

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

СПОСОБ АНАЛИЗА ФОРМЫ КОМЛЯ ДЕРЕВА**Мазуркин П.М., Алгасова М.А.***Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола,
e-mail: kaf_po@mail.ru*

Научно-техническое решение относится к дендрометрии при изучении относительно-го сбег комля в ходе роста и развития деревьев, преимущественно берез. Технический результат – расширение функциональных возможностей анализа по относительноному сбегу комлевой части деревьев, произрастающих на склоне оврага или холма, а также повышение точности измерений березы ниже корневой шейки, начиная от стандарт-ной высоты ствола в 1,3 м над корневой шейкой дерева до поверхности склона оврага. Береза обладает замечательным свойством стать древесным растением для дендро-экологического мониторинга из-за произрастания на нарушенных человеком земельных участках, подверженных ветровой и водной эрозии, и предотвращает развитие овражной сети. Отношения между периметрами сечений на разных уровнях по высоте комля показали наибольшую тесноту факторной связи между собой и от диаметра на высоте 1,3 м.

Ключевые слова: береза, комель, относительный сбеги, закономерности**METHOD OF ANALYSIS OF RELATIVE ESCAPE COMLEY BIRCH
ON THE SLOPES OF RAVINES****Mazurkin P.M., Algasova M.A.***Volga State University of Technology, Yoshcar-Ola, Russia, e-mail: kaf_po@mail.ru*

Scientific and technical solution dendrometrii refers to the study of the relative run-out butt during the growth and development of trees, mainly birch. Technical result - enhanced functionality analysis of the relative run away the butt of trees on the slope of a hill or ravine, and increase accuracy of birch below the root collar, ranging from the standard height of the trunk at 1.3 m above the tree to the root neck surface slope gully. Birch has the remarkable property become woody plants for dendro-ecological monitoring of growth due to a disturbed man-land teaching stkah exposed to wind and water erosion, and pre-vents the development of gully network. The relationship between the perimeters of sections at different levels of height butt was shown by the greatest factor closeness between themselves and the diameter at 1.3 m.

Keywords: birch, butt, relative runout, patterns

Научно-техническое решение относится к дендрометрии при изучении роста и развития комля деревьев, преимущественно берез, и может быть использовано при фитоиндикации территорий и разработке мероприятий по защите земельных участков от водной эрозии, экологических и климатических технологий, а также в дендроэкологическом мониторинге за развитием овражной сети и рационализации землепользования с учетом изменений формы комля растущих, в частности, березовых деревьев.

Известен способ анализа комля древесного ствола по патенту № 2254707 [4], включающий разметку ствола на секции кратной или некратной длины в зависимости от расположения неровностей ствола с измерением соответствующих расстояний от корневой шейки, секции некратной длины размечают на неровностях комлевой части ствола, по крайней мере, дважды в трех точках неровности, а измерения вдоль и поперек ствола по секциям выполняют гибкой мерной лентой, причем поперек ствола измеряют периметр сечения ствола.

Недостатком является то, что измерения выполняют у деревьев выше корневой шейки ствола. Поэтому известный способ не позволяет учитывать влияние периметров

комля ниже корневой шейки деревьев. При чем березы могут произрастать на склоне оврага, сильно изменяя высоту корневой шейки от точки склона по середине ствола.

Известен также способ анализа комля растущего дерева для определения поперечного профиля оврага по патенту № 2416193 РФ [5], характеризующийся тем, что поперек оврага выбирают пробную полосу леса с расположенными вдоль нее деревьями, измеряют расстояния и общий угол склона в поперечном сечении оврага между серединами диаметров корневой шейки смежных вдоль пробной полосы деревьев.

Недостатком также является отсутствие измерений периметров комля дерева ниже корневой шейки, что не позволяет изучать влияние склона оврага или холма на комлевую часть, начиная на высоте 1,3 м над корневой шейкой до поверхности почвы на склоне. Кроме того, в дендрометрии до сих пор не выделены те лимитирующие факторы комля, которые влияют на параметры места произрастания дерева. Березы мало исследованы, хотя они являются великолепными растениями для климатических технологий.

Технический результат – расширение функциональных возможностей анализа формы комля деревьев, прежде всего берез,

произрастающих на ровной местности или же на склоне оврага (холма), а также повышение точности измерений ниже корневой шейки, начиная от стандартной высоты ствола в 1,3 м над корневой шейкой дерева до поверхности почвы.

Сущность технического решения заключается в том, что наиболее часто на склонах оврагов в лесостепной зоне России произрастают березы естественного происхождения. Они закрепляют овраги от водной эрозии, и происходит симбиоз между березняком и почвой на склоне оврага: березы своими корнями защищают почву от смыва, а почва наращивает свою плодородие, позволяя расти березам продуктивно без потери питательных веществ.

Сущность технического решения заключается также в том, что факторный анализ множества измеренных параметров комля у берез показал наибольшую тесноту связи изменения формы комля по боковой линии от поперечного сечения комля на поверхности почвы до стандартной высоты 1,3 м. При этом форма комля характеризуется уравнением экспоненциальной гибели (спада) с постоянным членом, а значения параметров математической модели зависят в основном от максимальной высоты комля на нижней стороне склона оврага или холма. Такая модель выявлена впервые.

Положительный эффект достигается тем, что выявление среднестатистической (математической) закономерности боковой линии формы комля по множеству произрастания деревьев на пробной площади, заложенной на склоне оврага или холма, а также на ровной местности, в зависимости от максимальной высоты комля, начиная от корневой шейки до самой нижней точки комля на нижней стороне березы по склону, позволяет проводить экологический мониторинг за состоянием и развитием самого оврага на участке с изучаемым березняком. Это позволяет следить за укрепле-

нием склонов оврагов и холмов от водной эрозии в ходе роста и развития посаженных, например, берез.

Такой мониторинг, по мере накопления опыта и данных измерений, дает возможность рекомендовать экологические и климатические технологии вначале на территориях лесостепной зоны России, а затем и в степной зоне. Это, по опыту США (с 1960 года) и Китая (с 1970 года) [1, 2] значительно повысит урожайность зерновых культур на полях около оврагов и холмов, а также повысит продуктивность травяного покрова пойменных лугов на склонах оврагов со ставшими полноводными ручейками на их дне, а также на склонах холмов с родниками и берегов малых рек и их притоков.

Кроме того, положительный эффект достигается тем, что знание закономерности формы комля позволит прогнозировать рост и развитие деревьев [3] на посадках при рекультивации земель на ровной или холмистой и овражистой местности. Модели формы комля позволят оценить густоту посадки деревьев саженцами или посева семенами при выполнении климатических и ландшафтно-экологических технологий.

Новизна технического решения заключается в том, что впервые измерения проводятся ниже корневой шейки ствола растущего дерева по форме боковой линии при переходе от ствола к корням, что позволит в будущем подойти к поиску научно-технических решений и по изучению изменений формы корневой части дерева, а также к изучению несимметричных форм комлей различных видов деревьев. Кроме того, научная новизна заключается в том, что впервые получена математическая закономерность влияния максимальной высоты комля берез и других параметров растущих деревьев.

На рис. 1-8 приведены схемы и графики примера реализации способа.

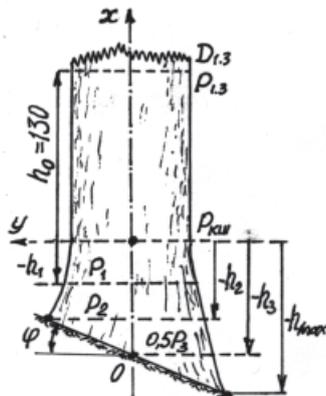


Рис. 1. Схема измерения параметров комля

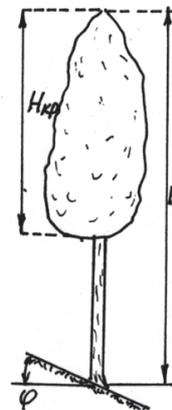


Рис. 2. Схема измерения высоты кроны и дерева



Рис. 3. Часть пробной площади с березняка

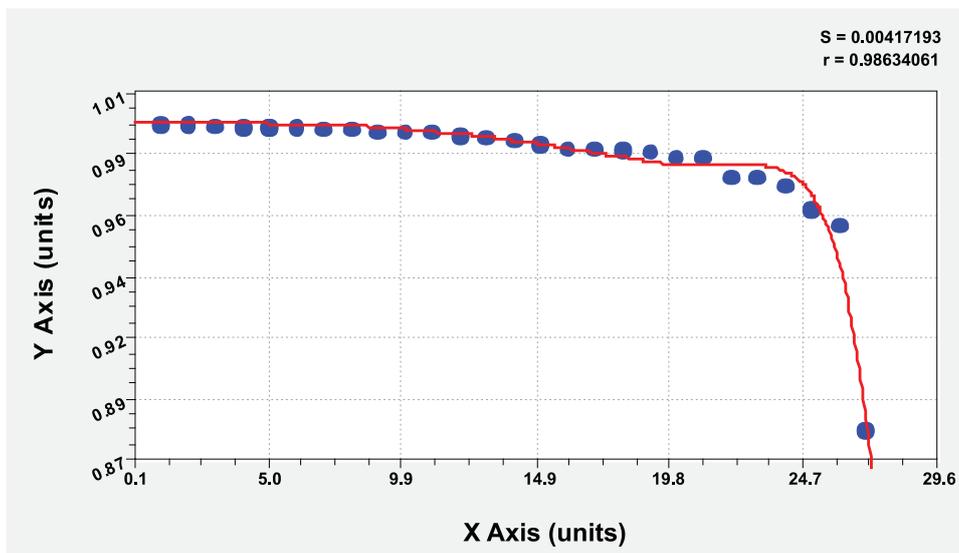


Рис. 4. График рейтингового распределения формы комля по убыванию коэффициента корреляции

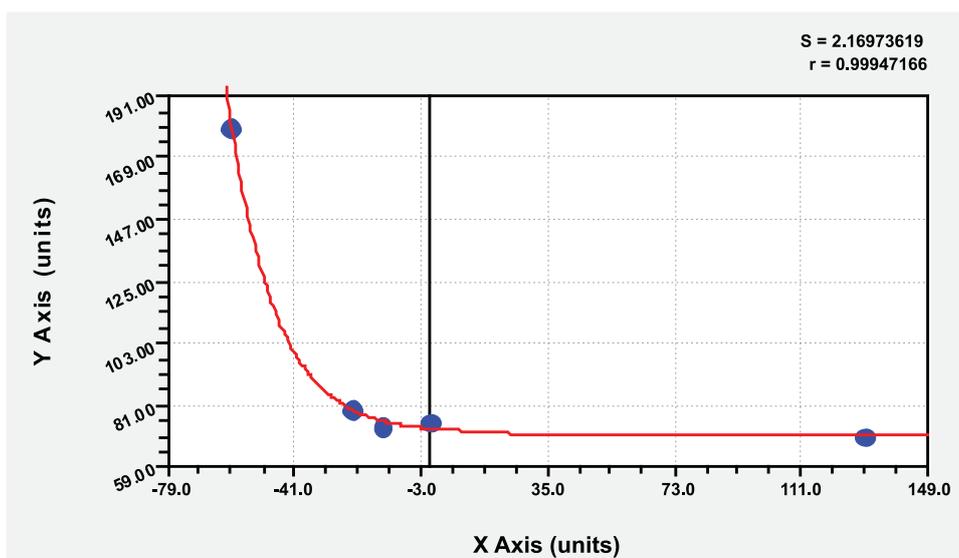


Рис. 5. График боковой линии комля учетной березы №3

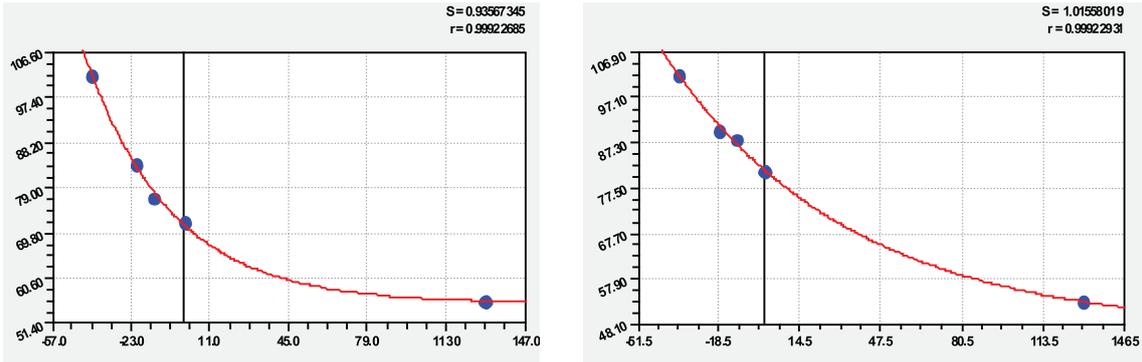


Рис. 6. Графики боковой линии комля учетных берез №11 и №13 с одинаковыми коэффициентами корреляции

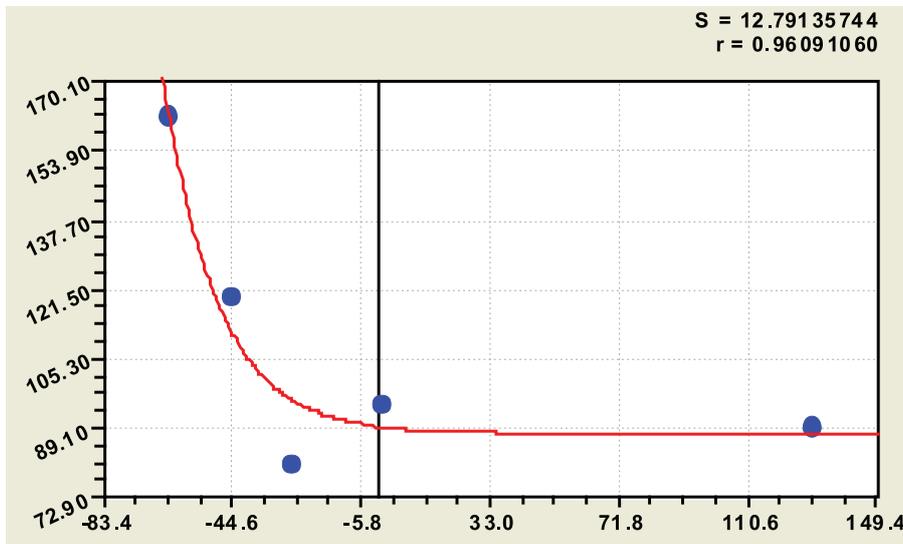


Рис. 7. График боковой линии у предпоследнего в рейтинге учетного дерева березы № 2

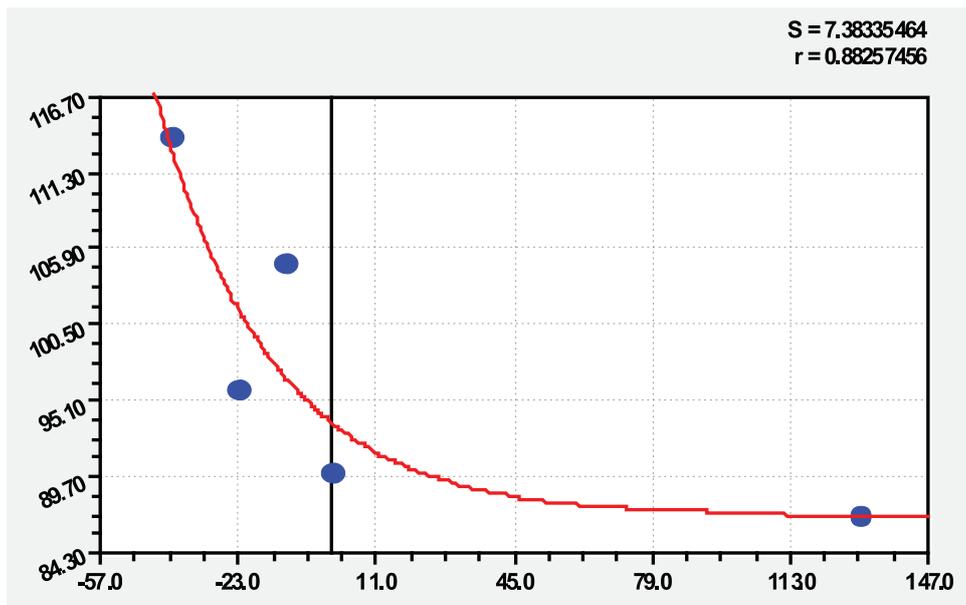


Рис. 8. График боковой линии последнего в рейтинге учетное дерево №7

На рис. 1 и рис. 2 приведены следующие условные обозначения:

φ – угол местного склона в месте произрастания дерева березы, град; $D_{1,3}$, $P_{1,3}$ – диаметр и периметр ствола березы на высоте 1,3 м от корневой шейки; $P_{\text{кш}}$ – периметр сечения ствола на корневой шейке, см; $0,5P_3$ – половина периметра комля березы в сечении над точкой пересечения поверхности почвы с вертикальной осевой линией комля дерева, см; h_1 – высота комля березы от корневой шейки до почвы, см; h_2 – высота комля березы от корневой шейки до верхней точки пересечения поверхности почвы с боковой линией комля, см; h_3 – высота комля березы от корневой шейки до центральной точки пересечения поверхности почвы с вертикальной осевой линией ком-

ля, см; h_{max} – максимальная высота комля березы от корневой шейки до нижней точки пересечения поверхности почвы с боковой линией комля, см; H , $H_{\text{кр}}$ – высоты дерева и кроны, м.

Пример. 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 были проведены летом 2011 года (табл. 1) на 30 березах.

Таблица 1

Периметры сечения комля на разных высотах, см

№ березы	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Угол φ , град	20	18	15	15	15	20	30	20	15	15	20	20	20	15		
Диаметр $D_{1,3}$	20	20	15	18	20	20	25	20	35	20	24	20	20	27		
Периметр сечения комля	$P_{1,3}$	85	90	70	70	74	87	75	61	88	56	65	53	62	91	
	$P_{\text{кш}}$	87	95	75	80	79	90	85	71	110	72	67	81	75	110	
	P_1	92	81	74	85	80	105	89	75	120	77	76	88	80	128	
	P_2	106	120	80	104	85	96	98	79	125	84	80	90	85	135	
	P_3	140	162	180	140	120	114	116	90	140	102	86	102	98	150	
Высота сечения комля	h_0	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130		
	$h_{\text{кш}}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	h_1	-19	-27	-15	-8	-6	-12	-17	-17	-12	-13	-18	-11	-13	-15	
	h_2	-40	-45	-24	-15	-10	-23	-30	-29	-20	-21	-28	-18	-20	-22	
	h_3	-81	-64	-60	-35	-36	-40	-48	-36	-40	-40	-41	-35	-45	-38	
Высота h_{max}	-70	-66	-69	-50	-40	-70	-80	-90	-115	-120	-115	-120	-117	-130		
№ березы	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Угол φ , град	20	20	20	20	15	15	20	15	15	15	15	15	20	15	15	
Диаметр $D_{1,3}$	28	25	25	42	42	25	25	22	20	25	22	25	20	25	25	
Периметр сечения комля	$P_{1,3}$	85	69	76	122	114	88	90	77	75	88	75	80	90	75	76
	$P_{\text{кш}}$	101	83	98	140	135	100	96	85	76	91	80	90	108	84	81
	P_1	105	90	101	147	145	106	98	89	81	100	85	95	105	88	84
	P_2	125	93	107	160	153	114	103	98	88	108	94	104	111	94	92
	P_3	134	106	116	188	176	126	112	108	102	122	100	118	128	108	110
Высота сечения комля	h_0	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	
	$h_{\text{кш}}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	h_1	-16	-13	-15	-16	-17	-22	-16	-22	-22	-25	-22	-22	-24	-20	-25
	h_2	-31	-21	-28	-30	-30	-35	-28	-35	-40	-42	-38	-35	-40	-26	-38
	h_3	-45	-40	-45	-40	-43	-50	-51	-60	-65	-71	-65	-55	-70	-62	-63
Высота h_{max}	-115	-120	-105	-105	-107	-105	-104	-100	-100	-102	-103	-102	-103	-105	-103	

Измерения формы комля (рис. 1) у дерева (рис. 2) в березняке (рис. 3) по боковой линии поверхности комля выполняется следующим образом.

Сначала определили участок оврага по методике, изложенной в патенте № 2416193 РФ по прототипу, на склоне которого растут деревья. Выбрали учетные деревья для из-

мерений в количестве 30 штук. Для измерений применяли гибкую мерную ленту и транспортир с отвесом. В ходе моделирования идентификацией устойчивых законов было выявлено, что дерево № 6 имеет резко выделяющееся значение угла местного склона. В дальнейшем это наблюдение исключили из статистической выборки.

Данные из табл. 1 обрабатывали в программной среде CurveExpert-1.3 по модели

$$P = a_1 \exp(-a_2 h) + a_3, \quad (1)$$

где P – переменный периметр поперечного сечения комля в данном месте измерения на высотах от поверхности почвы до высоты 1,3 м, см; h – высота от поверхности почвы до корневой шейки (в табл. 1 отрицательные значения высоты), а далее до стандарт-

ной высоты 1,3 м, при этом корневая шейка получает значение высоты $h = 0$; a_1 , a_2 и a_3 – параметры статистической модели (1), причем: a_1 – начальное значение периметра комля дерева (абсолютный выбег комля в сечении в точке O на рис. 1 пересечения продольной оси ствола с поверхностью почвы); a_2 – активность спада (относительноного сбег от крайних корней первого порядка до корневой шейки и дальше на стволе дерева до высоты 1,3 м) периметра поперечного сечения комля по боковой линии симметричной формы комля; a_3 – постоянный периметр ствола (по условному цилиндру) на высотах от поверхности почвы до нуля на уровне корневой шейки и далее до 1,3 м.

В табл. 2 даны результаты идентификации модели (1).

Таблица 2
Параметры модели формы комля березы на склоне лесного оврага

№ п/п	Угол Φ , град	$D_{1,3}$, см	$P_{1,3}$, см	Высота, м				Параметры формы комля			Коэффициент корреляции
				h_3	h_{\max}	H	$H_{кр}$	a	b	c	
1	20	20	85	0,81	0,70	25	20	6,69037	0,026546	83,04457	0,9932
2	18	20	90	0,64	0,66	24	15	1,51942	0,060980	87,94076	0,9609
3	15	15	70	0,60	0,69	19	13	1,57073	0,070650	71,08551	0,9995
4	15	18	70	0,35	0,50	24	17	14,29537	0,046288	68,62046	0,9876
5	15	20	74	0,36	0,40	25	19	5,36991	0,059820	73,78199	0,9984
7	20	20	87	0,35	0,70	20	10	5,53268	0,034759	86,94283	0,8826
8	30	25	75	0,40	0,80	16	12	8,65897	0,032264	75,13772	0,9985
9	20	20	61	0,48	0,90	20	14	7,58516	0,034666	61,50150	0,9790
10	15	35	88	0,36	1,15	25	9	26,87762	0,018077	85,23958	0,9973
11	15	20	56	0,40	1,20	18	8	15,87560	0,026839	55,55888	0,9992
12	20	24	65	0,40	1,15	15	10	5,53349	0,034409	64,18781	0,9792
13	20	20	53	0,41	1,20	20	15	34,54058	0,013320	46,87999	0,9992
14	20	20	62	0,35	1,17	19	10	15,16259	0,020174	60,74845	0,9974
15	15	27	91	0,45	1,30	18	7	25,34656	0,023777	89,19265	0,9904
16	20	28	85	0,38	1,15	15	9	16,49362	0,025320	84,09267	0,9868
17	20	25	69	0,45	1,20	15	8	15,78504	0,022036	68,02200	0,9989
18	20	25	76	0,40	1,05	14	6	26,46798	0,011879	70,43326	0,9985
19	20	42	122	0,45	1,05	16	6	12,17655	0,040653	123,6581	0,9896
20	15	42	114	0,40	1,07	15	8	19,26593	0,026577	113,9366	0,9951
21	15	25	88	0,43	1,05	15	8	11,23616	0,024368	87,74433	0,9987
22	20	25	90	0,50	1,04	16	6	6,09201	0,025528	89,73489	0,9972
23	15	22	77	0,51	1,00	16	7	9,34285	0,020768	76,09297	0,9907
24	15	20	75	0,60	1,00	15	6	3,46519	0,032258	74,12755	0,9947
25	15	25	88	0,65	1,02	16	8	7,55135	0,022099	86,50699	0,9888
26	15	22	75	0,71	1,03	17	8	8,46063	0,018145	73,55011	0,9758
27	15	25	80	0,65	1,02	20	8	9,66769	0,025103	79,68765	0,9978
28	20	20	90	0,55	1,03	20	10	13,74723	0,014425	88,89935	0,9669
29	15	25	75	0,70	1,05	20	9	10,96744	0,018477	73,79080	0,9920
30	15	25	76	0,62	1,03	20	9	4,20086	0,033223	76,03804	0,9967

Из табл.3 видно, что адекватность модели (1) боковой линии нейлоидной формы комля очень высокая и по коэффициенту корреляции равна не меньше 0,8826. Максимальная теснота факторной связи равна 0,9995.

По значениям коэффициента корреляции из данных таблицы 3 получим четыре группы распределения формы комлей всех измеренных из части учетных (рис. 3) берез: I – 0,99 – 1,00; II – 0,95 – 0,99; III –

0,90 – 0,95; IV – 0,7 – 0,9. В первую группу попали 19 деревьев или 65,52%, во вторую группу – 9 деревьев или 31,03. В третьей группе нет ни одного дерева, а в четвертой группе оказалось только одно дерево или 3,45% из общей численности 29 берез.

При этом в зависимости от рейтингового места i каждой березы из совокупности 29 деревьев коэффициент корреляции, по данным табл. 2, получило (рис. 4) ранговое распределение в виде формулы

$$r = \exp(-3,39287 \cdot 10^{-6} i^{2,88440}) + 1,18633 \cdot 10^{-21} i^{14,15053} \cos(\pi i / (13,45653 + 0,016616i) + 2,07631). \quad (2)$$

Формула (2) характеризует влияние экспериментатора на статистическую выборку. Первая составляющая является естественной составляющей, то есть коэффициент корреляции от наилучшей особи березы снижается по закону экспоненциальной гибели. Конечно же, это закон зависит от отбора учетных берез в общей численности деревьев на пробной площади. Вторая составляющая, как правило, показывает антропогенное влияние. В данном примере оно характеризуется волновой закономерностью и график на рис. 4 показывает, что у последнего в рейтинге дерева комель резко отличается по своему качеству остальных. Тогда следует ожидать, что при сплошном перечеде деревьев по комлям, формула (2) будет иметь более резкий спад по показателю тесноты факторной связи рангового распределения.

Береза № 3 имеет самую математически правильную форму комля (рис. 5) с максимальным коэффициентом корреляции 0,9995.

На рис. 6 показаны два дерева с одинаковым коэффициентом корреляции 0,9992. Как видно из сопоставления графиков, при этом форма комля по боковой линии различна.

Предпоследнее в рейтинге дерево березы № 2 с коэффициентом корреляции фор-

мы показано на рис. 7, где имеется волновое возмущение боковой линии, а последнее – дерево № 7 с коэффициентом корреляции 0,8826 на рис. 8. На последнем в рейтинге дереве березы еще четче видно колебательное возмущение боковой линии. Этот факт показывает, что этой особи пришлось труднее всех при колебательной адаптации комля к окружающей среде.

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. – 308 с.
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.