

УДК 911:8:574.24:519.876:574.21:582.635.1

ВЛИЯНИЕ КООРДИНАТ БЕРЕЗ У АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА СРЕДНЕЕ ВРЕМЯ ВЕГЕТАЦИИ И МАКСИМАЛЬНУЮ ШИРИНУ УЧЕТНЫХ ЛИСТЬЕВ

Мазуркин П.М., Кудряшова А.И.

*Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола,
e-mail: kaf_po@mail.ru, Little-one7@yandex.ru*

Для повышения экологической оценки качества окружающей растущие березы территории летом 2018 г. была измерена ширина десяти учетных листьев у десяти учетных деревьев березы повислой в черте города Йошкар-Ола. Были замерены расстояния от края автомобильной дороги до центра комля берез, а также высота расположения зоны кроны у каждой березы 1,5–2,0 м со стороны преобладающих ветров (примерно северо-запад). На каждой березе сбоку кроны выделялась зона диаметром примерно 0,5 м, где выделяли десять учетных листьев, к их корешкам привязывали белые нитки с бирками, на которых были указаны номера учетных листьев. Приведенная система координат вычислялась следующим образом. Сотовым телефоном были измерены географические координаты оси ствола (в градусах, минутах и секундах), которые были приведены к условным северной широте и восточной долготы. От этих влияющих факторов были получены закономерности изменения времени вегетации с первого мая и средней максимальной ширины учетных листьев. Проведен факторный анализ шести влияющих переменных и двух зависимых показателей. Даны формулы и графики. Получено, что влияние расстояния от дороги на максимум ширины учетных листьев имеет коэффициент корреляции 0,7574, а влияние приведенной восточной долготы на этот же биометрический параметр – 0,7514. Средняя максимальная ширина учетных листьев березы повислой может стать великолепным индикатором загрязнения придорожной территории. Для идентификации волновых закономерностей необходимо в разных местах принять более двадцати берез.

Ключевые слова: вегетация листьев, этап роста до максимума, преобладающие ветра, 10 берез, по 10 учетных листьев, ширина, дорога, координаты, тренды, колебательная адаптация, закономерности

EFFECT OF COORDINATE BIRCH AT AVTOMOBILE ROADS ON THE AVERAGE TIME OF VEGETATION AND MAXIMUM WIDTH OF ACCOUNTING LEAVES

Mazurkin P.M., Kudryashova A.I.

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: kaf_po@mail.ru, Little-one7@yandex.ru

In order to improve the environmental quality assessment of the surrounding growing birch area in the summer of 2018, the width of ten accounting leaves of ten birch trees hanging in the city of Yoshkar-Ola was measured. Distances from the edge of the road to the center of the birches were measured, as well as the height of the crown zone at each birch 1.5-2.0 m from the prevailing winds (approximately North-West). On each birch tree on the side of the crown there was a zone with a diameter of about 0.5 m, where ten accounting leaves were allocated, white threads with tags were tied to their roots, on which the numbers of accounting leaves were indicated. The reduced coordinate system was calculated as follows. The cell phone measured the geographical coordinates of the trunk axis (in degrees, minutes and seconds), which were given to the conditional Northern latitude and Eastern longitude. These influencing factors were obtained regularities of changes in time of the growing season from the first of may and the average maximum width of leaves account. The factor analysis of six influencing variables and two dependent indicators is carried out. Formulas and graphs are given. It was found that the influence of the distance from the road on the maximum width of the leaves has a correlation coefficient 0.7574, and the influence of the reduced East longitude on the same biometric parameter 0.7514. The average maximum width of the birch leaves can be a great indicator of pollution of the roadside area. To identify wave patterns, it is necessary to take more than twenty birches in different places.

Keywords: vegetation of leaves, growth stage to the maximum, prevailing winds, 10 birches, 10 leaves, width, road, coordinates, trends, oscillatory adaptation, patterns

Каждое индивидуально растущее дерево может стать индикатором той окружающей среды, которая вокруг него располагается. Поэтому уровень загрязненности придорожной территории можно оценить по поведению, например, березы повислой, растущей около автомобильной дороги. Причем учетные листья березы реагируют не только на загрязнения от выхлопов автомобилей, но при своем росте и развитии за вегетационный период учитывают комплекс факторов воздуха, воды и почвы.

Цель статьи: выявление закономерностей влияния координат березы повислой, расположенной у кромки автомобильной дороги, на продолжительность вегетационного периода и ширину учетных листьев около дороги в городской среде.

В экологических технологиях с использованием листьев березы повислой приходит понимание о моделировании взаимных связей между параметрами структуры листьев растений методом идентификации [1, 2]. Априори ясно, что именно пого-

да влияет на ход развития и роста (онтогенеза) растений. А на многолетние растения погода влияет через ежегодный онтогенез листьев. Кванты поведения листьев, например, березы повислой [3], распространенной на Северном полушарии, четко зависят от квантов (асимметричных вейвлетов) поведения температуры воздуха и относительной влажности. Метеорологические условия являются сильными факторами активности биологических объектов, и для этого в статье [4] оценены влияние температуры, осадков, атмосферного давления и влажности.

Рост растений – сложный процесс, в его основе лежат такие фундаментальные явления, как ритмичность, полярность, дифференциация, раздражимость, корреляция. Эти процессы являются общими для онтогенеза живых организмов [5, 6]. Онтогенез – индивидуальное развитие организма от зиготы (или вегетативного зачатка) до природной смерти. Благодаря активной деятельности меристем и фотосинтетической активности листьев зеленое растение приобретает ряд черт, которые характеризуют его рост. В процессе онтогенеза растения рост наблюдается на протяжении основных этапов его жизненного цикла [7].

Формирование и отмирание листьев в цикле онтогенеза разделяются на такие этапы: распускание почек, рост и развитие листьев, расцветивание отмирающих листьев, опадение листьев. Мы предлагаем два этапа онтогенеза – роста до максимума и спада до опадения.

В Берлине [8] по 252 дереву липы на кернах по расстояниям от центра к периферии были выявлены изменения приращения толщины деревьев за 50–100 лет. Семь пород деревьев в Европе [9] показали нелинейные зависимости развития растений от температуры и микроклимата. В биометеорологии пока наблюдается неопределенность на будущее. В [10] показано влияние городской растительности на тепловой комфорт человека, равный 22,2 °С. Рациональный фитоклимат позволит противодействовать глобальному потеплению.

Вегетационный период становится одним из важных экосистемных процессов, так как развитие листьев очень чувствительно к температуре воздуха. Поэтому будущее климата в наблюдениях за листьями. Повышение влажности воздуха снижает температуру и накопление биомассы в молодых березках, в особенности восприимчивы листья [11].

Цель статьи – повышение точности индикации качества окружающей среды березы локальной среды сбоку на высоте 1,5–2,0 м со стороны преобладающих ветров по времени вегетации в 2018 г. от первого мая до максимума ширины как среднего из 10 учетных листьев по патенту на изобретение 2606189 в зависимости от расстояния от края дороги, высоты расположения центра зоны 10 учетных листьев над почвой и приведенных географических координат расположения центра комля деревьев.

Материалы и методы исследования

Колебания записываются волновой формулой [1, 2] вида

$$y_i = A_i \cos(\pi x / p_i - a_{8i}),$$

$$A_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}),$$

$$p_i = a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}, \quad (1)$$

где y – показатель (зависимый фактор), i – номер составляющей модели (1), m – количество членов в модели (1), x – объясняющая переменная (влияющий фактор), $a_1 \dots a_8$ – параметры модели (1), принимающие числовые значения в ходе структурно-параметрической идентификации в программной среде CurveExpert-1.40 (URL: <http://www.curveexpert.net/>), A_i – амплитуда (половина) вейвлета (ось y), p_i – полупериод колебания (ось x).

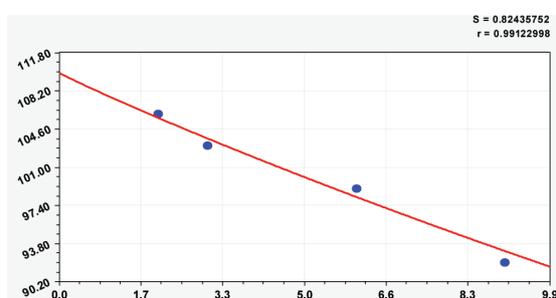
В табл. 1 даны расстояния от дороги и почвы, а также географические и биометрические параметры 10 берез в г. Йошкар-Ола по средней ширине у 10 учетных листьев.

На каждой березе сбоку кроны со стороны преобладающих ветров (примерно северо-запад) выделялась зона диаметром примерно 0,5 м, где выделяли 10 учетных листьев, к корешкам их привязывали белые нитки с бирками, на которых были указаны номера учетных листьев. Приведенная система координат вычислялась следующим образом. С помощью сотового телефона вначале записывали координаты зоны учетных листьев (в градусах, минутах и секундах). Затем эти значения приводили к градусам по формуле ПК = градус + минута / 60 + секунда / 3600. Из полученных результатов вычитали: для северной широты начало координат –56,6°; для восточной долготы начало координат –47,8°. Однако для программной среды Curve Expert 1.40 необходимо умножить полученные значения приведенных координат на 100.

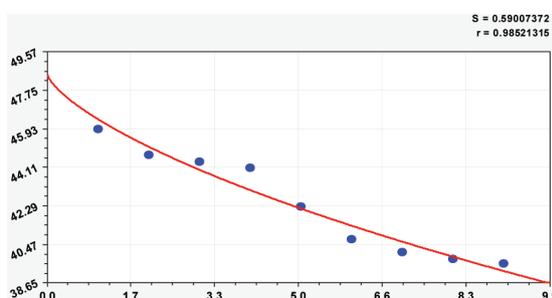
Таблица 1

Параметры расположения берез с 10 учетными листьями на каждом дереве

Место учетной березы	Расстояния L и h , м		Координаты березы		Приведенные координаты $10^{-2}, 0$		Время вегетации τ , сутки	Макс. ширина листа, \bar{b}_{\max} , мм
	дороги	почвы	с.ш.	в.д.	с.ш. α	в.д. β		
1. Ул. Лебедева	7,0	1,60	56° 37' 6"	47° 56' 48"	1,833	14,667	110	45,92
2. Воскресенский пр.	2,9	1,46	56° 38' 6"	47° 54' 51"	3,500	11,417	110	48,66
3. Ул. Эшкинина	5,2	1,40	56° 37' 58"	47° 54' 47"	3,278	11,306	92	39,77
4. Пр-т Ленина	4,9	1,60	56° 38' 8"	47° 53' 12"	3,556	8,667	99	40,11
5. Б-р Чавайна	2,1	1,60	56° 37' 52"	47° 54' 47"	3,111	11,306	106	44,71
6. Ул. Панфилова	4,1	1,30	56° 37' 40"	47° 52' 55"	2,778	8,194	103	39,56
7. Ул. Карла Маркса	3,2	1,60	56° 36' 47"	47° 52' 45"	1,306	7,917	99	44,39
8. Ул. Строителей	4,3	1,45	56° 36' 54"	47° 52' 5"	1,500	6,806	103	42,25
9. Ботанический сад	2,4	1,55	56° 38' 42"	47° 52' 50"	4,500	8,056	103	40,71
10. Ул. Осипенко	2,3	1,45	56° 38' 42"	47° 52' 50"	4,500	8,056	99	44,09



Время вегетации до максимального роста



Средняя максимальная ширина листа

Рис. 1. Графики рангового распределения биометрических параметров листьев березы повислой

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 2 даны результаты факторного анализа по данным табл. 1. Здесь факторы L , h , α и β являются только ка влияющие переменные, так как они не могут одновременно стать зависимыми показателями. А факторы τ и \bar{b}_{\max} становятся одновременно влияющими и зависимыми параметрами, поэтому их можно ранжировать по вектору предпорядка предпочтительности «лучше \rightarrow хуже». Для обоих биометрических параметров τ и \bar{b}_{\max} принимается вектор «чем больше, тем лучше».

Тогда ранговое распределение будет подчиняться закону экспоненциальной гибели при рангах $R = 0, 1, 2, 3, \dots$ (рис. 1) по формулам:

– для рангового распределения времени вегетации учетных листьев у 10 берез (0,9912)

$$\tau = 109,86894 \exp(-0,020293R_t^{0,95603}); \quad (2)$$

– для средней ширины у 10 учетных листьев для каждой из 10 берез (0,9852)

$$\bar{b}_{\max} = 48,51034 \exp(-0,044851R_b^{0,70910}). \quad (3)$$

В табл. 2 приведены результаты факторного анализа с использованием тренда, как частного случая формулы (1) при бесконечном периоде колебания.

Коэффициент коррелятивной вариации, как мера адекватности всей системы параметров объекта исследования, определяется как $6,4060 / (6 \times 2) = 0,5338$. Первое место среди влияющих переменных занимает время вегетации до конца этапа роста, а второе – средняя ширина учетных листьев при максимуме роста учетных листьев. Среди зависимых показателей как оценочных критериев занимает средняя ширина учетных листьев в конце этапа роста.

Выберем корреляционную матрицу (табл. 3) со средними и сильными бинарными отношениями с коэффициентом корреляции не менее 0,5. Наибольший коэффициент корреляции 0,7574 имеет влияние

расстояния от примерного центра зоны расположения 10 учетных листьев на боковой поверхности кроны березы повислой со стороны преобладающих ветров (северо-запад) до края автомобильной дороги.

В табл. 4 расположим модели трендов по убыванию адекватности.

На рис. 2 приведены графики влияния расстояния от дороги до учетных листьев.

Из точечного графика остатков видно, что возможно колебание (табл. 5, рис. 3). Из-за малого количества точек коэффициент корреляции трехчленной модели стал равным 1.0000.

Средняя максимальная ширина учетных листьев березы повислой может стать

великолепным индикатором загрязнения придорожной территории. Для идентификации волновых закономерностей необходимо в разных местах принять более 20 берез.

Наибольшая турбулентность наблюдается до 3 м от края дороги. Здесь же по тренду наблюдается максимум средней ширины. А затем от 3 м до 5 м наблюдается снижение ширины листа, то есть в этом интервале расстояния от дороги наблюдается сильное подавление вегетации листьев. После 5 м листья березы начинают расти с возрастающей шириной листьев.

Остальные закономерности из табл. 4 показаны на рис. 4.

Таблица 2

Корреляционная матрица факторного анализа и рейтинг факторов после идентификации по закономерности тренда

Влияющие факторы (параметры x)	Зависимые факторы (показатели y)		Сумма Σr	Место I_x
	τ , сутки	\bar{b}_{\max} , мм		
Расстояние группы листьев от дороги L , м	0,0021	0,7574	0,7595	4
Высота группы листьев от почвы h , м	0,2360	0,4640	0,7000	5
Приведенная северная широта α , °	0,1582	0,1656	0,3238	6
Приведенная восточная долгота β , °	0,5326	0,7540	1,2866	3
Время вегетации учетных листьев τ , сутки	0,9912	0,6804	1,6716	1
Средняя ширина учетных листьев \bar{b}_{\max} , мм	0,6793	0,9852	1,6645	2
Сумма коэффиц. корреляции Σr	2,5994	3,8066	6,4060	–
Место I_y	2	1	–	0,5338

Таблица 3

Корреляционная матрица с коэффициентом корреляции не менее 0,5

Влияющие факторы (параметры x)	Показатели y	
	τ , сутки	\bar{b}_{\max} , мм
Расстояние группы листьев от дороги L , м		0,7574
Приведенная восточная долгота β , °	0,5326	0,7540
Время вегетации учетных листьев τ , сутки		0,6804
Средняя ширина учетных листьев \bar{b}_{\max} , мм	0,6793	

Таблица 4

Параметры тренда бинарных отношений данных по табл. 1

Переменная x	Показатель y	Тренд $y = a \exp(-bx^c) + dx^e \exp(-fx^g)$							Коэф. кор. r
		Экспоненциальный закон			Биотехнический закон				
		a	b	c	d	e	f	g	
L , м	\bar{b}_{\max} , мм	0,27696	-4,90586	0,041252	-2,50694e7	25,06937	27,20913	0,43559	0,7574
β , °		47,77710	6,90355e-5	3,64290	8,14379e-140	185,8460	6,73438	1,21378	0,7514
τ , сутки	τ , сутки	0	0	0	0,65415	0,90434	0	0	0,6804
\bar{b}_{\max} , мм		0	0	0	14,42463	0,52119	0	0	0,6793
β , °		204,11047	0,29180	1	30,74222	0,46543	0	0	0,5325

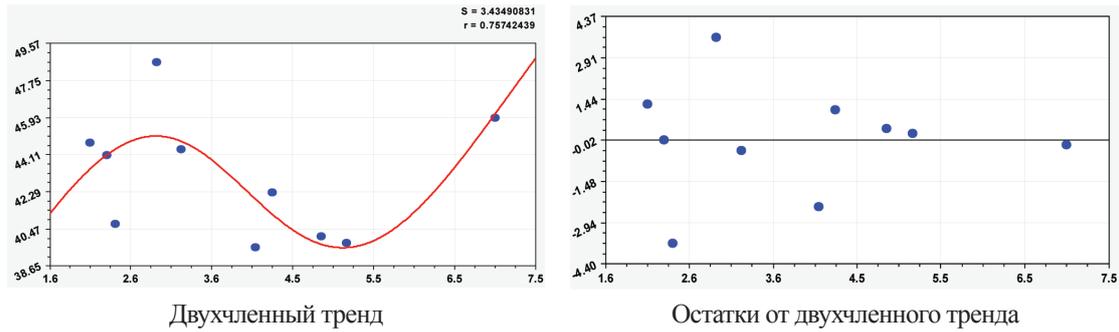


Рис. 2. Графики влияния расстояния от дороги на среднюю максимальную ширину группы листьев

Таблица 5

Модели (1) влияния расстояния от дороги на максимум средней ширины листа

Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. кор. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания		Сдвиг		
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
1	5,77155	0	-1,96504	0,041252	0	0	0	0	1,0000
2	-5,59056e9	25,07757	30,15966	0,43558	0	0	0	0	
3	-3,34826e-20	174,83658	46,85684	1,02318	0,81421	4,65539e-5	4,22651	1,29874	0,9523
4	2308,83874	0	1,47595	1,73980	0,022770	0,021648	1,01222	3,29490	

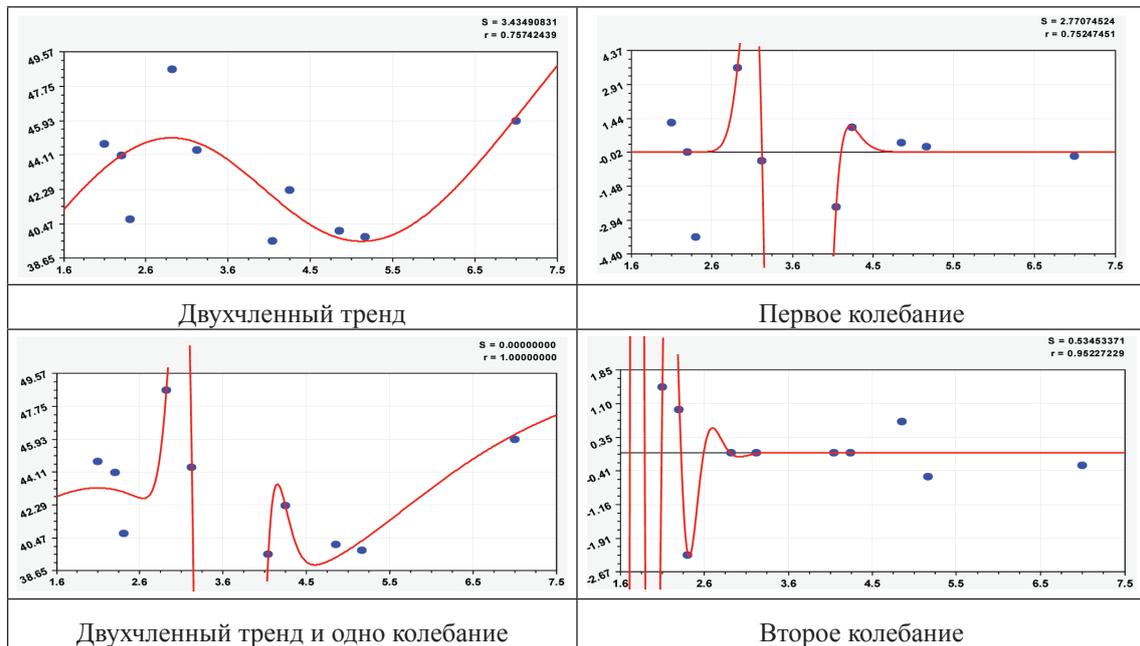


Рис. 3. Графики влияния расстояния от дороги на среднюю максимальную ширину группы листьев

Прямое и обратное влияния биометрических параметров листьев по табл. 4 происходят по показательному закону. Подробнее рассмотрим влияние восточной долготы.

По графику на рис. 4 снижение времени вегетации происходит в центральном микрорайоне г. Йошкар-Ола. Наиболее сложным образом изменяется график влияния

долготы на среднюю максимальную ширину учетных листьев.

На рис. 5 показана карта-схема расположения 10 учетных берез. Видно, что главный трансект получается вдоль р. Малая Кокша-

га. Максимальная ширина листьев снижается от запада к востоку на правой стороне города до реки, а на левой стороне реки приращение ширины возрастает, снова снижается в местности с высотными домами.

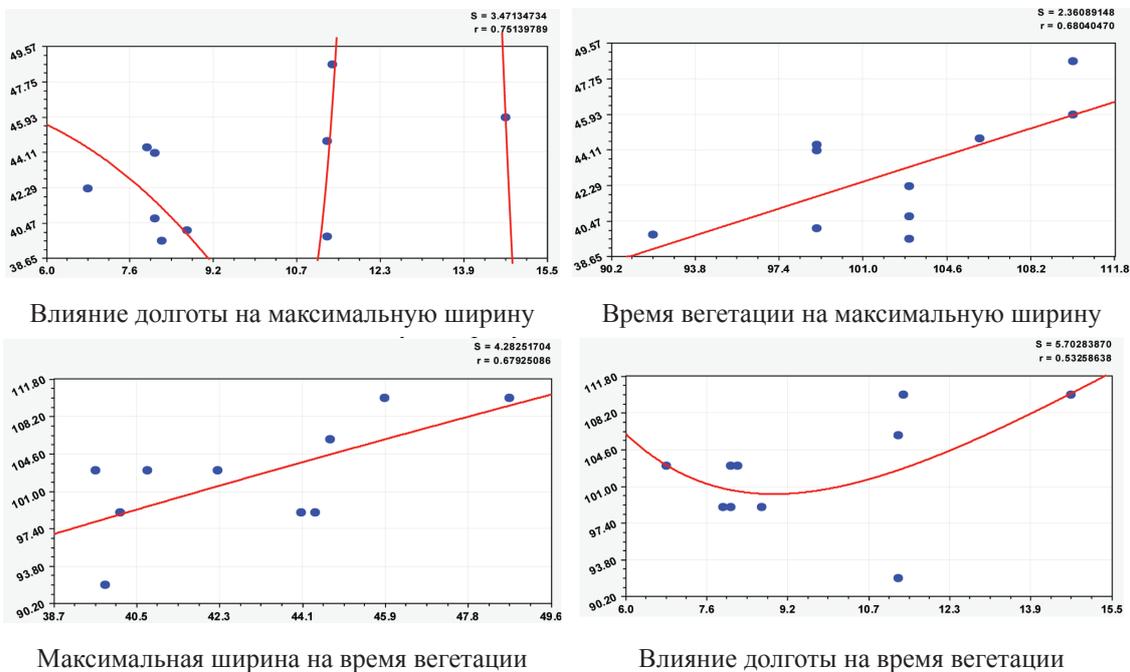


Рис. 4. Графики бинарных отношений по данным табл. 4



Рис. 5. Карта-схема расположения 10 учетных деревьев березы

Заклучение

Средняя максимальная ширина учетных листьев березы повислой может стать великолепным индикатором загрязнения придорожной территории. Для идентификации волновых закономерностей необходимо в разных местах принять более 20 берез.

На каждой березе сбоку кроны со стороны преобладающих ветров выделялась зона, где выделяли 10 учетных листьев, а к корешкам их привязывали белые нитки с бирками и номерами. Сотовым телефоном записывали координаты зоны учетных листьев. Затем вычисляли приведенные координаты. Для программной среды Curve Expert 1.40 необходимо умножить полученные значения приведенных координат на 100.

Список литературы / References

1. Mazurkin P.M. Method of identification. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management. SGEM. 2014. Book 6. Vol. 1.* P. 427–434. DOI: 10.5593/SGEM2014/B61/S25.059.
2. Mazurkin P.M. Wavelet Analysis Statistical Data. *Advances in Sciences and Humanities. 2015. Vol. 1. № 2.* P. 30–44. DOI: 10.11648/j.ash.20150102.11.
3. Mazurkin P.M., Kudryashova A.I. Fito meteorologiya City: The Influence of the Amount of Relative Humidity of Air Ontogenesis Leaves of Birch. *J. Basic Sci. Appl. Res. 2018. Vol. 4. № 1.* P. 1–15.
4. Plenderleith T.L., Stratford D., Lollback G. W., Chaple D.G., Reina R.D., Hero J.-M. Calling phenology of a diverse amphibian assemblage in response to meteorological conditions. *International Journal of Biometeorology. 2018. Vol. 62. Issue 5.* P. 873–882. DOI: 10.1007/s00484-017-1490-2.
5. Laube J., Sparks T.H., Estrella N., Menzel A. Does humidity trigger tree phenology? Proposal for an air humidity based framework for bud development in spring. *New Phytologist. 2014. Vol. 202. Issue 2.* P. 350–355. DOI: 10.1111/nph.12680.
6. Fu Y.H., Zhao H., Piao S., Peaucelle M., Peng S., Zhou G., Ciais P., Huang M., Menzel A., Peñuelas J., Song Y., Vitasse Y., Zeng Z., Janssens I.A. Declining globalwarming effects on the phenology of Spring leaf unfolding. *Nature. 2015. Vol. 526.* P. 104–107. DOI:10.1038/nature15402.
7. Zhang Y., Bielory L., Georgopoulos P. Climate change effect on Betula (birch) and Quercus (oak) pollen seasons in US. *Int. J. Biometeorol. 2014. Vol. 58. Issue 5.* P. 909–919. DOI: 10.1007/s00484-013-0674-7.
8. Dahlhausen J., Rötzer T., Biber P., Uhl E., Pretzsch H. Urban climate modifies tree growth in Berlin. *International Journal of Biometeorology. 2018. Vol. 62. Issue 5.* P. 795–808. DOI: 10.1007/s00484-017-1481-3.
9. Wang H., Rutishauser T., Tao Z., Zhong S., Ge Q., Dai J. Impacts of global warming on phenology of spring leaf unfolding remain stable in the long run. *International Journal of Biometeorology. 2017. Vol. 61. Issue 2.* P. 287–292. DOI 10.1007/s00484-016-1210-3.
10. Wang Y., Groot R., Bakker F., Wörtche H., Leemans R. Thermal comfort in urban green spaces: a survey on a Dutch university campus. *International Journal of Biometeorology. 2017. Vol. 61. Issue 1.* P. 87–101. DOI: 10.1007/s00484-016-1193-0.
11. Sellin A., Rosenvald K., Öunapu-Pikas E., Tullus A., Ostonen I., Lõhmus K. Elevated air humidity affects hydraulic traits and tree size but not biomass allocation in young silver birches (*Betula pendula*). *Frontiers in Plant Science. 2015. Vol. 6.* P. 860. DOI: 10.3389/fpls.2015.00860.