

## Влияние ураганного ветра 1995 г. на приросты берёзы, ели и пихты длительно-производного березняка высокотравно-папоротникового\*

*Г.В. Андреев, к.с.-х.н., Е.Г. Поздеев, соискатель,  
С.В. Иванчиков, соискатель, Ботанический сад УрО РАН*

Несмотря на многочисленные сводки публикаций [1, 2], посвящённых воздействию штормовых ветров на лесные экосистемы, лишь немногие работы [3–5] связаны с исследованиями древесных растений, которые реагируют на них изменением приростов.

В настоящее время леса Висимского заповедника существенно трансформированы катастрофическим ветровалом 1995 г., в связи с чем особый интерес вызывает изучение происходящих изменений в составе и структуре древостоев в ходе демутиационных смен.

Определяющее значение приобретают данные дендрохронологического анализа приростов деревьев, по которым можно восстановить историю роста и развития лесных экосистем после внешних разрушительных воздействий.

**Цель работы** — изучить изменения приростов деревьев разных видов и разного ценотического положения как их реакцию на штормовой ветер с налипанием мокрого снега на деревья.

**Задачи работы:** проанализировать приросты берёзы, ели и пихты за период с 1986 по 2003 г., выявить наличие достоверного возрастного тренда приростов и его удаление, сравнить приросты за равный промежуток времени до и после воздействия штормового ветра, определить

\* Работа выполнена при поддержке программы Президиума РАН №12-П-1060

возможное резкое изменение приростов в год урагана и в последующие годы.

**Объекты и методика исследований.** Исследования проводили в 2003 г. в охранный зоне Висимского заповедника в квартале № 80 Верхнетагильского лесничества бывшего Кировоградского лесхоза в 100-летнем березняке III класса бонитета, возникшем на вырубке 1903 г. с огневой очисткой лесосеки. Согласно лесорастительному районированию Свердловской области изучали длительно-производный березняк высокотравно-папоротниковый на территории Уральской горной страны Среднеуральской низкогорной провинции подзоны южной тайги [6]. Детальная характеристика лесорастительных условий и почв была опубликована ранее [7].

Количественные показатели древостоя представлены в таблице 1.  $A$  – средний возраст элемента леса,  $H$  – средняя высота,  $D$  – средний диаметр,  $N$  – густота древостоя,  $\Sigma G$  – сумма площадей сечения,  $p$  – относительная полнота,  $M$  – запас древостоя.

Судя по высокой относительной полноте, ветровал слабо затронул древостой. Выпали лишь крупные единичные деревья ели I яруса. Более подробные сведения о структурной характеристике древостоя, методах исследования его количественных показателей, этапах его роста и развития были опубликованы ранее [7, 8].

Для определения возраста и приростов было взято 5 кернов у деревьев берёзы пушистой, 3 керна – у пихты сибирской II яруса, 4 керна – у ели сибирской II яруса и 8 кернов – у единичных елей I яруса, не вошедших в перечень.

Наиболее тесно объём ствола (и биомасса дерева) связан с его площадью сечения, поэтому данные радиального прироста ( $Zr$ ) трансформировались в приросты по площади сечения ( $Zg$ ) [9]. Приросты по кернам были переведены в приросты в коре на высоте 1,3 м в соответствии с замеренными диаметрами модельных деревьев. Сравнивали приросты деревьев берёзы, ели и пихты за 9 лет до воздействия штормового ветра (с 1986 по 1994 г.) и 9 лет после (с 1995 по 2003 г.). При наличии достоверного возрастного

тренда приростов производили его удаление [9]. Достоверность различия изменения приростов деревьев до и после урагана оценивали по  $F$ -критерию [9]. Статистическую обработку проводили с использованием электронных таблиц Microsoft Excel. Следует отметить, что в условиях подзоны южной тайги большой вклад в колебания приростов деревьев вносят ценогенные факторы, нежели климатические [10–12]. Поэтому влияние флюктуаций температуры и осадков на прирост деревьев нами в данной работе не рассматривалось.

**Результаты и обсуждение.** В таблицах 2–5 представлены результаты обсуждения. Условные обозначения в таблицах:  $Zg$  до урагана и  $Zg$  после урагана – приросты по площади сечения до и после воздействия штормового ветра ( $см^2$ ),  $M$  – среднее значение приростов ( $см^2$ ),  $SD$  – среднее квадратическое отклонение ( $см^2$ ),  $SE$  – ошибка среднего ( $см^2$ ),  $CV$  – коэффициент вариации или мера изменчивости приростов (%%),  $\Delta Zg$  – разница в приростах по площади сечения дерева до и после урагана ( $см^2$ ), %% от  $Zg$  до урагана – процент от приростов до воздействия штормового ветра.

За 1986–2003 гг. у берёзы наблюдалось следующее (рис.). С 1967 по 1989 г. имела место тенденция уменьшения приростов. Для последующего периода – с 1989 г. была характерна положительная тенденция, которая усилилась под воздействием ветровала с 1995 г. [8]. Изменение приростов берёзы по площади сечений до и после урагана показано в таблице 2. В абсолютных единицах  $Zg$  увеличились у всех модельных деревьев на 9,51–18,81  $см^2$ , а в относительных единицах они составили 120–164% от прироста до урагана. В среднем приросты по берёзе оказались 14,59  $см^2$ , или 136% от доветровальных. Это обусловлено, по-видимому, выпадением крупномерных елей I яруса. Уменьшились приросты в год урагана в целом по всем модельным деревьям до 79% от среднего прироста за 9 лет до него. Следует отметить, что для берёзы за период с 1986 по 2003 г. было характерно наличие возрастного

1. Таксационные показатели растущей части древостоя

Ярус	Состав по ярусам		Элемент леса	$A$ , лет	$H$ , м	$D$ , см	Бонитет	$N$ , экз/га	$\Sigma G$ , м <sup>2</sup> /га	$p$	$M$ , м <sup>3</sup> /га
	по $M$ , %%	по $N$ , %%									
I	100	100	берёза	100	21,1	19,7	III	557	16,92	0,58	163
II	73	69	ель	100	10,3	11,4	Va	566	5,81	0,24	32
	27	31	пихта	100	9,0	11,0	Va	251	2,38	0,11	12
Итого по II ярусу								817	8,19	0,35	44
Всего								1374	25,11	0,93	207

положительного тренда. Наиболее адекватно он отражается уравнением параболы второго порядка ( $R^2 = 0,5882$ ):

$$y = 0,0097x^2 - 38,585x + 38318. \quad (1)$$

После его удаления различие в приростах до и после ветровала оказалось недостоверным ( $F = 0,415 < F_{0,05} = 4,49$  при  $\nu_1 = 16$  и  $\nu_2 = 1$ ).

У пихты II яруса с 1986 по 1991 г. наблюдалось уменьшение приростов, с 1991 по 2000 г. развивалась положительная, а с 2000 по 2003 г. – отрицательная тенденция (рис.) [8]. Приросты

увеличились на 5,95–17,17 см<sup>2</sup>, или 140–223% (12,90 см<sup>2</sup> и 182% в среднем) от приростов до урагана (табл. 3). Тем не менее для пихты было характерно наличие положительного возрастного тренда, отображаемого уравнением прямой линии ( $R^2 = 0,4612$ ):

$$y = 0,076x - 149,87. \quad (2)$$

После его удаления наблюдалось недостоверное ( $F = 2,792 < F_{0,05} = 4,49$  при  $\nu_1 = 16$  и  $\nu_2 = 1$ ) увеличение Zg, которое составило 155% от доветровального.

### 2. Приросты по площади сечения берёзы I яруса

Статистический показатель	Номер модельного дерева / высота, м / диаметр, см					Среднее по моделям	С учётом возрастного тренда	По берёзе I яруса
	7 24,0 26,0	9 21,5 21,5	13 20,7 22,0	15 22,5 20,5	17 22,0 21,5			
Zg до урагана, см <sup>2</sup>	56,82	35,17	37,49	24,94	46,94	40,27	28,33	21,91
M, см <sup>2</sup>	6,31	3,91	4,17	2,77	5,22	4,47	3,15	2,43
SD, см <sup>2</sup>	1,54	0,86	1,95	0,63	1,31	0,78	0,664	0,514
SE, см <sup>2</sup>	0,51	0,29	0,65	0,21	0,44	0,26	0,221	0,171
CV, %%	24	22	47	23	25	17	21	21
Zg после урагана, см <sup>2</sup>	72,00	53,98	50,96	40,91	56,45	54,86	25,58	19,79
M, см <sup>2</sup>	8,00	6,00	5,66	4,55	6,27	6,10	2,84	2,20
SD, см <sup>2</sup>	2,73	2,73	1,90	0,85	2,66	1,72	1,307	1,011
SE, см <sup>2</sup>	0,91	0,91	0,63	0,28	0,89	0,57	0,436	0,337
CV, %%	34	46	34	19	42	28	46	46
ΔZg, см <sup>2</sup>	15,17	18,81	13,47	15,97	9,51	14,59	-2,75	-2,12
%% от Zg до урагана	127	153	136	164	120	136	90	90
F	2,596	4,790	2,717	25,101	1,140	6,664	0,415	0,415

### 3. Приросты по площади сечения пихты II яруса

Статистический показатель	Номер модельного дерева / высота, м / диаметр, см			Среднее по моделям	С учётом возрастного тренда	По пихте II яруса
	1 11,0 13,0	2 13,2 15,5	3 8,5 10,5			
Zg до урагана, см <sup>2</sup>	12,70	19,55	14,80	15,68	7,66	5,32
M, см <sup>2</sup>	1,41	2,17	1,64	1,74	0,85	0,59
SD, см <sup>2</sup>	0,40	0,68	0,71	0,43	0,639	0,444
SE, см <sup>2</sup>	0,13	0,23	0,24	0,14	0,213	0,148
CV, %%	28	31	43	25	75	75
Zg после урагана, см <sup>2</sup>	28,27	36,72	20,75	28,58	11,87	8,24
M, см <sup>2</sup>	3,14	4,08	2,31	3,18	1,32	0,92
SD, см <sup>2</sup>	0,83	0,81	0,54	0,48	0,559	0,388
SE, см <sup>2</sup>	0,28	0,27	0,18	0,16	0,186	0,129
CV, %%	27	20	23	15	42	42
ΔZg, см <sup>2</sup>	15,57	17,17	5,95	12,90	4,21	2,93
%% от Zg до урагана	223	188	140	182	155	155
F	31,568	29,194	4,941	44,306	2,792	2,792

Для ели II яруса характерны стабильные приросты до 1991 г., их увеличение до 1997 г., а затем снижение в последующие годы (рис.).  $Zg$  ели II яруса после воздействия штормового ветра увеличились на 13,88–33,62 см<sup>2</sup>, что составило 128–226% от приростов до воздействия штормового ветра, или в среднем 24,31 см<sup>2</sup> (166%) (табл. 4). Удаление возрастного экспоненциального тренда ( $R^2 = 0,3354$ ):

$$y = 3,3852e^{0,0427x} \quad (3)$$

привело к недостоверному ( $F = 0,573 < F_{0,05} = 4,49$  при  $v_1 = 16$  и  $v_2 = 1$ ) увеличению приростов на 25% по сравнению с приростами до урагана.

Единичные ели I яруса характеризовались увеличением  $Zg$  по 1995 г. включительно, когда они достигали максимальных значений. В 1996 г. наблюдалось их резкое снижение. Это было обусловлено сильным раскачиванием деревьев в результате воздействия штормового ветра. За 9 лет приросты по площади сечения модельных деревьев ели I яруса после урагана недостоверно ( $F = 0,303 < F_{0,05} = 4,49$  при  $v_1 = 16$  и  $v_2 = 1$ ) увеличились на 7,30 см<sup>2</sup>, что составило 107% от приростов до воздействия штормового ветра. Следует также отметить отсутствие достоверного возрастного тренда у ели I яруса.

#### 4. Приросты по площади сечений ели II яруса

Статистический показатель	Номер модельного дерева / высота, м / диаметр, см				Среднее по моделям	С учётом возрастного тренда	По ели II яруса
	4 14,5 19,0	10 13,2 13,5	11 12,8 14,5	19 12,2 15,0			
$Zg$ до урагана, см <sup>2</sup>	66,80	26,69	27,43	27,26	37,04	26,10	13,94
$M$ , см <sup>2</sup>	7,42	2,97	3,05	3,03	4,12	2,90	1,55
$SD$ , см <sup>2</sup>	1,18	2,10	1,31	1,32	1,41	0,910	0,486
$SE$ , см <sup>2</sup>	0,39	0,70	0,44	0,44	0,47	0,303	0,162
$CV$ , %%	16	71	43	44	34	31	31
$Zg$ после урагана, см <sup>2</sup>	85,62	60,30	58,36	41,14	61,36	32,63	17,42
$M$ , см <sup>2</sup>	9,51	6,70	6,48	4,57	6,82	3,63	1,94
$SD$ , см <sup>2</sup>	3,15	3,40	1,83	1,58	2,05	2,737	1,462
$SE$ , см <sup>2</sup>	1,05	1,13	0,61	0,53	0,68	0,912	0,487
$CV$ , %%	33	51	28	35	30	76	76
$\Delta Zg$ , см <sup>2</sup>	18,82	33,62	30,94	13,88	24,311	6,53	3,49
%% от $Zg$ до урагана	128	226	213	151	166	125	125
$F$	3,483	7,841	20,939	5,030	10,598	0,573	0,573

#### 5. Приросты по площади сечений ели I яруса

Статистический показатель	Номер модельного дерева / высота, м / диаметр, см								Среднее
	6 26,0 40,5	8 24,0 32,5	20 24,0 32,5	12 23,5 31,5	16 23,5 31,5	18 20,5 27,5	5 20,0 21,5	14 20,0 21,5	
$Zg$ до урагана, см <sup>2</sup>	94,99	114,40	122,95	175,40	77,66	64,12	85,48	78,06	101,63
$M$ , см <sup>2</sup>	10,55	12,71	13,66	19,49	8,63	7,12	9,50	8,67	11,29
$SD$ , см <sup>2</sup>	3,22	3,89	4,21	7,48	2,50	2,42	4,62	2,53	2,91
$SE$ , см <sup>2</sup>	1,07	1,30	1,40	2,49	0,83	0,81	1,54	0,84	0,97
$CV$ , %%	31	31	31	38	29	34	49	29	26
$Zg$ после урагана, см <sup>2</sup>	74,56	111,79	115,89	160,56	68,58	173,68	91,11	75,32	108,94
$M$ , см <sup>2</sup>	8,28	12,42	12,88	17,84	7,62	19,30	10,12	8,37	12,10
$SD$ , см <sup>2</sup>	3,09	4,19	3,73	7,01	3,01	6,17	5,44	2,95	3,33
$SE$ , см <sup>2</sup>	1,03	1,40	1,24	2,34	1,00	2,06	1,81	0,98	1,11
$CV$ , %%	37	34	29	39	40	32	54	35	27
$\Delta Zg$ , см <sup>2</sup>	-20,43	-2,61	-7,07	-14,84	-9,08	109,56	5,63	-2,75	7,30
%% от $Zg$ до урагана	78	98	94	92	88	271	107	96	107
$F$	2,331	0,023	0,176	0,233	0,597	30,354	0,069	0,055	0,303

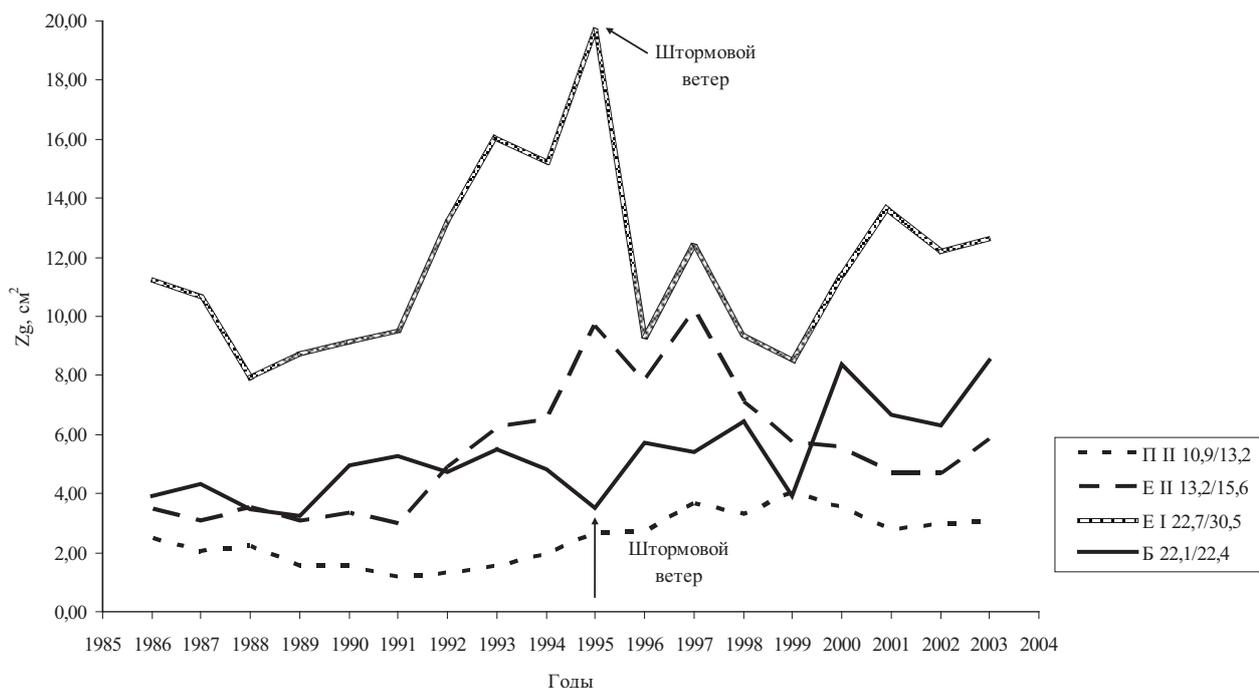


Рис. – Приросты по площади сечений ( $Z_g$ ) до и после воздействия штормового ветра. Е I и Е II – ель I и II яруса, П II – пихта II яруса и Б – берёза I яруса. В виде дроби приведены средняя высота (м) и диаметр (см) модельных деревьев

**Выводы.** В результате проведённых исследований изменения приростов по площади сечения берёзы, ели и пихты в длительно-производном березняке высокотравно-папоротникового типа леса после штормового ветра наблюдали следующее.

1. Наибольшее уменьшение приростов было характерно для единичных елей I яруса на следующий год после штормового ветра. Это обусловлено их резким раскачиванием под воздействием урагана.

2. У деревьев берёзы в год урагана значительно снизились приросты на фоне усиления их положительной тенденции после штормового ветра.

3. Увеличение приростов ели и пихты II яруса было обусловлено их возрастным положительным трендом с 1991 г. Это связано не только с ураганом, но и с особенностями их роста под пологом берёзы.

### Литература

1. Турков В.Г. О вывале деревьев ветром в первобытном лесу как биогеоценологическом явлении (на примере горных пихтово-еловых лесов Среднего Урала) // Тёмнохвойные леса Среднего Урала: труды ИЭРиЖ УНЦ АН СССР Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979. Вып. 128. С.121–140.
2. Скворцова Е.Б., Уланова Н.Г., Басевич В.Ф. Экологическая роль ветровалов. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 132 с.
3. Шиятов С.Г. Определение вывала деревьев дендрохронологическими методами // Лесоведение. 1990. №2. С. 72–81.
4. Пукинская М.Ю. К восстановлению еловых древостоев на участках ветровальных окон // Ботанический журнал. 2006. № 6. Т. 91. С. 879–891.
5. Пукинская М.Ю. Формирование еловых древостоев на сплошных вывалах Центрально-лесного заповедника и проблема естественного восстановления ельников // Ботанический журнал. 2009. №11. Т. 94. С. 1657–1672.
6. Колесников Б.П., Зубарева Б.П., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области // Практическое руководство. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 176 с.
7. Поздеев Е.Г., Новгородова Г.Г., Андреев Г.В. К характеристике столетнего постпирогенного березняка в Висимском заповеднике // Стационарные биогеоценологические исследования на Урале. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. С. 119–125.
8. Андреев Г.В., Поздеев Е.Г., Иванчиков С.В. и др. Изучение формирования и роста производного березняка на основе радиального прироста деревьев // Экологические исследования в Висимском биосферном заповеднике. Екатеринбург: Сред.-Урал. кн. изд-во, Новое время, 2006. С. 49–56.
9. Алексеев А.С. Мониторинг лесных экосистем: учебное пособие. СПб: СПбГЛТА, 2003. 116 с.
10. Дыренков С.А. Структура и динамика таёжных ельников. Л.: Наука, 1984. 172 с.
11. Комин Г.Е. Влияние климатических и фитоценологических факторов на прирост деревьев в древостоях // Экология. 1973. №1. С. 74–83.
12. Комин Г.Е. Условия дендрохронологических исследований в Западной Сибири // Дендрохронологические методы в лесоведении и экологическом прогнозировании. Иркутск: СО АН СССР, 1987. С. 40–44.