

УДК 630*421:630*5:630*176.321.3

О ВЛИЯНИИ ВЕТРОВАЛА НА СООТНОШЕНИЕ ДИАМЕТРОВ И ВЫСОТ В ДЛИТЕЛЬНО-ПРОИЗВОДНОМ БЕРЕЗНЯКЕ ХВОЩОВО-ВЕЙНИКОВОМ

Ю. М. АЛЕСЕНКОВ – кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник*,
e-mail: 051946@mail.ru

Г. В. АНДРЕЕВ – кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник*,
e-mail: 8061965@mail.ru

С. В. ИВАНЧИКОВ – старший инженер*,
e-mail: 051946@mail.ru

Л. А. БЕЛОВ – кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры лесоводства**,
e-mail: bla1983@yandex.ru

А. И. ЧЕРМНЫХ – кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры лесоводства**

* Учреждение Российской академии наук Ботанический сад УрО РАН,
620144, Россия, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а

** ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37,
тел.: 8 (343) 261-52-88

Ключевые слова: Висимский заповедник, длительно-производный березняк хвощово-вейниковый, соотношение высоты и диаметра.

Охарактеризовано соотношение диаметра и высоты деревьев, изменившееся после ветровала в длительно-производном березняке хвощово-вейниковом. Степень напряжённости конкурентных отношений, а также его устойчивость к воздействию ветра в древостое может быть определена отношением высоты дерева к площади его сечения (или к квадрату диаметра). Исследования проведены в Висимском государственном природном биосферном заповеднике Свердловской области, расположенном в 25 км к западу от г. Кировграда. Согласно лесорастительному районированию исследования проводились на территории Уральской горно-лесной области Среднеуральской провинции в южно-таёжном лесорастительном округе. В результате проведённых исследований для всех тёмнохвойных видов и берёзы младшего поколения более адекватным из существующих уравнений зависимости высоты от диаметра оказалось степенное уравнение, а у берёзы пушистой старшего поколения – гипербола. Подробный анализ использованных уравнений показал, что они с необходимой точностью отображают закономерную связь высоты с диаметром для компонентов насаждения. Вычисленную высоту можно адекватно использовать для определения запаса древостоя по объёмным таблицам, а также уверенно судить по ней о конкурентных взаимоотношениях в древостое разных видов древесных пород. Высота ели, пихты и кедра была больше у послеветровального ельника хвощово-мелкотравного ранее изученного древостоя этого же типа лесорастительных условий. В результате сильного разрушения (90 %) древостоя снизилась относительная полнота и значительно увеличилась освещённость. Это обусловило больший рост кроны по диаметру и соответствующий больший радиальный прирост ствола, чем прирост в высоту. Сильный распад древостоя обусловил меньшую высоту, чем по существующим региональным объёмным таблицам тонкомерных деревьев берёзы послеветровального происхождения и кедра.

ABOUT INFLUENCE OF WINDFALL TO CORRELATION BETWEEN DIAMETER AND HEIGHT IN LONG-TERM SECONDARY HORSE-TAIL AND REED-GRASS BIRCH STAND

YU. M. ALESENKOV – candidate of biology, Senior research scientist*,
e-mail: 051946@mail.ru

G. V. ANDREEV – candidate of agricultural sciences, Senior research scientist*,
e-mail: 8061965@mail.ru

S. V. IVANCHIKOV – senior engineer*,
e-mail: 051946@mail.ru

L. A. BELOV – candidate of agricultural sciences,
assistant professor of forestry chair**,
e-mail: bla1983@yandex.ru

A. I. CHERMNYKH – candidate of agricultural sciences,
assistant professor of forestry chair**

* Botanical garden of Ural branch Russian academy of sciences,
620144, Russia, Yekaterinburg, 8 Marta str., 202a,
phone: +7 (343) 322-56-36

** FSBEI HE «Ural State Forest Engineering University»,
620100, Russia, Yekaterinburg, Sibirian tract, 37,
phone: +7 (343) 261-52-88

Keywords: *Visim reserve, long-term secondary horse-tail and reed-grass birch stand, correlation between height and diameter.*

The relation between diameter and height of trees changed after windfall in long-term secondary horse-tail and reed-grass birch stand had been characterized. The degree of tension of competitions relations, and also its stability to wind influence in stand may be determined with relation tree height to his basal area (or to square of diameter). The investigations had been carried out in Visim state biospherical nature reserve at Sverdlovsk region in 25 km to west from Kirovgrad town. This is Ural mountain-forest region, Middle Ural low-mountainous province, southern taiga district in correspondingly forest grow districting. The most adequate from given equations height diameter relation for all dark coniferous species and birch of young generation was power equation and in trees of old white birch generation hyperbolic equation in results of conducted investigations. The detail analysis of used equation shown, that they with necessary accuracy reflected regular relation height-diameter for forest components. Estimated height one can adequate for determination of stand yield with volume tables and surely judge about of competition correlations of different species forest species in stand. The spruce, fir and cedar height was bigger in post wind-throw horse-tail and small herbs spruce earlier investigated stand this forest site type. The relative density decreased and considerably increased lighting with result of intense destruction (90% by volume). This caused bigger crown diameter growth, than height growth. The intense destruction of stand caused smaller height, than in existence regional volume tables of slender measure young birch trees of post wind-throw generations and cedar.

Введение

Кривая высот (зависимость высот от диаметров) характеризует сбежистость стволов, т. е.

их полнодревесность [1, 2, 3]. В преобразованном виде отношение высоты деревьев к площади сечения деревьев или к ква-

драту их диаметра [4] показывает степень напряжённости конкурентных отношений в древостое, дифференциацию нижнего яруса

древостоя и подроста [5, 6, 7], а также устойчивость древостоя [8, 9, 10, 11].

Эта зависимость также применяется и при определении объёмов древесных стволов по наиболее широко используемым двухвходовым объёмным таблицам (аналогу Баварских объёмных таблиц) – по их диаметру и высоте [1].

Ранее авторами [12] исследовались соотношения диаметров и высот основных лесообразующих пород (берёзы, ели, кедр и пихты) разновозрастного ельника хвощово-мелкотравного, затронутого массовым ветровальном, но без выраженной смены пород.

Для чистых берёзовых насаждений, представляющих собой либо длительно-производные монодоминантные берёзовые древостои лишь со вторым ярусом ели, либо устойчиво-производные березняки до 120-летнего возраста, подобные исследования на Среднем Урале были сделаны ранее [13].

Однако вычисление соотношения высот и диаметров основных лесообразующих пород (берёзы, ели, кедр и пихты) в длительно-производных березняках горного Урала, находящихся на стадиях распада, ранее не проводилось.

Цель данной работы состояла в получении количественных показателей зависимости высот от диаметров в длительно-производном березняке хвощово-мелкотравном, пострадавшем от ветровала и находящемся на стадии естественного распада берёзы,

которые послужат основой вычисления запаса древесины.

Объекты исследования

Объект исследований расположен на территории Висимского государственного природного биосферного заповедника Свердловской области в 25 км к западу от г. Кировграда. Это Уральская горно-лесная область, Среднеуральская низкогорная провинция, южно-таёжный лесорастительный округ [14].

Местоположение и детальная характеристика древостоя и его динамика, а также описание типа лесорастительных условий авторами были даны ранее [15, 16].

Количественные показатели древостоя ППП перечёта 2012 г. показаны в табл. 1, где приведён состав в процентах по запасу и количеству деревьев, средний возраст и его амплитуда A , средняя высота H , средний диаметр D , количество деревьев N , сумма площадей сечений ΣG , полнота P или сомкнутость и запас стволовой древесины M .

Наибольшую долю по запасу (53 %) составляет берёза старшего поколения (Бст) и ель (Е) – (38 %), а менее всего – кедр (К) (1 %). По количеству деревьев преобладает берёза младшего (Бмл) послеветровального происхождения. Ель, кедр и пихта (П) имеют доветровальное происхождение. По существующим лесотаксационным нормативам ($p < 0,3$) по перечётам 2010 и 2012 гг. древостой представляет собой не покрытую лесом площадь – ветровальник.

Методика исследований

В июне 2012 г. был сделан замер высот и диаметров у 29 тонкомерных деревьев берёзы послеветровального поколения и 6 крупномерных деревьев берёзы старшего возраста, 34 деревьев ели, 21 дерева кедр и 25 деревьев пихты. Кедр и пихта представлены тонкомерными деревьями, возникшими из сохранившегося подроста и тонкомера. Всего было сделано 115 замеров высот и диаметров.

Использовались несколько видов уравнений аппроксимации зависимости высот от диаметров ели: прямая линия, парабола (полином) второго порядка, степенное (аллометрическое), логарифмическое уравнения, а также гипербола [17].

Предварительный анализ графиков кривых высот, выполненный в электронных таблицах MS Excel, выявил наиболее адекватные уравнения по коэффициенту детерминации. Уравнения в дальнейшем были проанализированы в программе Statistica v. 6.0: вычислялась значимость коэффициентов уравнений по t -критерию Стьюдента, а также был проведён дисперсионный анализ уравнений. После этого в электронных таблицах MS Excel вычислялись в процентах систематические ошибки, относительные среднеквадратические отклонения, а также точность уравнений. На основе этих расчётов подбирались наиболее адекватные уравнения.

Таблица 1
Table 1

Количественная характеристика растущей части ППП-47
The quantitative characteristic of living stand of simple plot-47

Состав, % Composition, %		Компонент насаждения Planting component	А, лет Age, years	Н, м Height, m	Д, см Diameter, sm	N, экз./га Density, unit/ha	ΣG, м ² /га Total Basal area, m ² /ha	P relative density	M, м ³ /га Volume, Cubic, m ³ /ha
По M Vulume	По N For N of trees								
Перечёт 2010+2012 гг. с прирезкой до 1 га Enumeration of 2010+2012 years with edition to 1 ha									
53	1	Бст (birch of old generation)	208 (202-214)	20,4	35,2	21	2,0446	0,09	17,060
38	17	Е (spruce)	171 (51-237)	7,0	10,6	238	2,1162	0,11	12,217
4	13	П (fir)	55 (43-81)	3,8	5,1	191	0,3968	0,03	1,248
1	3	К (cedar or Siberian pine)	60-70	3,8	6,9	40	0,1407	0,01	0,352
5	66	Бмл (birch of young generation)	10	3,2	2,9	941	0,6149		1,608
		Итого Total				1431	5,3132	0,24	32,485

**Результаты
и их обсуждение**

В табл. 2 приведены характеристики коэффициентов принятых уравнений, в табл. 3 – дисперсионный анализ, в табл. 4 – детальные характеристики уравнений зависимости высот от диаметров, а в табл. 5 – выравненные значения высот ели, берёзы, пихты и кедра.

Для берёзы характерно наличие двух поколений: старшего и молодого послеветровального. Поэтому были составлены разные уравнения для отдельных поколений.

Наиболее адекватной кривой высот старшего поколения берёзы оказалась гипербола:

$$y = a + b/x.$$

Для младшего поколения берёзы, а также ели, кедра и пихты зависимость высот от диаметров наиболее адекватно отображается степенным уравнением, в котором оба коэффициента оказались значимы по *t*-критерию:

$$y = ax^b.$$

Дисперсионный анализ (см. табл. 3) также подтвердил адекватность этого уравнения. Для ели, кедра и пихты зависимость

высоты от диаметра также отображается аллометрическим (степенным) уравнением. Все коэффициенты уравнений оказались значимыми по *t*-критерию Стьюдента. Дисперсионный анализ уравнений подтвердил наибольшую адекватность этого уравнения по сравнению с другими.

По результатам анализа кривых высот (зависимости высот от диаметров) можем сделать вывод, что уравнения для всех лесообразующих видов являются адекватными (см. табл. 4). Наибольший коэффициент детерминации (R^2) уравнений

зависимости высот от диаметров характерен для ели (0,948), а наименьший – для старшего поколения берёзы (0,680). Систематическая ошибка уравнений не превышает $\pm 5\%$. Наименьшей она оказалась в уравнении кривых высот пихты ($-0,2\%$),

а наибольшей ($+0,9\%$) – ели. Наименьшее относительное среднеквадратическое отклонение уравнения кривой высот характерно для берёзы младшего поколения (5,7%), а наибольшее – для уравнения ели (14,7%), что обусловлено её разновоз-

растностью. Точность уравнений находится в пределах 5%, что является достаточным для лесобиологических исследований. Наибольшая точность уравнения характерна для младшего поколения берёзы (1,7%), а наименьшая – для кедра (2,9%).

Таблица 2

Table 2

Характеристика коэффициентов уравнений кривых высот
Characteristics of indexes of equations height diameter relations curves

Коэффициенты уравнения Indexes	Значение Sign	Стандартная ошибка Standard error	t-критерий t-ratio	Значимость Significant level	Нижнее значение Lower level	Верхнее значение Upper level
Берёза старшая уравнение $y = a + b/x$ Birch of old generation equation $y = a + b/x$						
a	24,108	1,933	12,472	0,000	18,741	29,475
b	-136,782	46,932	-2,914	0,043	-267,087	-6,477
Берёза младшая уравнение $y = ax^b$ Birch of young generation equation $y = ax^b$						
a	1,558	0,095	16,424	0,000	1,363	1,752
b	0,688	0,047	14,796	0,000	0,593	0,784
Ель уравнение $y = ax^b$ Spruce equation $y = ax^b$						
a	0,805	0,1245	6,442	0,000	0,550	1,059
b	0,913	0,052	17,617	0,000	0,808	1,019
Пихта уравнение $y = ax^b$ Fir equation $y = ax^b$						
a	1,322	0,158	8,381	0,000	0,995	1,648
b	0,639	0,063	10,105	0,000	0,509	0,770
Кедр уравнение $y = ax^b$ Cedar equation $y = ax^b$						
a	1,189	0,208	5,724	0,000	0,754	1,623
b	0,599	0,088	6,829	0,000	0,415	0,782

Таблица 3

Table 3

Дисперсионный анализ адекватных уравнений кривых высот
Analysis of variance adequate of equations height diameter relations curves

Причина дисперсия Source of Variance	Сумма квадратов отклонений Sum Squares	Число степеней свободы Degree of freedom	Средний квадрат Mean Square	F-критерий F-ratio	Значимость Significant level
Берёза старшая уравнение $y = a + b/x$ Birch of old generation equation $y = a + b/x$					
Регрессия Regression	2113,069	2	1056,535	601,1073	0,000011
Отклонения Residual	7,031	4	1,758		
Общая Total	2120,100	6			
Correct total	21,960	5			
Regr. vc correct total	2113,069	2	1056,535	240,559	0,000011
Берёза младшая уравнение $y = ax^b$ Birch of young generation equation $y = ax^b$					
Регрессия Regression	362,667	2	181,333	2098,328	0,000
Отклонения Residual	2,333	27	0,086		
Общая Total	365,000	29			
Correct total	20,1724	28			
Regr. vc correct total	362,6667	2	181,333	251,697	0,000
Ель уравнение $y = ax^b$ Spruce equation $y = ax^b$					
Регрессия Regression	3117,144	2	1558,572	1176,933	0,000
Отклонения Residual	42,376	32	1,324		
Общая Total	3159,520	34			
Regr. vc correct total	817,260	33			
Regr. vc correct total	3117,144	2	1558,572	62,933	0,000
Пихта уравнение $y = ax^b$ Fir equation $y = ax^b$					
Регрессия Regression	385,944	2	192,972	639,712	0,000
Отклонения Residual	6,9381	23	0,302		
Общая Total	392,882	25			
Regr. vc correct total	38,3136	24			
Regr. vc correct total	385,9444	2	192,972	120,880	0,000

Окончание табл. 3
The end of table 3

Причина дисперсия Source of Variance	Сумма квадратов отклонений Sum Squares	Число степеней свободы Degree of freedom	Средний квадрат Mean Square	F-критерий F-ratio	Значимость Significant level
Кедр уравнение $y = ax^b$ Cedar equation $y = ax^b$					
Регрессия Regression	283,715	2	141,858	584,023	0,000
Отклонения Residual	4,615	19	0,243		
Общая Total	288,330	21			
Regr. vc correct total	18,326	20,000			
Regr. vc correct total	283,715	2,000	141,857	154,818	0,000

Таблица 4
Table 4

Общая характеристика уравнений кривых высот ППП-47
Common characteristics of equations height diameter relations curves

Порода Tree species	Уравнение Equation	Коэффициенты Indexes		R ²	Систем. ошибка, % System Error, %	Среднеквадр. откл., % Relative standard Error, %	Точность уравнения, % Accuracy of equations
		a	b				
Бст Birch old	$y = a + b/x$	24,1	-136,8	0,680	-0,3	6,3	2,6
Бмл Birch young	$y = axb$	1,558	0,688	0,884	+0,2	5,7	1,7
Е Spruce	$y = axb$	0,805	0,913	0,948	+0,9	14,7	2,5
П Fir	$y = axb$	1,322	0,639	0,819	-0,2	14,0	2,8
К Cedar	$y = axb$	1,189	0,599	0,748	+0,3	13,4	2,9

В табл. 5 приведены выравненные значения высот берёзы, ели, кедр и пихты. В ступенях толщины по 6 см включительно у пихты высота больше, чем у ели, а в более крупных (ступень с 7 по 12 см) наоборот. В ступенях толщины до 8 см наибольшие высоты характерны для младшего поколения берёзы, а наименьшие – для кедр. В ступенях тол-

щины с 8 по 12 см наибольшая высота среди тёмнохвойных характерна для ели. Кедр характеризуется наименьшими высотами по сравнению с елью и пихтой в ступенях толщины с 4 по 12 см. Берёза старшего поколения характеризуется большими высотами по сравнению с елью в ступенях толщины с 16 по 32 см включительно, а ель – в более

крупных. Поэтому крупномерные деревья ели менее ветроустойчивые, чем берёза.

По сравнению с тонкомерной берёзой Среднего Урала по объёмным таблицам [13] берёза послеветровального поколения характеризуется меньшими высотами. Возобновление и её рост вначале были затруднены из-за сильного задернения почвы

вейником, следовательно, этими объёмными таблицами пользоваться на данной ППП нельзя.

Высоты старшего поколения берёзы при соответствующих диаметрах занимают промежу-

точное положение между высотами V и VI разрядов объёмных таблиц Н. А. Луганского и Л. А. Лысова [13].

Кедр характеризуется значительно меньшими высотами

по сравнению с таковым по объёмным таблицам Е. П. Смоляногова [18], используемым для лесов горного Урала и Западной Сибири.

Таблица 5

Table 5

Выравненная высота, м – числитель и отношение H/G – знаменатель

Approximated height, m – is upper sign and H/G – ratio is lower sign

Д, см D, cm	Компонент насаждения Planting compo-nent				
	Берёза старшая Old birch	Берёза младшая Young birch	Ель Spruce	Кедр Cedar	Пихта Fir
2		$\frac{2,51}{0,80}$	$\frac{1,52}{0,48}$	$\frac{1,80}{0,57}$	$\frac{2,06}{0,66}$
3		$\frac{3,32}{0,47}$	$\frac{2,20}{0,31}$	$\frac{2,29}{0,32}$	$\frac{2,67}{0,38}$
4		$\frac{4,04}{0,32}$	$\frac{2,85}{0,23}$	$\frac{2,73}{0,22}$	$\frac{3,21}{0,26}$
5		$\frac{4,72}{0,24}$	$\frac{3,50}{0,18}$	$\frac{3,12}{0,16}$	$\frac{3,70}{0,19}$
6		$\frac{5,35}{0,19}$	$\frac{4,13}{0,15}$	$\frac{3,48}{0,12}$	$\frac{4,16}{0,15}$
7		$\frac{5,95}{0,15}$	$\frac{4,76}{0,12}$	$\frac{3,81}{0,10}$	$\frac{4,59}{0,12}$
8		$\frac{6,52}{0,13}$	$\frac{5,38}{0,11}$	$\frac{4,13}{0,08}$	$\frac{5,00}{0,10}$
10	–		$\frac{6,59}{0,08}$	$\frac{4,72}{0,06}$	$\frac{5,76}{0,07}$
12	–		$\frac{7,79}{0,07}$	$\frac{5,26}{0,05}$	$\frac{6,48}{0,06}$
16	$\frac{15,56}{0,08}$		$\frac{10,13}{0,05}$		
20	$\frac{17,27}{0,05}$		$\frac{12,42}{0,04}$		
24	$\frac{18,41}{0,04}$		$\frac{14,67}{0,03}$		
28	$\frac{19,22}{0,03}$		$\frac{16,89}{0,03}$		
32	$\frac{19,83}{0,02}$		$\frac{19,08}{0,02}$		
36	$\frac{20,31}{0,02}$		$\frac{21,25}{0,02}$		
40	$\frac{20,69}{0,02}$		$\frac{23,39}{0,02}$		
44	$\frac{21,00}{0,01}$		$\frac{25,52}{0,02}$		
48	$\frac{21,26}{0,01}$				

Заключение

У всех тёмнохвойных древесных пород и берёзы младшего поколения наиболее адекватным уравнением зависимости высот от диаметров оказалось аллометрическое (степенное) уравнение, а у берёзы пушистой старшего поколения – гипербола.

Анализ использованных уравнений показал, что они с необходимой точностью отображают зависимость высот от диаметров для компонентов насаждения. Вычисленные высоты можно адекватно использовать для определения запаса древостоя

по объёмным таблицам и по ним оценивать состояние конкурентных взаимоотношений видов-доминантов.

Наибольшие высоты в ступенях толщины до 8 см характерны для берёзы младшего поколения, а наименьшие – для кедра.

В ступенях толщины от 20 до 32 см берёза старшего поколения имеет большие высоты, а в более крупных – ель.

По сравнению с ранее полученными данными о высотах этого же типа леса послеветровального ельника хвощово-мелкотравного [12] для изучаемого

насаждения характерны меньшие высоты ели, пихты и кедра. В результате сильного разрушения (90 %) древостоя снижается относительная полнота и значительно увеличивается освещённость. Она обуславливает больший рост кроны по диаметру и соответствующий больший радиальный прирост, чем прирост в высоту.

Работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического сада УрО РАН (номер гос. регистрации ААА-А-17-117072810009-8).

Библиографический список

1. Анучин, Н. П. Лесная таксация : учебник / Н. П. Анучин. Москва : Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.
2. Кофман, Г. Б. Рост и форма деревьев / Г. Б. Кофман. – Новосибирск : Наука, 1986. – 211 с.
3. Войнов, Г. С. Зависимость полнодревесности стволов от их диаметра и высоты / Г. С. Войнов // Лесное хозяйство. – 1975. – № 2. – С. 50–54.
4. Высоцкий, К. К. Закономерности строения смешанных древостоев / К. К. Высоцкий. – Москва : Гослесбумиздат, 1962. – 176 с.
5. Швиденко, А. И. Подрост и нижний ярус древостоя, их отличие и взаимосвязь / А. И. Швиденко // Лесной журнал. – Известия вузов. – 1993. – № 1. – С. 3–5.
6. Козин, Е. К. Что называть подростом / Е. К. Козин // Лесоведение. – 2011. – № 1. – С. 69–72.
7. Обеспеченность подростом кедра сибирского спелых насаждений различных формаций / С. В. Залесов, Л. А. Белов, С. Н. Гаврилов, А. В. Неволин, А. И. Черных // Леса России и хозяйство в них. – 2013. – № 1 (44). С. 17–20.
8. Wang, Y. Relationships between tree slenderness coefficients and tree or stand characteristics for major species in boreal mixedwood forests / Y. Wang, S. Titus, V. M. LeMay // Can. J. of Forest Res. – 1998. – Vol. 28. – № 8. – P. 1171–1183.
9. Демаков, Ю. П. Диагностика устойчивости экосистем : методические и методологические аспекты / Ю. П. Демаков. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2000. – 416 с.
10. Pretzsch, H. Forest dynamics, growth and yield / H. Pretzsch. – Springer-Verlag : Berlin ; Heidelberg, 2009. – 664 p.
11. Кузьмичёв, В. В. Закономерности динамики древостоев : принципы и модели / В. В. Кузьмичёв. – Новосибирск : Наука, 2013. – 208 с.
12. Соотношение высот и диаметров основных лесобразующих пород под воздействием ветровала в Висимском заповеднике / Ю. М. Алесенков, Г. В. Андреев, Е. Г. Поздеев, С. В. Иванчиков // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 2. – С. 75–77.
13. Луганский, Н. А. Березняки Среднего Урала / Н. А. Луганский, Л. А. Лысов. – Свердловск : Изд-во Уральского университета, 1991. – 100 с.

14. Колесников, Б. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области : практическое руководство / Б. П. Колесников, Б. П. Зубарева, Е. П. Смолоногов. – Свердловск : УНЦ АН СССР, 1973. – 176 с.
15. Алесенков, Ю. М. Строение по диаметру длительно-производного березняка хвощово-вейникового после воздействия штормового ветра / Ю. М. Алесенков, Г. В. Андреев, С. В. Иванчиков // Лесная таксация и лесоустройство. – 2014. – № 1 (51). – С. 29–34.
16. Алесенков, Ю. М. Динамика и структура запаса послеветровального длительно-производного березняка хвощово-вейникового / Ю. М. Алесенков, Г. В. Андреев, С. В. Иванчиков // Лесное хозяйство. – 2015. – № 2. – С. 32–35.
17. Свалов, С. Н. Применение статистических методов в лесоводстве / С. Н. Свалов // Итоги науки и техники : Лесоведение и лесоводство. – Москва : ВИНТИ, 1985. – Т. 4. – С. 1–164.
18. Смолоногов, Е. П. Эколого-лесоводственные основы организации и ведения хозяйства в кедровых лесах Урала и Западно-Сибирской равнины / Е. П. Смолоногов, С. В. Залесов. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. – 186 с.

Bibliography

1. Anuchin, N. P. Forest mensurations : hand-book / N. P. Anuchin. – Moscow : Lesn. Prom-st'. – 1982. – 552 p.
2. Kofman, G. B. Growth and tree form / G. B. Kofman. – Novosibirsk : Nauka, 1986. – 211 p.
3. Voynov, G. S. Relation stem full timberless from their diameter and height / G. S. Voynov // Soviet Journal of Forestry. – 1975. – № 2. – P. 50–54.
4. Vysotsky, K. K. Regularity of structure of mixed stands / K. K. Vysotsky. – Moscow : Goslesbumizdat, 1962. – 176 p.
5. Shvidenko, A. I. Seedling and stand lower storey, their distinction and interrelation / A. I. Shvidenko // Forest journal. Bulletin of Universitets. – 1993. – № 1. P. 3–5.
6. Kozin, Ye. K. What call seedling? / Ye. K. Kozin // Russian journal of forest science. – 2011. – № 1. P. 69–72.
7. Supplying of mature growing stocks of aifferent formations nith pinus siberica undergrowth / S. V. Zalesov, L. A. Belov, S. N. Gavrilov, A. V. Nevolin, A. I. Cheremnikh // Forests of Russia and the economy in them. – 2013. – № 1 (44). – P. 17–20.
8. Wang, Y. Relationships between tree slenderness coefficients and tree or stand characteristics for major species in boreal mixedwood forests / Y. Wang, S. Titus, V. M. LeMay // Can. J. of Forest Res. – 1998. – Vol. 28. – № 8. – P. 1171–1183.
9. Demakov, Yu. P. Diagnostics of ecosystem stability: methodical and methodological aspects / Yu. P. Demakov. – Scientific publishing. – Yoshkar-Ola : Mary state technical university, 2000. – 416 p.
10. Pretzsch, H. Forest dynamics, growth and yield / H. Pretzsch. – Springer-Verlag : Berlin ; Heidelberg, 2009. – 664 p.
11. Kuz'michyov, V. V. Regularity of stand dynamics : principles and models / V. V. Kuz'michyov. – Novosibirsk : Science, 2013. – 208 p.
12. The correlation between heights and diameters main forest forming species under wind-throw in Visim reserve / Yu. M. Alesenkov, G. V. Andreev, Ye. G. Pozdeev, S. V. Ivanchikov // Ural agrarian bulletin. – 2009. – № 2. – P. 75–77.
13. Lugansky, N. A. Birch forests of Middle Ural / N. A. Lugansky, L. A. Lysov. – Sverdlovsk : Ural State publishing, 1991. – 100 p.
14. Kolesnikov, B. P. Forest site and forest types of Sverdlovsk region : manual book / B. P. Kolesnikov, R. S. Zubareva, Ye. P. Smolonogov. – Sverdlovsk : USTs. USSR, 1973. – 176 p.

15. Alesenkov, Yu. M. Diameter structure of long-term secondary horse-tail and reed grass birch stand after Storm Wind Influence / Yu. M. Alesenkov, G. V. Andreev, S. V. Ivanchikov // Forest inventory and forest planning. – 2014. – № 1 (51). P. 29–34.
16. Alesenkov, Yu. M. Dynamics and structure of yield of post wind-throw long-term secondary horse-tail and reed grass birch stand / Yu. M. Alesenkov, G. V. Andreev, S. V. Ivanchikov // Russian journal of forestry. – 2015. – № 2. – P. 32–35.
17. Svalov S. N. Using of statistical methods in forestry / S. N. Svalov // Results of science and techniques: forest science and forestry. – Moscow : VINITI, 1985. – Vol. 4. – P. 1–164.
18. Smolonogov, Ye. P. Ecological-forestry foundations of organization and conduction in Siberian pine forests at Ural and West-Siberian plane / Ye. P. Smolonogov, S. V. Zalesov. – Yekaterinburg : Ural state forest-engineering university, 2002. – 186 p.

УДК 582.475.2: 581.522.68

РОСТ И РАЗВИТИЕ ВИДОВ ACER (ACERACEAE), ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В ТАЕЖНУЮ ЗОНУ (КАРЕЛИЯ)

И. Т. КИЩЕНКО – доктор биологических наук,
профессор кафедры ботаники и физиологии растений,
Петрозаводский государственный университет
185640, Карелия, Петрозаводск, пр. Ленина 33,
тел.: (814 2) 78-51-40, факс: (814 2) 71-10-00,
e-mail: ivanki@karelia.ru

Ключевые слова: *рост, развитие, интродукция, Асер.*

Исследования проводили в 1978–2017 гг. в ботаническом саду Петрозаводского государственного университета (подзона средней тайги). Изучали рост и развитие 6 интродуцированных видов рода *Acer*: *A. ginnala* Maxim., *A. semenovii* Regel. et Herd., *A. negundo* L., *A. tataricum* L., *A. platanoides* L. и *A. pseudoplatanus* L. Исследованиями установлено, что рост листьев у изученных видов *Acer* начинается в конце мая, а побегов – в первой половине июня. При этом различия между видами не превышают 3–4 сут. Время прекращения роста побегов и листьев у разных видов *Acer* отличается не более чем на 3–7 сут и наблюдается во второй половине июля. Благодаря максимальной интенсивности ростовых процессов наибольшая площадь листовой пластинки формируется у *A. pseudoplatanus* и у *A. platanoides*. Сроки начала и кульминации прироста побегов и листьев определяются в основном температурой воздуха, в связи с чем они могут испытывать погодичную изменчивость в пределах 1–3 недель. Между интенсивностью прироста побегов и листьев, с одной стороны, и динамикой температуры и влажности воздуха, атмосферных осадков и солнечной радиации, с другой стороны, обычно прослеживается положительная и довольно заметная зависимость. Установлены группы растений в зависимости от сроков прохождения фенофаз: поздно начинающие и рано заканчивающие развитие (*A. platanoides*), рано начинающие и рано заканчивающие (*A. negundo*), поздно начинающие и поздно заканчивающие развитие (остальные 4 вида). Сроки наступления большей части фенофаз у изученных видов *Acer* в значительной мере зависят от температуры и влажности воздуха, а также солнечной радиации. Зависимость между сроками наступления фенофаз и изучаемыми климатическими факторами носит прямолинейный характер, а ее форма и сила определяются биологией