

УДК 630*52УДК 630*524.634: 630*524.1: 630*181.351: 519.876

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНОГО СБЕГА КОМЛЯ
У МНОЖЕСТВА БЕРЕЗ НА СКЛОНЕ ОВРАГА****Мазуркин П.М., Алгасова М.А.***Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола,
e-mail: kaf_po@mail.ru*

Цель исследования – изучение формы комля деревьев, растущих в овраге, для выявления закономерностей взаимодействия между древесными растениями и склоном. Относительный сбег комля дерева от сечения на высоте комля до высоты 1,3 м над корневой шейкой дерева оказался наиболее актуальным для экологической таксации деревьев. Этот показатель оказался наиболее значимым по сравнению с коэффициентом закомелистости. Это позволит обратить внимание на отношение периметра в основании комля к периметру ствола дерева на высоте 1,3 м. В итоге экологическая таксация деревьев коренным образом отличается от технической таксации стволов на кругляк. Доказана волновая теория влияния параметров комля на параметры дерева и его кроны. Анализ амплитудно-частотной характеристики колебаний формы комля у множества берез позволяет проводить по ходу развития и роста деревьев экологический мониторинг.

Ключевые слова: березы, комель, относительный сбег, закономерности, мониторинг**LAWS RELATIVE ESCAPE COMLEY AND THE MULTITUDE OF BIRCH
ON THE SLOPES OF RAVINES****Mazurkin P.M., Algasova M.A.***Volga State University of Technology, Yoshcar-Ola, e-mail: kaf_po@mail.ru*

The purpose of research – the study of shape butt trees in the ravine for identifying patterns of interactions between woody plants and slope. Relative runout from the butt of the tree at the height of the butt section to a height of 1.3 m above the neck of the root of the tree was the most relevant for environmental taxation tree-s. This figure was more than *znachimymym* factor *Zach-listosti*. This will draw attention to the ratio of the perimeter of the base of the butt to the perimeter of the tree trunk at a height of 1.3 meters a result ecological taxation trees indigenous manner different from the technical inventory trunks on round timber. Proof of the wave theory of the influence of parameters on the parameters of the butt end of the tree and its blood-HN. The analysis of the amplitude-frequency characteristics of shape butt in many birches allows during the development and growth of trees environmental monitoring.

Keywords: birch, butt, relative runout, patterns, monitoring

Для снижения линейной эрозии почвы оврагами применяют растения. Цель исследования – изучение формы комля деревьев, растущих в овраге, для выявления закономерностей взаимодействия между древесными растениями и склоном. Объектами исследования были выбраны березы на склоне лесного оврага около деревни Ямолино Горномарийского района Республики Марий Эл. Эксперименты проведены летом 2011 года (табл. 1) на 30 березах.

В табл. 1 были приняты следующие условные обозначения: $P_{1,3}$, $D_{1,3}$ – диаметр и периметр ствола березы на высоте 1,3 м от корневой шейки, см; $P_{кш}$ – периметр сечения ствола на корневой шейке, см; P_h – периметр комля березы в сечении над точкой пересечения поверхности почвы с вертикальной осевой ли-

нией комля дерева, см; h – высота комля от корневой шейки до центральной точки пересечения поверхности почвы с вертикальной осевой линией комля дерева, см; H , $H_{кр}$ – высоты дерева и кроны, измеренные эклиметром, м; $P_{1,3} / D_{1,3}$ – коэффициент формы поперечного сечения ствола дерева на высоте 1,3 м; $P_{кш} / P_{1,3}$ – относительный сбег поперечного сечения ствола дерева от корневой шейки до стандартной высоты 1,3 м, то есть коэффициент закомелистости ствола дерева; $P_h / P_{1,3}$ – относительный сбег комля дерева от сечения на высоте комля до стандартной высоты.

Ранее нами была доказана [1-5] волновая теория развития и роста деревьев. Поэтому проведена идентификация общей биотехнической закономерности

$$Y = \sum_{i=1}^m Y_i, Y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}) - a_{8i}), \quad (1)$$

где Y – показатель, в нашем примере любой из трех отношений между периметрами сечений комля и ствола дерева, i – номер члена общей формулы (1), m – количество составляющих общей формулы, шт., x – любой из семи влияющих переменных дерева

и комля березы, $a_1 \dots a_8$ – параметры одного члена формулы (1), физически представляемого как асимметричный вейвлет-сигнал с переменными амплитудой и частотой колебательного возмущения совокупности (популяции) из 29 берез.

Таблица 1

Параметры деревьев и периметры сечения комля с их отношениями

№ п/п	$D_{1.3}$, см	h , см	h_{max} , см	$H_{кр}$, м	H , м	Периметр сечения, см			$P_{1.3} / D_{1.3}$	$P_{кш} / P_{1.3}$	$P_h / P_{1.3}$
						$P_{1.3}$	$P_{кш}$	$0,5 P_h$			
1	20	81	70	20	25	85	87	70	4,25	1,024	1,647
2	20	64	66	15	24	90	95	81	4,50	1,056	1,800
3	15	60	69	13	19	70	75	90	4,67	1,071	2,571
4	18	35	50	17	24	70	80	70	3,89	1,143	2,000
5	20	36	40	19	25	74	79	60	3,70	1,068	1,622
7	20	40	70	16	20	87	90	57	4,35	1,034	1,310
8	25	48	80	10	16	75	85	58	3,00	1,133	1,547
9	20	36	90	12	20	61	71	45	3,05	1,164	1,475
10	35	40	115	14	25	88	110	70	2,51	1,250	1,591
11	20	40	120	9	18	56	72	51	2,80	1,286	1,821
12	24	41	115	8	15	65	67	43	2,71	1,031	1,323
13	20	35	120	10	20	53	81	51	2,65	1,528	1,925
14	20	45	117	15	19	62	75	49	3,10	1,210	1,581
15	27	38	130	10	18	91	110	75	3,37	1,209	1,648
16	28	45	115	7	15	85	101	67	3,04	1,188	1,576
17	25	40	120	9	15	69	83	53	2,76	1,203	1,536
18	25	45	105	8	14	76	98	58	3,04	1,289	1,526
19	42	40	105	6	16	122	140	94	2,90	1,148	1,541
20	42	43	107	6	15	114	135	88	2,71	1,184	1,544
21	25	50	105	8	15	88	100	63	3,52	1,136	1,432
22	25	51	104	8	16	90	96	56	3,60	1,067	1,244
23	22	60	100	6	16	77	85	54	3,50	1,104	1,403
24	20	65	100	7	15	75	76	51	3,75	1,013	1,360
25	25	71	102	6	16	88	91	61	3,52	1,034	1,386
26	22	65	103	8	17	75	80	50	3,41	1,067	1,333
27	25	55	102	8	20	80	90	59	3,20	1,125	1,475
28	20	70	103	8	20	90	108	64	4,50	1,200	1,422
29	25	62	105	10	20	75	84	54	3,00	1,120	1,440
30	25	63	103	9	20	76	81	55	3,04	1,066	1,447

Примечание. Дерево № 6 исключено из-за резкого отклонения угла местного склона.

Данные идентификации модели (1) представлены в табл. 2. При этом волновыми оказались три закономерности или

300 / 21 = 14,29%. Их коэффициенты корреляции выделены крупным полужирным шрифтом.

Таблица 2

Факторный анализ влияния параметров берез на отношения между периметрами по детерминированным и волновым биотехническим закономерностям

Параметр дерева (влияющий фактор x)	Относительные параметры комля			Сумма коэфф. корр.	Место I_x
	$P_{1.3} / D_{1.3}$	$P_{кш} / P_{1.3}$	$P_h / P_{1.3}$		
Угол местного склона φ , град	0,092	0,200	0,288	0,5800	7
Диаметр ствола $D_{1.3}$, см	0,661	0,134	0,8474	1,6424	4
Периметр ствола $P_{1.3}$, см	0,479	0,7380	0,7555	1,9725	2
Высота комля h , м	0,576	0,517	0,335	1,4280	5
Макс. высота комля h_{max} , м	0,8441	0,597	0,9110	2,3521	1
Высота дерева березы H , м	0,360	0,131	0,371	0,8620	6
Высота кроны березы $H_{кр}$, м	0,486	0,461	0,8919	1,8389	3
Сумма коэфф. корреляции	3,4981	2,7780	4,3998	10,6759	—
Место I_x	2	3	1	—	0,5084

С учетом принципа колебательной адаптации деревьев к условиям места своего произрастания на первое место среди параметров деревьев снова встала максимальная высота комля березы. На втором месте оказался периметр на стандартной высоте от корневой шейки, на третьем – высота кроны березы и только на четвертом – диаметр ствола на стандартной высоте. Коэффициент коррелятивной вариации равен 0,5084, из-за волнового влияния максимальной высоты комля, высоты кроны и периметра на высоте 1,3 м на комель, он повысился на 100 $(0,5084 - 0,4480) / 0,4480 = 13,48\%$.

Относительный сбег комля дерева от сечения на высоте комля до стандартной высоты над корневой шейкой дерева оказался наиболее актуальным для экологической таксации деревьев. Этот показатель наиболее значимый по сравнению с коэффициентом закомелости, хорошо известным в условиях технологий заготовки кругляка.

Это позволит в будущем обратить особое внимание на соотношение периметра в основании комля к периметру ствола дерева на стандартной высоте 1,3 м.

Таким образом, экологическая таксация деревьев коренным образом отличается от технической таксации стволов на древесину в виде кругляка. При этом модель (1) может быть доведена при моделировании по остаткам от предыдущих волновых составляющих даже ниже погрешности измерений.

Далее из табл. 2 выделим закономерности с убывающими значениями коэффициента корреляции, то есть, выполним ранжирование полученных биотехнических закономерностей по ухудшению их адекватности. В табл/ 3 оставлены только сильные связи, то есть закономерности с коэффициентами корреляции свыше 0,7. В итоге доля сильных факторных связей оказалось равной $100 \times 6 / 21 = 28,57$.

Таблица 3

Сильные факторные связи
влияния параметров берез

Параметр дерева (влияющий фактор x)	Относительные параметры комля		
	$P_{1,3} / D_{1,3}$	$P_{кш} / P_{1,3}$	$P_h / P_{1,3}$
Диаметр ствола $D_{1,3}$, см			0,8474
Периметр ствола $P_{1,3}$, см		0,7380	0,7555
Максимальная высота комля h_{\max} , м	0,8441		0,9110
Высота кроны березы $H_{кр}$, м			0,8919

Из семи параметров деревьев березы три (угол местного склона, высота комля, высота дерева) выпадают при уровне адекватности с коэффициентом корреляции выше 0,7.

В итоге остаются только шесть закономерностей по четырем параметрам комля и кроны дерева, которые приведем полностью в табл. 4 по убыванию их адекватности.

Высокий уровень адекватности отношений между периметрами комля позволяет провести сравнение влияния параметров ствола дерева на стандартной высоте 1,3 м (табл. 5).

Коэффициент коррелятивной вариации для всего множества влияния из двух влияющих переменных на четыре показателя равен $3,866 / 8 = 0,4833$.

По сравнению со стандартным диаметром коэффициент формы становится намного лучшим влияющим параметром. Среди показателей первое место снова занимает максимальная высота комля.

В табл. 6 даны результаты анализа коэффициентов корреляций с учетом дополнительных волновых составляющих.

Таблица 4

Параметры общего уравнения (2) для сильных факторных связей

Но- мер <i>i</i>	Вейвлет-сигнал $Y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$							
	амплитуда колебания				полупериод колебания			сдвиг
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}
Максимальная высота комля h_{\max} на $P_h / P_{1,3}$ с коэффициентом корреляции 0,9110								
1	1,80620	0	-8,58792e-5	1	0	0	0	0
2	-9,75672e-54	34,73983	0,35371	1	0	0	0	0
3	8,84959e-89	71,27566	1,42023	1	1,29813	0,0038235	1	0,22545
Высота кроны березы $H_{кр}$ на $P_h / P_{1,3}$ с коэффициентом корреляции 0,8919								
1	8,91974	0	-5,48964e-5	6,46312	0	0	0	0
2	-1,71990e-6	0	-8,17729	0,43973	0,93745	-0,048925	0,98417	-5,01177
3	1,49204e+8	0	13,83528	0,23748	0,99620	-0,11600	1,10929	-1,36516
Диаметр ствола $D_{1,3}$ на показатель $P_h / P_{1,3}$ с коэффициентом корреляции 0,8474								
1	9,06978	0	0,0037334	1,58273	0	0	0	0
2	-0,0073842	3,43853	0,19645	1	0	0	0	0
Максимальная высота комля h_{\max} на $P_{1,3} / D_{1,3}$ с коэффициентом корреляции 0,8441								
1	4,35037	0	5,40734e-6	2,35407	0	0	0	0
2	5,55645e-6	4,04396	0,13465	0,86930	25,90229	-0,088358	0,91596	2,90565
Периметр ствола $P_{1,3}$ на $P_h / P_{1,3}$ с коэффициентом корреляции 0,7555								
1	940,9350	0	5,44516	0,036023	0	0	0	0
2	3,28134e-60	39,75030	0,18160	1,22261	19,83704	-0,14275	0,95509	0,60761
Периметр ствола $P_{1,3}$ на $P_{\text{сум}} / P_{1,3}$ с коэффициентом корреляции 0,7380								
1	22,73593	0	0,017521	0,99998	0	0	0	0
2	-0,39722	1,24880	0,038078	0,99998	0	0	0	0

Таблица 5

Факторный анализ влияния параметров сечения на стандартной высоте 1,3 м по детерминированным биотехническим закономерностям

Параметр дерева (влияющий фактор x)	Параметры комля и дерева				Сумма ко- эфф. корр.	Место I_x
	H , м	$H_{кр}$, м	h , см	h_{\max} , см		
Диаметр ствола $D_{1,3}$, см	0,238	0,501	0,356	0,580	1,675	2
Коэффициент формы $P_{1,3} / D_{1,3}$	0,573	0,439	0,526	0,653	2,191	1
Сумма коэффициента корреляции	0,811	0,940	0,882	1,233	3,866	–
Место I_y параметров модели	4	2	3	1	–	0,4833

Таблица 6

Факторный анализ влияния параметров сечения на стандартной высоте 1,3 м по детерминированным и волновым биотехническим закономерностям

Параметр дерева (влияющий фактор x)	Параметры комля и дерева				Сумма коэфф. корр.	Место I_x
	H , м	$H_{кр}$, м	h , см	h_{\max} , см		
Диаметр ствола $D_{1,3}$, см	0,8400	0,681	0,356	0,580	2,457	2
Коэффициент формы $P_{1,3} / D_{1,3}$	0,8920	0,7738	0,9097	0,9301	3,5056	1
Сумма коэффициента корреляции	1,732	1,4548	1,2657	1,5101	5,9626	–
Место I_y параметров модели	1	3	4	2	–	0,7453

Учет колебательной адаптации деревьев (рис. 1-5) к условиям места произрастания позволил выйти на первое место полной высоте дерева березы. На втором месте оказалась максимальная высота комля дерева.

Коэффициент коррелятивной вариации стал равным 0,7453, из-за волнового влияния диаметра ствола и коэффициента формы сечения ствола на стандартной высоте, и повысился на $100(0,7453 - 0,4833) / 0,4833 = 54,21\%$.

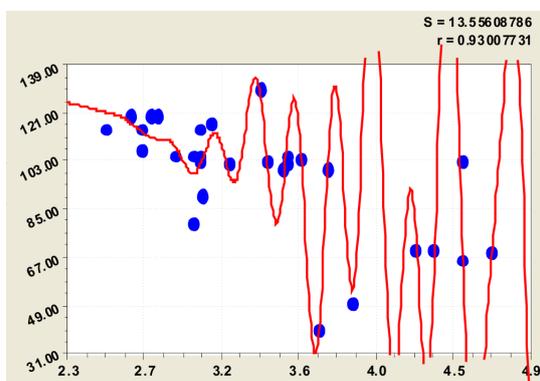


Рис. 1. Влияние коэффициента формы $P_{1.3}/D_{1.3}$ на максимальную высоту комля h_{max}

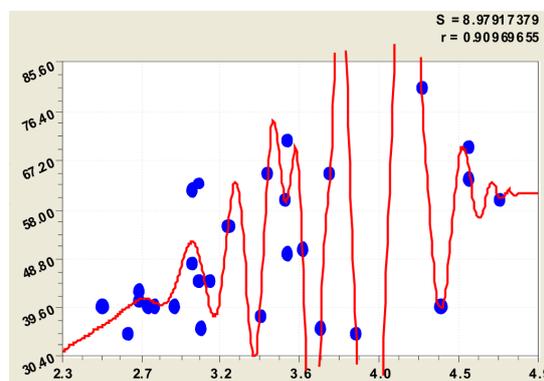


Рис. 2. График влияния коэффициента формы $P_{1.3}/D_{1.3}$ на высоту комля h

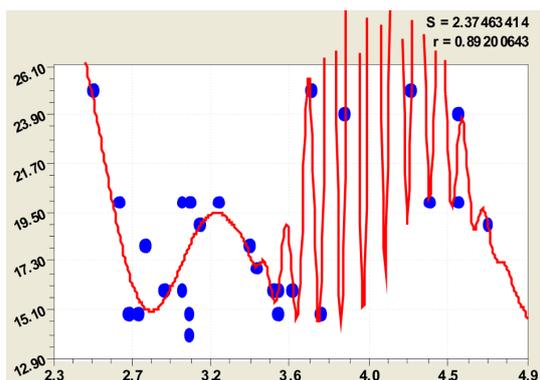


Рис. 3. Влияние коэффициента формы $P_{1.3}/D_{1.3}$ на высоту дерева березы H

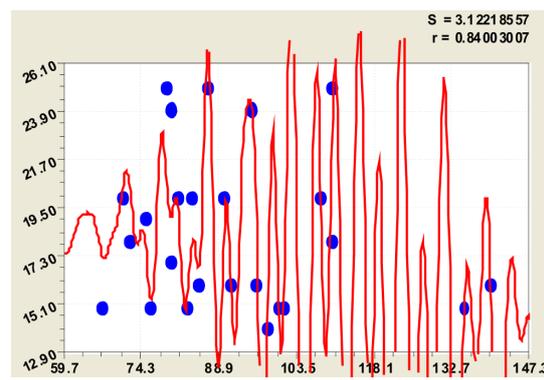


Рис. 4. График влияния диаметра ствола $D_{1.3}$ на высоту дерева березы H

Из табл. 6 выделим закономерности с убывающим коэффициентом корреляции, то есть по ухудшению их адекватности.

В табл. 7 оставлены только сильные связи. Доля сильных факторных связей стало $100 \cdot 5 / 8 = 68,50\%$.

Таблица 7

Сильные факторные связи параметров сечения на стандартной высоте 1,3 м по детерминированным и волновым биотехническим закономерностям

Параметр дерева (влияющий фактор x)	Параметры комля и дерева			
	H , м	$H_{кр}$, м	h , см	h_{max} , см
Диаметр ствола $D_{1.3}$, см	0,8400			
Коэффициент формы $P_{1.3}/D_{1.3}$	0,8920	0,7738	0,9097	0,9301

На первом месте находится закономерность $h_{\max} = f(P_{1,3}/D_{1,3})$, а на втором функция $h = f(P_{1,3}/D_{1,3})$. Таким образом, коэффициент формы поперечного сечения ствола на стандартной высоте 1,3 м оказывает решающее влияние на максимальную высоту комля (при условии $\varphi > 0$) и затем на высоту комля берез (при условии $\varphi = 0$).

На третьем рейтинговом месте коэффициент формы оказывает влияние и на фор-

мирование всей надземной части дерева по общей высоте.

При уровне адекватности с коэффициентом корреляции выше 0,7 в табл. 7 остаются оба влияющих параметра дерева, но диаметр на стандартной высоте влияет только на полную высоту дерева. В итоге из восьми закономерностей остаются пять, которые приведены полностью в табл. 8 по убыванию адекватности.

Таблица 8

Параметры общего уравнения (1) для сильных факторных связей влияния диаметра и коэффициента формы ствола на стандартной высоте 1,3 м

Но- мер <i>i</i>	Вейвлет-сигнал $Y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$							
	амплитуда колебания				полупериод колебания			сдвиг
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}
Коэффициент формы $P_{1,3}/D_{1,3}$ на максимальную высоту комля h_{\max} (рис. 1)								
1	167,65755	0	0,099983	1,33047	0	0	0	0
2	0,016041	67,71901	29,27401	0,77473	0,14232	5,02119	-2,96388	-0,61587
3	20336,907	7,42635	15,01560	0,073602	1,39193	-0,23902	0,88352	2,52136
Коэффициент формы $P_{1,3}/D_{1,3}$ на высоту комля h (рис. 2)								
1	2652,8874	5,79409	6,38210	0,44653	0	0	0	0
2	4,58053e-87	377,86855	65,76463	1,14395	5,21922	-0,72290	1,21063	-0,60166
3	4,21333e-42	239,24332	51,89650	1,08254	0,23520	-0,0028716	1,82198	-3,57386
4	5,74275e-12	111,75668	30,59882	1,03153	0,87614	0,17356	1,00746	-4,84928
Коэффициент формы $P_{1,3}/D_{1,3}$ на высоту дерева березы H (рис. 3)								
1	24133,357	0	5,83779	0,19680	0	0	0	0
2	9,51271e-20	109,0689	25,99205	1,00336	0	0	0	0
3	5,45473e+8	0	17,35481	0,076464	0,35115	0,022079	0,52284	0,59742
4	-2,07797e-50	297,4083	73,76188	1	0,060540	0	0	-0,42147
Диаметр ствола $D_{1,3}$ на высоту дерева березы H (рис. 4)								
1	6,93409	6,58071	9,72882	0,23993	0	0	0	0
2	6,75341e-20	11,97477	0,051590	1,12965	4,64797	-0,11216	0,39078	5,00726
3	4,78876e-92	60,41803	0,67147	1,00034	1,85807	-0,0025213	0,95920	-0,21444
4	5,51666e-42	23,49744	0,0056824	1,64940	2,03561	0	0	-4,73658
Коэффициент формы $P_{1,3}/D_{1,3}$ на высоту кроны березы $H_{кр}$ (рис. 5)								
1	8,91974	0	-5,48964e-5	6,46312	0	0	0	0
2	-1,71990e-6	0	-8,17729	0,43973	0,93745	-0,048925	0,98417	-5,01177
3	1,49204e+8	0	13,83528	0,23748	0,99620	-0,11600	1,10929	-1,36516

Волновая теория развития и роста деревьев березы вполне доказана.

Это утверждение исходит также и из того, что по четвертой зависимости из-

вестная в лесной таксации показательная закономерность влияния диаметра на высоту (так называемая кривая высот) вида

$$H = 1,71769D_{1,3}^{7,61421} \exp(-10,82218D_{1,3}^{0,23993}), \quad (2)$$

дает по биотехническому закону коэффициент корреляции всего 0,288.

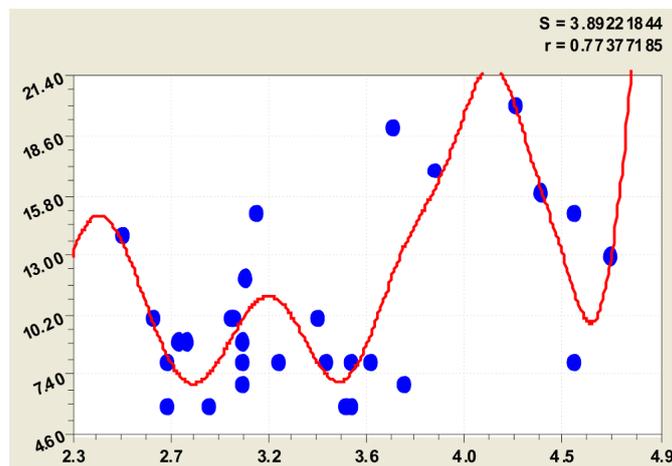


Рис. 5. График влияния коэффициента формы $P_{1,3}/D_{1,3}$ на высоту кроны березы $H_{кр}$

По детерминированной формуле (2) получается, что для 29 берез, из-за коэффициента корреляции 0,288 меньшем уровня 0,3, по современным представлениям математической статистики факторная связь отсутствует. поэтому таксаторы стараются

подбирать пробные площади с высококачественными по форме хвойными деревьями. Измерять сложные формы они не могут.

Дополнением формулы (2) тремя волновыми составляющими колебательного возмущения получена модель вида

$$H = H_1 + H_2 + H_3 + H_4, \quad (3)$$

$$H_1 = 6,93409D_{1,3}^{6,58071} \exp(-9,72882D_{1,3}^{0,23993}),$$

$$H_2 = A_1 \cos(\pi D_{1,3} / p_1 - 5,00726),$$

$$A_1 = 6,75341 \cdot 10^{-20} D_{1,3}^{11,97477} \exp(-0,051590D_{1,3}^{1,12965}),$$

$$p_1 = 4,64797 - 0,11216D_{1,3}^{0,39078},$$

$$H_3 = A_2 \cos(\pi D_{1,3} / p_2 + 0,21444),$$

$$A_2 = 4,78876 \cdot 10^{-92} D_{1,3}^{60,41803} \exp(-0,67147D_{1,3}^{1,00034}),$$

$$p_2 = 1,85807 - 0,0025213D_{1,3}^{0,955920},$$

$$H_4 = A_3 \cos(\pi D_{1,3} / p_3 + 4,73658),$$

$$A_3 = 5,51666 \cdot 10^{-42} D_{1,3}^{23,49774} \exp(-0,0056824D_{1,3}^{1,64940}),$$

$$p_3 = 2,03561,$$

у которой коэффициент корреляции достигает 0,8400.

Сравнение показывает, что матричная запись формулы (3) в табл. 8 гораздо компактнее. Но формула (3) нагляднее по отдельным математическим конструктам.

Таким образом, предлагаемое техническое решение основано на результатах фундаментальных исследований влияния параметров деревьев на их относительные показатели по отношениям периметров сечений ствола и комля.

При этом измерения по предлагаемому способу половины сечения комля на полной его высоте просты и наглядны в исполнении.

Кроме того, доказана волновая теория влияния параметров комля на параметры дерева и его кроны. Анализ амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) колебательных возмущений формы комля у множества берез из одной популяции растущих учетных деревьев, причем без их разрушения, позволяет проводить по ходу развития и роста деревьев проводить экологический мониторинг определить закономерности поведения всей популяции.

Поэтому предлагаемый способ может быть применен в индикации не только лесных деревьев, но и фитоиндикации неровных мест произрастания древесных растений, в частности, на склонах оврагов, прирусловых, центральных и притеррасных пойм и берегов водных объектов с безрыжками.

Список литературы

1. Мазуркин П.М. Лесоаграрная Россия и мировая динамика лесопользования. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 334 с.
2. Мазуркин П.М. Лесная аренда и рациональное лесопользование. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 524 с.
3. Мазуркин П.М. Дендрометрия. Статистическое древоведение: учеб. пос. Часть 1. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. 308с.
4. Пат. 2254704 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 23/00, 23/02, G 01 N/46. Способ анализа комлевой части растущего дерева / Мазуркин П.М., Михайлова Т.Ф. (РФ); заявитель и патентообладатель Марийск. гос. тех. ун-т. – №2004105917/12; заявл. 27.02.04; опубл. 27.06.05, Бюл. № 18.
5. Пат. 2416193 Российская Федерация, МПК А 01 G 23 / 00 (2006.01). Способ проведения измерений для определения профиля лесного оврага / Мазуркин П.М., Колесников И.П. (РФ); заявитель и патентообладатель МарГТУ. 2009133871/21; заявл. 09.09.2009; опубл. 20.04.2011. 4.634: 630*524.1: 630*181.351: 519.876