

Ю.М. Алесенков, Г.В. Андреев, С.В. Иванчиков
(Y.M. Alesenkov, G.V. Andreev, S.V. Ivanchikov)
Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург



Алесенков Юрий Михайлович родился в 1946 г. В 1973 г. окончил Донецкий государственный университет по специальности «Биология». В 1983 г. защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата биологических наук по теме «Экологический анализ первичной продукции горных тёмнохвойных лесов Среднего Урала». Работал в Институте экологии растений и животных УрО АН СССР. С 1988 г. – в Институте леса, ныне работает в Отделе лесоведения Ботанического сада УрО РАН старшим научным сотрудником. Опубликовано более 60 печатных работ, посвящённых биопродуктивности, строению, структуре и динамике тёмнохвойных лесов особо охраняемых природных территорий Урала.

Андреев Георгий Васильевич родился в 1965 г. В 1987 г. окончил Башкирский сельскохозяйственный институт по специальности «Лесное хозяйство». В 2005 г. защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук по теме «Восстановительно-возрастная динамика тёмнохвойных лесов Южного Урала (на примере северной части западного макросклона)». С 1990 г. – в Институте леса и затем в Ботаническом саду УрО РАН, где работает и в настоящее время научным сотрудником. Опубликовано более 75 печатных работ по лесной типологии, структуре и восстановительно-возрастной динамике тёмнохвойных древостоев Среднего и Южного Урала.

Иванчиков Сергей Витальевич родился в 1974 г. В 1998 г. окончил Уральскую государственную лесотехническую академию по специальности «Лесное хозяйство». С 1999 г. работает в Ботаническом саду УрО РАН старшим инженером. Опубликовано около 20 печатных работ по структуре, естественному возобновлению и росту тёмнохвойных древостоев на особо охраняемых природных территориях.

**ВЛИЯНИЕ ЧАСТИЧНОГО ВЕТРОВАЛА
НА ПРИРОСТЫ ДЕРЕВЬЕВ БЕРЕЗЫ И ЕЛИ
(THE INFLUENCE PARTLYCUL WINDFALL
ON THE INCREMENTS OF BIRCH AND SPRUCE TREES)**

Показано изменение приростов деревьев берёзы и ели до и после частичного ветровала. Исследования были проведены в подзоне южной тайги Среднеуральской низкогорной провинции на территории Висимского государственного заповедника Свердловской области.

Исследуемый древостой является длительно-производным березняком ельника хвощово-мелкотравного типа леса.

In this article the change of birch and spruce trees increments before and after partycul windfall is shown. The research was conducted in southern boreal subzone of Middle Ural low mountain province on the area of Visim state reserve of Sverdlovsk region. The investigated stand is long secondary birch stand of spruce horse-tail and small-grass forest site type.

Воздействие экзогенных экологических факторов на лесные сообщества провоцирует их адекватный отклик. В данном случае рассматривается реакция древесных растений на воздействие ветровала. Ветровой режим низкогорий Среднего Урала обуславливает разномасштабные нарушения в его лесном покрове и различную реакцию древесных видов на воздействие ветра.

Среди многих работ, связанных изучением последствий ветровала в лесу (Турков, 1979; Скворцова и др., 1983; Васенёв, Таргульян, 1995), незначительное их количество посвящено отклику основного компонента лесных экосистем – древостоя – на этот разрушительный природный фактор (Дыренков, 1984). Выделяется лишь статья С.Г. Шиятова и А.И. Ульянова (1987), где оценено изменение приростов растущих деревьев после ветровала. Эта работа интересна в методическом плане при изучении динамики изменения приростов до и после ветровала и соответственно изменения биопродуктивности лесных экосистем под воздействием разрушительных экзогенных факторов.

Для оценки параметров нарушений, а также отклика на ветровое воздействие деревьев берёзы пушистой и ели сибирской проведены исследования на территории Висимского биосферного заповедника, находящегося согласно схеме лесорастительного районирования Свердловской области (Колесников и др., 1973) в южной подзоне тайги Среднеуральской низкогорной провинции. Тип леса – ельник хвощово-мелкотравный (ТЛУ 362) (Колесников и др., 1973).

Временная пробная площадь (ВПП 47-1) заложена восточнее постоянной пробной площади (ППП-47) в квартале № 45 выдел № 29 (по данным последнего лесоустройства 2000 г.) в пределах опушечного участка сохранившегося леса. Древостой ППП-47 почти полностью вывалился после катастрофического ветровала 1995 г., а древостой ВПП-47-1 разрушен ветровалом лишь частично.

Изучаемый древостой (ВПП-47-1) представляет собой длительно-производный березняк (Колесников и др., 1973). То есть восстановление преобладания ели может произойти за период, превышающий возраст рубки не только берёзы (60 лет), но ели (от 81 до 120 лет) в эксплуатационных лесах. Это подтверждают данные исследований З.И. Синельщиковой (1972, 1973) по восстановительно-возрастной динамике равнинных еловых лесов Зауралья, где показано, что преобладает длительно-производный тип формирования древостоев.

В 2008 г. на ВПП-47-1 был сделан выборочный перечень древостоя на 13 круговых площадках постоянного радиуса ($r = 7$ м), отбитых при помощи трости таксатора (Анучин, 1982). Общая площадь перечёта составила 2001 м^2 , или 0,2001 га. Всего было замерено с использованием мерной вилки 80 растущих и 4 сухостойных деревьев берёзы, 48 растущих и 2 сухостойных деревьев ели основного поколения, 12 растущих и 6 сухостойных деревьев ели младшего поколения и 2 крупных дерева ели старшего поколения. Изменчивость общего количества деревьев на площадках составила 45 % при точности в 4 %, достаточной для биологических исследований.

Запас древесины вычислялся по региональным и всеобщим объёмным таблицам (Лимонов и др., 1966; Верхунов и др., 1991; Луганский, Лысов, 1991), но различие запаса древостоев оказалось незначительным.

Для определения возраста и исследования реакции деревьев на ветровал были взяты 11 кернов у деревьев берёзы и 8 кернов у ели: один – у ели старшего поколения ($d = 30,5$ см), по 3 – у неповреждённых деревьев ели и 3 – у деревьев ели со сломанными вершинами (чаще всего на $3/4$ высоты дерева, Горячев и Ившин, 1996). Один kern был взят у тонкомерной неповреждённой ели.

В древостое преобладает берёза, поселившаяся на вырубке 1892 г. Его первый ярус составляют единичные крупные деревья ели 117 лет, возникшие из мелкого подроста предварительной генерации и деревьев берёзы 110 лет с амплитудой от 99 до 120 лет (по 7 и 93 % соответственно). Второй ярус представлен елью основного поколения (80 лет), а третий – елью младшего поколения. Абсолютная полнота составила $21,43 \text{ м}^2/\text{га}$, а относительная – 0,77. Общий запас стволовой древесины составил по региональным объёмным таблицам $192 \text{ м}^3/\text{га}$, а общее количество деревьев – 710 экз./га. Подробная количественная характеристика ВПП-47-1 представлена в табл. 1, где А – средний возраст элемента леса, Н – средняя высота, Д – средний диаметр, N – густота древостоя, $\sum G$ – сумма площадей сечения, р – относительная полнота, М – запас древостоя.

Таблица 1

Количественная характеристика растущей части древостоя

| Ярус | Состав яруса по М, % | Состав яруса по N, % | Элемент леса | А, лет | Н, м | Д, см | N, экз./га | ΣG , м ² /га | P | M, м ³ /га |
|-------|----------------------|----------------------|--------------|--------|------|-------|------------|---------------------------------|------|-----------------------|
| 1 | 7 | 2 | Ест | 117 | 25,0 | 34,1 | 10 | 0,91 | 0,02 | 11 |
| | 93 | 98 | Б | 108 | 21,1 | 20,9 | 400 | 13,76 | 0,50 | 133 |
| | | | | | | | 410 | 14,68 | 0,52 | 144 |
| 2 | 100 | 100 | Еосн | 80 | 12,7 | 18,7 | 240 | 6,61 | 0,24 | 48 |
| 3 | 100 | 100 | Емл | 50 | 4,5 | 5,7 | 60 | 0,15 | 0,01 | 0,4 |
| Всего | | | | | | | 710 | 21,43 | 0,77 | 192 |

Примечание. Ест – деревья ели старшего поколения ели, Б – деревья берёзы, Еосн – деревья берёзы основного поколения, Емл – деревья ели младшего поколения.

Замеры радиальных приростов были сделаны на приборе Lintab-5 с точностью до 0,05 мм С.В. Иванчиковым. Наиболее тесно объём ствола (и фитомасса дерева) связан с его площадью сечения, поэтому данные радиального прироста (Zr или Zd) трансформировались также в приросты по площади сечения (Zg) (Алексеев, 2003; Фильрозе, 1987). Статистическая обработка проводилась с использованием электронных таблиц Microsoft Excel. Все расчёты были переведены в приросты стволов на высоте 1,3 м в коре в соответствии с замеренными диаметрами модельных деревьев. Достоверность различия приростов до и после ветровала оценивалась по t -критерию Стьюдента и F -критерию Фишера с использованием однофакторного дисперсионного анализа. Сравнивался прирост деревьев берёзы и ели за 10 лет до ветровала (с 1985 по 1994 гг.) и 10 лет после ветровала (с 1995 по 2004 гг.). Далее обратимся к табл. 2-5.

Условные обозначения в табл. 2-5: Zd – прирост по диаметру, Zg – прирост по площади сечения, M – среднее значение, SD – среднеквадратическое отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации или мера изменчивости, ΔZd и ΔZg – разница в приростах по диаметру и площади сечения дерева до и после ветровала, % от Zd до ветровального и % от Zg до ветровального – проценты от ветровального прироста по диаметру и площади сечения, t – показатель достоверности различия среднего прироста Стьюдента, F – показатель различия изменчивости приростов Фишера.

Из 11 деревьев берёзы уменьшением прироста по диаметру (радиального прироста) на ветровал отреагировало 8 деревьев (см. табл. 2). По-видимому, это обусловлено усилением эффекта парусности деревьев из-за частичного разрушения древостоя. Их прирост по диаметру составил от 44 (модель № 2 $d = 32,5$ см) до 95 % (модель № 21 $d = 24,5$ см) доветровального. Лишь дерево № 2 ($d = 32,5$ см, самое крупное модельное дерево берёзы в 1,6 раза больше среднего диаметра) характеризуется достоверным

уменьшением прироста по диаметру ($t = 5,219 > t_{\text{табл}}$). У остальных деревьев различие в уменьшении прироста недостоверно. Три дерева увеличили прирост от 111 (модель № 17 $d = 28,5$ см) до 130 % (модель № 8 $d = 19,2$ см) от доветровального прироста. В целом же прирост у деревьев берёзы достоверно уменьшился ($t = 3,012 > t_{\text{табл}}$) и составил 83 % от доветровального. Дисперсионный анализ выявил, что различаются приросты до и после ветровала у деревьев № 2 и № 3 ($F = 25,988 > F_{0,01} = 8,29$ и $F = 7,549 > F_{0,05} = 4,41$ соответственно), а также у берёзы в целом ($F = 8,895 > F_{0,01} = 8,29$).

Таблица 2

Приросты по диаметру берёзы до и после ветровала

| Статистические показатели | Номера модельных деревьев и их диаметр, см | | | | | | | | | | | Берёза в среднем |
|---------------------------|--|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------------|
| | 1 26,0 | 11 19,8 | 12 20,5 | 13 20,5 | 2 32,5 | 3 16,7 | 8 19,2 | 17 28,0 | 20 19,0 | 21 24,5 | 22 23,0 | |
| До ветровала | | | | | | | | | | | | |
| Zd, см | 1,74 | 0,70 | 1,36 | 0,60 | 2,50 | 0,78 | 0,52 | 1,12 | 0,90 | 1,66 | 2,04 | 1,48 |
| M, см | 0,19 | 0,08 | 0,15 | 0,06 | 0,26 | 0,08 | 0,06 | 0,12 | 0,11 | 0,17 | 0,21 | 0,15 |
| SD, см | 0,07 | 0,04 | 0,07 | 0,02 | 0,08 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,07 | 0,03 | 0,06 | 0,02 |
| SE, см | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| CV, % | 37 | 51 | 47 | 33 | 30 | 37 | 46 | 33 | 60 | 16 | 30 | 14 |
| После ветровала | | | | | | | | | | | | |
| Zd, см | 2,06 | 0,58 | 1,07 | 0,50 | 1,06 | 0,46 | 0,70 | 1,18 | 0,49 | 1,52 | 1,70 | 1,22 |
| M, см | 0,22 | 0,06 | 0,12 | 0,06 | 0,11 | 0,05 | 0,08 | 0,13 | 0,06 | 0,16 | 0,18 | 0,12 |
| SD, см | 0,07 | 0,03 | 0,06 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,06 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,02 |
| SE, см | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 |
| CV, % | 31 | 42 | 49 | 54 | 37 | 41 | 39 | 46 | 61 | 32 | 31 | 14 |
| Различие | | | | | | | | | | | | |
| ΔZd , см | 0,32 | 0,13 | -0,29 | 0,10 | -1,44 | -0,32 | 0,18 | 0,06 | -0,41 | -0,14 | -0,34 | -0,26 |
| % от Zd доветровального | 116 | 78 | 79 | 92 | 44 | 60 | 130 | 111 | 55 | 95 | 84 | 83 |
| t | 1,0 | -1,1 | -1,1 | -0,4 | -5,2 | -2,8 | 1,4 | 0,6 | -2,1 | -0,4 | -1,3 | -3,01 |
| F | 1,1 | 0,7 | 1,0 | 0,7 | 26,0 | 7,5 | 2,0 | 0,1 | 3,0 | 0,6 | 1,7 | 8,9 |

Аналогично изменились и приросты по площади сечений (см. табл. 3). У 8 деревьев берёзы послеветровальный прирост составил от 45 (модель № 2 $d = 32,5$ см) до 98 % (модель № 21 $d = 24,5$ см) доветровального. Достоверным уменьшение прироста после ветровала оказалось лишь у самой крупной модели № 2 ($t = -4,980 > t_{\text{табл}}$). Прирост по площади сечений берёзы в среднем составил 83 % от доветровального, но различие оказалось статистически недостоверным ($t = -2,554 < t_{\text{табл}}$). Достоверным оказалось различие в приростах до и после ветровала у деревьев № 2 и № 3 ($F = 24,797 > F_{0,01} = 8,29$ и $F = 6,387 > F_{0,05} = 4,41$ соответственно), а также у берёзы в целом ($F = 6,524 > F_{0,05} = 4,41$).

Таблица 3

Приросты по площади сечений берёзы до и после ветровала

| Статистические показатели | Номера модельных деревьев и их диаметр, см | | | | | | | | | | | Берёза в среднем |
|-------------------------------|--|-----------|-----------|-------|--------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-----------|------------------|
| | 1 | 11 | 12 | 13 | 2 | 3 | 8 | 17 | 20 | 21 | 22 | |
| | 26,0 | 19,8 | 20,5 | 20,5 | 32,5 | 16,7 | 19,2 | 28,0 | 19,0 | 24,5 | 23,0 | |
| До ветровала | | | | | | | | | | | | |
| Zg, см ² | 62,8 3 | 20,7 4 | 40,0 6 | 18,70 | 118,39 | 19,4 6 | 14,9 0 | 46,2 2 | 25,69 | 34,21 | 32,7 1 | 39,45 |
| M, см ² | 6,28 | 2,07 | 4,01 | 1,87 | 11,84 | 1,95 | 1,49 | 4,62 | 2,57 | 3,42 | 3,27 | 3,94 |
| SD, см ² | 2,53 | 1,21 | 2,20 | 0,63 | 3,54 | 0,78 | 0,76 | 1,66 | 1,87 | 0,55 | 1,06 | 0,54 |
| SE, см ² | 0,80 | 0,38 | 0,69 | 0,20 | 1,12 | 0,25 | 0,24 | 0,52 | 0,59 | 0,17 | 0,34 | 0,17 |
| CV, % | 40 | 58 | 55 | 34 | 30 | 40 | 51 | 36 | 73 | 16 | 32 | 14 |
| После ветровала | | | | | | | | | | | | |
| Zg, см ² | 80,5 3 | 17,6 2 | 33,4 6 | 16,01 | 53,38 | 11,9 2 | 20,6 2 | 50,6 8 | 14,50 | 33,63 | 29,6 9 | 32,91 |
| M, см ² | 8,05 | 1,76 | 3,35 | 1,60 | 5,34 | 1,19 | 2,06 | 5,07 | 1,45 | 3,36 | 2,97 | 3,29 |
| SD, см ² | 2,64 | 0,82 | 1,87 | 1,02 | 2,13 | 0,53 | 0,88 | 2,60 | 1,09 | 1,15 | 0,96 | 0,60 |
| SE, см ² | 0,83 | 0,26 | 0,59 | 0,32 | 0,67 | 0,17 | 0,28 | 0,82 | 0,35 | 0,36 | 0,30 | 0,19 |
| CV, % | 33 | 47 | 56 | 64 | 40 | 45 | 43 | 51 | 75 | 34 | 32 | 18 |
| Различие | | | | | | | | | | | | |
| ΔZg , см ² | 17,7 0 | -3,12 | -6,60 | -2,69 | -65,02 | -7,55 | 5,72 | 4,46 | -11,19 | -0,58 | -3,02 | -6,53 |
| % Zg от доветровального | 128 | 85 | 84 | 86 | 45 | 61 | 138 | 110 | 56 | 98 | 91 | 83 |
| t | 1,5 | -0,7 | -0,7 | -0,7 | -5,0 | -2,5 | 1,6 | 0,5 | -1,6 | -0,1 | -0,7 | -2,6 |
| F | 2,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 24,8 | 6,4 | 2,4 | 0,2 | 2,7 | 0,0 | 0,4 | 6,5 |

Реакция деревьев ели на ветровал оказалась неоднозначной (см. табл. 4). Достоверно ($t = 3,528 > t_{\text{табл}}$) уменьшился прирост по диаметру у самой крупной ели (модель № 16 $d = 30,5$ см) из-за эффекта парусности и составил 72 % от доветровального. Достоверно ($t = 4,046-5,995 > t_{\text{табл}}$) произошло уменьшение прироста (40-47 % от доветровального) у повреждённых елей со сломанными вершинами. То есть частичное уменьшение ассимиляционного аппарата привело к значительному уменьшению прироста. На остальных четырёх неповреждённых модельных деревьях ели произошло достоверное ($t = 3,687-6,457 > t_{\text{табл}}$) увеличение прироста. Наибольшее увеличение прироста дерева ели (почти в 5 раз) оказалось у самого тонкого модельного дерева № 15 ($d = 10,0$ см), а наименьшее – 142 % от доветровального – у самой крупной неповреждённой ели основного поколения (модель № 9 $d = 23,5$ см). Дисперсионный анализ показал достоверное различие приростов ели до и после ветровала у всех модельных деревьев. Наименьшее различие в варьировании приростов до и после ветровала оказалось у самого крупного модельного дерева № 16, растущем в основном

ярус (F = 11,826 > F_{0,01} = 8,29), а наибольшее – у сломанного дерева № 7 (F = 42,371 > F_{0,01} = 8,29)

Таблица 4

Приросты по диаметру ели до и после ветровала

| Статистические показатели | Номера модельных деревьев, их состояние, диаметр, см | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|-----------------|------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|
| | 16 30,5 | 7, слом 14,0 | 14, слом 17,5 | 24, слом 14,5 | Сломанные | 4 19,0 | 5 19,5 | 9 23,5 | Здоровые | 15 10,0 |
| До ветровала | | | | | | | | | | |
| Zd, см | 2,38 | 1,14 | 0,66 | 1,54 | 1,19 | 1,29 | 1,05 | 2,17 | 1,59 | 0,40 |
| M, см | 0,24 | 0,12 | 0,07 | 0,16 | 0,12 | 0,13 | 0,11 | 0,22 | 0,16 | 0,04 |
| SD, см | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,01 |
| SE, см | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| CV, % | 21 | 17 | 45 | 25 | 17 | 19 | 21 | 18 | 16 | 33 |
| После ветровала | | | | | | | | | | |
| Zd, см | 1,72 | 0,44 | 0,28 | 0,59 | 0,47 | 2,81 | 2,00 | 3,06 | 2,70 | 1,86 |
| M, см | 0,17 | 0,05 | 0,03 | 0,07 | 0,05 | 0,30 | 0,21 | 0,31 | 0,28 | 0,20 |
| SD, см | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,05 | 0,03 | 0,11 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,08 |
| SE, см | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| CV, % | 19 | 54 | 34 | 65 | 55 | 36 | 34 | 22 | 26 | 38 |
| Различие | | | | | | | | | | |
| ΔZd, см | -0,66 | -0,70 | -0,38 | -0,95 | -0,73 | 1,52 | 0,95 | 0,88 | 1,11 | 1,45 |
| % от Zd доветровального | 72 | 44 | 40 | 47 | 39 | 228 | 197 | 142 | 170 | 469 |
| t | -3,5 | -6,0 | -4,0 | -4,2 | -5,6 | 4,8 | 4,3 | 3,7 | 4,9 | 6,5 |
| F | 11,8 | 42,4 | 12,6 | 23,0 | 38,4 | 18,8 | 12,5 | 15,6 | 21,2 | 35,9 |

Сходным образом изменились приросты по площади сечений ели (см. табл. 5).

У повреждённых елей они достоверно ($t = 3,532-6,105 > t_{\text{табл}}$) уменьшились и составили 41-43 % от доветровального. У самого крупного модельного дерева ели (модель № 16 d = 30,5 см) прирост составил 78 % от доветровального. Но различие в приростах до ветровала и после ветровала этого дерева оказалось статистически недостоверным ($t = 2,700 < t_{\text{табл}}$). У неповреждённых экземпляров ели прирост по площади сечений составил от 160 (модель № 9 d = 23,5 см, самое крупное дерево) до 525 % (модель № 15 d = 10,0 см, самое тонкое дерево). У этих же модельных деревьев различие в приростах по площади сечений до и после ветровала оказалось достоверным ($t = 4,148-5,937 > t_{\text{табл}}$). Приросты до и после ветровала достоверно различаются и по F-критерию. Наименьшее значение F-критерия ($F = 7,545 > F_{0,05} = 4,41$) оказалось у самого крупного дерева, а максимальное ($F = 38,244 > F_{0,01} = 8,29$) – в целом у сломанных деревьев.

Таблица 5

Приросты по площади сечений ели до и после ветровала

| Статистические показатели | Номера модельных деревьев, их состояние | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-----------------|------------------|---------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------|------------|
| | 16 30,5 | 7, слом 14,0 | 14, слом 17,5 | 24, слом 14,5 | Сло- ман- ные | 4 19,0 | 5 19,5 | 9 23,5 | Здо- ро- вые | 15 10,0 |
| До ветровала | | | | | | | | | | |
| Zg, см ² | 103,00 | 23,22 | 17,46 | 31,93 | 24,20 | 31,93 | 31,42 | 28,42 | 41,99 | 5,04 |
| M, см ² | 10,30 | 2,32 | 1,75 | 3,19 | 2,42 | 3,19 | 3,14 | 2,84 | 4,20 | 0,50 |
| SD, см ² | 2,08 | 0,40 | 0,85 | 0,87 | 0,40 | 0,61 | 0,56 | 1,07 | 0,63 | 0,17 |
| SE, см ² | 0,66 | 0,12 | 0,27 | 0,27 | 0,13 | 0,19 | 0,18 | 0,34 | 0,20 | 0,05 |
| CV, % | 20 | 17 | 49 | 27 | 16 | 19 | 20 | 16 | 15 | 33 |
| После ветровала | | | | | | | | | | |
| Zg, см ² | 80,06 | 9,49 | 7,54 | 13,18 | 10,07 | 77,50 | 58,90 | 105,57 | 80,66 | 26,47 |
| M, см ² | 8,01 | 0,95 | 0,75 | 1,32 | 1,01 | 7,75 | 5,89 | 10,56 | 8,07 | 2,65 |
| SD, см ² | 1,63 | 0,59 | 0,27 | 1,07 | 0,60 | 3,15 | 2,25 | 2,47 | 2,35 | 1,1 |
| SE, см ² | 0,51 | 0,19 | 0,08 | 0,34 | 0,19 | 1,00 | 0,71 | 0,78 | 0,74 | 0,4 |
| CV, % | 20 | 62 | 35 | 81 | 60 | 41 | 38 | 23 | 29 | 43 |
| Различие | | | | | | | | | | |
| ΔZg , см ² | -22,95 | -13,73 | -9,92 | -18,75 | -14,13 | 46,08 | 30,48 | 39,43 | 38,66 | 21,4 |
| % от Zg доветровального | 78 | 41 | 43 | 41 | 42 | 247 | 207 | 160 | 192 | 525 |
| t | -2,7 | -6,1 | -3,5 | -4,3 | -6,2 | 4,5 | 4,1 | 4,6 | 5,0 | 5,9 |
| F | 7,5 | 37,3 | 12,5 | 18,5 | 7,5 | 20,6 | 17,2 | 21,4 | 20,6 | 35,3 |

Вышеизложенный материал позволяет сделать следующие выводы.

Реакция растущих деревьев берёзы на ветровал отрицательна – у большинства модельных деревьев наблюдается уменьшение прироста. Приросты модельных деревьев до и после ветровала как по диаметру, так и по площади сечений составили всего 83 % от доветровального и достоверно различаются. Это обусловлено возрастом берёзы (более 100 лет), когда начинается естественный распад древостоя.

Реакция ели неоднозначна. У сломанных деревьев прирост и по диаметру, и по площади сечений достоверно уменьшился и составил менее половины от доветровального. Из-за эффекта парусности и возможного повреждения корневых систем уменьшился прирост у крупных деревьев старшего поколения. У неповреждённых деревьев ели основного поколения приросты достоверно увеличились. В наибольшей степени увеличение прироста наблюдается у тонкомера.

Аналогичным способом можно рассчитать уменьшение или увеличение не только радиальных и приростов по площади сечений, но и запасов растущих и повреждённых деревьев, а также древостоев после несплошных рубок (или изменение биопродуктивности лесных экосистем под

воздействием ветровалов) и сделать для этого явления экономическую оценку.

Библиографический список

Алексеев А.С. Мониторинг лесных экосистем: учеб. пособие. СПб.: СПбГЛТА, 2003. 116 с.

Анучин Н.П. Лесная таксация: учебник. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 552 с.

Васенёв И.И., Таргульян В.О. Ветровалы и таёжное почвообразование. М.: Наука, 1995. 247 с.

Верхунов П.М. и др. Лесотаксационный справочник для лесов Урала (нормативные материалы для Пермской, Челябинской, Свердловской и Курганской областей, Башкирской АССР): справочник / П.М. Верхунов, А.В. Попова, В.Л. Черных, И.В. Мамаев. М.: ЦБНТИлесхоз, 1991. Ч. I, II. 483 с.

Горячев В.М., Ившин А.А. Влияние катастрофического бурелома на состояние древостоя кедрового ельника хвощово-мшистого в Висимском заповеднике // Проблемы заповедного дела : матер. науч. конф. Екатеринбург, 1996. С. 40-42.

Дыренков С.А. Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука, 1984. 172 с.

Колесников Б.П., Зубарева Б.П., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области: практ. руководство. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 176 с.

Лимонов Е.И. и др. Полевой справочник лесоустроителя: справочник / Е.И. Лимонов, Ю.Н. Полянский, В.И. Сухих, Л.А. Чернышова. Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1966. 172 с.

Луганский, Н.А., Лысов Л.А. Березняки Среднего Урала: моногр. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. 100 с.

Синельщикова З.И. Развитие елово-берёзовых древостоев на междуречье Тавда-Конда // Южно-таёжные леса Западной Сибири. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1972. (Труды ИЭРиЖ. Вып. 83. С. 99-130).

Синельщикова З.И. Динамика ельника кисличникового и ельника липнякового в южно-таёжных лесах Зауралья // Экология. 1973. № 5 С. 39-45.

Скворцова Е.Б., Уланова Н.Г., Басевич В.Ф. Экологическая роль ветровалов М.: Лесн. пром-сть, 1983. 132 с.

Турков В.Г. О вывале деревьев ветром в первобытном лесу как биогеоценоотическом явлении (на примере горных пихтово-еловых лесов Среднего Урала) // Тёмнохвойные леса Среднего Урала. АН СССР Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979. (Тр. ИЭРиЖ УНЦ Вып. 128. С.121-140).