

УДК 630*181.21+681*3

Е.Г. Поздеев

(Отдел лесоведения Ботанического сада УрО РАН, Екатеринбург),

И.В. Войтенко

(Уральский госуниверситет, Екатеринбург)

**МНОГОФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ВЕТРОВАЛЬНОСТИ ДРЕВОСТОЕВ
(НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОВ ВИСИМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА)**

Изложены результаты исследования ветровальности древостоев на основе ГИС-технологий и методов статистического анализа.

На сегодняшний день выявлен достаточно большой комплекс факторов, влияющий на вывал деревьев ветром (Межибовский, 1968, 1970; Турков, 1979; Белов, 1983). По мнению Е.Б. Скворцовой с соавторами (1983), перечень факторов, влияющих на подверженность древостоев к вываливанию ветром, может включать:

- орографические: расположение горных систем вдоль направления преобладающих ветров, приуроченность к пониженным элементам рельефа;

- климатические: скорость ветра, сильные засухи и морозы, обилие осадков в виде дождя и мокрого снега, временная приуроченность сильных ветров;

- почвенно-гидрологические: избыточное увлажнение и плохо дренируемые почвы;

- биологические: возраст, предрасположенность древесной породы к вывалу, структурная организация надземных и подземных частей растения, зараженность болезнями, бонитет, полнота, породный состав;

- хозяйственные: бессистемные рубки и интенсивная эксплуатация лесов.

Но, к сожалению, в большинстве своем авторы расходятся как в вопросе выделения определяющих факторов, так и в вопросе доли влияния каждого отдельного фактора на описываемый процесс.

Объектом исследований являлись лесные массивы Висимского государственного природного биосферного заповедника. Ветровал, произошедший здесь 6 июня 1995 г., характеризовался следующими параметрами: северо-восточный ветер со скоростью свыше 25 м/с; обильные снегопады при температуре воздуха около 0° с налипанием мокрого снега на провода, строения, деревья (величина отложения мокрого снега на проводах гололедного станка метеостанции пос. Висим составила 190 мм). Отложение мокрого снега на кроны деревьев при сильном ветре привело к массовым ветровалам на территории заповедника (Успин, 2000).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ «Урал» (№ 04-04-96132).

Исследования влияния ветровальных нарушений на лесной покров Висимского заповедника проводились на основе выполнения пространственного анализа с помощью ГИС-технологий. В качестве основы для построения растровых тематических слоев служили топографическая карта масштаба 1:200000 и планы лесонасаждений, а для создания базы данных использованы материалы инвентаризации лесного фонда, подготовленные Нижегородской экспедицией ФГУП «Поволжский леспроект» в ходе лесостроительных работ на территории заповедника в 2000 г. Для описания доветровального состояния древостоев были использованы также материалы устройства лесов заповедника 1977 и 1987 гг. (вносились поправки методом интерполяции в таксационное описание на дату ветровала). На базе данных материалов нами создана карта ветровальности древостоев заповедника, в основу которой положен показатель интенсивности ветровала. Этот показатель рассчитывался как отношение биомассы (объема стволовой древесины, в м³) выпавших деревьев - ветровальных и буреломных, к биомассе деревьев на данном участке до ветровала. С использованием геоинформационной системы ArcView 3.2 (ESRI Inc., 1999) создана цифровая модель рельефа заповедника и получены растровые слои, содержащие значения высот, уклона и экспозиции склонов. Затем была выполнена процедура «наложения» на перечисленные выше растровые покрытия регулярной прямоугольной сети с ячейками размерами 250x250 м. Узлы сети являлись точками, которым присваивались значения, описывающими таксационные характеристики древостоев и параметры их местоположения. После применения ряда предварительных методов статистического анализа в качестве таковых использовались следующие данные: преобладающая порода, возраст, средний диаметр, средняя высота (по основному элементу леса), бонитет и относительная полнота древостоя, тип лесорастительных условий, абсолютная высота, экспозиция и крутизна склона, интенсивность ветровала. В итоге полученная база данных содержала значения по 11 показателям для 502 точек (еще 18 точек попали на нелесные территории и были отсортированы из базы данных), общее число значений, включенных в статистическую обработку, составило 5,5 тысяч. В качестве основного метода статистического исследования данных выбран многомерный факторный анализ (Боровков, 1984). Данные обработаны в пакете статистических программ SPSS (SPSS Base 7.5 for Windows, 1997).

В результате факторизации методом максимального правдоподобия факторного анализа было выделено 2 фактора (таблица), которые объединяют переменные, влияющие на ветровальность древостоев. Доля этих факторов в общей дисперсии переменных составляет 71,1%, что позволяет с высокой степенью достоверности рассматривать результаты факторного

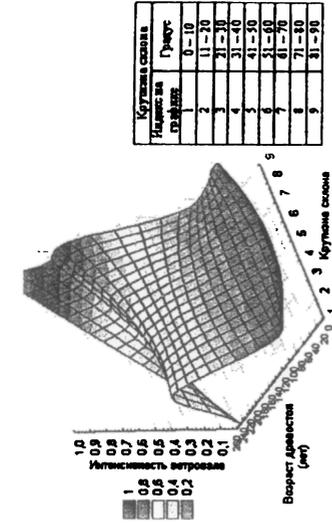
анализа. Статистическая проверка значимости выделенных факторов показала, что гипотеза о наличии двух общих факторов не отвергается при $\alpha = 0,05$ (критерий $\chi^2 = 27,75 < \chi^2(0,05)(26) = 38,89$). Среди переменных первого фактора наибольшие нагрузки ($> \pm 0,300$) имеют показатели, характеризующие рельеф (крутизна склона, абсолютная высота, экспозиция склона) и условия местопроизрастания (ТЛУ), т. е. описывающие местоположение древостоев. Второй фактор включает биологические и биометрические показатели древостоев. Наибольшие факторные нагрузки имеют возраст, бонитет, средняя высота и диаметр, относительная полнота и преобладающая порода. Вычислены общности переменных, которые могут быть интерпретированы как доли дисперсии отдельных переменных, принадлежащих общим факторам (см. таблицу). Переменные, имеющие высокие доли дисперсии ($> 0,7$), были отобраны для дальнейших исследований.

Результаты факторного анализа по методу максимального правдоподобия

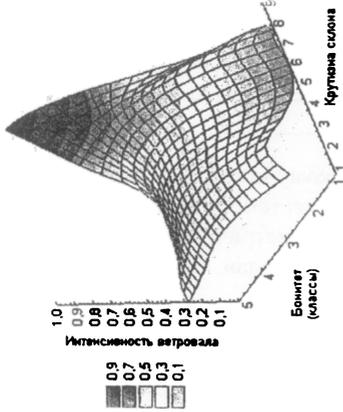
Переменные	Факторные нагрузки		Общности переменных
	Фактор 1	Фактор 2	
Средний диаметр	-0,079	0,419	0,739
Средняя высота	0,219	0,534	0,615
Бонитет	0,011	0,713	0,915
Полнота	0,079	-0,446	0,634
ТЛУ	0,426	-0,145	0,605
Преобладающая порода	0,058	-0,740	0,793
Возраст	0,258	0,724	0,742
Абсолютная высота	0,762	0,114	0,669
Крутизна склонов	0,898	0,019	0,817
Экспозиция склонов	-0,705	0,011	0,568
Доля общей дисперсии	36,6	34,5	-

Дальнейший анализ свелся к графическому исследованию зависимости интенсивности ветровала от факторов: «местоположение» с переменной «крутизна склона» и «биологические и биометрические показатели» с переменными: «бонитет», «преобладающая порода», «возраст насаждения», «средний диаметр насаждения» (рисунок).

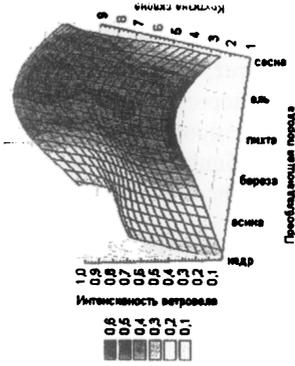
Анализ интенсивности повреждаемости в зависимости от крутизны склона и бонитета. На наш взгляд, на графике можно выделить две области более или менее закономерного распределения фактора повреждаемости. Первую область можно выделить для диапазона значений крутизны склона до 30° . Здесь просматривается плавное возрастание ветровальности со снижением бонитета древостоев.



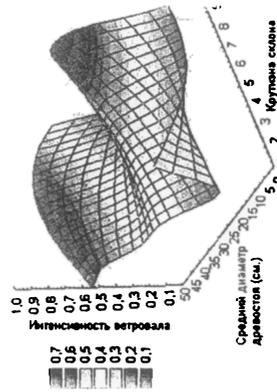
В



А



Г



Б

Графическое исследование зависимости интенсивности ветровала от класса бонитета (А), среднего диаметра (Б), возраста древостоя (В), преобладающей породы (Г) и крутизны склона

Высокобонитетные насаждения (1-2 класса), занимающие выровненные местоположения, имеют наименьшие повреждения ветровалом. Максимумы повреждения, достигающие значений 0,5, соответствуют наиболее представленным в лесном фонде заповедника среднебонитетным насаждениям. В основном это ельники и пихто-ельники высокотравной или зеленомошной группы ТЛУ. Низкобонитетные древостой в этой области в основном представлены березовыми заболоченными насаждениями. Во второй области, характеризующейся значениями крутизны склона выше 50° , изменение интенсивности ветровальности древостоев можно описать как резкое увеличение соответственно снижению бонитета древостоев. При этом максимум повреждаемости соответствует насаждениям 5 класса бонитета.

Анализ интенсивности повреждаемости в зависимости от крутизны склона и среднего диаметра древостоя. Как видно из графика, данная зависимость имеет очень сложный характер. В общем можно выделить три максимума повреждаемости. Первый соответствует древостоям малого диаметра (до 10 см), произрастающим на ровных или слегка наклонных территориях. Здесь в основном представлены темнохвойные молодняки, сильно пострадавшие от ветролома вследствие налипания мокрого снега на кроны деревьев. Второй максимум со значениями интенсивности вывала более 0,7 располагается в диапазоне значений среднего диаметра древостоев до 20 см при высокой крутизне склона – более 60° . Эти насаждения также в основном представлены березой, реже ельниками (с примесью березы) с возрастом от 60 до 90 лет. Третий максимум соответствует диапазонам значений по крутизне склона до 60° , а по диаметру – от 40 до 50 см. Эти насаждения представляют собой спелые и перестойные древостой и имеют возраст от 160 до 250 лет.

Анализ интенсивности повреждаемости в зависимости от крутизны склона и возраста древостоя. В этом случае общую тенденцию можно выразить следующим образом. Практически вне зависимости от крутизны склона с увеличением возраста наблюдается повышение интенсивности вывала деревьев ветром. Такой характер зависимости наблюдается до возраста 160 лет при максимуме повреждаемости до 0,6. Далее наблюдается бифуркация. Интенсивность повреждения древостоев, произрастающих на склонах с крутизной ниже 50° , с увеличением возраста начинает резко снижаться, а у произрастающих на склонах с крутизной выше 50° , наоборот, с возрастом увеличивается и достигает максимального значения. Обе выделенные группы достаточно похожи: и та, и другая в основном представлены еловыми насаждениями с примесью пихты. Среди них изредка попадаются кедровые и сосновые древостой. Еще одним явным различием между этими группами, помимо крутизны склона, является ТЛУ. Леса первой группы принадлежат к группе зеленомошных ельников

и пихто-ельников, а леса второй – к группе высокотравных пихто-ельников.

Анализ интенсивности повреждаемости в зависимости от крутизны склона и преобладающей породы. Она имеет довольно четкий и ясный характер. Общая тенденция изменения интенсивности повреждения древостоев сводится к тому, что максимальная ветровальность с интенсивностью повреждения от 0,4 до 0,6 соответствует древостоям, в состав которых входит ель и особенно пихта. Несколько меньше повреждаются березовые и сосновые древостои, затем осиновые и, наконец, меньше всех повреждаются древостои с преобладанием кедра. При этом крутизна склона практически не влияет на ход распределения.

Выполненный факторный анализ показал, что на интенсивность повреждения древостоев ураганным ветром влияют два комплексных фактора: орографический и таксационные (биометрические) характеристики древостоев. Анализ, проделанный на основе выделения переменных с максимальной долей дисперсии ($>0,7$) для каждого фактора, показал сложность и нелинейность закономерностей устойчивости древостоев. Согласно моделям интенсивность повреждений древостоев ветром увеличивается при следующих условиях:

- с увеличением крутизны склона для низкорослых сообществ;
- с увеличением крутизны склона и возраста древостоя;
- с увеличением доли пихты, ели и березы в древостоях.

Полученные результаты позволяют по-новому взглянуть на вопрос о влиянии экологических факторов на устойчивость к вывалу ветром лесов данной территории. Полученные модели, на наш взгляд, при комплексном использовании могут с определенной точностью применяться для прогнозирования последствий ветровальных ситуаций на территории Висимского заповедника и прилегающих территориях со сходными ландшафтно-климатическими условиями.

Библиографический список

Белов, С.В. Лесоводство [Текст]/ С.В. Белов. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 352 с.

Боровков, А.А. Математическая статистика: оценка параметров, проверка гипотез [Текст]/ А.А. Боровков. М.: Наука, 1984. 360 с.

Межибовский, А.М. Влияние грибных заболеваний на устойчивость ели против ветра [Текст]/ А.М. Межибовский // Лесное хозяйство. 1968. № 10. С. 42 – 43.

Межибовский А.М. Исследование факторов, влияющих на ветровал и бурелом ели [Текст]/ А.М. Межибовский // Лесной журнал. 1970. № 4. С. 141 – 146.

Скворцова, Е.Б. Экологическая роль ветровалов [Текст]/ Е.Б. Скворцова, Н.Г. Уланова, В.Ф. Басевич. М.: Лесн. пром-ть, 1983. 192 с.

Турков, В.Г. О вывале деревьев ветром в первобытном лесу как биогеоценотическом явлении (на примере горных пихтово-еловых лесов Среднего Урала) [Текст]/ В.Г. Турков // Темнохвойные леса Среднего Урала: тр. ИЭРиЖ УНЦ СССР. Вып. 128. Свердловск, 1979. С. 121 – 140.

Успин, А.А. Метеорологическая характеристика катастрофического ветровала на Среднем Урале (июнь 1995 г.) [Текст]/ А.А. Успин // Последствия катастрофического ветровала для лесных экосистем. Екатеринбург, 2000. С. 18 – 24.

SPSS Base 7.5 for Windows [Текст]: руководство по применению. М.: АО СТАСИС, 1997. 352 с.

УДК 630*610

Е.П. Смолоногов

(Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург)

ВОЗМОЖНОСТИ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЛЕСОУСТРОЙСТВА

Рассмотрены возможности совершенствования лесоустройства на основе развития теоретических положений по ведению лесного хозяйства и расширения программы инвентаризации лесов.

Лесоустройство - это интегральный научно-прикладной раздел комплекса наук о лесном покрове, отражающий природно-экологические, социально-экономические особенности лесных массивов, возможности использования и воспроизводства лесных ресурсов.

Ежегодно экспедиции «Леспроекта» проводят изучение и подробную инвентаризацию всех участков и структур лесного фонда производственно-хозяйственных объектов. Материалы лесоустройства отражают пространственно-экологические особенности, таксационные характеристики каждого участка леса, социально-экономическую значимость, изменения лесного покрова и его отдельных массивов в пространстве и времени.

Программа устройства лесов опирается на все разделы лесоведения и смежный комплекс наук природно-экономического цикла: геоботанику, лесное ландшафтоведение, орографию и геоморфологию поверхности, гидрологию, климатологию, почвоведение, макроэкономику и уровень развития производительных сил, социально-экономические возможности производственно-хозяйственных структур. Такое изучение позволяет раз-