

Продуктивность лесопарковых, загородных и внутригородских насаждений рекреационной зоны г. Екатеринбурга*

С.А. Шавнин, д.б.н., профессор, В.А. Галако, к.с.-х.н., В.Э. Власенко, к.б.н., ФГБУН Ботанический сад УрО РАН; Е.П. Артемьева, к.б.н. ФГБОУ ВПО Уральский ГУПС

Рекреационные насаждения городской черты крупных городских мегаполисов постоянно находятся под влиянием факторов антропогенного и техногенного характера. Они оказывают существенное влияние на характер лесных экосистем и в конечном итоге на продуктивность лесонасаждений [1].

Целью данной работы послужила необходимость разработки критериев оценки запаса сосновых древостоев лесопарковых, загородных и внутригородских насаждений на основе обоснования экологического состояния таких лесов с использованием методов математического моделирования [2].

Материал и методы исследования. Почти треть площади г. Екатеринбурга занимают лесопарки и городские леса, большинство из которых имеют естественное происхождение. В пределах город-

ской черты и зоны муниципального образования находятся 15 лесопарков. Лесопарки достаточно равномерно распределены по периметру городской территории. Преобладающим типом лесной растительности на окружающих город территориях являются сосновые леса. По лесорастительному районированию Б.П. Колесникова [3], территория лесопарков расположена в Западно-Сибирской равнинной области, Зауральской холмисто-предгорной провинции, южно-таёжном лесорастительном округе Свердловской области. Внутригородские лесные участки располагаются на территории городской застройки.

Основным методом исследования послужила закладка постоянных пробных площадей (ППП) с последующим проведением на них длительных или разовых наблюдений. ППП на загородных участках и в лесопарках закладывались согласно общепринятому стандарту (ОСТ 56-89-83) площадью 0,30 га (50×60 м), на внутригородских участках площадь пробы составляла 0,0625 га (25×25 м). В работе

* Работа выполнена в рамках комплексной программы фундаментальных исследований Уральского отделения РАН (проект 15-12-4-32) «Границы лесных насаждений в условиях крупной промышленной структурно-функциональной организации, роль в устойчивости к действию урбанизации».

использованы экспериментальные данные, представляющие собой материалы обмеров таксационных характеристик деревьев на закартированных ППП. У всех деревьев измеряли диаметры стволов на высоте 1,3 м в двух перпендикулярных направлениях и их высоту. Для крон деревьев были определены их проекции и протяжённость. Выбор участков для закладки ППП предусматривал сопоставимость по основным таксационным и типологическим показателям лесных сообществ, находящихся под влиянием различного уровня техногенного загрязнения и антропогенной нагрузки. Для оценки пространственной структуры и спектра абиотических и биотических компонентов лесных экосистем урбанизированной лесной территории г. Екатеринбурга было заложено 60 постоянных пробных площадей по трём вариантам их размещения: лесопарки, загородные и внутригородские участки. На основе полученных экспериментальных данных вычислены морфометрические показатели древостоев на ППП и их среднеарифметические ошибки.

Оценку структуры проводили с учётом основных выделяемых типов распределений: регулярного (правильного), случайного и группового. Для более полного и точного анализа пространственной структуры древостоев в рекреационных насаждениях была использована радиальная функция распределения, характеризующая встречаемость деревьев на определённом расстоянии друг от друга на основании системы концентрических колец [4]. Классификация типов строения, динамика структуры древостоев, структуры их взаимосвязи с таксационными показателями были проанализированы с использованием параметров распределений. С помощью обобщающих статистических характеристик проведено сравнение распределений различных морфометрических показателей древостоев в рекреационных насаждениях. В вероятностно-статистических методах для принятия решений использовали ряды характеристик случайных величин, выражающихся через функции распределения и плотности вероятностей.

Результаты исследования. Как показали результаты вычисленных значений радиальной функции распределения, основными характерными видами распределений в рекреационной зоне г. Екатеринбурга являются: на расстояниях между деревьями 4,5–6,0 м – групповой тип распределения, после 6,0 м – преобладает равномерное распределение. Из анализа пространственной структуры по материалам ППП следует, что антропогенная нагрузка и техногенные эмиссии существенно влияют на пространственное размещение деревьев.

При проведении сравнительного анализа были выбраны основные используемые в лесных исследованиях функции распределения: нормального и обобщённого нормального, Вейбулля, Пирсона-5 и Пирсона-6. В таблице 1 представлены данные

сравнительного анализа характеристик основных показателей приведённых функций кривых распределения для диаметров стволов на высоте 1,3 м, высот деревьев и диаметров крон, а также коэффициенты вариации, показатели асимметрии и эксцесса.

Проверку нулевой гипотезы проводили с помощью критериев согласия – хи-квадрат Пирсона [5]. Анализ данных статистической обработки пробных площадей рекреационной зоны г. Екатеринбурга показал, что распределение числа стволов сосны по основным таксационным показателям может быть аппроксимировано различными типами кривых в зависимости от категории участков, расположенных в различных зонах рекреационной территории (табл. 1).

В большинстве случаев распределение числа стволов по основным таксационным показателям отличается от нормального, за исключением отдельных категорий насаждений загородных и внутригородских участков.

Проверка нулевой гипотезы с помощью критерия согласия Пирсона свидетельствует о том, что предположение о нормальном законе распределения может быть принято однозначно только для рядов высот в загородных и внутригородских участках.

При определении продуктивности одним из первых направлений было нахождение числа стволов, их высот и диаметров, а также определение диаметров крон, что позволило при использовании массовых таблиц вычислить запас насаждений. Наиболее приемлемые результаты по определению запаса насаждений получены при использовании регрессионного анализа, где в качестве независимых переменных использованы средние высоты, сомкнутость полога, средние диаметры стволов и средние диаметры крон.

Полученные в результате анализа таксационного строения выводы позволяли составить пространственные модели продуктивности рекреационных насаждений по исследуемым видам рекреационных насаждений. Все модели представляют уравнения линейного типа, где по оси X размещены значения средних диаметров стволов, по оси Y – значения числа стволов на 1 га и по оси Z – значения запаса сосновых древостоев на 1 га.

Модель запаса (M) во внутригородских сосновых насаждениях может быть выражена линейным уравнением множественной корреляции вида: $M = 29,1429 + 3,8734x + 0,4763z$ при $R^2 = 0,914$ (рис. 1). Максимальное значение запаса в таких древостоях может достигать 500–600 м³/га. Как видно по графику, наиболее сильное влияние на изменение запаса оказывает уменьшение числа стволов на 1 га.

В загородных и лесопарковых рекреационных насаждениях поверхность отклика, характеризующая зависимость запаса древостоев от среднего

1. Сравнительный анализ характеристик функций кривых распределения основных таксационных показателей в рекреационных насаждениях г. Екатеринбург

№ ПП	Категория площадей	Функция распределения	Параметр характеристик функции кривой распределения										$\chi^2_{\text{теор.}}$			
			α	α_2	β	γ	σ	μ	$v, \%$	асимметрия	эксцесс	$\chi^2_{\text{стат.}}$				
Диаметр на высоте 1,3 м																
13	лесопарк	Вейбулля	6,376	-	35,272	-	-	-	-	-	-	18,32	-0,4098	0,0935	3,7175	16,812
32	лесопарк	Вейбулля	5,844	-	33,122	-	-	-	-	-	19,853	-0,3569	0,0111	7,2315	18,475	
36	загородные	Вейбулля	9,931	-	43,207	-	-	-	-	-	12,116	-0,6346	0,5626	0,6914	9,2103	
12	загородные	Вейбулля	4,655	-	46,948	-	-	-	-	-	24,445	-0,2034	-0,1702	4,5699	16,812	
44	внутригор.	Пирсона-6	122,17	28,401	6,3568	-	-	-	-	-	21,534	0,81328	1,2787	0,4284	13,277	
52	внутригор.	Вейбулля	7,367	-	43,515	-	-	-	-	-	16,021	-0,4911	0,2403	0,2364	9,2102	
Высота ствола																
13	лесопарк	Вейбулля	11,968	-	25,114	-	-	-	-	-	10,147	-0,7097	0,7641	3,5012	16,812	
32	лесопарк	Вейбулля	10,794	-	28,939	-	-	-	-	-	11,192	-0,6694	0,6532	7,289	18,475	
36	загородные	Пирсона-5	3,2027	-	6,2324	25,072	-	-	-	-	9,247	1,645	2,1645	0,3472	6,635	
12	загородные	Нормальн.	-	-	-	-	-	2,734	25,971	-	10,529	-	-	10,122	16,812	
44	внутригор.	Нормальн.	-	-	-	-	-	3,121	22,128	-	14,108	-	-	0,8987	13,277	
52	внутригор.	Пирсона-6	20,291	6,729E-8	7,381E+8	-	-	-	-	-	21,868	0,4373	0,2869	1,3162	9,2103	
Диаметр кроны																
13	лесопарк	Вейбулля	4,5308	-	4,799	-	-	-	-	-	25,057	-0,1834	-0,1876	6,5571	16,812	
32	лесопарк	Вейбулля	3,7106	-	4,744	-	-	-	-	-	30,023	-0,0253	-0,2768	10,0632	18,475	
36	загородные	Пирсона-3	22,135	-	0,035	6,9867	-	-	-	-	17,518	1,0132	1,9648	6,809E-4	6,6342	
12	загородные	Вейбулля	5,6817	-	8,4945	-	-	-	-	-	20,374	-0,3391	-0,0142	4,1501	16,812	
44	внутригор.	Пирсона-5	11,859	-	45,161	-	-	-	-	-	31,848	1,4177	4,1619	0,3173	11,345	
52	внутригор.	Вейбулля	4,239	-	6,545	-	-	-	-	-	26,616	-0,1331	-0,2254	0,1625	9,2101	

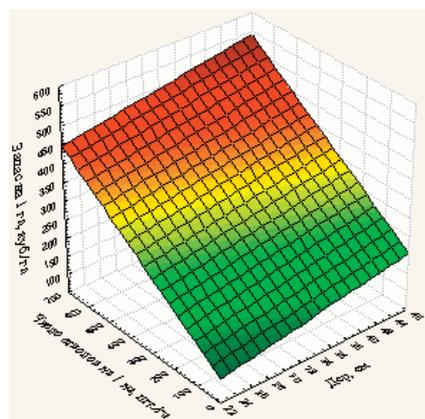


Рис. 1 – Поверхность отклика, характеризующая запас внутригородских насаждений

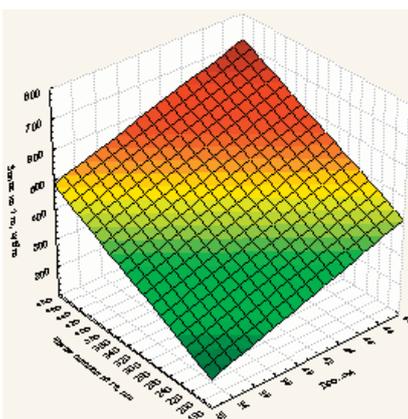


Рис. 2 – Поверхность отклика, характеризующая запас загородных насаждений

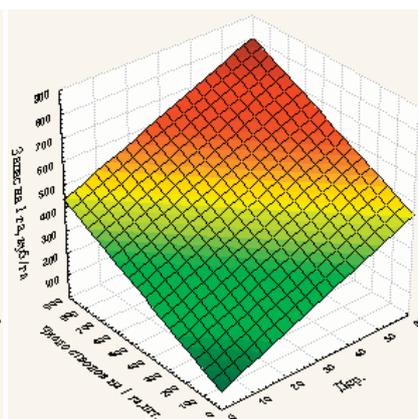


Рис. 3 – Поверхность отклика, характеризующая запас лесопарковых насаждений

2. Состояние насаждений в рекреационных лесах г. Екатеринбурга

Средний морфометрический показатель	Вид насаждений		
	внутригородские	загородные	лесопарки
Количество ППП	20	11	29
Состав (сосна)	9,5±0,28	9,2±0,29	9,6±0,14
Возраст, лет	116,2±7,4	128,0±16,1	138,1±7,4
Диаметр, см	37,2±3,43	42,1±4,51	42,3±3,41
Высота, м	24,4±2,24	27,1±1,36	27,3±1,45
Бонитет	II,2±0,2	II,2±0,2	II,2±0,1
Запас, м³/га	337,1±50,4	468,3±63,5	470,1±27,2
Полнота абсолютная, м²/га	29,75±3,72	40,54±6,34	36,57±9,88
Полнота относительная	0,78±0,051	0,92±0,071	0,92±0,028
Число деревьев на 1 га, шт.	343±80	323±90	341±72
Тип леса	СРПР	СРПР	СРПР

диаметра стволов и числа стволов на 1 га, характеризуется более высокими значениями при линейных функциях: $M = 377,3862 + 12,5954x + 0,96y$ при $R^2=0,905$ – для загородных насаждений и $M = 80,6114 + 6,0873x + 0,3976y$ при $R^2=0,886$ – для лесопарковых насаждений (рис. 2, 3).

Общая производительность древостоев в зоне урбанизации снижается. Это заметно по изменению среднего бонитета насаждений, а также по динамике запаса древесины на единице площади. Состояние насаждений ряда лесопарков можно признать удовлетворительным. Тем не менее более 20% от их площади испытывают негативное влияние города (табл. 2).

Литература

1. Таран И.В. Рекреационные леса Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1985. 230 с.
2. Шавнин С.А., Галако В.А., Меншиков С.Л., и др. Лесо-водственно-таксационная экологического состояния лесов в условиях рекреации и техногенного загрязнения // Известия Оренбургского государственного аграрного университета: 2010. № 3 (27). С. 37–41.
3. Колесников Б.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск, 1973. 175 с.
4. Семейшев М.М. Исследования продукционных показателей деревьев с учётом конкуренции в искусственных сосняках: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2011. 20 с.
5. Колтунова А.И. Моделирование роста и продуктивности древостоев (на примере некоторых лесобразующих пород Северной Евразии): автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2004. 45 с.