

А. В. Пугачевский, канд. биол. наук, зав. отделом; С. А. Жданович, аспирант

ЗАПАСЫ, РАЗМЕРНАЯ СТРУКТУРА И СТЕПЕНЬ РАЗЛОЖЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ В НЕКОТОРЫХ ТИПАХ СОСНОВЫХ, ЕЛОВЫХ И БЕРЕЗОВЫХ ЛЕСОВ

Dead wood is an important element of a forest ecosystem. Wood in different stages of decomposition provides a habitat for numerous organisms like bacteria, fungi and invertebrates, which play important roles in nutrients and carbon cycling. Decaying logs and stumps in different degrees of decay differ from the forest floor and provide specific conditions for germination and plant growth. Coarse woody debris serves as an important substrate for the regeneration of some tree species.

Мертвая древесина как объект исследования. В экологии погибшие фрагменты живых деревьев (пни, сухие ветви и сучья, мертвые корни), валежные стволы и сухостойные деревья принято определять как «мертвая древесина». Другой термин, определяющий понятие «мертвая древесина» – крупный древесный детрит. Крупный древесный детрит – это мертвое вещество древесного происхождения, исходный диаметр которого до разложения был более 3 см [1]. В отечественном лесоведении этому понятию более всего соответствуют сухостой и валеж.

Разлагающаяся древесина мертвых деревьев – это место обитания многочисленных растений, грибов и животных. При этом для каждой стадии разложения древесины набор организмов, топически и трофически связанных с ней, специфичен. Ее значение для функционирования леса невозможно переоценить. От нескольких десятков до сотен видов грибов, растений и животных населяют дерево с момента его гибели до полного разложения. Важное значение мертвая древесина имеет для возобновления ряда древесных пород. Ее изучение особенно актуально сейчас, когда под действием растущей антропогенной нагрузки на леса происходит уничтожение естественных мест обитания растений и животных, следствием чего является повсеместное сокращение биоразнообразия.

Древесина отпада при естественном изреживании древостоев, буреломные и ветровальные стволы, деревья и целые древостои, усохшие в результате изменения гидрологических условий, пожаров, других деструктивных факторов, занимают в общем объеме разлагающейся фитомассы заметное место. Депонированные в ней и выделяемые при ее разложении углерод и вода составляют значительную часть углеродного и водного баланса лесных экосистем.

Несмотря на исключительное экологическое и биологическое значение древесины мертвых деревьев, ее ресурсную важность, она не была объектом самостоятельного изучения в лесах Беларуси: почти нет достоверных оценок масштабов образования мертвой древесины и динамики отпада деревьев разных пород.

Образование мертвой древесины в лесу.

Неотъемлемым элементом динамики лесов являются различные нарушения. Они заключаются в локальном уничтожении существующей растительности внешними факторами. С точки зрения динамики лесной экосистемы нельзя оценивать эти явления только отрицательно. Благодаря нарушениям в лесу высвобождается место для новой генерации деревьев. Механизмы мозаичного уничтожения древостоя, а затем формирования на освобожденном пространстве нового поколения деревьев обеспечивают существование леса в целом (гар-динамика). Образование мертвой древесины в лесу осуществляется в ходе следующих процессов:

1. Массовый ветровал. Для лесной зоны характерны периодически повторяющиеся массовые вывалы деревьев представляющие собой катастрофические разрушения древостоев с переходом значительных площадей леса в категорию ветровала и/или бурелома. Массовый ветровал вызывается ветрами ураганной и штормовой мощи [1]. Для ветровалов характерно большое количество валежа, а также нарушение растительного и почвенного покрова на месте вывернутых корневых систем.

2. Единичный и групповой ветровал живых и усохших деревьев. Помимо массовых ветровалов, в лесах имеет место регулярный естественный вывал единичных деревьев и/или их групп. Чаше выпадают деревья перестойные или наиболее угнетенные, биологически ослабленные. Падение биологически обреченных деревьев может вызвать попутный вывал близ расположенных здоровых деревьев. Вывал одного крупного дерева нередко приводит к возникновению группового ветровала [2]. Ветровал такого типа не сопровождается разрушением древостоя, не выходит за рамки внутрибиогеоценозического процесса и является неотъемлемой частью динамики лесов.

Напротив, благодаря единичным вывалам, способствующим поддержанию разновозрастности и мозаичности фитоценоза, повышается устойчивость лесных биогеоценозов. Возникающее при вывале деревьев разнообразие биотопов во многом определяет характер дальнейшего функционирования различных компонентов лесных биогеоценозов. К примеру,

валежные стволы деревьев представляют собой уникальную среду обитания специфических видов микроорганизмов, грибов и беспозвоночных.

В динамике древостоев выделяется несколько периодов массового отмирания деревьев. Около 90% всходов и молодых деревьев гибнет, засыхая на корню [3], причем возобновление вегетативного происхождения переходит в отпад в первую очередь. Оставшийся подрост развивается до стадии жердняка, когда в ходе интенсивного самоизреживания гибнут самые тонкие, наименее жизнеспособные особи. Угнетенные деревья, как правило, усыхают на корню и уже сухими выпадают из древостоя, формируя маломерный валеж. В последующем отпад относительно равномерно распределяется по ступеням толщины деревьев, а перестойные насаждения характеризуются обычно отпадом самых старых и крупномерных деревьев, наиболее подверженных грибным заболеваниям, поражению насекомыми, снеголому [1].

Единый и групповой вывал деревьев осуществляется вследствие таких причин:

1. Засыхание деревьев на корню с последующим их вываливанием. Подобное характерно для наиболее угнетенных деревьев 4–5 классов Крафта в период изреживания подроста, жердняка и отмирания старых деревьев под пологом древостоя, насаждений, поврежденных вредителями. В усохшем состоянии деревья могут стоять 10–20 лет и, уже без коры, ветвей, с частично разрушенной древесиной, падают на землю. При падении из почвы выдергиваются сохранившиеся корни. Мертвая древесина сухостоя и валежника становится объектом инвазии насекомых и грибов, мало отличаясь в этом от ветровальных и буреломных стволов.

2. Ветролом и снеголом деревьев. Излом ствола дерева может происходить у его основания (в комлевой части), в центральной части или в кроне. Ветролом чаще наблюдается у крупномерных спелых и перестойных деревьев, имеющих стволовые гнили, снеголом – у средневозрастных и приспевающих. Молодые деревья чаще ломаются под тяжестью падающих соседних деревьев или снега. После слома образуются пень и лежащая на земле часть ствола.

3. Ветровал деревьев. Вывал деревьев с корнями характерен для спелых и перестойных древостоев в условиях, где корневая система деревьев имеет ослабленное сцепление с почвой по различным причинам.

Оптимальный запас древесины мертвых деревьев в лесу. Запас древесины мертвых деревьев в лесу зависит от многих факторов: климатических условий региона, почвенно-гидрологических условий, биологических особенностей древесных пород, возраста, полноты

насаждения, всплеск размножения вредителей леса и патогенных организмов, хозяйственной деятельности человека. Однако для каждого типа леса в соответствующем возрасте характерно присутствие определенного количества мертвой древесины. Ее недостаток отрицательно скажется на экосистеме. Изучение мертвой древесины в польской части Беловежской пуши показало, что в умеренной полосе в заповедном лесу, подобном Беловежской пуше должно находиться в среднем $120 \text{ м}^3/\text{га}$ древесины мертвых деревьев, или составлять одну пятую всей наземной биомассы леса, и сокращение этого объема несет риск потери многих видов [4]. При изучении валежника в экосистемах еловых лесов, которое провели в местах обитания трехпалого дятла, прямо зависящего от наличия сухостоя, был установлен критический уровень запаса сухостойных деревьев ($20 \text{ м}^3/\text{га}$), при котором вероятность нахождения дятла в субальпийском ельнике в Швейцарии и в бореальных лесах Швеции резко падает. Рекомендовано рассредоточить участки, богатые валежом по всей территории лесных ландшафтов. Каждый такой участок должен быть размером примерно 1 га и иметь в среднем 5% сухостойных деревьев (не менее $18 \text{ м}^3/\text{га}$), а общее количество отпада (валежа и сухостоя) должно составлять примерно 9% (не менее $33 \text{ м}^3/\text{га}$) [5]. В управляемых лесах Франции запас мертвой древесины в среднем составляет всего $2,2 \text{ м}^3/\text{га}$, что мешает поддержанию естественного биоразнообразия в лесах из-за сокращения среды обитания для грибов и насекомых. В естественных же лесах страны на 1 га приходится от 40 до 200 м^3 мертвой древесины. В среднем леса в Европе имеют меньше 5% мертвой древесины от возможного в естественных условиях. WWF обращается к европейским правительствам, лесовладельцам и лесной промышленности, чтобы помочь сохранить биоразнообразие, увеличивая запас мертвой древесины в арктических и умеренных лесах до $20\text{--}30 \text{ м}^3/\text{га}$ к 2030 г.

Ряд лесхозов Беларуси уже прошли сертификацию по схеме Лесного Попечительского Совета (Forest Stewardship Council – FSC), другие готовятся к ней. Это даст более широкие возможности экспорта их лесопroduкции за пределы страны. Одним из требований для получения сертификата является наличие в лесах минимально необходимого количества мертвой древесины. В связи с этим необходимо определить ее оптимальное количество в лесах Беларуси для обеспечения компромисса между поддержанием биоразнообразия, санитарным и пожарным состоянием лесов, экономической целесообразностью и дать соответствующие рекомендации по эффективному управлению древесиной мертвых деревьев.

Степень разложения мертвой древесины. Мертвая древесина в лесу не однородна. Она представлена сухостоем, пнями, валежной древесиной различных стадий разложения. Попытки датировать фазы разложения валежника предпринимались А. А. Молчановым (1949), А. Д. Вакуровым (1974), В. А. Мухиным, Н. Т. Степановой (1979), Г. В. Яковлевым (1983), Е. Б. Скворцовой с соавторами (1983) и другими. Основным способом датировки является использование системы стадий разложения. Принадлежность к той или иной стадии устанавливается по таким признакам, как тип гнили, форма ствола, сохранность коры, фрагментированность, покрытие растительностью, видовой состав грибов и т. д.

В. Г. Стороженко разработана шкала стадий разложения валежника ели [6]. Она включает 5 стадий, разделенных на временные отрезки по ряду уверенно фиксируемых во времени признаков: длительности периода заселения стволовыми вредителями разных групп, срокам начала появления мохового покрова и плодовых тел трутовых грибов, возрасту подроста.

Т. Zielonka и G. Piątek по исследованиям в субальпийских ельниках в Татрах предложили шкалу разложения из 8 стадий [7]. В этой шкале учитываются форма ствола, глубина распространения гнили в толщу колод, глубина щелей внешней поверхности стволов, покрытие растениями, сохранность ветвей и коры.

Цель работы: оценить масштаб образования и размерно-качественные характеристики мертвой древесины в естественных условиях в некоторых типах леса, дифференцировать ва-

лежную древесину по степени разложения, используя систему стадий разложения, определить временные интервалы для различных стадий разложения.

Методика и объекты исследований. Объектом исследования были постоянные пробные площади Института экспериментальной ботаники в Полоцком, Борисовском лесхозах и Березинском биосферном заповеднике.

На пробных площадях был проведен сплошной пересчет деревьев и определены таксационные показатели древостоев (табл. 1). Учтена также вся мертвая древесина, включая сухостой, валежные деревья и их части (табл. 2).

Объем валежных деревьев и их фрагментов определяли по формуле усеченного конуса:

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

где L – длина бревна, м; D_{\max} и D_{\min} – максимальный и минимальный диаметр колоды, м.

Запас сухостоя определяли путем сплошного измерения диаметров на высоте 1,3 м с измерением высот и последующим определением запаса по лесотаксационным таблицам.

Был рассчитан средний диаметр сухостоя на каждой пробной площади, который сравнивался со средним диаметром растущей части отдельно по породам (табл. 3). Для каждого валежного дерева или его части определялись: глубина проникновения гнили, сохранность коры, ветвей разных порядков, изменение формы, наличие плодовых тел дереворазрушающих грибов, проективное покрытие лишайниками, мхов, высших сосудистых растений, отмечалось присутствие подроста и подлеска.

Таблица 1

Таксационная характеристика пробных площадей

№ ППП	Тип леса	Ярус	Состав	Порода	Возраст, лет	Средние		Бонитет	Полнота	Запас, м ³
						D, см	H, м			
201	С. брусничный	1	10С	С	150	35,9	25,5	III	0,78	352
207	С. мшистый	1	10С	С	115	35,7	25,2	II	0,95	453
217	С. черничный	1	10С+Е, ед Б	С	74	26,9	26,2	I ^a	0,64	279
302	С. мшистый	1	10С+Б, ед Е	С	81	29,8	25,1	I	0,83	365
303	С. черничный	1	9С1Б+Е	С	93	27,1	24,1	II	0,92	361
308	Е. папоротниковый	1	6Е1С2Олч1Б	Е	85	26,5	24,1	II	0,98	490
309	Е. кисличный	1	9Е1С	Е	80	36,6	25,7	I	0,95	525
314	С. черничный	1	9С1Е+Б	С	101	31,0	26,8	II	0,93	418
318	Б. черничный	1	4Б62Бп4С+Е	Бб	65	25,4	24,8	I ^a	0,81	278

Таблица 2

Средние величины запасов мертвой древесины по формациям

Показатель	Формация					
	сосновая		еловая		березовая	
	м ³ /га	% от запаса	м ³ /га	% от запаса	м ³ /га	% от запаса
Запас сухостоя	16,0	4,1	11,3	2,2	22,3	8,0
Запас валежа	22,2	6,0	49,0	9,7	15,3	5,5
Запас всей мертвой древесины	38,2	10,3	60,3	11,9	37,6	13,5

По совокупности перечисленных признаков валежная древесина была разделена на 5 стадий разложения (табл. 4), и рассчитана доля древесины каждой стадии в запасе валежной древесины в сообществах трех формаций (табл. 5).

С использованием данных многолетних перечетов на постоянных пробных площадях с известным временем гибели и падения каждого дерева определены средние временные датировки ряда стадий разложения.

Выводы и заключения. Проведенные исследования показали, что большее число сухостойной древесины имеется в сосновых и березовых лесах по сравнению с еловыми. И наоборот, более высокие запасы валежа – в ель-

никах. Это можно объяснить биологическими особенностями пород. Ель, имеющая поверхностную корневую систему, быстрее под действием ветра переходит в категорию валежа. Сосны, напротив, после усыхания могут длительное время оставаться на корню.

Средние диаметры сухостойного компонента на всех пробных площадях были меньше средних диаметров растущей части древостоя. Так, в среднем по всем пробным площадям он составил для сосны 71,3%, для ели 60,3%, для березы 71,8% от среднего диаметра древостоя (табл. 3). Это говорит о том, что отпад в этих приспевающих и спелых древостоях формируется пока в основном за счет угнетенных деревьев.

Таблица 3

Соотношение среднего диаметра растущих и сухостойных деревьев на пробных площадях

Порода	Средний диаметр сухостоя / процент от среднего диаметра растущей части на постоянной пробной площади								
	201	207	217	302	303	308	309	314	318
Сосна	30,7 / 86	26,0 / 73	20,0 / 74	21,6 / 72	14,1 / 52	33,4 / 77	23,5 / 66	19,4 / 63	25,8 / 79
Ель	–	–	–	11,3 / 89	–	14,8 / 56	13,0 / 36	–	–
Береза	–	–	–	19,7 / 98	10,9 / 44	–	–	15,2 / 82	16,0 / 63

Таблица 4

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 и 2 порядков	Частично сохранилась или отсутствует	Плодовые тела трутовых грибов	Появление мохового покрова
3	Изменена	30–50% от среднего диаметра	Ветви 1 порядка	Отсутствует	Редко – трутовые грибы, появление шляпочных грибов	Обрастание поверхности мхами, поселение растений ЖНП, иногда подрост
4	Частично сохранилась	Насквозь	Иногда сучья от ветвей 1 порядка	Отсутствует	Трутовые грибы отсутствуют, шляпочные грибы	Полное обрастание мхами и растениями ЖНП, развитие подростка и подлеска
5	Форма утрачена, угадывается по микроповышениям	Насквозь, гумификация разложившейся древесины	Отсутствуют	Отсутствует	Подстилочные сапротрофы	Растительность практически не отличается от окружающей

Примечание. У березового валежа кора сохраняется вплоть до 3–4 стадии.

Таблица 5

Средние запасы валежной древесины по стадиям разложения, м³/га

Формация	Всего валежной древесины	В том числе по стадиям разложения				
		1	2	3	4	5
Сосновая	22,2	7,4	7,0	4,2	1,7	1,9
Еловая	49,0	9,5	19,6	7,5	7,1	5,3
Березовая	15,3	4,7	4,4	2,3	2,2	1,7

Практически на всех пробных площадях выражена тенденция к уменьшению запаса валежной древесины по мере увеличения ее степени разложения. Это объясняется большей внешней фрагментацией и минерализацией наиболее разложенных колод, что ведет к уменьшению среднего диаметра, а следовательно и запаса. Кроме того, наиболее разложившиеся старые колоды выпали, когда возраст (и диаметр) деревьев был существенно меньше.

Благодаря данным многолетних перечетов на постоянных пробных площадях с фиксированным временем отпада и падения каждого дерева удалось определить средние временные датировки стадий разложения.

Признаки разложения древесины в общем близки для различных экологических условий и пород. Различия состоят в сроках и длительности проявления тех или иных признаков. Периоды разложения могут сокращаться, когда дерево переходит в категорию валежа, уже пораженное дереворазрушающими грибами.

Так, сухостойные деревья, стоящие на корню, ко времени их вывала могут пройти первую и частично вторую стадии разложения.

Скорость разложения древесины в естественных условиях зависит от многих параметров, среди которых наиболее важны показатели влажности воздуха приземного слоя и почвы в вегетационный период, линейные параметры стволов, их положение относительно поверхности земли, окружающая растительность и др. Скорость разрушения березовой древесины несколько выше, чем ели и сосны, что связано с меньшей стойкостью древесины мягколиственных пород к дереворазрушающим грибам.

Продолжительность 1-й стадии разложения для ели и сосны составляет в среднем 5 лет, для березы 3 года, 2-я стадия наступает через 6–13 и 4–9 лет, 3-я через 14–23 и 10–17 лет соответственно для хвойных и березы.

Датировка валежника по стадиям разложения с помощью предлагаемой шкалы может существенно дополнить понимание динамики развития лесных экосистем. Данный способ датировки в совокупности с методами определения скорости разложения, предполагающими составление временного ряда образцов с определенными параметрами (например, базисной плотности) и последующее математическое описание динамики их разложения может использоваться при расчетах объемных показателей продуктов ксилотолиза и изучении динамики углерода в лесных экосистемах.

Литература

1. Тарасов, М. Е. Методические подходы к определению скорости разложения древесного детрита / М. Е. Тарасов // *Лесоведение*. – 2002. – № 5. – С. 32–37.
2. Скворцова, Е. Б. Экологическая роль ветровалов / Е. Б. Скворцова, Н. Г. Уланова, В. Ф. Басевич. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 192 с.
3. Столяров, Д. П. Роль и значение возрастных поколений в строении разновозрастных ельников / Д. П. Столяров, В. Г. Кузнецова // *Сб. научн. тр. / Ленингр. НИИ лесн. хоз-ва*. – Л., 1975. – Вып. 22. – С. 12–20.
4. Gutowski, J. M. *Drugie zycie drzewa* / J. M. Gutowski, A. Bobiec, P. Pawlaczyk, K. Zub. – Warszawa: WWW Polska, 2004. – 245 p.
5. Gunn, J. S. Woodpecker abundance and tree use in uneven-aged managed, and unmanaged, forest in northern Maine / J. S. Gunn, J. M. Hagan // *Forest Ecology and Management*. – 2000. – № 3. – P. 1–12.
6. Стороженко, В. Г. Датировка разложения валежника ели / В. Г. Стороженко // *Экология*. – 1990. – № 6. – С. 66–69.
7. Zielonka, T. The herb and dwarf shrubs colonization of decaying logs in subalpine forest in the Polish Tatra Mountains / T. Zielonka, G. Piatek // *Plant Ecology*. – 2004. – № 1. – P. 63–72.