

УДК 630*618

С. А. ЖДАНОВИЧ¹, А. В. ПУГАЧЕВСКИЙ²

КРУПНЫЕ ДРЕВЕСНЫЕ ОСТАТКИ КАК ЕСТЕСТВЕННЫЙ КОМПОНЕНТ МАЛОНАРУШЕННЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВЫХ ЛЕСОВ БЕЛАРУСИ

¹Белорусский государственный технологический университет²Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси

(Поступила в редакцию 15.06.2018)

Определены абсолютный и относительный запасы крупных древесных остатков и изучена их структура в естественно развивающихся малонарушенных биологически устойчивых лесах сосновой, еловой и дубовой формаций Беларуси. Показано, что наибольшая положительная зависимость для лесов всех формаций имеется между абсолютным запасом крупных древесных остатков и запасом растущей части древостоя, а относительные запасы крупных древесных остатков имеют близкие величины в лесах различных формаций, но одной группы возраста. Сделан вывод о сбалансированности процессов прироста, отпада и деструкции древесной биомассы в лесных экосистемах рассматриваемых категорий.

Введение. Крупные древесные остатки (КДО) в лесных биогеоценозах являются их естественной и весьма важной составляющей. Ценность КДО обусловлена выполняемыми ими экологическими функциями: почвообразовательной, почвозащитной, сохранения биоразнообразия, климаторегулирующей, долговременного хранения углерода и др. Ежегодное или периодическое отмирание деревьев в естественно развивающихся лесных экосистемах в процессе их развития приводит к накоплению под пологом леса значительного запаса КДО, представленного древесиной различного породного состава и размера, характеризующихся различной степенью деструкции. Очевидно, что запас КДО в лесах зависит от многих факторов: климатических условий региона, почвенно-гидрологических характеристик места произрастания, возраста, состава и полноты древостоя, устойчивости насаждений к вредным организмам и уровня их воздействия, хозяйственной деятельности. Однако в лесу, вероятно, должно присутствовать некоторое оптимальное с экологической точки зрения количество КДО, существенное изменение которого в большую или меньшую сторону отрицательно скажется на лесной экосистеме. Являясь неотъемлемым элементом естественно развивающихся лесов КДО тесно связаны с другими структурами лесных экосистем, в том числе дереворазрушающей микобиотой и ксилофильной энтомофауной [1–3], во многом определяющими лесопатологическое состояние насаждений и в значительной степени – динамику и интенсивность отпада деревьев. Сокра-

шение количества и нарушение естественной структуры КДО в лесных сообществах закономерно приводит к уменьшению видовой насыщенности и нарушению таксономической и трофической структуры мико- и энтомокомплексов. Это в свою очередь может отрицательно повлиять на устойчивость лесов, поскольку одним из основных критериев устойчивой лесной экосистемы является сложность структурного строения сообщества [4].

Изучение характеристик лесных экосистем, определяющих их биологическую устойчивость, имеет большое практическое значение, поскольку позволяет путем поддержания или восстановления оптимального соотношения структур лесных биогеоценозов повышать их продуктивность, расширять диапазон устойчивости к неблагоприятным факторам воздействия и, прежде всего, к вредным лесным организмам.

Исходя из изложенного, целью нашего исследования было определить в малонарушенных биологически устойчивых лесах сосновой, еловой и дубовой формаций запасы и структуру КДО, которые можно было бы рассматривать в качестве экологически оптимальных для лесов Беларуси.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили на территории Березинского биосферного заповедника, национальных парков «Беловежская пуща», «Браславские озера», «Нарочанский» и «Припятский», Дисненского и Полоцкого лесхозов, Борисовского, Глубокского и Осиповичского опытных лесхозов, Полоцкого учебно-опытного лесхоза и Боровлянского спецлесхоза.

В качестве объектов подбирались участки малонарушенных биологически устойчивых лесных насаждений сосновой, еловой и дубовой формаций, удовлетворяющих следующим критериям: в составе древостоя преобладали деревья без признаков ослабления, отсутствовали очаги вредителей и болезней, единичный, реже групповой, древесный отпад формировался, преимущественно, за счет угнетенных или старых деревьев, относительная полнота была нормальной для данного возраста, отсутствовали следы любых рубок и других воздействий, способствующих образованию древесного отпада. Сосновые насаждения были естественного и искусственного происхождения, ельники и дубравы – естественного происхождения. Средний возраст сосновых древостоев варьировал от 30 до 180 лет, еловых – от 55 до 100 лет, дубовых – от 120 до 200 лет. Типологический спектр объектов исследования был представлен сосняками брусничными, мшистыми, орляковыми, кисличными, черничными, долгомошными, осоковыми и осоково-сфагновыми, ельниками орляковыми, кисличными, черничными, дубравами орляковыми, кисличными, папоротниковыми.

Лесоводственно-таксационное описание насаждений на пробных площадях выполняли по стандартным методикам [5; 6], оценку биологической устойчивости насаждений – согласно [7]. Для дифференциации насаждений на группы возраста использовали следующую градацию: молодняки (мл) – до 40 лет включительно, средневозрастные (св) – 41–60 лет, приспевающие (пр) – 61–80 лет, спелые (сп) – 81–120 лет для сосняков и ельников, 101–140 лет для дубрав, перестойные (пс) – 121 и более для сосняков и ельников, 141 и более для дубрав.

К КДО относили сухостойные и валежные деревья, а также их части с максимальным диаметром 8 см и более и длиной (высотой) не менее 1 м.

Запас КДО определялся как сумма объемов всех мертвых деревьев или их частей (колод). Для целых валежных и сухостойных деревьев мерной вилкой измерялся диаметр на высоте 1,3 м и общая высота с помощью высотомера или рулетки. Их объем определялся по таблицам объемов древесных стволов по диаметру и высоте [6].

Для фрагментов валежных и сухостойных деревьев (колод) измерялся максимальный и минимальный диаметры и длина (высота). При невозможности измерить верхний диаметр обломанных сухостойных деревьев он рассчитывался на основании формул сбега древесного ствола [6; 8].

Запас колод рассчитывался по формуле

$$V = \pi L(D_{\max}^2 + D_{\max}D_{\min} + D_{\min}^2) / 12,$$

где V – объем колоды, м³; L – длина колоды, м; D_{\max} – максимальный диаметр колоды, м; D_{\min} – минимальный диаметр колоды, м.

При обследовании КДО для валежа помимо его размеров определялись следующие характеристики: средняя глубина проникновения гнили (см), сохранность коры (%) и присутствие ветвей разных порядков, изменение формы, наличие плодовых тел дереворазрушающих грибов, степень обрастания (проективное покрытие) стволов мохообразными, травянистыми и древесными растениями. По совокупности перечисленных признаков валеж относили к одной из 5 стадий разложения с помощью шкалы разложения валежной древесины, модифицированной нами [9] на основе шкалы стадий разложения валежа ели, предложенной В. Г. Стороженко [10] (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Шкала разложения валежной древесины

| Стадия разложения | Форма ствола | Глубина проникновения гнили | Сохранность ветвей | Сохранность коры* | Наличие дереворазрушающих грибов | Наличие растений** |
|-------------------|--------------|------------------------------|--|--------------------------------------|--|---|
| 1 | Не изменена | Древесина твердая, гнили нет | Вплоть до ветвей последнего порядка, иногда хвоя | Сохранилась, либо частично опала | Отсутствуют | Отсутствуют |
| 2 | Не изменена | До 20 % от среднего диаметра | Ветви 1-го и 2-го порядков | Частично сохранилась или отсутствует | Плодовые тела трутовых грибов | Появление мохового покрова |
| 3 | Изменена | 30–50 % от среднего диаметра | Ветви 1-го порядка | Отсутствует | Редко трутовые грибы, появление шляпочных грибов | Обрастание поверхности мхами, поселения растений ЖНП, иногда подроста |

Окончание табл. 1

| Стадия разложения | Форма ствола | Глубина проникновения гнили | Сохранность ветвей | Сохранность коры* | Наличие деструктивных грибов | Наличие растений** |
|-------------------|---|---|-------------------------------------|-------------------|---|--|
| 4 | Частично сохранилась | Насквозь | Иногда сучья от ветвей 1-го порядка | Отсутствует | Трутовые грибы отсутствуют, шляпочные грибы | Полное обрастание мхами и растениями ЖНП, развитие подроста и подлеска |
| 5 | Форма утеряна, угадывается по микровыщелачиваниям | Насквозь, гумификация разложившейся древесины | Отсутствуют | Отсутствует | Подстилочные сапротрофы | Растительность практически не отличается от окружающей |

Примечание. * – у валежа березы кора сохраняется вплоть до 3–4 стадии разложения; ** – ЖНП – живой напочвенный покров.

Сухостой на стадии разложения не дифференцировался, поскольку за время его стояния на корню процессы разложения в нем протекают очень неравномерно. Деструкция древесины сухостойных деревьев при условии отсутствия предварительного заселения живого дерева биотрофными деструктивными грибами более или менее интенсивно протекает в комлевой части ствола до 0,5 м от уровня почвы. При этом средняя и верхняя части ствола могут долгое время оставаться практически не затронутыми деструкцией. Связано это с различными условиями для развития сапротрофных деструктивных грибов, более благоприятными в нижней части ствола, контактирующей с почвой и характеризующейся более высокой влажностью.

Данная шкала стадий разложения применялась для валежа независимо от древесной породы. Хотя абсолютная временная датировка стадий разложения для различных древесных пород и даже для валежа одной и той же древесной породы, находящегося в различных условиях, могла существенно отличаться, используемая нами дифференциация древесного опада с помощью стадий разложения была хорошо применима для валежа любого породного состава. Исключение составлял валеж лиственных пород. Например, кора на стволах березы часто почти полностью сохранялась, несмотря на практически полную деструкцию древесины. При этом покрытие березового валежа мохообразными и растениями было невысоким на всех стадиях разложения, что связано, вероятно, с худшими условиями для укоренения растений на долгое время сохраняющейся гладкой березовой коре.

Кора на валеже других лиственных пород также достаточно долго сохранялась, однако в отличие от березы обильно заселялась мохообразными и высшими

сосудистыми растениями в процессе ее деструкции, в то время как древесина могла быть еще достаточно твердой (особенно у дуба). Поэтому во всех случаях основным диагностическим признаком для установления стадии разложения была глубина проникновения гнили и форма ствола, остальные признаки использовались как дополнительные.

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью программ MS Excel и Statistica 10.

Результаты и их обсуждение. Абсолютные величины запаса КДО в обследованных насаждениях находились в широких пределах: от 15,2 до 164,8 м³ га⁻¹ в сосняках, от 34,0 до 103,8 м³ га⁻¹ в ельниках и от 46,2 до 198,5 м³ га⁻¹ в дубравах. В целом повышение возраста насаждений сопровождалось возрастанием запасов КДО, что закономерно связано с увеличением запасов древостоев и как следствие с большим объемом ежегодного текущего отпада и периода накопления КДО в них. Вместе с тем данная закономерность не была постоянной на протяжении всего возрастного ряда для сосновой и еловой формаций, в которых средний абсолютный запас КДО в приспевающих древостоях был выше, чем в спелых. Кроме того, средние запасы КДО в разрезе классов возраста сильно варьировали, в ряде случаев коэффициент вариации превысил 60 % (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Запасы КДО в лесах сосновой, еловой и дубовой формаций по группам возраста

| Группа возраста | Показатель запаса КДО в разрезе лесных формаций | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|----------------------------------|-------|----------|----------------------------------|-------|----------|----------------------------------|-------|
| | Сосняки | | | Ельники | | | Дубравы | | |
| | <i>n</i> | Среднее ± SE, м ³ /га | CV, % | <i>n</i> | Среднее ± SE, м ³ /га | CV, % | <i>n</i> | Среднее ± SE, м ³ /га | CV, % |
| Молодняки (II класс возраста) | 10 | 32,4 ± 3,7 | 35,9 | – | – | – | – | – | – |
| Средневозрастные | 7 | 36,2 ± 4,5 | 33,2 | 2 | 39,4 ± 5,4 | 19,2 | – | – | – |
| Приспевающие | 10 | 63,7 ± 9,8 | 48,7 | 5 | 84,0 ± 8,3 | 22,0 | – | – | – |
| Спелые | 9 | 48,5 ± 6,6 | 41,1 | 4 | 82,6 ± 2,2 | 5,3 | 2 | 67,0 ± 20,8 | 43,8 |
| Перестойные | 4 | 82,8 ± 28,1 | 67,8 | – | – | – | 8 | 136,8 ± 16,8 | 34,6 |

П р и м е ч а н и е. SE – стандартная ошибка; CV – коэффициент вариации; *n* – число пробных площадей.

Приведенные данные показывают, что возраст древостоя не является определяющим фактором абсолютных величин запасов КДО в обследованных насаждениях. Данное предположение подтверждается корреляционным анализом с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена, по результатам которого установлено, что абсолютный запас КДО в наибольшей степени был обусловлен запасом растущей части древостоя (умеренная корреляция). Корреляция с возрастом древостоя и относительной полнотой была существенно ниже и приблизительно одинаковой для сосновых, еловых и дубовых насаждений (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Корреляция абсолютного запаса КДО с некоторыми лесоводственно-таксационными показателями древостоев

| Формация | Коэффициент ранговой корреляции Спирмена | | |
|----------|--|---------|-----------------------|
| | Запас древостоя | Возраст | Относительная полнота |
| Сосняки | 0,71 | 0,43 | 0,40 |
| Ельники | 0,71 | 0,48 | 0,48 |
| Дубравы | 0,80 | 0,58 | 0,52 |

В связи с этим количественную оценку запасов КДО, в том числе в процессе роста и развития насаждений, целесообразно выполнять на основе не абсолютных, а относительных величин.

Относительный (в процентах от запаса древостоя) запас КДО в сосновых молодняках 2-го класса возраста составил 16,1 %, средневозрастных – 13,1 %, приспевающих – 15,6 %, спелых – 16,7 % и перестойных насаждениях – 20,9 % (рис. 1).

Несколько повышенный относительный запас КДО в сосновых молодняках 2-го класса возраста по сравнению со средневозрастными и приспевающими насаждениями обусловлен большей интенсивностью естественного изреживания в высокополнотных древостоях этой возрастной группы. Увеличение относительного запаса КДО в спелых и перестойных сосновых насаждениях вполне закономерно и связано как с накоплением КДО под пологом леса вследствие их достаточно длительного периода разложения [11], так и с преобладанием отпада над приростом по мере приближения древостоев к стадии возрастной дигрессии.

Относительный запас КДО в средневозрастных ельниках составил 14,5 %, приспевающих – 18,4 % и спелых насаждениях – 22,2 % (рис. 2), что несколько выше, чем для соответствующих возрастных групп сосняков.

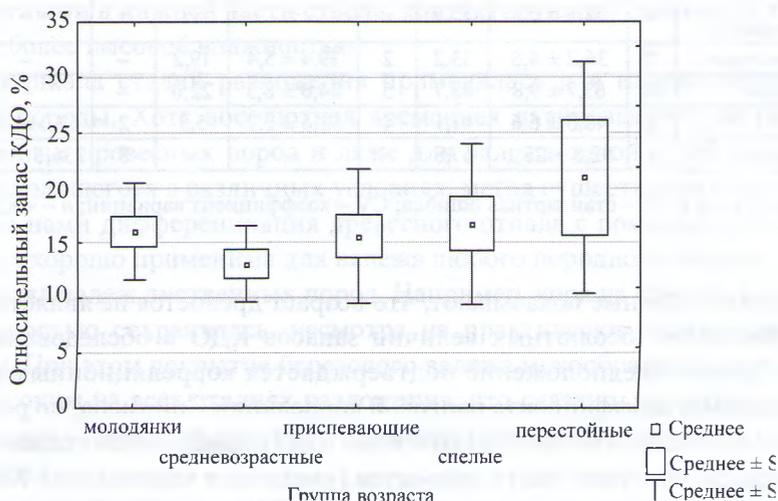


Рис. 1. Относительный запас КДО в сосновых насаждениях по группам возраста

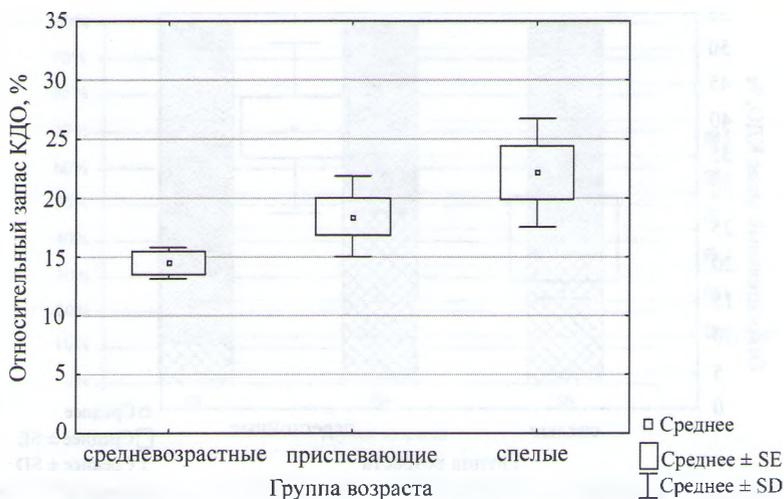


Рис. 2. Относительный запас КДО в еловых насаждениях по группам возраста

Эти различия, по нашему мнению, связаны с экологическими особенностями ели, которая по сравнению с сосной больше подвержена ветровалу, а также периодическим локальным повреждениям стволовыми вредителями.

Кроме того, обследованные ельники были представлены высокопродуктивными типами леса (ельники кисличные, орляковые и черничные), тогда как сосняки – почти всем типологическим спектром. В результате в отпаде еловых древостоев оказалось больше крупномерных КДО.

Величина относительного запаса КДО в спелых насаждениях дуба была близка к аналогичным значениям для спелых ельников и составила 23,6 %, в перестойных дубравах относительный запас КДО был наибольшим (39,1 %), что связано с более высоким возрастом (150–200 лет) перестойных дубовых насаждений (рис. 3).

При анализе структуры запаса КДО в разрезе лесных формаций и групп возраста было установлено, что в сосновых насаждениях с увеличением возраста уменьшается доля сухостоя и растет вклад сильно разложившейся древесины (валежа 4–5 стадий) в общем запасе КДО (рис. 4).

Такая структура КДО свидетельствует об относительно равномерном поступлении (в относительном выражении) годовичного древесного отпада во всех возрастных группах сосновых насаждений.

В ельниках динамика структуры КДО с увеличением возраста древостоев имела другой вид. Так, в средневозрастных еловых насаждениях доля сухостоя была существенно меньше, а доля валежа последней стадии разложения больше, чем в приспевающих и спелых ельниках (рис. 5).

Направление изменения структуры запаса КДО в дубовых насаждениях с возрастом, как и в сосняках, характеризовалось снижением участия сухостоя и увеличением доли сильно разложившегося валежа (рис. 6).



Рис. 3. Относительный запас КДО в дубовых насаждениях по группам возраста

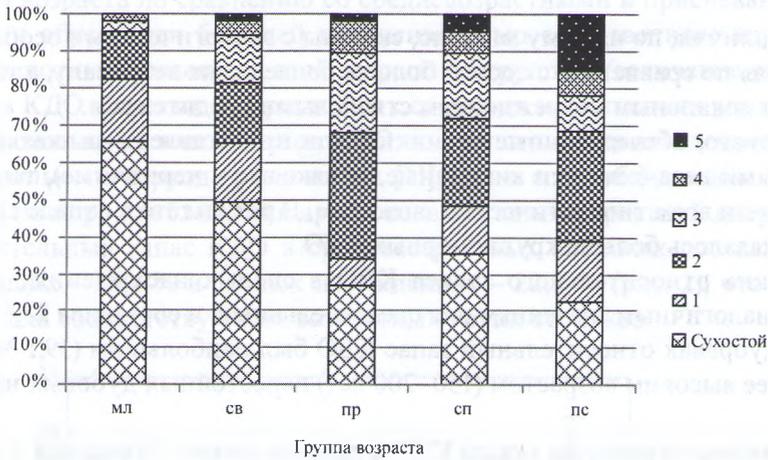


Рис. 4. Доля (%) сухостоя и валежа 1-5 стадий разложения в общем запасе КДО сосновых насаждений

Различия структуры запаса КДО в процессе роста лесов сосновой, еловой и дубовой формаций могут быть связаны с характером образования ежегодного текущего отпада. В отличие от сосняков и дубрав в естественной динамике еловых древостоев более выражены периодические локальные нарушения полога, сопровождающиеся образованием «окон». В естественно развивающихся ельниках, с их разновозрастной структурой, данные нарушения не являются критическими для доминирования ели и играют важную роль для ее возобновления. Периодичность локальных нарушений в ельниках связана с цикличностью засух и сопутствующих им вспышек размножения стволовых вредителей. Таким образом, очевидно, что на структуру запаса КДО в ельниках помимо возраста древостоя

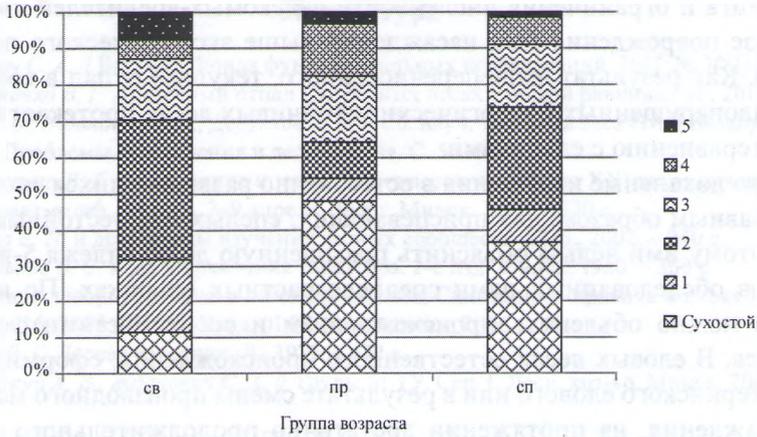


Рис. 5. Распределение сухостоя и валежа 1–5 стадий разложения в общем запасе КДО еловых насаждений

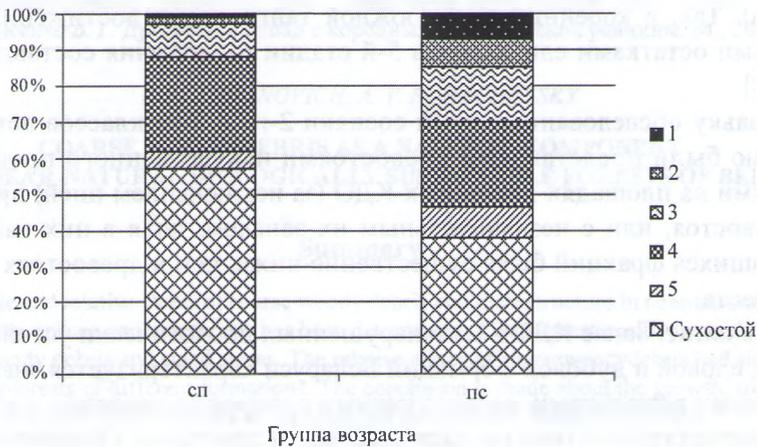


Рис. 6. Распределение сухостоя и валежа 1–5 стадий разложения в общем запасе КДО дубовых насаждений

влияет масштаб и давность локальных повреждений. В сосняках и дубравах в условиях Беларуси периодичность локальных повреждений древостоев менее выражена, поскольку устойчивость к периодическим засушливым явлениям у сосны и дуба существенно выше по сравнению с елью, что обуславливает более низкую интенсивность развития в них стволовых вредителей. Другие возможные факторы ослабления сосняков и дубрав, связанные с периодическими засухами (лесные пожары, вспышки массового размножения насекомых-дефолиантов), в условиях Беларуси более успешно (по сравнению со стволовыми вредителями) контролируются, предотвращаются или минимизируются в лесах всех категорий за счет эффективной системы охраны лесов от пожаров, лесопатологического

мониторинга и ограничения численности насекомых-вредителей хвои и листвы при угрозе повреждения ими насаждений выше экономического порога вредоносности. Как результат вышеперечисленного, текущий отпад в сосновых и дубовых малонарушенных биологически устойчивых лесах протекает более равномерно по сравнению с ельниками.

Однако локальные нарушения в естественно развивающихся ельниках характерны, главным образом, для приспевающих, спелых и перестойных древостоев [12] и поэтому ими нельзя объяснить повышенную долю валежа 5-й стадии разложения в обследованных нами средневозрастных ельниках. По нашему мнению, это можно объяснить происхождением и особенностями формирования древостоев. В еловых лесах естественного происхождения, сформированных на месте материнского елового или в результате смены производного мелколиственного насаждения, на протяжении достаточно продолжительного периода под пологом сохраняются КДО предшествующего древостоя, запас и степень деструкции которых будет зависеть от давности и характера сукцессии (резкого катастрофического нарушения или постепенного распада предшествующего насаждения). Так, в коренных лесах южной тайги время достижения крупными древесными остатками ели и сосны 5-й стадии разложения составляет от 45 до 50 лет [13].

Поскольку обследованные нами сосняки 2-го и 3-го классов возраста почти полностью были представлены древостоями искусственного происхождения, созданными на площадях лишенных КДО (за исключением пней) предшествующего древостоя, или с незначительным их запасом, доля в них валежа сильно разложившихся фракций была существенно ниже, чем в древостоях более высокого возраста.

Заключение. Запас КДО в малонарушенных биологически устойчивых лесах сосновой, еловой и дубовой формаций Беларуси характеризуется значительными абсолютными величинами, варьирующими в широких пределах и в наибольшей степени коррелирует с запасом растущей части древостоя. Относительный запас КДО в целом имеет близкие значения для лесов различной формационной принадлежности в пределах одних и тех же возрастных групп, что свидетельствует о том, что процессы прироста, отпада и деструкции древесной биомассы являются сбалансированными в малонарушенных биологически устойчивых лесных экосистемах. Соотношение сухостоя и валежа, а также его распределение по степени деструкции в естественно развивающихся лесных сообществах зависит от возрастного этапа, происхождения древостоев, а также от масштаба и давности локальных нарушений в них. Полученные результаты могут быть использованы для определения критериев экологически допустимых запасов КДО в эксплуатационных лесах, а также для оценки устойчивости лесов, исключенных из хозяйственной деятельности, на основе данных о количестве и структуре КДО в них.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (гранты Б10М-107, Б15М-039).

Литература

1. Жданович С. А. // Вестник Фонда фундаментальных исследований. 2017. № 3(81). С. 136–151.
2. Стороженко В. Г. Древесный отпад в коренных лесах Русской равнины. М., 2011. – 122 с.
3. Лукин В. В., Жданович С. А., Дерунков А. В. // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2008. Вып. 68: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 58–68.
4. Стороженко В. Г. // Состояние и мониторинг лесов на рубеже XXI века: материалы Международ. науч.-практ. конф., Минск, 7–9 апреля 1998 г. Минск, 1998. – 370 с.
5. Андреева Е. Н. и др. Методы изучения лесных сообществ. СПб., 2002. – 240 с.
6. Мирошников В. С. и др. Справочник таксатора. 2-е изд. Минск, 1980. – 360 с.
7. Устойчивое лесопользование и лесопользование. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь: ТКП 026–2006 (02080). Введ. 01.07.2006. Минск, 2006. – 40 с.
8. Захаров В. Г. Лесная таксация. Л., 1971. – 472 с.
9. Пугачевский А. В., Жданович С. А. // Труды БГТУ. Сер. I. Лесн. хоз-во. Минск, 2007. Вып. 15. С. 366–370.
10. Стороженко В. Г. // Экология. 1990. № 6. С. 66–69.
11. Жданович С. А. // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2008. Вып. 68: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 408–417.
12. Ермохин М. В. Эколого-фитоценотические особенности динамики еловых лесов Беларуси при локальных нарушениях древостоев: дис. ... канд. биол. наук. Минск, 2010. – 245 с.
13. Стороженко В. Г. Древесный отпад в коренных лесах Русской равнины. М., 2011. – 122 с.

S. A. ZHDANOVICH, A. V. PUHACHEVSKY

COARSE WOODYDEBRIS AS A NATURAL COMPONENT OF THE NEAR-NATURAL BIOLOGICALLY SUSTAINABLE FORESTS OF BELARUS

Summary

The absolute and relative stores of coarse woody debris and their structure in near-natural biologicaly sustainable pine, spruce and oak forests has been determined. The greatest positive correlation was between coarse woody debris and stand stores. The relative stores of coarsewoodydebris had similar values in one age group forests of different formations. The conclusion is made about the growth, tree-mortality and decay of woody debris are balanced in the observed categories of forest ecosystems.