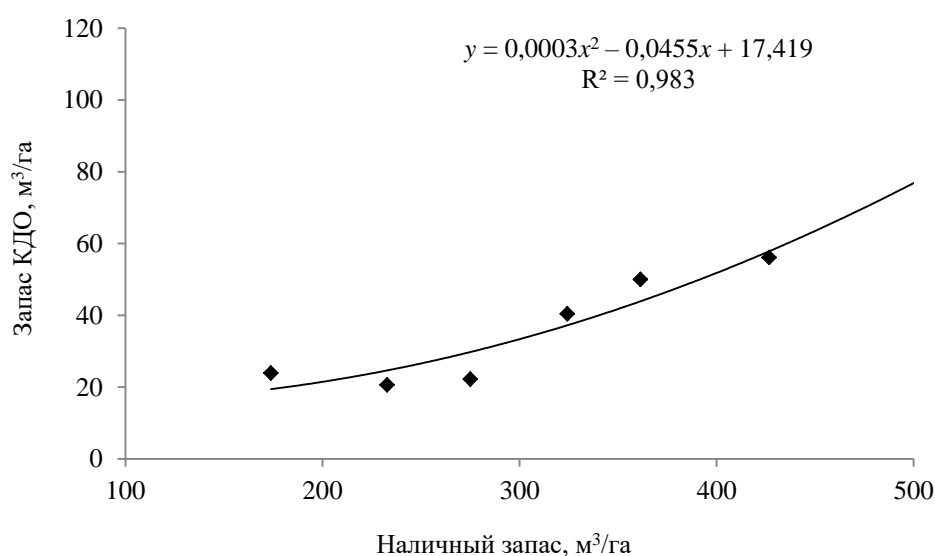


Рис. 2. Зависимость запаса КДО от запаса насаждения в спелых сосняках Карелии (сгруппированные данные)

Fig. 2. Dependence of CWD stock on plantation stock in mature pine forests in Karelia (grouped data)

Обнаружена сходная по характеру и степени сопряженности связь исследуемого показателя с другими таксационными показателями древостоя – средними диаметром и высотой, суммой площадей сечения, густотой. Наибольшей согласованностью характеризуется зависимость $M_{\text{КДО}}$ от суммы площадей сечений ($r = 0,74$), наименьшей – от густоты ($r = 0,52$). Коэффициенты корреляции для средних диаметра и высоты составляют 0,70 и 0,68 соответственно.

В ходе исследования оценена связь запаса КДО с классом бонитета насаждения. Попытка оценить влияние показателей без учета возраста (во всем массиве данных) древостоя показала почти полное отсутствие связи. Полученный результат, на наш взгляд, вполне закономерен, поскольку близкими классами бонитета могут характеризоваться насаждения, не только произрастающие в разных условиях (например, сосняки багульникового и верескового типов леса), но и разных возрастов/стадий сукцессии и, соответственно, со своими

особенностями процессов естественного изреживания, накопления и разложения мертвой древесины. Поэтому важным элементом при оценке взаимосвязей между этими показателями становится возраст.

При анализе данных в сосняках исследуемого возрастного диапазона связь показателей становится очевидной. Зависимость характеризуется отрицательным знаком и умеренной теснотой – с ухудшением условий произрастания снижается $M_{\text{КДО}}$. Коэффициент корреляции составляет $-0,66$ на уровне значимости $0,05$. Однако использование линейной функции в дальнейших расчетах было бы не совсем корректно, поскольку явно прослеживается искажение результатов в высших (I) и низших (IV и ниже) классах бонитета. Особенно четко оно проявляется в классах бонитета ниже IV, где $M_{\text{КДО}}$ может быть равен нулю и даже отрицателен. Более корректно использование полиномиальной или степенной функции – до $0,60$ возрастает коэффициент детерминации, снижается отклонение в «крайних» классах бонитета. Недостатком полиномиальной функции в данном случае можно считать сложнообъяснимое увеличение показателя в IV и ниже классах бонитета.

Здесь также была применена группировка согласно формуле Стерджесса (7 групп, интервал – $0,5$ класса бонитета). После предварительной оценки полученных результатов было принято решение объединить две нижних (последних) группы (III,6–IV,0 и IV,1–IV,5) из-за малого количества данных и существенно возросшей по этой причине стандартной ошибки. Проведенная обработка заметно усилила сопряженность показателей (рис. 3).

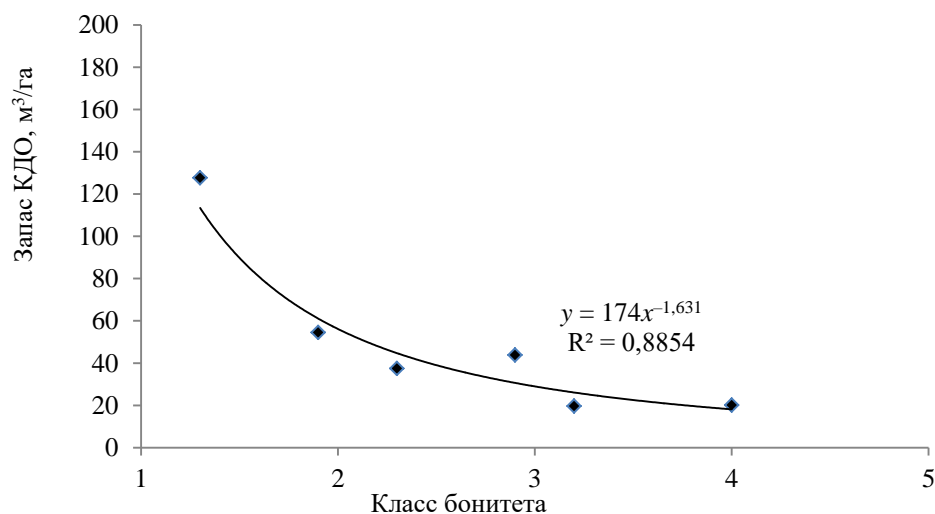


Рис. 3. Зависимость запаса КДО от класса бонитета спелых сосняков Карелии (сгруппированные данные)

Fig. 3. Dependence of the CWD stock on bonitet class of mature pine forests in Karelia (grouped data)

Коэффициент корреляции вырос до $0,83$, однако, так же как и при оценке несгруппированных данных, использование линейной функции сопровождается искажениями в крайних значениях. Связь показателей наиболее корректно описывается полиномиальной и степенной функциями. Оценка зависимости отдельно по категориям (сухостой/валеж) продемонстрировала большую согласованность $M_{\text{вал}}$ с бонитетом.

Таким образом, проведенное исследование, основанное на анализе данных по типу леса, наличному запасу древостоя и классу бонитета, выявило и математически подтвердило зависимость $M_{\text{КДО}}$ от продуктивности насаждения. Именно этот показатель, в любом его представлении, во многом определяет особенности роста и развития древесных растений, формирования породного состава, внутри- и межвидовых отношений, а в дальнейшем сроки и интенсивность естественного изреживания в насаждении. Наиболее продуктивным дендроценозам свойственны не только высокие показатели роста, но и соответствующая эффективность механизма регуляции численности. Значительный отпад в таких условиях, по-видимому, не компенсируется даже большей активностью ксилотрофных грибов, обусловленной сравнительно высокой их численностью. Эту особенность наиболее продуктивных сосняков Карелии – черничных, в сравнении с брусничными и лишайниковыми, отмечали В.И. Крутов с соавт. [3].

Выявлено влияние рубок различных видов и давности на запас КДО сосняков черничных. Естественно, что вести речь об однозначных математических моделях, учитывая разброс ПП по продуктивности, а также вид и давность проведения рубок, сложно. Однако этот анализ позволил выявить тенденции изменения запасов КДО в зависимости от наличия/отсутствия следов рубок, а также их интенсивности. Полученные результаты свидетельствуют о наличии связи между $M_{\text{КДО}}$ и численностью вырубленных деревьев (рис. 4). Количество древесного дебриса в не затронутых рубками насаждениях превышает показатель пройденных ими в 2 раза и более. Необходимо отметить, что участки с полным отсутствием следов рубок (2 ПП) характеризовались и наиболее высокой продуктивностью. Однако и после исключения этих данных из обработки тенденция уменьшения запаса КДО с увеличением численности пней сохраняется.

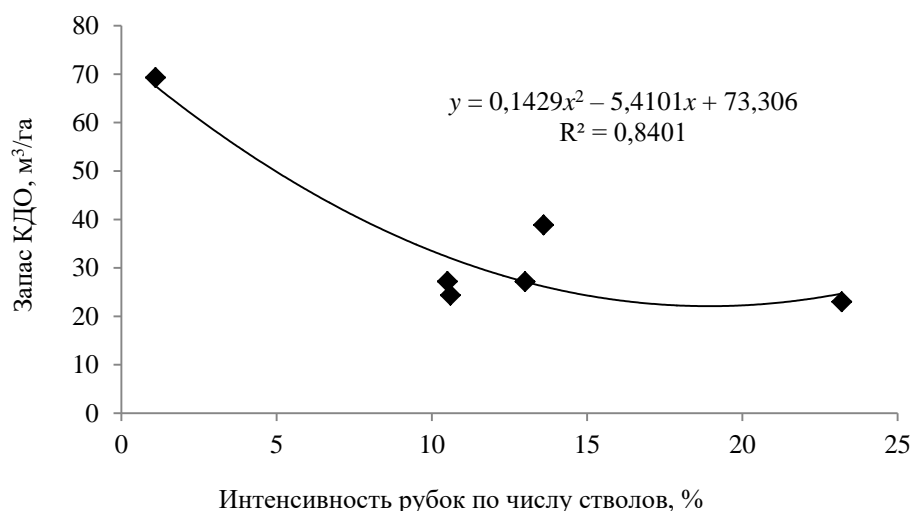


Рис. 4. Связь запаса КДО с интенсивностью рубок ухода в спелых сосняках Карелии

Fig. 4. Relation between CWD stock and improvement thinning intensity in mature pine forests in Karelia

Резюмируя изложенную в этой части исследования информацию, нужно отметить следующее: наиболее высокопродуктивные спелые сосновые насаждения средней тайги – сосняки черничные, характеризуются весьма высоким запасом КДО – в среднем $63 \text{ м}^3/\text{га}$. Более того, в не затронутых рубками насаждениях его величина может превышать $100 \text{ м}^3/\text{га}$, т. е. достигать 20...30 % от наличного запаса. В целом это косвенно подтверждает высказанное в начале статьи мнение о сравнительно невысокой эффективности применения рубок ухода в системе лесного хозяйства Республики Карелия. Осуществление этих хозяйственных мероприятий позволит повысить размер пользования древесиной с единицы лесной площади не только за счет создания оптимальных условий для оставшихся, но и за счет активного и своевременного изъятия из древостоя старых, отставших в росте и усыхающих деревьев, в перспективе формирующих исследуемый компонент биогеоценоза. Учитывая выявленный запас КДО и покрытую лесом площадь, предполагаем, что рубки ухода, при условии качественного и своевременного их проведения, могут стать серьезным дополнительным источником древесного сырья для лесного комплекса России.

Заключение

Запас крупных древесных остатков в сосняках средней тайги в возрасте 81–120 лет варьирует в широких пределах – от 0 до $180 \text{ м}^3/\text{га}$ (в среднем $51 \text{ м}^3/\text{га}$, или 15...20 % от наличного запаса насаждения). Среди наиболее распространенных типов леса наибольшим показателем характеризуются черничные ($63 \text{ м}^3/\text{га}$), наименьшим – лишайниковые ($12 \text{ м}^3/\text{га}$). Сосняки брусничные и сфагновые обладают близкими величинами запаса (34 и $35 \text{ м}^3/\text{га}$ соответственно).

Запас КДО напрямую зависит от таксационных показателей древостоя – запаса, средних диаметра и высоты, густоты, суммы площадей сечений. Наиболее применимым для оценки запаса КДО является наличный запас древостоя. Его увеличение приводит к закономерному росту количества древесного дебриса в ценозе. Выявленная зависимость отчетливо проявляется в диапазоне от 150 до $400 \text{ м}^3/\text{га}$ и характеризуется высокой степенью сопряженности показателей (0,76 – для не сгруппированных, 0,90 – для сгруппированных данных). Полученные закономерности могут быть использованы для оценки запасов КДО и углерода соответствующего пула на основе данных Государственного лесного реестра.

Обнаружена тенденция снижения запасов крупных древесных остатков в сосняках черничных, пройденных рубками различной интенсивности. Закономерность прослеживается в древостоях с интенсивностью изреживания от 1 до 23 % по числу стволов. Полученные данные свидетельствуют о важности своевременного проведения рубок ухода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Замолодчиков Д.Г., Коровин Г.Н., Гитарский М.Л. Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации // Лесоведение. 2007. № 6. С. 23–34.
2. Казимиров Н.И., Митруков А.Е. Изменчивость и математическая модель фитомассы сосновых деревьев и древостоев // Формирование и продуктивность сосновых насаждений Карельской АССР и Мурманской области: сб. ст. Петрозаводск: Ин-т леса Карел. фил. АН СССР. 1978. С. 142–149.

3. Крутов В.И., Коткова В.М., Руоколайнен А.В. Видовое разнообразие афиллофороидных грибов в различных типах лесных сообществ заповедника «Кивач» // Разнообразие почв и биоразнообразие в лесных экосистемах средней тайги. М.: Наука, 2006. С. 234–246.

4. Курбанов Э.А., Кранкина О.Н. Древесный детрит в сосновых насаждениях Среднего Заволжья // Лесн. журн. 2001. № 4. С. 28–33. (Изв. высш. учеб. заведений).

5. Методика информационно-аналитической оценки бюджета углерода лесов на региональном уровне. Режим доступа: <http://www.cepl.rssi.ru/carbondoc/region/region.doc> (дата обращения: 01.11.2010).

6. Мошников С.А., Ананьев В.А. Запас древесного детрита в сосновых насаждениях Южной Карелии // Тр. СПбНИИЛХ. 2013. № 2. С. 22–28.

7. Мошников С.А., Ананьев В.А., Матюшкин В.А. Запасы крупных древесных остатков в сосновых лесах среднетаежной подзоны Северо-Запада России (на примере Карелии) // Материалы II Всерос. науч. конф. (с междунар. участием) «Научные основы устойчивого управления лесами», Москва, 25–27 окт. 2016 г. М.: Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов, 2016. С. 91–92.

8. Трейфельд Р.Ф., Кранкина О.Н. Определение запасов и фитомассы древесного детрита на основе данных лесоустройства // Лесн. хоз-во. 2001. № 4. С. 23–26.

9. Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г., Нильссон С. Оценка запасов древесного детрита в лесах России // Лесная таксация и лесоустройство. 2009. Вып. 1(41). С. 133–147.

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

11. Ekblom B., Schroeder L.M., Larson S. Stand Specific Occurrence of Coarse Woody Debris in a Managed Boreal Forest Landscape on Central Sweden // Forest Ecology and Management. 2006. Vol. 221(1/3). Pp. 2–12. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.10.038

12. Fridman J., Walheim M. Amount, Structure, and Dynamics of Dead Wood on Managed Forestland in Sweden // Forest Ecology and Management. 2000. Vol. 131. Pp. 23–36. DOI: 10.1016/S0378-1127(99)00208-X

13. Harmon M.E., Fasth B., Woodall C.W., Sexton J. Carbon Concentration of Standing and Downed Woody Detritus: Effects of Tree Taxa, Decay Class, Position and Tissue Type // Forest Ecology and Management. 2013. Vol. 291. Pp. 259–267.

14. Harmon M.E., Franklin J.F., Swanson F.J., Sollins P., Gregory S.V., Lattin J.D., Anderson N.H., Cline S.P., Aumen N.G., Sedell J.R., Lienkaemper G.W., Cromack K.Jr., Cummins K.W. Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems // Advances in Ecological Research. Orlando, FL: Academic Press, 1986. Vol. 15. Pp. 133–202.

15. Kurbanov E.A., Krankina O.N. Woody Detritus in Temperate Pine Forests of Western Russia // World Resource Review. 2000. Vol. 12, no. 4. Pp. 741–754.

16. Meyer P. Totholzuntersuchungen in nordwestdeutschen Naturwäldern: Methodik und erste Ergebnisse // Forstw. Clb. 1999. B. 118. S. 167–180.

17. Woodall C.W., Heath L.S., Smith J.E. National Inventories of Down and Dead Woody Material Forest Carbon Stocks in the United States: Opportunities and Challenges // Forest Ecology and Management. 2008. Vol. 256. Pp. 221–228. DOI: 10.1016/j.foreco.2008.04.003

18. Woodall C.W., Rondeux J., Verkerk P.J., Ståhl G. Estimating Dead Wood during National Forest Inventories: A Review of Inventory Methodologies and Suggestions for Harmonization // Environmental Management. 2009. Vol. 44(4). Pp. 624–631. DOI: 10.1007/s00267-009-9358-9

UDC 630*181.9(470.22)

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.40

Accumulation Features of Debris in Mature Pine Forests of Middle Taiga in the Republic of Karelia

S.A. *Moshnikov*, Candidate of Agricultural Sciences, Acting for Head of Laboratory

V.A. *Anan'yev*, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

V.A. *Matyushkin*, Chief Engineer

Forest Research Institute of Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, ul. Pushkinskaya, 11, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185910, Russian Federation; e-mail: moshniks@krc.karelia.ru, vladimir.ananyev@krc.karelia.ru, matyush@krc.karelia.ru

Stocks of coarse woody debris (CWD) in pine plantations of 81–120 years old were determined according to the data from 73 sample plots grounded in the middle taiga subzone (Karelian taiga district). Index of CWD stocks differs by the high variability (0–180 m³/ha) and is estimated at an average of 51 m³/ha, i.e. up to 15–20 % of the total available stock. Myrtillus pine forests (63 m³/ha) are characterized by the largest stocks of coarse woody debris in the context of typological structure of the Republic of Karelia forest fund; lichen pine forests (12 m³/ha) are characterized by the smallest stocks. Stocks in vaccinium and ledum pine forests are 34 and 35 m³/ha respectively. The CWD stock was found to positively correlate with plantation bonitet class. The dependence of CWD stock on stand stock was confirmed. The higher the stand stock the higher the amount of woody debris (correlation coefficient for the grouped data is 0.90). This relationship is seen quite clearly in the 150–400 m³/ha range. This allows to use these data in future calculations for further determination of CWD amounts and carbon mass of the respective pool based on data from the State Forest Register. A positive correlation between the stock of coarse woody debris and other stand valuation parameters (mean diameter and height, sum of basal areas, relative density, number of growing trees) was statistically confirmed. A tendency in reduction of CWD stocks in plantations after thinning of different recentness and intensity in comparison with plantations without thinning was detected. This patterns is observed in stands with a removal rate of up to 15 % of trees (150 stumps/ha).

Keywords: coarse woody debris, carbon, pine plantations, stock, age, bonitet, thinning.

REFERENCES

1. Zamolodchikov D.G., Korovin G.N., Gitarskiy M.L. Byudzhet ugleroda upravlyayemykh lesov Rossiyskoy Federatsii [Carbon Budget of Managed Forests of the Russian Federation]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2007, no. 6, pp. 23–34.
2. Kazimirov N.I., Mitrukov A.E. Izmenchivost' i matematicheskaya model' fitomassy sosnovykh derev'yev i drevostoyev [Variability and Mathematical Model of Phytomass of Pine Trees and Forest Stands]. *Formirovaniye i produktivnost' sosnovykh nasazhdeniy Karel'skoy ASSR i Murmanskoy oblasti*: sb. st. [Formation and Productivity of Pine Plantations of the Karelian Autonomous Soviet Socialist Republic and Murmansk Region: Collection of Articles]. Petrozavodsk, In-t lesa Karel. fil. AN SSSR Publ., 1978, pp. 142–149.
3. Krutov V.I., Kotkova V.M., Ruokolaynen A.V. Vidovoye raznoobraziye afillofoidnykh gribov v razlichnykh tipakh lesnykh soobshchestv zapovednika «Kivach» [Species Diversity of Aphylophoroid Fungi in Various Types of Forest Communities of the Kivach Nature Reserve]. *Raznoobraziye pochv i bioraznoobraziye v lesnykh ekosistemakh sredney taygi* [Soil Diversity and Biodiversity in the Middle Taiga Forest Ecosystems]. Moscow, Nauka Publ., 2006, pp. 234–246. (In Russ.)

For citation: Moshnikov S.A., Anan'yev V.A., Matyushkin V.A. Accumulation Features of Debris in Mature Pine Forests of Middle Taiga in the Republic of Karelia. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2019, no. 1, pp. 40–51. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.40

4. Kurbanov E.A., Krankina O.N. Drevesnyy detrit v sosnovykh nasazhdeniyakh Srednego Zavolzh'ya [Wood Detritus in Pine Stands of Middle Volga Area]. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2001, no. 4, pp. 28–33.

5. *Metodika informatsionno-analiticheskoy otsenki byudzheta ugleroda lesov na regional'nom urovne* [Methods of Information and Analytical Assessment of Forest Carbon Budget at the Regional Level]. Available at: <http://www.cepl.rssi.ru/carbondoc/region/region.doc> (accessed 01.11.2010).

6. Moshnikov S.A., Anan'yev V.A. Zapas drevesnogo detrita v sosnovykh nasazhdeniyakh Yuzhnoy Karelii [Stock of Wood Detritus in Pine Plantations of South Karelia]. *Tr. SPbNIILKH* [Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute]. 2013, no. 2, pp. 22–28.

7. Moshnikov S.A., Anan'yev V.A., Matyushkin V.A. Zapasy krupnykh drevesnykh ostatkov v sosnovykh lesakh srednetayezhnoy podzony Severo-Zapada Rossii (na primere Karelii) [Stocks of Large Woody Debris in Pine Forests of the Middle Taiga Subzone in North-West of Russia (on the Example of Karelia)]. *Materialy II Vseros. nauch. konf. (s mezhdunar. uchastiyem) «Nauchnyye osnovy ustoychivogo upravleniya lesami», Moskva, 25–27 okt. 2016 g.* [Materials of the II All-Russian Sci. Conf. with Int. Particip. “Scientific Basis for Sustainable Forest Management”, Moscow, October 25–27, 2016]. Moscow, Tsentr po problemam ekologii i produktivnosti lesov Publ., 2016, pp. 91–92.

8. Treyfel'd P.F., Krankina O.N. Opredeleniye zapasov i fitomassy drevesnogo detrita na osnove dannykh lesoustroystva [Determination of Stocks and Phytomass of Wood Detritus Based on Forest Management Data]. *Lesnoye khozyaystvo*, 2001, no. 4, pp. 23–26.

9. Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G., Nil'sson S. Otsenka zapasov drevesnogo detrita v lesakh Rossii [Assessment of Wood Detritus Stocks in the Forests of Russia]. *Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo* [Forest Valuation], 2009, iss. 1(41), pp. 133–147.

10. Shorokhova E.V., Shorokhov A.A. Kharakteristika klassov razlozheniya drevesnogo detrita eli, berezy i osiny v el'nikakh podzony sredney taygi [Characteristics of Wood Detritus Decomposition Classes of Spruce, Birch and Aspen in Spruce Forests of the Middle Taiga Subzone]. *Trudy SPbNIILKH* [Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute]. 1999, iss. 1(2), pp. 17–23.

11. Ekbohm B., Schroeder L.M., Larson S. Stand Specific Occurrence of Coarse Woody Debris in a Managed Boreal Forest Landscape on Central Sweden. *Forest Ecology and Management*, 2006, vol. 221(1/3), pp. 2–12. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.10.038

12. Fridman J., Walheim M. Amount, Structure, and Dynamics of Dead Wood on Managed Forestland in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 2000, vol. 131, pp. 23–36. DOI: 10.1016/S0378-1127(99)00208-X

13. Harmon M.E., Fasth B., Woodall C.W., Sexton J. Carbon Concentration of Standing and Downed Woody Detritus: Effects of Tree Taxa, Decay Class, Position, and Tissue Type. *Forest Ecology and Management*, 2013, vol. 291, pp. 259–267.

14. Harmon M.E., Franklin J.F., Swanson F.J., Sollins P., Gregory S.V., Lattin J.D., Anderson N.H., Cline S.P., Aumen N.G., Sedell J.R., Lienkaemper G.W., Cromack K.Jr., Cummins K.W. Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems. *Advances in Ecological Research*. Orlando, FL, Academic Press, 1986, vol. 15, pp. 133–202.

15. Kurbanov E.A., Krankina O.N. Woody Detritus in Temperate Pine Forests of Western Russia. *World Resource Review*, 2000, vol. 12, no. 4, pp. 741–754.

16. Meyer P. Totholzuntersuchungen in nordwestdeutschen Naturwäldern: Methodik und erste Ergebnisse. *Forstw.Clb.*, 1999, B. 118, S. 167–180.

17. Woodall C.W., Heath L.S., Smith J.E. National Inventories of Down and Dead Woody Material Forest Carbon Stocks in the United States: Opportunities and Challenges. *Forest Ecology and Management*, 2008, vol. 256, pp. 221–228. DOI: 10.1016/j.foreco.2008.04.003

18. Woodall C.W., Rondeux J., Verkerk P.J., Ståhl G. Estimating Dead Wood during National Forest Inventories: A Review of Inventory Methodologies and Suggestions for Harmonization. *Environmental Management*, 2009, vol. 44(4), pp. 624–631. DOI: 10.1007/s00267-009-9358-9

Received on February 05, 2018