

УДК 630\*187 : 582.475:630\* 181.9

## ЗАПАСЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ПОСТВЕТРОВАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ ЕЛЬНИКА ЗЕЛЕНОМОШНОГО И СОСНЯКА ЛИШАЙНИКОВОГО

© 2015 г. А. В. Манов<sup>1</sup>, И. Н. Кутявин<sup>1</sup>, М. Н. Ковалев<sup>1,2</sup>, А. Ф. Осипов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии Коми научного центра УрО РАН

167982, Республика Коми, Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28

<sup>2</sup> Филиал ФБУ «Российский центр защиты леса»

Центр защиты леса Республики Коми

167000, Республика Коми, Сыктывкар, ул. Гаражная, 9

E-mail: manov@ib.komisc.ru, kytyavin@ib.komisc.ru, komax@bk.ru, osipov@ib.komisc.ru

Поступила в редакцию 21.08.2015 г.

Приведены результаты исследований аккумуляции органического вещества в древесных растениях постветровальных сообществ южно-таежного ельника зеленомошного и среднетаежного сосняка лишайникового. На ветровале четырехлетней давности фитомасса оставшихся деревьев в древесном ярусе ельника зеленомошного составляет  $51.8 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , что в 3.5 раза меньше, чем в ненарушенных ельниках. В постветровальном сосняке лишайниковом в древесном ярусе сконцентрировано  $7.5 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , что в 15 раз меньше, чем в ненарушенных сосняках. В древесных растениях подростка постветровального ельника зеленомошного сосредоточено 2.8, сосняка лишайникового –  $0.9 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$  фитомассы. Определили количество деревьев, запасы древесины и органического вещества в крупных древесных остатках (КДО), включающих сухостой и валеж с учетом стадии гниения. Большая часть массы (77–99 %) КДО сосредоточена в отмерших деревьях на второй стадии деструкции. После ветровала снижение конкуренции между растениями за свет и элементы минерального питания положительно влияет на накопление органического вещества древесными растениями. Более высокие темпы роста деревьев ели (2.03–2.17 мм) и пихты (3.98–4.07 мм) по диаметру наблюдались в 2009–2010 гг. в ельнике зеленомошном после ветровала. Влияние ветровала на подрост ели и пихты в ельнике зеленомошном проявляется в увеличении их радиального прироста в 2 раза и в 7.7 раза подростка сосны в сосняке лишайниковом по сравнению с ненарушенными сообществами. Интенсивность роста подростка ели и пихты по высоте в постветровальном южно-таежном лиственно-хвойном насаждении возросла в 2.2–2.6 раза и составила  $15\text{--}19 \text{ см} \cdot \text{год}^{-1}$ . Прирост подростка сосны в постветровальном среднетаежном сосняке лишайниковом в 1.2–2.0 раза выше, чем в естественно развивающемся сосняке этого типа.

**Ключевые слова:** ветровал, прирост, фитомасса, валеж, подрост, таежная зона, Республика Коми.

DOI: 10.15372/SJFS20150604

### ВВЕДЕНИЕ

Нарушения различного рода являются неотъемлемой частью процесса развития лесных сообществ (de Groot et al., 2013). Недостаток сведений об их влиянии на лесные экосистемы негативно сказывается на понимании механизмов функционирования фитоценозов и воспроизводства растительных ресурсов (Šebkova et al., 2012). Естественным фактором, вызыва-

ющим катастрофические, но обратимые сукцессии в растительных сообществах таежной зоны, являются ветровалы (Алесенков и др., 2013). Для лесного биогеоценоза разрушение древесного яруса – его эдификатора – является движущей силой, вызывающей длительные сукцессионные изменения, которые могут продолжаться в течение 150 лет и более (Суховольский и др., 2011). В результате ветровалов изменяются строение и состав древо-

стоев, интенсивность процессов накопления, отмирания и разложения растительного органического вещества, образуются специфические элементы микрорельефа (Ulanova, 2000; Waldron et al., 2013). Согласно прогнозу Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC, 2007), частота природных катастрофических явлений, в том числе ураганных ветров, будет повышаться. В жаркие 2009–2010 гг. на территории европейской части России отмечено несколько крупных ветровалов, которые вызвали гибель миллионов гектаров лесных насаждений. Значительные их повреждения отмечены в Вологодской, Кировской, Костромской, Ленинградской, Новгородской областях, Республике Марий Эл и южных районах Республики Коми (Крылов и др., 2012). По данным филиала ФБУ «Рослесозащита» «Центр защиты леса Республики Коми» (ЦЗЛ РК), с 2005 по 2014 г. ветровалы в РК произошли на 44.4 тыс. га лесопокрытой площади. Наибольшая интенсивность ураганных ветров за этот период наблюдалась в 2010 г., когда на территории лесного фонда республики были выявлены повреждения ветровалами на площади около 25 тыс. га. Более половины площади фитоценозов, подвергшихся ветровалам, занято ельниками (52 %), на долю сосняков, осинников и березняков приходится примерно по 16 %.

Влияние ветровалов на сукцессионный процесс фитоценозов, строение древостоев, радиальный прирост древесных растений в лесных экосистемах таежной зоны России показано в работах В. Г. Суховольского с соавторами (2011), Ю. М. Алесенкова с соавторами (2012), Н. Г. Улановой и О. В. Чередниченко (2012), Г. В. Андреева с соавторами (2013) и др. Однако работы, характеризующие потери органического вещества древостоями в процессе ветровала, отсутствуют. Отмечено (Жульков и др., 2007), что для оценки влияния ветровала на развитие лесных фитоценозов необходимы длительные мониторинговые исследования, которые наряду с научной ценностью представляют практический интерес для проведения эффективных мероприятий хозяйственного освоения постветровальных площадей в условиях сукцессионной динамики лесных экосистем.

Цель работы – оценить запасы органического вещества в древесных растениях постве-

тровальных сообществ южно-таежного ельника зеленомошного и среднетаежного сосняка лишайникового.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в ельнике зеленомошном подзоны южной (59°31'45.9'' с. ш., 49°21'19.8'' в. д.) и сосняке лишайниковом подзоны средней (61°46'52.0'' с. ш., 57°02'22.0'' в. д.) тайги, на которых произошли ветровалы в 2009 и 2004 гг. соответственно. Согласно таксационному описанию выдела, исходный древостой ельника зеленомошного составом 6Е4Б характеризовался IV классом бонитета и запасом древесины 230 м<sup>3</sup> · га<sup>-1</sup>. Чистый по составу древостой сосняка лишайникового до ветровала имел плотность 408 экз. · га<sup>-1</sup> и запас древесины 163 м<sup>3</sup> · га<sup>-1</sup>. В начале исследований (2013 г.) объекты представляли собой участки лесной площади с существенными изменениями строения древостоев, выразившимися в появлении ветровальных, буреломных и поврежденных деревьев. Краткая таксационная характеристика древостоев на ветровалах приведена в табл. 1.

После ветровала 4-летней давности в ельнике зеленомошном развивается низкоплотное лиственно-хвойное насаждение разнотравного типа. Древостой составом 4БЗЕЗПх, густотой 600 экз. · га<sup>-1</sup> и запасом древесины 91 м<sup>3</sup> · га<sup>-1</sup>. Береза и ель представлены крупными деревьями со средним диаметром 30 и 17 см соответственно, тогда как пихта – деревьями низших ступеней толщины.

Происходит отпад деревьев. Сухостой 125 экз. · га<sup>-1</sup> концентрирует 81 м<sup>3</sup> · га<sup>-1</sup> древесины. Полученные данные свидетельствуют о сильном повреждении древостоя. В подлеске отмечены светолюбивые виды – волчье лыко *Daphne mezereum* L., шиповник *Rosa cinnamomea* L., красная смородина *Ribes rubrum* L., жимолость Палласа *Lonicera pallasii* Ledeb., черемуха *Prunus padus* L., рябина *Sorbus aucuparia* L. Появление гниющей органики после ветровала вызвало развитие малины *Rubus idaeus* L. Подрост 1500 экз. · га<sup>-1</sup>, преимущественно здоровый и крупный, образуют ель, пихта, единично осина. Напочвенный покров формируют папоротник *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, хвощ лесной *Equisetum*

Таблица 1. Таксационная характеристика постветровальных древостоев

Состав древостоя	Порода	Возраст, лет	Количество деревьев, экз. · га <sup>-1</sup>		Запас древесины, м <sup>3</sup> · га <sup>-1</sup>		Площадь сечений деревьев, м <sup>2</sup> · га <sup>-1</sup>	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Густота подроста и самосева, экз. · га <sup>-1</sup>
			растущих	сухих	растущей	сухой				
<i>Ельник зеленомошный</i>										
4БЗЕЗПх	Ель	75–87	75	100	27	81	2.5	17.1	12.6	1500
	Пихта	47–101	475	25	24	0.2	4.3	10.0	7.5	
	Береза	126	50	–	40	–	3.6	30.4	23.2	
	Итого		600	125	91	81	10.35			
<i>Сосняк лишайниковый</i>										
10С	Сосна	185–206	40	–	4	–	1.5	21.3	12.8	18 300

Примечание. Прочерк – данных не выявлено.

*sylvaticum* L., кислица *Oxalis acetosella* L., аконит *Aconitum septentrionale* Koelle, змеевик большой *Bistorta officinalis* Delarbre, голокучник трехраздельный *Gymnocarpium dryopteris* L., вейник пурпурный *Calamagrostis purpureus* Trin, бор развесистый *Milium effusum* L., копытень европейский *Asarum europaeum* L. и косяника *Rubus saxatilis* L. В моховом покрове встречаются плевроциум Шребера *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. и дикранум многоножкой *Dicranum polysetum* Sw.

На 9-летнем ветровале среднетаежного сосняка лишайникового древесный ярус представлен сосной густотой 40 экз. · га<sup>-1</sup> и запасом древесины 4 м<sup>3</sup> · га<sup>-1</sup>. Деревья сосны крупные, сильно ослаблены, на стволах встречаются плодовые тела трутовых грибов. Для них характерно интенсивное плодоношение. Количество живого самосева и подроста 18.3 тыс. экз. · га<sup>-1</sup> свидетельствует о хорошем возобновительном процессе сосны как предварительной, так и последующей генерации. Подрост и самосев сосны преимущественно здоровые. В напочвенном покрове преобладают лишайники рода *Cladonia* и *Cladina*, небольшими пятнами встречаются зеленые мхи *Pleurocium schreberi*, брусника *Vaccinium vitis-idaea* L., плаун сплюснутый *Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub., толкнянка *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng. Отмечено усыхание растений напочвенного покрова.

На ветровалах рассматриваемых хвойных насаждений заложили постоянные пробные площади размером 0.04 и 0.075 га, на которых провели сплошной пересчет живых деревьев, сухостоя и валежа. Измеряли диаметр, высоту

деревьев, определяли их жизненное состояние по методике из работы (Manual..., 1994), подроста – из работы (Побединский, 1966), стадию гниения древесины валежа – из работы (Стороженко, 2007). Оценку запасов древесины в постветровальных сообществах выполняли по региональным таблицам (Лесотаксационный справочник..., 2012). Для определения возраста деревьев и динамики радиального роста древесины брали керны на ветровале южно-таежного ельника зеленомошного. Изучение радиального прироста деревьев проводили с помощью специализированного оборудования для измерения толщины годичных колец LINTAB™ (Германия) и программы TsapWin™. На основе анализа 10–30 растений подроста разных видов в исследуемых насаждениях определяли их прирост по диаметру (по спилам ствола у корневой шейки) и высоте, измеряя расстояние между мутовками. Для оценки влияния ветровала на рост подроста в высоту в среднетаежном сосняке лишайниковом 10 экз. модельных особей подроста отобрали в ненарушенном сосняке лишайниковом. Фитомассу живых деревьев рассчитывали по регрессионным уравнениям зависимости массы отдельных фракций от диаметра ствола на высоте 1.3 м (табл. 2 и 3) из работ (Бобкова, 2001; Кутявин, 2013). Массу корней в сосняке лишайниковом определяли по доле этой фракции в общих запасах по литературным данным (Усольцев, 2010).

Фитомассу деревьев пихты определяли по уравнениям для ели. Запасы органического вещества подроста постветровального сообщества ельника зеленомошного вычисляли по неопубликованным материалам, предостав-

**Таблица 2.** Характеристика степенных уравнений ( $y = ax^b$ ) зависимости фракций фитомассы деревьев в древостое от диаметра ствола на высоте 1.3 м, где  $y$  – фитомасса, кг;  $x$  – диаметр ствола, см

Тип леса	Порода	Фракция	Коэффициент		
			$a$	$b$	$R^2$
Ельник зеленомошный	Ель	Древесина ствола	0.092	2.367	0.96
		Кора ствола	0.007	2.246	0.94
		Ветви	0.006	2.535	0.92
		Хвоя	0.016	1.936	0.81
		Корни	0.027	2.317	0.96
	Береза	Древесина ствола	0.051	2.486	0.90
		Кора ствола	0.023	2.13	0.90
		Ветви	0.006	2.552	0.96
		Листья	0.001	2.325	0.88
		Сосняк лишайниковый	Сосна	Древесина ствола	0.047
	Сосна	Кора ствола	0.028	1.834	0.99
		Ветви	0.009	2.525	0.99
		Хвоя	0.044	1.643	0.95

**Таблица 3.** Характеристика степенных уравнений ( $y = ax^b$ ) зависимости фракций фитомассы деревьев подроста от высоты ствола, где  $y$  – фитомасса, кг;  $x$  – высота ствола, м

Тип леса	Порода	Фракция	Коэффициент			
			$a$	$b$	$R^2$	
Ельник зеленомошный	Ель	Древесина ствола	0.057	3.226	0.97	
		Кора ствола	0.016	2.926	0.94	
		Ветви	0.018	2.426	0.93	
		Хвоя	0.045	2.283	0.90	
		Осина	Древесина ствола	1.928	4.338	0.99
	Кора ствола		0.417	4.954	0.97	
	Ветви		4.220	1.736	0.68	
	Листья		0.171	5.478	0.99	
	Сосняк лишайниковый		Сосна	Древесина ствола	0.023	2.744
		Кора ствола		0.006	2.694	0.98
Ветви		0.010		2.364	0.59	
Хвоя		0.013		2.661	0.96	
Корни		0.006		1.822	0.74	

ленным К. С. Бобковой (см. табл. 3), а ветровала сосняка лишайникового – по собственным аналитическим данным (Кутявин, 2013).

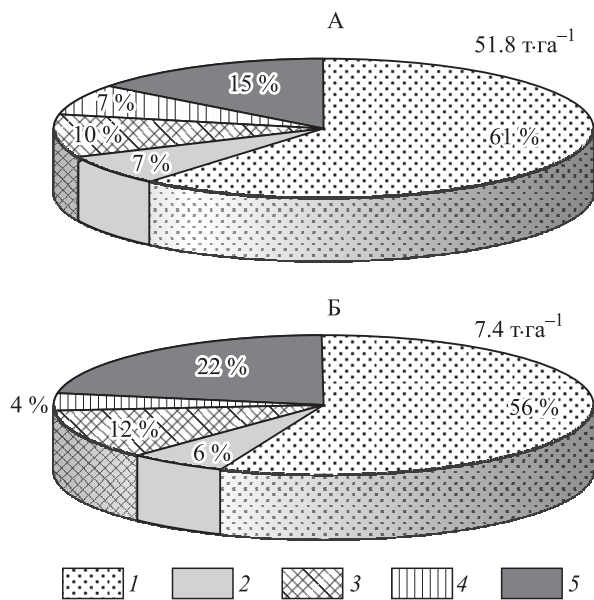
Массу древесины валежа и сухостоя оценивали по запасу древесины и данным базисной плотности гниющей древесины на разных стадиях разложения (Бобкова и др., 2015). Так, базисная плотность древесины ели на первой стадии гниения составляет  $0.41 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ , на второй –  $0.33$ , на третьей –  $0.26$ , на четвертой –  $0.16 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ . Для березы эти показатели равны  $0.48$ ,  $0.38$ ,  $0.30$ ,  $0.20 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ , для сосны –  $0.50$ ,  $0.34$ ,  $0.23$ ,  $0.11 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$  соответственно. Запасы коры, ветвей, корней валежа и сухостоя рас-

считывали по регрессионным уравнениям, приведенным для живых деревьев в табл. 2.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Особое значение имеют знания о влиянии катастрофических нарушений на динамику запасов фитомассы лесных сообществ. Выявлено, что в древостое хвойно-лиственного насаждения, формирующегося после ветровала, сосредоточено  $51.8 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$  органического вещества, большая часть которого сосредоточена в древесине ствола деревьев (рис. 1). Участие органического вещества ветвей де-





**Рис. 1.** Запасы органического вещества в древостоях 4-летнего постветровального сообщества южно-таежного ельника зеленомошного (А) и среднетаежного сосняка лишайникового (Б): 1 – древесина ствола; 2 – кора ствола; 3 – ветви; 4 – хвоя (листья); 5 – корни.

Справа показана общая масса.

ревьев составляет 10 %, корней – 15, коры и листьев – по 7 %. Небольшие запасы биомассы древостоя хвойно-лиственного насаждения обусловлены тем, что его формируют в основном тонкомерные деревья пихты.

Фитомасса подроста, сформированного елью, пихтой и осиной в постветровальном сообществе ельника зеленомошного, незначительная и составляет 2.8 т · га<sup>-1</sup>. Таким образом, в древесных растениях постветровально-лиственного-хвойного насаждения сконцентрировано 54.6 т · га<sup>-1</sup> фитомассы, 95 % которой приходится на долю древостоя.

Запасы органического вещества в древесном ярусе постветровального среднетаежного сосняка лишайникового составляют 7.4 т · га<sup>-1</sup>. Древесина ствола аккумулирует 56 %, корни – 22, ветви – 12, кора – 6, хвоя – 4 %. Подрост и самосев концентрируют 0.9 т · га<sup>-1</sup> фитомассы. Биомасса древесных растений в постветровальном сообществе сосняка лишайникового равна 8.3 т · га<sup>-1</sup>. На долю древостоя приходится 90, подроста – 10 %.

Запасы органического вещества в древесном ярусе являются наиболее значимым ресурсом лесных сообществ. Для оценки величины потерь органического вещества ис-

следованными насаждениями, подвергшимися ветровалу, данные по фитомассе их древесного яруса сопоставили с фитомассой древостоев ненарушенных естественно произрастающих сообществ. Так, старовозрастные ельники разнотравно-черничные в условиях средней тайги востока Русской равнины аккумулируют 188–190 т · га<sup>-1</sup> (Бобкова, 2001; Коренные еловые леса..., 2006; Бобкова и др., 2014), а в условиях южной тайги – 181 т · га<sup>-1</sup> (Усольцев, 2010). В спелых древостоях сосняков лишайниковых средней тайги концентрируется 113–119 т · га<sup>-1</sup> органического вещества (Усольцев, 2010; Кутявин, 2013). Авторами отмечено, что в ельниках черничных в древесине стволов сосредоточено 60–70 % от общей массы органического вещества, сконцентрированного в древостое, а в сосняках лишайниковых – 55–69 %. Следовательно, можно предположить, что после ветровала при выпадении деревьев в валеж в экосистеме южно-таежного ельника зеленомошного потеряно 77–90 т · га<sup>-1</sup> фитомассы, а в среднетаежном сосняке лишайниковом – 50–63 т · га<sup>-1</sup>. Из этого можно заключить, что запасы органического вещества на ветровале древостоя южно-таежного ельника зеленомошного сократились в 3.4–3.7 раза, а среднетаежного сосняка лишайникового – в 15 раз.

Отмершие и выпавшие в процессе ветровала деревья пополняют пул крупных древесных остатков (КДО) лесного сообщества. Кроме валежа в состав КДО также входит сухостой. В табл. 4 показано, что КДО в постветровальном сообществе южно-таежного ельника зеленомошного образуют деревья ели, пихты и березы в количестве 525 экз. · га<sup>-1</sup> и с запасом древесины 270 м<sup>3</sup> · га<sup>-1</sup>. Большая часть (83 %) представлена деревьями ели на разной стадии гниения, в которых сконцентрировано 227 м<sup>3</sup> · га<sup>-1</sup> древесины. Участие пихты и березы в общем количестве 50 и 25 экз. · га<sup>-1</sup>, а доля в общих запасах – 6 и 11 % соответственно. В распределении валежа по классам деструкции отмечено значительное участие деревьев второй стадии гниения – 71–77 % от общего количества и запаса валежа. Существенна доля участия деревьев четвертой стадии гниения (19 % по числу деревьев и 22 % по запасу). Масса органического вещества в КДО, включая ветви, кору, корни отмерших деревьев, на

**Таблица 4.** Характеристика крупных древесных остатков на ветровалах

Порода	Количество деревьев, экз. · га <sup>-1</sup>				Запас древесины, м <sup>3</sup> · га <sup>-1</sup>				Масса органического вещества*, т · га <sup>-1</sup>			
	Стадия гниения											
	2	3	4	Итого	2	3	4	Итого	2	3	4	Итого
<i>Ельник зеленомошный</i>												
Ель	325	–	75	400	181	–	46	227	98.5	–	16.9	115.4
Пихта	50	25	–	75	14	1	–	15	7.6	0.5	–	8.1
Береза	25	–	25	50	13	–	15	28	6.3	–	4.5	10.8
Итого	400	25	100	525	208	1	61	270	112.4	0.5	21.4	134.3
<i>Сосняк лишайниковый</i>												
Сосна	293	13	–	306	101	1	–	102	45.6	0.3	–	45.9

Примечание. Прочерк – значений не выявлено; \* включая кору, ветви, корни валежа и сухостоя.

ветровале ельника зеленомошного составляет 134.3 т · га<sup>-1</sup>.

В постветровальном среднетаежном сосняке лишайниковом КДО в количестве 306 экз. · га<sup>-1</sup> и с запасом древесины 102 м<sup>3</sup> · га<sup>-1</sup> образуют деревья сосны, находящиеся в основном на второй стадии деструкции. Масса органического вещества в них 45.9 т · га<sup>-1</sup>.

Таким образом, выпавшие при ветровале деревья в хвойных сообществах образуют КДО, которые в течение четырех лет в ельнике зеленомошном и девяти лет в сосняке лишайниковом находятся в основном на второй стадии гниения.

Как отмечено К. Waldron с соавторами (2013), через 4–5 лет после ветровалов в темнохвойных лесах Канады большая часть валежа представлена деревьями второго класса разложения. Согласно В. Г. Стороженко (2007), ко второй стадии гниения относятся деревья, у которых форма ствола не изменилась, кора отпала частично или полностью, сохранились ветви 1–2-го порядков. Эти признаки свидетельствуют о недавнем выпадении деревьев. Время перехода валежа из первой стадии во вторую в ельниках – 3–5 лет. Для ветровала сосняка лишайникового, произрастающего на сухих песчаных почвах, процесс деструкции древесины упавших деревьев происходит медленнее (примерно в течение 10 лет).

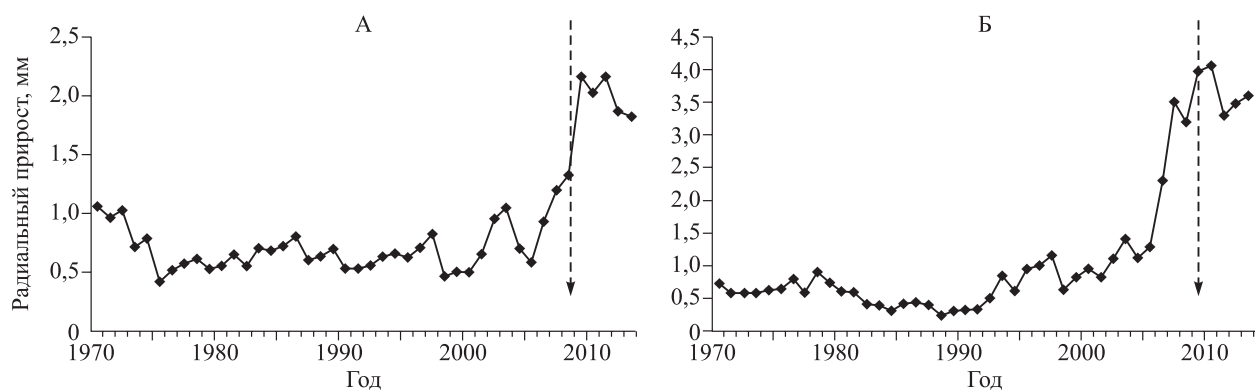
Полученные нами данные по запасам древесины и массе органического вещества в валеже на ветровале южно-таежного ельника зеленомошного в 3.8–7.1 раза превышают таковые в старовозрастных ельниках черничных этого же региона. Согласно данным К. С. Боб-

ковой и др. (2015), в среднетаежных ельниках разнотравно-черничных запасы органического вещества в КДО составляют 19–35 т · га<sup>-1</sup>. О. N. Krankina и М. E. Harmon (1995) отмечают, что на ветровалах северо-запада России масса КДО 42–79 т · га<sup>-1</sup>, или 43–57 % от общей биомассы насаждения. В среднетаежных сосновых экосистемах Сибири запасы КДО в среднем составляют около 18, а в темнохвойных – 55 т · га<sup>-1</sup> (Климченко и др., 2011).

Актуальным остается вопрос отклика лесных экосистем, подвергшихся воздействию экзогенных факторов. В связи с этим оценка ростовых процессов древесных растений до и после ветровала представляет особый научный интерес. В лесных сообществах после массового ветровала происходят резкие изменения микроклимата и почвенно-экологических условий, уменьшается конкуренция между растениями за элементы минерального питания. Создаются более благоприятные условия для роста как оставшихся в древостое деревьев, так и растений подроста (Уланова, Чередниченко, 2012).

Как показано на рис. 2, в период с 1975 до 2001 г. средний радиальный прирост древесины деревьев ели в южно-таежном ельнике зеленомошном был стабильным и варьировал от 0.42 до 0.80 мм · год<sup>-1</sup> с эпизодическими повышением.

В 2002–2004 гг. отмечен небольшой пик радиального прироста древесины – до 0.96–1.05 мм · год<sup>-1</sup>, затем отмечено его снижение до 0.58 мм · год<sup>-1</sup> в 2005 г., после которого наблюдается тенденция к увеличению ширины годичных колец с максимальными величинами



**Рис. 2.** Средний радиальный прирост деревьев ели (А) и пихты (Б) на ветровале южно-таежного ельника зеленомошного.

Вертикальная пунктирная линия справа показывает год ветровала.

( $2.03\text{--}2.17 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ ) с 2009 по 2011 г. Для пихты характерны схожие тренды роста деревьев в толщину. Так, с 1970 по 2001 г. радиальный прирост древесины изменялся в пределах  $0.23\text{--}0.82 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$  с повышениями в отдельные годы до  $1.05\text{--}1.16 \text{ мм}$ . Начиная с 2001 г. средняя ширина годичного кольца постоянно увеличивалась, достигнув максимальных отметок ( $3.98\text{--}4.07 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ ) в 2009–2010 гг.

В литературе (Šamonil et al., 2009) приводятся сведения, что после ветровала происходит достоверное увеличение радиального прироста оставшихся в фитоценозе древесных растений. В исследованном южно-таежном ельнике зеленомошном этот процесс начался раньше, чем произошел ветровал, что, вероятно, связано с постепенным усыханием части деревьев в древостое и ослаблением конкуренции между особями. Следовательно, массовый ветровал на данном участке спровоцировали не только сильные ветра, но и большое количество усохших и ослабленных деревьев в насаждении.

Существует серьезная проблема усыхания и гибели еловых лесов в таежной зоне. Как отмечено Д. Г. Замолотчиковым (2011), в лесном фонде Российской Федерации с 1988 по 2009 г. площадь еловых насаждений сократилась на 6 млн га. В приведенном обзоре литературы показано, что причины усыхания ельников связаны с сильно отклонявшимися от нормы погодными явлениями разных лет, которые затем усугублялись поражением стволов и корневой системы энтомофитами и фитопатогенными грибами. Так как ель является ветровальной древесной породой, то после от-

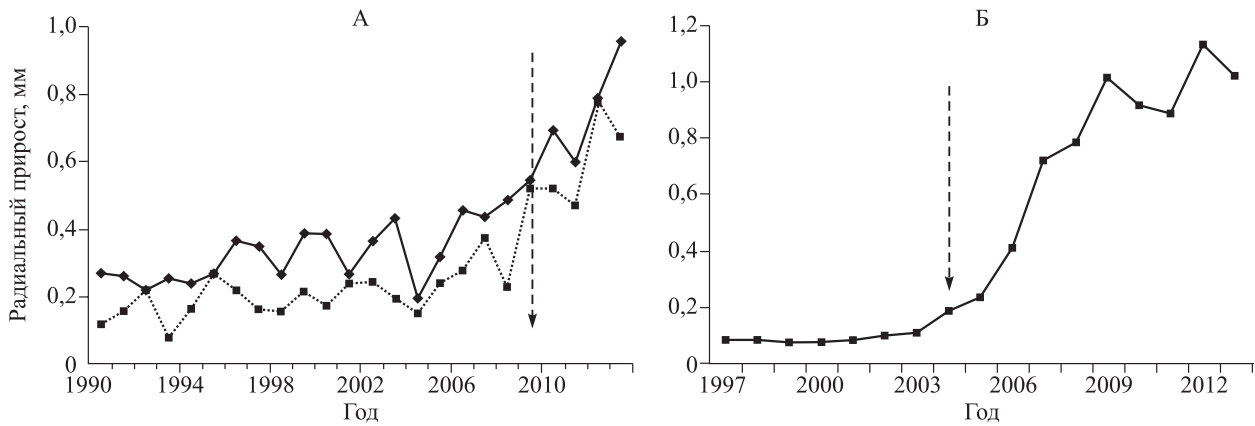
пада части древостоя закономерно будет происходить ее ветровал (Коптев, 2014). Важными факторами повышенной ветровальности еловых насаждений являются также высокая парусность кроны и поверхностная корневая система деревьев ели (Ulanova, 2000).

Реакция растений подроста на изреживание древесного яруса более выражена в отличие от деревьев древостоя. Как показано на рис. 3, А, после ветровала южно-таежного ельника зеленомошного в 2009 г. наблюдается резкое увеличение ширины годичных колец подроста ели и пихты.

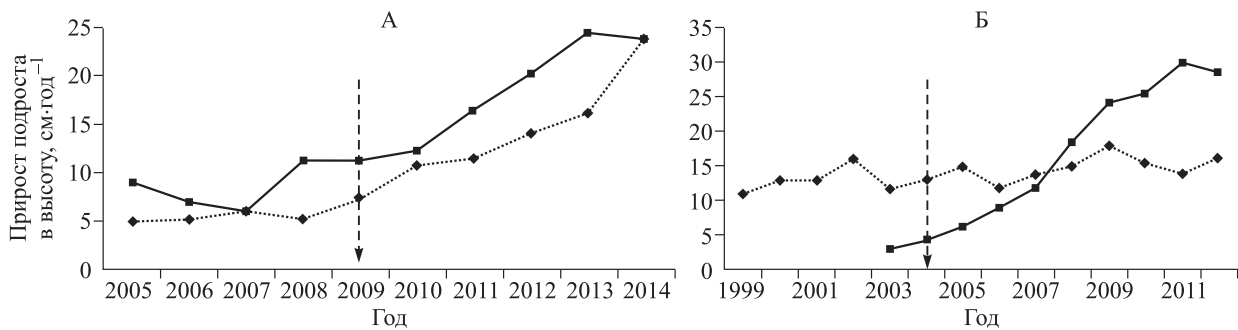
Так, за 5 лет, предшествующих ветровалу, средний прирост годичного кольца ели составил  $(0.25 \pm 0.03) \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ , пихты –  $0.38 \pm 0.05$ , тогда как за такой же период после нарушения –  $0.59 \pm 0.05$  и  $(0.72 \pm 0.07) \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$  соответственно. В среднетаежном сосняке лишайниковом более интенсивный радиальный прирост подроста сосны отмечен через 2 года после ветровала (рис. 3, Б). С 1997 по 2004 г. (до ветровала) средний радиальный прирост равнялся  $0.10 \pm 0.01$ , с 2005 по 2013 г. после ветровала –  $(0.77 \pm 0.06) \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ .

Отклик растений подроста на изменение условий освещенности и уменьшение конкуренции за элементы минерального питания после ветровала проявляется не только в изменении темпов радиального прироста древесины, но и в увеличении интенсивности роста ствола в высоту (рис. 4).

Так, средний прирост в высоту у подроста ели за 5 лет, предшествовавших ветровалу в южно-таежном ельнике зеленомошном, составил  $5.8 \pm 0.4$ , пихты –  $(8.9 \pm 1.0) \text{ см} \cdot \text{год}^{-1}$ , тогда



**Рис. 3.** Радиальный прирост подроста ели (1) и пихты (2) на ветровале южно-таежного ельника зеленомошного (А) и подроста сосны на ветровале среднетаежного сосняка лишайникового (Б). Вертикальная пунктирная линия показывает год ветровала.



**Рис. 4.** Прирост подроста по высоте на ветровале южно-таежного ельника зеленомошного (А) и среднетаежного сосняка лишайникового (Б). 1 – ели; 2 – пихты на ветровале южно-таежного ельника зеленомошного; 3 – сосны в ненарушенном сосняке лишайникового; 4 – сосны на ветровале сосняка лишайникового. Вертикальная пунктирная линия показывает год ветровала.

как после ветровала высота ствола елового подроста в среднем за год увеличивалась на  $(15.3 \pm 2.1)$  см, пихтового – на  $(19.5 \pm 2.1)$  см, а годичный прирост отдельных особей достигал 45–47 см. Наибольшими темпами роста отличался крупный подрост (высотой более 1.6 м), который, получая, видимо, больше света, возвышался над подлеском. Сравнительный анализ роста в высоту подроста в ненарушенном сосняке лишайникового и на ветровале этого типа показал, что в сосняке в естественных условиях местообитания рост подроста сосны в высоту протекает плавно, без резких скачков (см. рис. 4). Ее средний прирост в высоту составил  $(14.0 \pm 0.4)$  см · год<sup>-1</sup>. Интенсивность нарастания ствола подроста сосны в высоту на ветровале и на ненарушенном участке составляет в среднем  $(16.1 \pm 3.1)$  см · год<sup>-1</sup>. Однако кривая роста в сосняке на ветровале кардинально отличается от кривой роста на ненарушенном участке. С 2008 по 2012 г.

прирост ствола подроста сосны на ветровале превышал аналогичный показатель на ненарушенном участке в 1.2–2.1 раза. Следует отметить, что на момент ветровала в 2004 г. подрост сосны находился в угнетенном состоянии, тогда как во время проведения исследований (2013 г.) он был представлен здоровыми крупными экземплярами с интенсивностью прироста в высоту до 40–45 см в год.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ветровал в хвойных фитоценозах приводит к значительным нарушениям в формировании древесного яруса. В сосняке лишайниковом после ветровала отмечена практически полная гибель древостоя, тогда как на месте ельника зеленомошного, где сохранились часть крупномерных деревьев березы, ели и тонкомер пихты, формируется смешанный листовенно-хвойный древостой. В древесных рас-



тениях древостоя и подроста постветровального южно-таежного ельника зеленомошного запасы фитомассы составляют  $54.6 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , а в постветровальном среднетаежном сосняке лишайниковом  $8.3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ . В постветровальном сообществе ельника зеленомошного выпавшие на поверхность почвы как до, так и в результате ветровала деревья образуют валеж с запасом древесины  $190 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$  или органического вещества  $54 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , а в сосняке лишайниковом –  $10 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$  и  $34.4 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$  соответственно. Большая часть органического вещества КДО находится на второй стадии деструкции. Общая масса КДО в постветровальном лиственнично-хвойном насаждении равна 134.4, а в сосняке лишайниковом –  $45.9 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ . На ветровалах уменьшение конкуренции между растениями за свет и элементы минерального питания стимулирует рост древесных растений. После ветровала выявлено увеличение радиального прироста ствола деревьев ели и пихты в 2–3 раза. Влияние ветровала на прирост подроста проявляется в увеличении роста ствола в толщину в 2 раза в южно-таежном лиственнично-хвойном насаждении и в 7.7 раза в среднетаежном сосняке лишайниковом. Интенсивность роста подроста ели и пихты в высоту в постветровальном южно-таежном лиственнично-хвойном насаждении по сравнению с ненарушенным ельником возросла в 2.2–2.6 раза. В постветровальном среднетаежном сосняке лишайниковом скорость роста подроста сосны в высоту в 1.2–2.0 раза выше, чем в естественно развивающихся фитоценозах.

*Работа выполнена при поддержке гранта Русского географического общества «Оценка эффективности лесовозобновления и динамики органического вещества на ветровалах таежной зоны в Республике Коми».*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алесенков Ю. М., Андреев Г. В., Иванчиков С. В. Строение по диаметру ельника мелкотравно-зеленомошного Висимского заповедника после ветровала // Лесн. таксация и лесоустройство. 2012. № 2(48). С. 16–20.
- Алесенков Ю. М., Андреев Г. В., Иванчиков С. В. Строение по запасу послеветровального ельника хвощово-мелкотравно-
- го // Вестн. Алтайск. гос. аграрн. ун-та. 2013. № 1 (99). С. 60–64.
- Андреев Г. В., Алесенков Ю. М., Иванчиков С. В. Рост по диаметру березы, ели и сосны и приросты поврежденной и неповрежденной ели в длительно-производном травяно-зеленомошном березняке // Лесн. таксация и лесоустройство. 2013. № 2 (50). С. 18–23.
- Бобкова К. С. Еловые леса // Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера. СПб.: Наука, 2001. С. 52–67.
- Бобкова К. С., Кузнецов М. А., Осипов А. Ф. Запасы крупных древесных остатков в ельниках средней тайги европейского Северо-Востока // ИВУЗ. Лесн. журн. 2015. № 2. С. 9–20.
- Бобкова К. С., Машика А. В., Смагин А. В. Динамика содержания углерода органического вещества в среднетаежных ельниках на автоморфных почвах. СПб.: Наука, 2014. 270 с.
- Жульков А. А., Нагимов З. Я., Мочалов С. А., Зотеева Е. А. Оценка эффективности лесовозобновления на ветровальных Среднего Урала // Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. XXIV. № 1. С. 58–63.
- Замолодчиков Д. Г. Оценка климатогенных изменений разнообразия древесных пород по данным учетов лесного фонда // Успехи совр. биол. 2011. Т. 131. № 4. С. 382–392.
- Климченко А. В., Верховец С. В., Слинкина О. А., Кошурникова Н. Н. Запасы крупных древесных остатков в среднетаежных экосистемах Приенисейской Сибири // Геогр. и природ. ресурсы. 2011. № 2. С. 91–97.
- Коптев С. В. Закономерности формирования товарной структуры в усыхающих ельниках // ИВУЗ. Лесн. журн. 2014. № 5. С. 42–49.
- Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции. СПб.: Наука, 2006. 337 с.
- Крылов А. М., Малахова Е. Г., Владимирова Н. А. Выявление и оценка площадей катастрофических ветровалов 2009–2010 гг. по данным космической съемки // Изв. СПб. лесотехн. акад. 2012. Вып. 200. С. 197–207.
- Кутявин И. Н. Строение, рост и продуктивность древостоев коренных сосновых лесов бассейна верхней Печоры: автореф.

- дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02. Сыктывкар, 2013. 20 с.
- Лесотаксационный справочник по северо-востоку европейской части Российской Федерации. Архангельск.: ОАО ИПП «Правда Севера», 2012. 672 с.
- Побединский А. В. Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 64 с.
- Стороженко В. Г. Устойчивые лесные сообщества. Тула: Гриф и К, 2007. 192 с.
- Суховольский В. Г., Овчинникова Т. М., Сотниченко Д. Л., Мочалов С. А. Сукцессии в лесных ценозах: модели конкуренции за ресурс после ветровала // Хвойные бореальной зоны. 2011. № 3–4. С. 280–287.
- Уланова Н. Г., Чередниченко О. В. Механизмы сукцессий растительности сплошных ветровалов южно-таежных ельников // Изв. Самарск. науч. центра РАН. 2012. Т. 14. № 1 (5). С. 1399–1402.
- Усольцев В. А. Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 574 с.
- de Groot W. J., Cantin A. S., Flannigan M. D., Soja A. J., Gowman L. M., Newbery A. A comparison of Canadian and Russian boreal forest fire regimes // For. Ecol. Manag. 2013. V. 294. P. 23–34.
- IPCC Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 2007.
- Krankina O. N., Harmon M. E. Dynamics of the dead wood carbon pool in northernwestern Russian boreal forest // Water, Air & Soil Pollut. 1995. V. 82. N. 1–2. P. 222–238.
- Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assesment, monitoring and analysis of the effects of air polution on forest. Hamburg, Prague, 1994. 177 p.
- Šamonil P., Antolík L., Svoboda M., Adam D. Dynamics of windthrow events in a natural fir-beech forest in the Carpathian mountains // For. Ecol. Manag. 2009. V. 257. P. 1148–1156.
- Šebkova B., Šamonil P., Valtera M., Adam D., Janik D. Interaction between tree species populations and windthrow dynamics in natural beech-dominated forest, Czech Republic // For. Ecol. Manag. 2012. V. 280. P. 9–19.
- Waldron K., Ruel J.-C., Gauthier S. Forest structural attributes after windthrow and consequences of salvage logging // For. Ecol. Manag. 2013. V. 289. P. 28–37.
- Ulanova N. G. The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review // For. Ecol. Manag. 2000. V. 135. P. 155–167.

## Tree Plant Organic Matter Stocks in Spruce Green Moss *Piceetum hylocomiosum* and Pine Lichen *Pinetum cladinosum* Forest Communities after Windfall

A. V. Manov<sup>1</sup>, I. N. Kutyavin<sup>1</sup>, M. N. Kovalev<sup>1,2</sup>, A. F. Osipov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Biology, Komi Republic Scientific Center, Russian Academy of Sciences,  
Ural Branch*

*Kommunisticheskaya str., 28b, Syktyvkar, Komi Republic, 167982 Russian Federation*

<sup>2</sup> *Branch of the Federal Budget Institution «Russian Centre for Forest Protection»  
«Centre for Forest Protection of Komi Republic»*

*Garazhnaya str., 9, Syktyvkar, Komi Republic, 167000 Russian Federation*

E-mail: manov@ib.komisc.ru, kutyavin@ib.komisc.ru, komax@bk.ru,  
osipov@ib.komisc.ru

Accumulation of organic matter in spruce green moss *Piceetum hylocomiosum* and pine lichen *Pinetum cladinosum* forest communities after windfall was investigated. Phytomass of *Piceetum hylocomiosum* stand is 51.8 t · ha<sup>-1</sup>, and *Pinetum cladinosum* stand is 7.5 t · ha<sup>-1</sup>. Phytomass in the disturbed stands is 3.5 times less than in undisturbed spruce forest and 15 times less than in undisturbed pine forest. The undergrowth accumulates 2.8 t · ha<sup>-1</sup> in spruce forest, and 0.9 t · ha<sup>-1</sup> in pine forest after windfall. Number of trees, volume of wood, stock of organic matter was determined in coarse woody debris subject to decay class. Most of the dead trees (77–97 %) belong to the second decay class. Reduced competition for light and mineral nutrients influences the intensity of organic matter accumulation by tree plants. We detected that increasing radial growth of spruce and fir began before windfall. This demonstrates the stand drying. However, maximal rate of annual ring increment (2.03–2.17 mm for spruce and 3.98–4.07 mm for fir) was observed in 2009–2010 years. After windfall radial growth of undergrowth increased 2 times in *Piceetum hylocomiosum* and 7.7 times in *Pinetum cladinosum*. Height increment of spruce and fir understorey increased 2.2–2.6 times in spruce forest. As compared with undisturbed ecosystems height increment of pine understorey is 1.2–2.0 times higher on windbreak in *Pinetum cladinosum*.

**Keywords:** *windfall, increment, phytomass, dead fallen wood, undergrowth, taiga zone, Komi Republic.*

**How to cite:** *Manov A. V., Kutyavin I. N., Kovalev M. N., Osipov A. F. Tree plant organic matter stocks in spruce green moss *Piceetum hylocomiosum* and pine lichen *Pinetum cladinosum* forest communities after windfall // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Siberian Journal of Forest Science). 2015. N. 6: 43–53 (in Russian with English abstract).*