

УДК 630*524.2

РАЗРАБОТКА ТАБЛИЦ ОБЪЕМОВ СТВОЛОВ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

И. В. ШЕВЕЛИНА – кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства*

e-mail: ishevelina@gmail.com

ORCID ID: 0000-0001-8352-558X

М. И. КАСУМОВ – магистрант*

ORCID ID: 0000-0001-7846-4196

И. С. ДУНАЕВ – магистрант*

ORCID ID: 0000-0001-9428-3133

А. Ф. ФАТКУЛЛИНА – магистрант*

ORCID ID: 0000-0002-5763-0316

* ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
Тел.: 8(343) 262-97-93

Ключевые слова: сосна обыкновенная, таблицы объемов, городская среда, программно-измерительный комплекс на базе ГИС Field-Map.

Впервые разработаны таблицы объемов стволов деревьев сосны обыкновенной, произрастающих в разных категориях системы озеленения г. Екатеринбурга: в парках, скверах, на внутридомовых территориях. Экспериментальной основой для создания таблиц объемов явились данные, полученные с использованием программно-измерительного комплекса на базе ГИС Field-Map без рубки деревьев. Разработка таблиц объемов с тремя входами – диаметром на высоте груди, высотой и вторым коэффициентом формы – считается более целесообразной для условий города. Диапазон изменения второго коэффициента формы у деревьев сосны достаточно широк: от 0,503 до 0,850. По экспериментальным данным, у полнодревесных стволов второй коэффициент формы изменяется в пределах от 0,74 до 0,86, у средне-сбежистых – от 0,62 до 0,74 и у сбежистых – от 0,50 до 0,62. По принятой шкале 72 % всех учетных деревьев относятся к среднесбежистым, 18 % – сбежистым и 10 % – малосбежистым. Разработка таблиц проводилась с использованием методов множественного регрессионного анализа. Взятые для анализа определяющие факторы – диаметр, высота и второй коэффициент формы – объясняют изменчивость объемов более чем на 97 %. Предложенное уравнение для определения объема стволов дает приемлемые результаты: систематическая ошибка равняется +0,21 %, среднеквадратическая $\pm 9,54$ %. Средняя ошибка уравнения составила $\pm 0,07$ % (ошибка, рассчитанная по всем учетным деревьям, взятым для разработки уравнения). Разработанные трехвходные таблицы объемов для деревьев сосны обыкновенной, произрастающих в городских условиях, могут успешно применяться на производстве.

DEVELOPMENT THE STEM VOLUME TABLES OF PINE FOR URBAN CONDITIONS

I. V. SHEVELINA – PhD (Agriculture), associate professor of the same Department*
ORCID ID: 0000-0001-8352-558X

M. I. KASUMOV – master's student*,
ORCID ID: 0000-0001-7846-4196

I. S. DUNAEV – master's student*,
ORCID ID: 0000-0001-9428-3133

A. F. FATKULLINA – master's student*
ORCID ID: 0000-0002-5763-0316

* FSBEE HE «Ural state forest engineering university»
620100, Russia, Yekaterinburg, Siberian tract, 37,
phone: 8 (343) 262-97-93

Keywords: Scots pine, volume tables, urban environment, Field-Map technology.

At the first time the stem volume tables of scots pine are developed trees that are part in different categories green infrastructure of the Yekaterinburg. Input data for the tables were collected using non-invasive Field-Map software and hardware measurement system. The development three-entry volume tables including the following parameters: diameter at breast height, height and q_2 form quotient. They are more appropriate for urban environments. The range of changes of q_2 form quotient for pine trees is quite wide from 0,503 to 0,850. According to experimental data, the q_2 form quotient varies from 0,74 to 0,86 in non-tapered, from 0,62 to 0,74 in medium-tapered, and from 0,50 to 0,62 in tapered stems. According to this scale, 72 % of all accounting trees are characterized as medium-tapered, 18 % are as tapered stems, and 10 % are as non-tapered. The development was carried out using a statistical procedure of multiple regression analysis. The determining factors taken for analysis: diameter, height, and the q_2 form quotient explain the volume variability by more than 97 %. The proposed equation for determining the volume of stem gives acceptable results: systematic error being +0.21 % and root-mean-square error being $\pm 9,54$ %. The average error calculated for 95 accounting trees was equal to $\pm 0,07$ %. The developed three-way volume tables for Scots pine trees growing in urban conditions can be successfully applied in production.

Введение

Зеленые насаждения являются неотъемлемым элементом городской среды [1]. По мере развития урбанизированных территорий необходимо максимально использовать и сохранять имеющиеся зеленые насаждения [2]. В условиях города на рост и состояние отдельных деревьев и участков леса оказывают влияние техногенные загрязнения и рекреационные нагрузки [3]. Это приводит к деградации на-

саждений, а в дальнейшем и распаду [4, 5].

В этой связи у деревьев в условиях города наблюдаются отличные от деревьев, произрастающих в сомкнутых естественных насаждениях, закономерности в строении и росте [6, 7]. Для правильной организации работ по уходу за городскими зелеными насаждениями необходим собственный нормативный материал, который в настоящее время отсутствует. Использо-

вание лесотаксационных таблиц, составленных по материалам, собранным в естественной природной среде, дает большую ошибку. Для разработки оценочных таблиц (в том числе таблиц объемов) необходим обширный экспериментальный материал, который иногда можно получить только после рубки деревьев. В городских условиях это практически невозможно.

В настоящее время в лесном и лесопарковом хозяйствах

используются инновационные технологии, например программно-измерительные комплексы (ПИК). Они способны определять биометрические показатели у деревьев без их рубок [8–10]. При составлении таблиц объемов таксационные показатели деревьев должны быть установлены с определенной точностью [11]. Ранее нами была доказана возможность использования ПИК для определения диаметров, высот и объемов растущих деревьев с точностью, достаточной для составления лесооценочных нормативов [12].

Цель и методика работ

Целью исследования явилась разработка таблиц объемов стволов деревьев сосны обыкновенной, произрастающих в селитебной части г. Екатеринбурга, на основе данных, собранных у растущих деревьев при помощи ПИК.

На территории г. Екатеринбурга сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) является аборигенным видом. Она занимает более 70 % площади, покрытой лесной растительностью, городских лесов муниципального образования «город Екатеринбург» [13, 14]. На территории города произрастают сосновые насаждения естественного происхождения в разных категориях системы озеленения: в парках, скверах и на внутридомовых территориях.

Для сбора полевого материала был использован программно-измерительный комплекс на базе геоинформационной системы Field-Mar. Данный комплекс

состоит из лазерного дальномера-высотомера TruPulse 360 °В, планшетного компьютера Getac T800 и мерной вилки Masser BT Caliper.

Для решения поставленной задачи было обмерено 101 учетное дерево на 6 пробных участках в парках и скверах, расположенных в разных районах города. Возрастной диапазон исследуемых сосновых насаждений составлял от 98 до 125 лет. У учетных деревьев были измерены следующие биометрические показатели:

- диаметры мерной вилкой BT Caliper на высоте 1,3 м ($D_{1,3}$, см),
- общая высота (Н, м) лазерным дальномером-высотомером TruPulse 360 °В с точностью до 0,1 м,
- категория санитарного состояния, балл.

У деревьев определены диаметры ствола на разных высотных отметках D_i (не менее 10 измерений) при помощи ПИК. До кроны измерение диаметров производилось через 1 или 2 м, в кроновой части – реже, в тех местах, где ствол просматривается хорошо. Данная методика обеспечивает соблюдение требований, необходимых при составлении данных нормативов.

Диаметр на высоте груди у учетных деревьев сосны на пробных участках варьирует от 19,8 до 61,4 см, высота – от 11,4 до 29,4 м, категория санитарного состояния – от 2 до 4 баллов.

В камеральных условиях был определен объем ствола учетного дерева путем суммирования объемов секций разной длины.

Объем секции определялся путем умножения длины секции на площадь поперечного сечения на середине. Диаметры на серединах секций рассчитывались по методу интерполяции на основе диаметров, измеренных при помощи ПИК у растущего дерева [12].

Расчетные и графические работы проводились в программах MS Excel и Statistica 10.

Результаты исследований и обсуждение

Существующие таблицы объемов делятся на три вида в зависимости от сочетания таксационных показателей, на основе которых определяется объем ствола: таблицы типа баварских, таблицы по разрядам высот, таблицы объемов по коэффициентам формы [11].

Ранее нами установлено, что для условий города целесообразнее иметь таблицы объемов с тремя входами: диаметр на высоте груди, высота и коэффициент формы [15].

По экспериментальным данным для каждого ствола учетного дерева рассчитали коэффициент формы q_2 по формуле

$$q_2 = \frac{D_{1/2}}{D_{1,3}}, \quad (1)$$

где $D_{1/2}$ – диаметр ствола на половине высоты, см.

Данный показатель у учетных деревьев сосны в городских условиях варьирует в достаточно широком диапазоне от 0,503 до 0,850. Это шире, чем используется в общепринятой шкале. Согласно нашим данным, у сбежистых стволов второй

коэффициент формы изменяется в диапазоне от 0,50 до 0,62, среднесбежистых – от 0,62 до 0,74, слабосбежистых – от 0,74 до 0,86. В соответствии с принятой нами шкалой к среднесбежистым относятся 72 % общего числа учетных деревьев, к сбежистым – 18 % и слабосбежистым – 10 %. Для повышения точности определения объемов стволов необходимо разработать три таблицы объемов: для сбежистых стволов (низший коэффициент формы), для среднесбежистых (средний) и малосбежистых (высший коэффициент формы).

При разработке таблиц объемов провели графический анализ экспериментальных данных: построили графики, которые выявляют связи объема стволов деревьев сосны в городских условиях от диаметра, высоты и второго коэффициента формы. Первоначально исследовали зависимость объема от диаметра ствола $D_{1,3}$ учетных деревьев (рис. 1). Данная связь носит криволинейный характер, хорошо описывается полиномом второго порядка. Установлено, что теснота связи между изучаемыми показателями очень высокая (коэффициент детерминации $R^2 = 0,8633$).

Для приведения данных к линейному виду возвели диаметр в квадрат. На рис. 2 представлена зависимость объема стволов деревьев сосны в городских условиях от диаметра на высоте груди, возведенного в квадрат ($D_{1,3}^2$, см²). Данная зависимость хорошо аппроксимируется линейной функцией, коэффициент

детерминации $R^2 = 0,863$. В дальнейших исследованиях целесообразнее использовать диаметр в квадрате. Это следует из того, что объемы тел вращения пропорциональны квадрату их диаметра.

Далее провели графический анализ зависимости объема стволов деревьев сосны в городских условиях от высоты H и коэффициентов формы q_2 (рис. 3).

Проведенный анализ показал влияние высоты и формы ствола на объем деревьев. При фиксировании высоты наблюдаем увеличение объема ствола с возрастанием q_2 . Это вполне логично:

деревья при одинаковой высоте, при больших значениях коэффициента формы более полнодревесные и будут иметь больший объем. При фиксировании q_2 объем ствола возрастает с увеличением высоты.

Результаты графического анализа подтверждают необходимость разработки таблиц объемов стволов сосны в городских условиях с тремя входами: диаметром на высоте груди, высотой и коэффициентом формы q_2 . Это согласуется с данными, полученными для деревьев березы, произрастающих в городских озеленительных посадках [15].

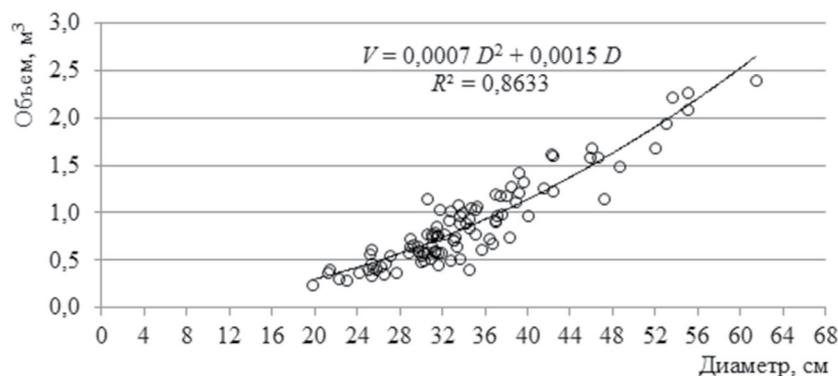


Рис. 1. Зависимость объема стволов деревьев сосны V от их диаметра D в городских условиях

Fig. 1. Dependence of the volume of pine tree trunks V on their diameter D in urban conditions

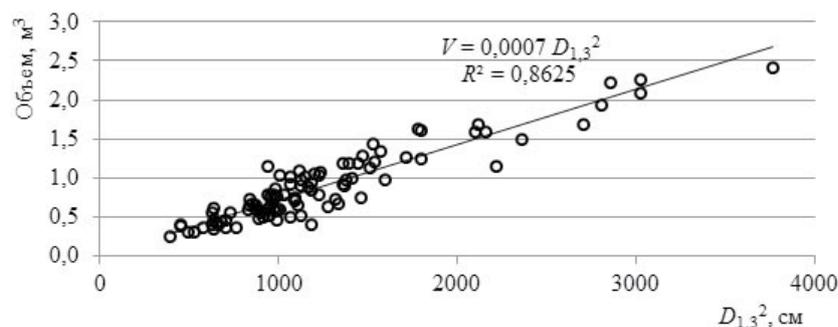


Рис. 2. Зависимость объема стволов деревьев сосны в городских условиях от диаметра в квадрате

Fig. 2. Dependence of the volume of pine tree trunks in urban conditions on the square diameter

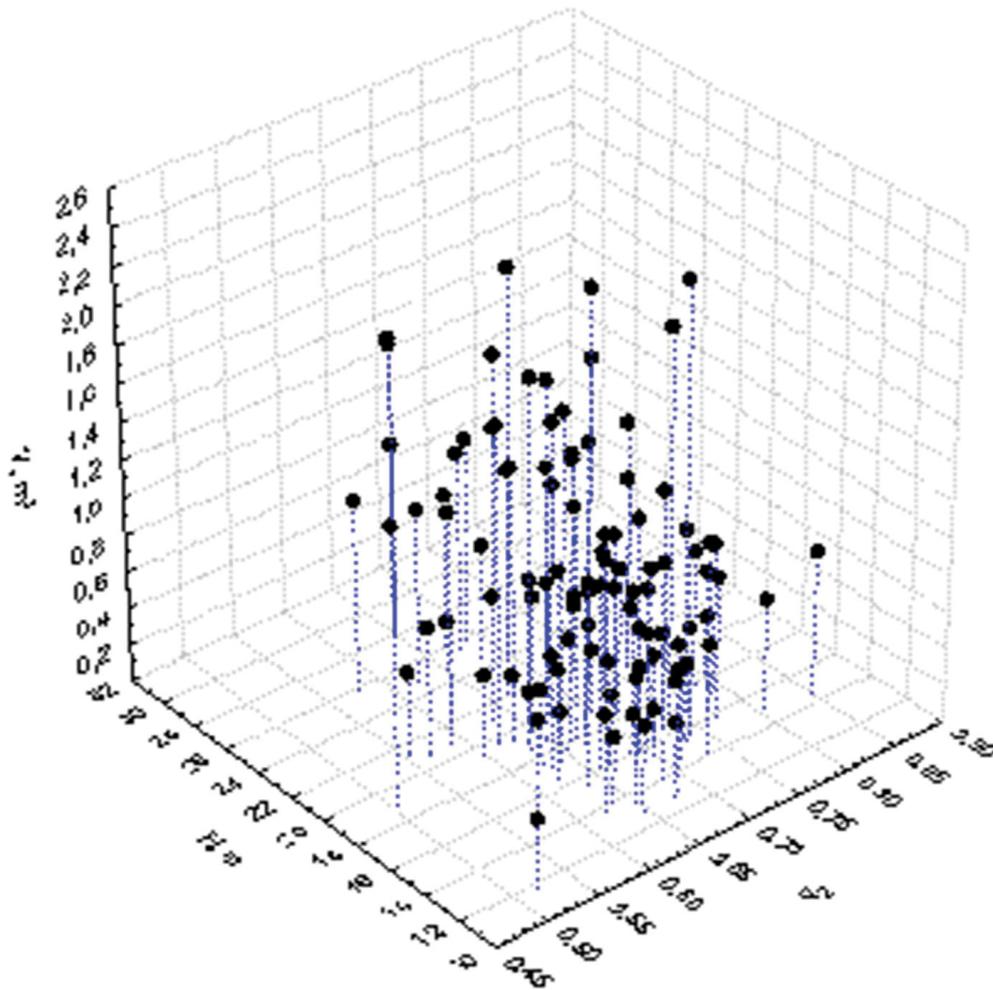


Рис. 3. Зависимость объема стволов деревьев сосны от высоты H и формы ствола q_2
 Fig. 3. Dependence of the volume of pine tree trunks on the height H and trunk shape q_2

В настоящее время разработка таблиц объемов проводится в специальных компьютерных статистических программах с использованием методов множественной регрессии.

С учетом проделанной выше работы в процессе разработке таблиц объемов была принята следующая базовая модель:

$$V = f(D^2, H, q_2) \quad (2)$$

В пакете Statistica 10 провели множественный регрессионный анализ, в ходе которого рассчитали уравнения с различным набором определяющих факторов. При выборе уравнения

учитывали значения коэффициента детерминации, t -критериев

$$V = 0,00068D^2 + 0,03738H + 1,26995q_2 - 1,5307R_2 = 0,976. \quad (3)$$

$t_{\text{выч}}$	57,1239	19,0888	11,1116	-16,994
------------------	---------	---------	---------	---------

Значения t -статистик подтверждают достоверность коэффициентов переменных в уравнении ($t_{\text{выч}} > t_{\text{ст}}$). Совокупность трех определяющих факторов (диаметра на высоте груди, высоты и второго коэффициента формы) объясняет более 97 % изменчивости объема стволов сосны в городских условиях. Разработанное уравнение имеет ограничение в использовании, оно работает

Стьюдента. В итоге выбрали следующее уравнение:

в диапазоне варьирования значений переменных (диаметра, высоты и второго коэффициента формы).

На основе уравнения составлены таблицы объемов стволов сосны, произрастающих в условиях города, для малосбежистых, средне- и сбежистых стволов. В качестве примера приведена таблица для среднесбежистых стволов ($q_2 = 0,68$).

Таблица объемов стволов деревьев сосны в городских условиях ($q_2 = 0,68$)
Table of volumes of pine tree trunks in urban conditions ($q_2 = 0,68$)

D, см	Объемы стволов деревьев, м ³ , при высоте, м Volumes of tree trunks, m ³ , at height, m																											
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28											
20	0,0541	0,0915	0,1288	0,1662	0,2036	0,2410	0,2784	0,3157	0,3531	0,3905																		
24	0,1741	0,2114	0,2488	0,2862	0,3236	0,3609	0,3983	0,4357	0,4731	0,5105	0,5478																	
26	0,2422	0,2796	0,3170	0,3544	0,3917	0,4291	0,4665	0,5039	0,5412	0,5786	0,6160	0,6534																
28	0,3158	0,3532	0,3906	0,4280	0,4654	0,5027	0,5401	0,5775	0,6149	0,6522	0,6896	0,7270																
30	0,3949	0,4323	0,4697	0,5070	0,5444	0,5818	0,6192	0,6566	0,6939	0,7313	0,7687	0,8061	0,8434															
32	0,4794	0,5168	0,5542	0,5916	0,6289	0,6663	0,7037	0,7411	0,7785	0,8158	0,8532	0,8906	0,9280															
34			0,6442	0,6815	0,7189	0,7563	0,7937	0,8311	0,8684	0,9058	0,9432	0,9806	1,0179	1,0553														
36			0,7396	0,7770	0,8144	0,8517	0,8891	0,9265	0,9639	1,0012	1,0386	1,0760	1,1134	1,1508														
38			0,8405	0,8779	0,9152	0,9526	0,9900	1,0274	1,0648	1,1021	1,1395	1,1769	1,2143	1,2516	1,2890													
40			0,9468	0,9842	1,0216	1,0590	1,0963	1,1337	1,1711	1,2085	1,2458	1,2832	1,3206	1,3580	1,3954													
42			1,0586	1,0960	1,1334	1,1707	1,2081	1,2455	1,2829	1,3203	1,3576	1,3950	1,4324	1,4698	1,5071	1,5445												
44				1,2132	1,2506	1,2880	1,3254	1,3627	1,4001	1,4375	1,4749	1,5123	1,5496	1,5870	1,6244	1,6618												
46				1,3359	1,3733	1,4107	1,4481	1,4854	1,5228	1,5602	1,5976	1,6350	1,6723	1,7097	1,7471	1,7845	1,8218											
48				1,4641	1,5015	1,5388	1,5762	1,6136	1,6510	1,6883	1,7257	1,7631	1,8005	1,8379	1,8752	1,9126	1,9500											
50				1,5977	1,6351	1,6724	1,7098	1,7472	1,7846	1,8220	1,8593	1,8967	1,9341	1,9715	2,0088	2,0462	2,0836											
52					1,7741	1,8115	1,8489	1,8863	1,9236	1,9610	1,9984	2,0358	2,0731	2,1105	2,1479	2,1853	2,2227											
54					1,9186	1,9560	1,9934	2,0308	2,0681	2,1055	2,1429	2,1803	2,2177	2,2550	2,2924	2,3298	2,3672											
56					2,0686	2,1060	2,1433	2,1807	2,2181	2,2555	2,2929	2,3302	2,3676	2,4050	2,4424	2,4798	2,5171											
58						2,2614	2,2988	2,3361	2,3735	2,4109	2,4483	2,4857	2,5230	2,5604	2,5978	2,6352	2,6725											
60						2,4223	2,4596	2,4970	2,5344	2,5718	2,6091	2,6465	2,6839	2,7213	2,7587	2,7960	2,8334											
62							2,6260	2,6633	2,7007	2,7381	2,7755	2,8128	2,8502	2,8876	2,9250	2,9624	2,9997											
64							2,7977	2,8351	2,8725	2,9099	2,9472	2,9846	3,0220	3,0594	3,0968	3,1341	3,1715											
66								3,0123	3,0497	3,0871	3,1245	3,1619	3,1992	3,2366	3,2740	3,3114	3,3487											

Обязательным этапом при составлении нормативов является оценка их точности. Поэтому провели сопоставление объема ствола, определенного по разработанному уравнению, с объемами учетных деревьев, вычисленными по данным натурных обмеров. В ходе исследования рассчитали систематическую, среднеквадратическую и среднюю ошибки.

В итоге разработанное уравнение для определения объема стволов дает приемлемые результаты: систематическая ошибка равняется +0,21 %, среднеквадратическая $\pm 9,54$ %. Средняя ошибка уравнения, рассчитанная по всем учетным деревьям, составила $\pm 0,07$ %. Предложенные трехходовые таблицы объемов для деревьев сосны обыкновенной, произрастающих в городских условиях, могут успешно применяться на производстве.

Заключение

При помощи программно-измерительного комплекса на базе ГИС Field-Map определены основные объемообразующие показатели растущих деревьев сосны в городской среде с достаточной точностью и оперативностью. Данные показатели послужили основой для определения объема ствола с точностью, достаточной для составления лесотаксационных нормативов (таблиц объемов). Для условий города целесообразнее иметь таблицы объемов с тремя входами: диаметр на высоте груди, высота и второй коэффициент формы.

В ходе исследований установлено, что второй коэффициент формы у деревьев сосны обыкновенной, произрастающих в условиях города, изменяется в достаточно широком диапазоне от 0,503 до 0,850. Поэтому составлены три таблицы для

сбежистых, среднесбежистых и малосбежистых стволов. Разработка таблиц объемов проводилась с применением множественного регрессионного анализа в статистическом пакете Statistica 10. Три фактора, включенные в уравнение, объясняют более 97 % изменчивости объемов. Разработанное уравнение для определения объема стволов дает приемлемые результаты: систематическая ошибка равняется +0,21 %, среднеквадратическая $\pm 9,54$ %. Полученные таблицы объемов стволов могут быть использованы в практике городского зеленого строительства муниципального образования «город Екатеринбург» и других уральских городов: при проведении таксационных работ и инвентаризации, расчета сметной документации.

Библиографический список

1. Лунц Л. Б. Городское зеленое строительство: учебник для вузов. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – М. : Стройиздат, 1974. – 275 с.
2. Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий: учебник для вузов / В. В. Владимиров, Г. Н. Давидянц, О. С. Расторгуев, В. Л. Шафран. – М. : Архитектура, 2004. – 240 с.
3. Лесоводственно-таксационная оценка экологического состояния лесов в условиях рекреации и техногенного загрязнения / С. А. Шавнин, В. А. Галако, С. Л. Менщиков, В. Э. Власенко, В. Н. Марущак // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. – 2010. – Т. 27, № 3. – С. 37–41.
4. Экология города : учеб. пособие / под ред. В. В. Денисова. – М. ; Ростов-н/Д : МарТ, 2008. – 832 с.
5. Таран И. В., Спиридонов В. Н. Устойчивость рекреационных лесов. – Новосибирск : Наука, 1977. – 177 с.
6. Крючкова И. И., Нагимов З. Я. Особенности строения групп деревьев ели колючей в условиях г. Бугуруслан // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1. – URL: www.scienceeducation.ru/ru/article/view?id=17307 (дата обращения: 19.12.2019).
7. Нуриев Д. Н. Строение, рост и состояние озеленительных посадок березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в условиях г. Екатеринбурга : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / Нуриев Д. Н. – Екатеринбург, 2019. – 20 с.

8. Применение полевой ГИС-технологии Field-Map в ландшафтном строительстве для инвентаризации и картирования городских зеленых насаждений / И. Ф. Букша, В. П. Пастернак, Т. С. Пивовар, М. И. Букша // Современное состояние и перспективы применения ГИС-технологий и аэрокосмических методов в лесном хозяйстве и садово-парковом строительстве. Особенности преподавания данных дисциплин в высших и средних учебных заведениях: сб. статей. – Йошкар-Ола : Марийский гос. техн. ун-т, 2008. – С. 93–100.
9. Черны М., Букша И. Ф., Букша М. И. Передовые технологии для полевого сбора данных в лесном хозяйстве // Оборудование и инструмент для профессионалов. – 2009. – № 2. – С. 62–65.
10. Вишневецкий, В. С. Полевые испытания ГИС Field-Map // Оборудование и инструмент для профессионалов. – 2009. – № 5–6. – С. 74–75.
11. Горский П. В. Руководство для составления таблиц. – М. : Гослесбумиздат, 1962. – 93 с.
12. Оценка возможности применения программно-измерительного комплекса на базе ГИС Field-Map при разработке таблиц объемов стволов в городских условиях/ И. В. Шевелина, А. В. Суслов, Д. Н. Нуриев, З. Я. Нагимов, А. Н. Марковцева, И. С. Дунаев // Успехи современ. естествознания. – 2018. – № 1. – С. 62–67.
13. Шевелина И. В., Нагимов З. Я., Метелев Д. В. Характеристика лесного фонда зеленой зоны в пределах муниципального образования «г. Екатеринбург» // Современ. проблемы науки и образования. – 2015. № 1–1. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=18547> (дата обращения: 22.12.2019).
14. Шевелина И. В., Метелев Д. В., Нагимов З. Я. Динамика лесоводственно-таксационных показателей насаждений лесопарков города Екатеринбурга // Успехи современ. естествознания. – 2016. – № 6. – С. 125–131. – URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35979> (дата обращения: 22.12.2019).
15. Нуриев Д. Н., Шевелина И. В., Нагимов З. Я. Разработка таблиц объемов стволов березы для озеленительных посадок г. Екатеринбурга на основе данных, полученных программно-измерительным комплексом Field-Map // Успехи современ. естествознания. – 2018. – № 11. – С. 54–60.

Bibliography

1. Lunts L. B. Urban Green Building: Textbook for universities. – 2nd ed., Rev. and add. – Moscow: Stroyizdat, 1974. – 275 p.
2. Engineering preparation and improvement of urban areas: textbook for universities / V. V. Vladimirov, G. N. Davidyants, O. S. Rastorguev, V. L. Shafran. – Moscow : Arkhitektura, 2004. – 240 p.
3. Forestry-taxational evaluation of woods ecological situation under the conditions of recreation and technogenic / S. A. Shavnin, V. A. Galako, S. L. Menshchikov, V. E. Vlasenko, V. N. Marushchak // Federal state educational institution of higher education – Orenburg State : Agrarian University, 2010. – Vol. 27., No. 3 – P. 37–41.
4. Ecology of the city: tutorial. / edited by V. V. Denisov – Moscow, Rostov-on / D : Mart, 2008. – 832 p.
5. Taran I. V., Spiridonov V. K. Resistance recreational forests. – Novosibirsk : Science, 1977. – 177 p.
6. Kryuchkova I. I., Nagimov Z. Ja. Structural features of the tree groups of barbed spruces in the city of Buguruslan // Modern problems of science ad education. – 2015. – No. 1–1. – URL: www.science-education.ru/ru/article/view?id=17307 (accessed date:19 December 2019).
7. Nuriev D. N. Structure, growth and condition of greening plantings of the hanging birch (*Betula pendula* Roth.) in the conditions of Yekaterinburg: autoref. dis. ... can. of agricultural Sciences: 06.03.02 / Nureyev Dmitry Nailiyevich. – Yekaterinburg, 2019. – 20 p.
8. Use of Field-Map GIS-technology in landscape construction for inventory and mapping of urban green stands / I. F. Buksha, V. P. Pasternak, T. S.Pivovarov, M. I. Buksha // The current state and the prospects of use of GIS-technologies and space methods in forestry and landscape gardening construction. Features of teaching these

disciplines in the highest and average educational institutions: collection of articles. – Yoshkar-Ola : Mariyskiy gos. tehn. un-t, 2008. – P. 93–100.

9. Cherny M., Buksha I. F., Buksha M. I. Advanced technologies for field data collection in forestry // Equipment and tools for professionals, 2009. – No. 2. – P. 62–65.

10. Vishnevskij V. S. Field tests of GIS Field-Map // Equipment and tools for professionals. – 2009. – No. 5–6. – P. 74–75.

11. Gorskiy P. V. Guide for compilation of tables. – Moscow : Goslesbumizdat, 1962. – 93 p.

12. Estimation of using Field-Map technology in development of the stem volume tables in urban environment / I. V. Shevelina, A. V. Suslov, D. N. Nuriev, Z. Ya. Nagimov, A. N. Markovtseva, I. S. Dunaev // Advances in current natural sciences. – 2018. – Vol. 1. – P. 62–67.

13. Shevelina I. V., Nagimov Z. Ya., Metelev D. V. Characteristic of the forest fund of the urban forest zone of municipal unit «city of Yekaterinburg» // Modern problems of science ad education, 2015. – No. 1–1. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18547> (accessed date: 22 December 2019).

14. Shevelina I. V., Metelev D. V., Nagimov Z. Ya. Dynamics of silvicultural and taxation parameters of the stands in woodland parks in the city of Yekaterinburg // Advances in current natural sciences. – 2016. – No. 6. – P. 125–131. – URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35979> (accessed date: 22 December 2019).

15. Nuriev D. N., Shevelina I. V., Nagimov Z. Ya. Development of the stem volume tables of birch based on data received by using Field-Map technology for urban plantings in Yekaterinburg // Advances in current natural sciences. – 2018. – Vol. 11. – P. 54–60.

УДК 574.3

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СРЕДЫ В ГОРОДСКОМ ЛЕСОПАРКЕ МЕТОДОМ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТЬЕВ БЕРЁЗЫ ПОВИСЛОЙ (*Betula pendula* Roth.)

Н. П. БУНЬКОВА – кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры лесоводства*
e-mail: bunkovanp@m.usfeu.ru
ORCID ID: 0000-0002-7228-4693

В. В. АБРАМЕНКО – магистрант кафедры лесоводства*,
e-mail: nika_abramenko@mail.ru

* ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

Ключевые слова: берёза повислая (*Betula pendula* Roth.), флуктуирующая асимметрия листьев, фито-мониторинг, оценка качества среды, антропогенное воздействие, биоиндикация, состояние насаждений.

С каждым годом возрастает воздействие на окружающую природную среду лесопарка, ухудшая его санитарное состояние. Это указывает на то, что появляется острая необходимость контролировать его состояние.

Лесопарк им. Лесоводов России, расположенный в городе Екатеринбурге, можно отнести к природному объекту, отмеченному как нечто среднее между парком и лесом. В нём запрещается любая хозяйственная деятельность, которая может принести непоправимый ущерб данной местности. При этом вся эта природная территория открыта для посетителей.
