

УДК 631.4:504.5(1-24)

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕКРЕАЦИИ НА РАСТИТЕЛЬНОСТЬ, ПОДСТИЛКУ И ПЛОТНОСТЬ ПОЧВ ЛЕСОПАРКОВ МОСКВЫ

В.А. Кузнецов, И.М. Рыжова, В.М. Телеснина, Г.В. Стома

Обсуждаются количественные характеристики состояния растительности, подстилки и почв на разных стадиях рекреационной дигрессии на примере лесопарков «Лосиный остров» и «Битцевский лес» (Москва). К рекреационному воздействию наиболее чувствителен растительный покров, изменения показателей состояния которого отмечены уже при переходе к стадии II дигрессии экосистем. Тип подстилки изменяется на стадиях III и IV, а статистически значимое уменьшение ее запасов происходит на стадии V. Плотность верхнего минерального слоя почвы статистически значимо увеличивается на 0,24—0,28 г/см³ при достаточно высокой рекреационной нагрузке на стадиях IV и V.

Ключевые слова: рекреация, уровень рекреационной нагрузки, стадия рекреационной дигрессии, лесопарки Москвы.

Введение

С увеличением численности городского населения, на долю которого приходится больше половины населения планеты, особо актуальной становится проблема устойчивости урбоэкосистем. Для их нормального функционирования и сохранения большое значение имеют парки и лесопарки. На городских территориях лесопарки представляют собой своеобразные «осколки» природных экосистем, являющиеся ценнейшим рекреационным ресурсом, так как их среда особенно благоприятна для отдыха и укрепления здоровья человека. В то же время рекреация относится к одному из основных негативных антропогенных факторов, влияющих на городские и пригородные лесные экосистемы [2, 6, 15—19, 21, 22]. Наиболее сильное отрицательное воздействие на состояние лесопарков оказывает бездорожная рекреация со свободным перемещением отдыхающих по территории [2, 15—19].

Существуют разные методы определения рекреационной нагрузки. Они представлены в отраслевом стандарте «Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы» [13]. В связи с трудностями практического использования регистрационно-измерительного метода, основанного на определении количества посетителей и времени их пребывания, большее распространение получила оценка рекреационной нагрузки в зависимости от того, какая доля от общей площади изучаемого участка вытоптана до минерального горизонта. В соответствии с этим показателем по [13] выделяют пять уровней рекреационной нагрузки, для каждого из которых определяется стадия дигрессии (СД), характеризующая этап изменчивости биогеоценоза. Этот подход получил широкое распространение в рекреационном лесоведении. Начиная с работ Р.А. Карпи-

носовой, наиболее широко используется пятистадийная схема (по Л.П. Рысину [16, 17]). Также имеются работы, в которых для характеристики рекреационных изменений предлагаются как более [16, 17], так и менее [15, 19] детальные схемы. В настоящее время нет единой точки зрения по вопросу о том, какая рекреационная нагрузка является критической для леса [2, 6, 15—19]. По данным С.А. Дыренкова и С.Н. Савицкой (по Г.П. Рысиной [18]), изучавших лесопарки Ленинграда с использованием четырехстадийной схемы, уже после стадии II остановить разрушение леса можно только после его реконструкции. На основании изучения широколиственных и сосновых лесов Подмосковья Г.А. Полякова с соавт. (по Г.П. Рысиной [18]) пришли к выводу, что критической является стадия III рекреационной дигрессии. Трудности получения однозначного ответа на этот вопрос, с одной стороны, вероятно, обусловлены разной устойчивостью разных типов леса к одинаковой рекреационной нагрузке, а с другой — недостатком данных для определения количественной зависимости показателей состояния лесного биогеоценоза от уровня рекреационной нагрузки.

Рекреация влияет на все компоненты леса [2, 14—19, 21, 22]. Поэтому для определения устойчивости рекреационных лесов важно изучение зависимости их компонентов от рекреационной нагрузки не только на качественном, но и на количественном уровне. Первоочередной интерес представляют те компоненты, которые имеют наибольшую чувствительность к воздействию. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о высокой чувствительности растительности и подстилки [2, 6, 15—19, 21, 22]. Среди почвенных свойств на рекреационное воздействие в первую очередь реагирует плотность верхнего минерального слоя. Особенно сильно она изменяется при уничтожении подстилки. С увеличе-

нием плотности в результате вытаптывания связаны изменения структуры и водно-воздушного режима почв, что в свою очередь влияет на состояние растительности [2, 16—19]. Поэтому большой интерес вызывают комплексные исследования, направленные на получение данных, характеризующих зависимость состояния растительности, подстилки и почв от уровня рекреационной нагрузки для разных типов леса.

Задача настоящей работы — количественная оценка показателей состояния растительности, подстилки и плотности почв на разных стадиях рекреационной дигрессии на примере лесопарков Москвы.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования выбраны экосистемы двух лесопарков Москвы — «Лосиногостовского острова» и «Битцевского леса». В первом они представлены осоково-снытьевым елово-липовым лесом на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, а во втором — осоково-разнотравным дубово-липовым на дерново-подзолистых легко- и среднесуглинистых почвах.

В каждом лесопарке в сходных автономных геоморфологических условиях было заложено по пять пробных площадей (25 × 25 м), соответствующих пяти уровням рекреационной нагрузки, определенным по доле площади дорожно-тропиночной сети [13], характеризующих каждую из пяти стадий дигрессии биогеоценоза. На выбранных участках проведено геоботаническое описание всех ярусов леса по традиционным методикам [9]. Для характеристики состояния деревьев использовали комплекс показателей, предложенный Е.Г. Мозолева [11]: состояние ассимиляционного аппарата, количество отпада, повреждения стволов, их форма, конфигурация кроны (асимметричность, суховершинность, сомкнутость, облиственность). В результате было определено число деревьев следующих категорий: в хорошем, удовлетворительном, неудовлетворительном состояниях (усыхающие и сухостойные) и число стволов с оголенными корнями. Дополнительно определяли показатель стабильности развития (ПСР) липы мелколистной (*Tilia cordata*) по методике В.М. Захарова и А.Т. Чубинишвили [5], которая позволила по величине флуктуирующей асимметрии листовых пластинок, на основании пяти морфометрических промеров оценить качество окружающей среды. Для этого на каждой из стадий дигрессии промеряли по 500 листовых пластинок.

В современных экологических исследованиях травяного яруса широко используются эколого-ценотические группы травяных видов растений, сходных по отношению к совокупности экологических факторов. Подход к выделению таких групп у разных авторов неодинаков. В работе были использованы эколого-ценотические группы, предлагаемые А.А. Ниценко [12], объединившие все разнообразие видов в четыре группы: лесные, лесолуговые, луговые и сорно-рудераль-

ные. Эти группы выделены в большинстве работ, посвященных рекреационным лесам [2, 15—19]. Для характеристики сходства видового состава травяных сообществ на разных стадиях рекреационной дигрессии вычислялись широко используемые в биогеоценологии индексы общности Жаккара и Серенсена—Чекановского [3]. Освещенность леса определяли фотоэлектрическим люксметром Ю-117 на уровне почвы и на высоте 1,5 м в 36-кратной повторности на каждой пробной площади.

Образцы подстилки на каждой пробной площади отбирали рамкой 25 × 25 см на тропинках, в притропиночных зонах шириной 1 м и вне зоны прямого влияния тропинок. Степень выраженности тропинок оценивали по критериям, предложенным М.С. Шапочкиным [20]. Мощность и запасы подстилки обладают высокой внутрибиогеоценозной пространственной изменчивостью, обусловленной влиянием деревьев-эдификаторов, создающих мощные фитогенные поля [7]. Для ее учета образцы подстилки вне зоны прямого влияния тропинок отбирали методом заложения трансект (по три на каждой пробной площади) по прямой линии от ствола одного дерева до ствола другого: у ствола, в середине проекции кроны и в межкрупном пространстве (окно). Определяли мощность и соотношение подгоризонтов подстилки, запас сухого вещества, состав (доля измельченной (< 1 см), активной (листья) и пассивной (ветки, кора, хвоя) фракций), влажность и кислотность (подстилка: вода = 1:25). Так как установлено, что влияние рекреационного воздействия на почвенные свойства ослабляется с глубиной [8], то определяли плотность почв для верхнего минерального слоя 0—5 см по общепринятой методике [14].

Статистический анализ данных выполнен в программе STATISTICA 6.0. Анализировали послойные выборки, составленные с учетом доли площади тропинок и притропиночных зон на каждой пробной площади.

Результаты и их обсуждение

Изменение растительности в зависимости от уровня рекреационной нагрузки.

Древесный ярус. Рекреация оказывает разностороннее влияние на состояние древостоя. В результате механического воздействия у деревьев повреждаются стволы, что не только влияет на их жизнедеятельность, но и способствует развитию болезней и заселению вредителями. Вытаптывание приводит к уплотнению почвы и, как следствие, к изменению ее водного и воздушного режимов и условий питания растений. Данные, характеризующие зависимость количественных показателей состояния древостоя от уровня рекреационной нагрузки, представлены в табл. 1.

С ростом рекреационной нагрузки в 4—5 раз снижается доля деревьев в хорошем состоянии, а в неудовлетворительном состоянии, напротив, возрастает,

Таблица 1

Состояние древостоя на разных стадиях рекреационной дигрессии

Категории состояния деревьев (по [11])	«Лосиный остров» (елово-липовый лес)					«Битцевский лес» (дубово-липовый лес)				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Сомкнутость крон, %	70—75	65—70	30—35	25—30	20—25	75—80	60—65	50—55	40—45	30—35
Хорошее	26/93	14/56	11/44	8/38	4/18	24/88	24/78	19/66	11/42	6/24
Удовлетворительное	2/7	6/24	7/28	7/29	8/36	3/12	3/11	5/17	9/35	8/32
Неудовлетворительное	0/0	5/20	7/28	8/33	10/46	0/0	3/11	5/17	6/24	11/44
Число усыхающих деревьев	0/0	4/16	4/16	5/15	5/24	0/0	2/7	3/10	4/15	9/36
Число сухих деревьев	0/0	1/4	3/12	3/15	5/24	0/0	1/4	2/7	2/8	2/8
Число деревьев с оголенными корнями	0/0	0/0	1/4	3/13	11/50	0/0	0/0	0/0	1/4	4/16
Общее число деревьев	28	25	25	24	24	25	27	29	26	25
Показатель стабильности развития (ПСР) липы мелколистной (по [5])										
Среднее значение ПСР ($n = 500$)	0,030	0,035	0,039	0,042	0,049	0,028	0,031	0,034	0,041	0,045

Примечание. Римские цифры — стадии дигрессии (здесь и в других таблицах); числитель — число экземпляров на 100 м², знаменатель — доля, %.

достигая к стадии V дигрессии 44—46%. Динамика изменений зависит от видового состава древостоя. С увеличением рекреационной нагрузки показатели состояния древостоя в елово-липовом лесу парка «Лосиный остров» изменяются быстрее, чем в дубово-липовом «Битцевского леса». В хвойно-широколиственном лесу доля деревьев в хорошем состоянии снижается вдвое при переходе к СД III, а в широколиственном лесу только к СД IV. Уже на стадии дигрессии II елово-липового леса доля деревьев в неудовлетворительном состоянии составляет 20%, что почти в два раза выше по сравнению с дубово-липовым при заданном уровне рекреационной нагрузки. Это связано с меньшей устойчивостью к такому воздействию хвойных пород, чем лиственных [2, 6, 17].

Еще одной причиной ухудшения состояния древостоя под влиянием рекреации является оголение и повреждение корней. Особенно сильно страдают породы, у которых корневая система приурочена к верхним горизонтам почвы. У ели она поверхностная, поэтому деревья с оголенными корнями появляются в елово-липовом лесу на СД III, а к стадии V их доля достигает 50%. В дубово-липовом лесу деревья с оголенными корнями появляются только на стадии IV, а на стадии V на их долю приходится всего 16%.

Об ухудшении условий среды при возрастании рекреационной нагрузки свидетельствует увеличение пока-

зателя стабильности развития липы мелколистной, основанного на определении флуктуирующей асимметрии листовой пластинки (табл. 1). Результаты дисперсионного анализа свидетельствуют о статистической значимости различия средних значений ПСР ($\alpha = 0,05$) на всех стадиях дигрессии.

С ростом рекреационной нагрузки сомкнутость крон деревьев снижается с 70—80 до 30%, что приводит к изменениям условий освещенности. Зависимость ее от уровня рекреационной нагрузки под пологом леса на высоте 1,5 м и на уровне почвы характеризует рис. 1. К стадии III дигрессии относительная освещенность на уровне почвы (по отношению к открытой поверхности) возрастает в широколиственном («Битцевский лес») и хвойно-широколиственном («Лосиный остров») лесах до 13 и 26% соответственно. На стадии V она увеличивается до 47—60% на уровне почвы и до 60% на высоте 1,5 м. Изменение освещенности

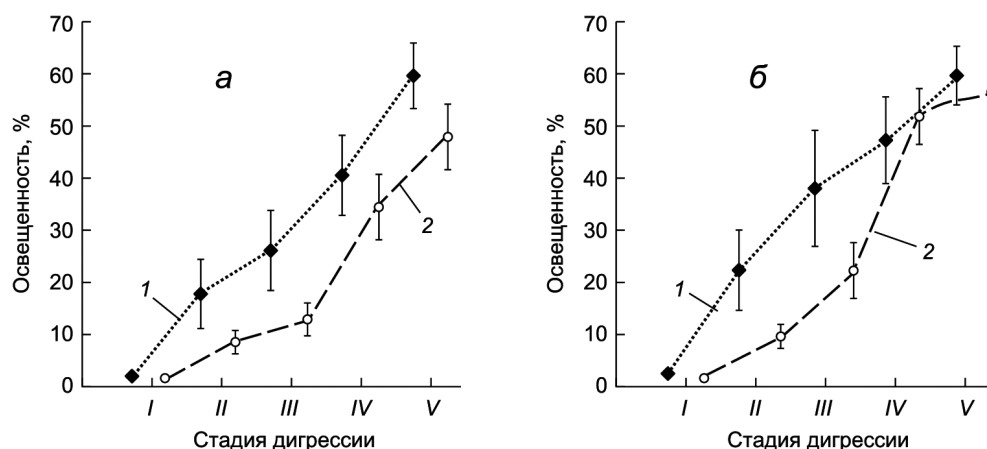


Рис. 1. Зависимость относительной освещенности от уровня рекреационной нагрузки на уровне почвы (а) и на высоте 1,5 м (б): 1 — «Лосиный остров», 2 — «Битцевский лес»

щенности оказывает большое влияние на другие ярусы растительного покрова.

Подлесок. Его состояние служит важным диагностическим показателем рекреационной нарушенности леса [15, 19]. Обилие подлеска в изучаемых лесопарках до стадии IV практически не изменилось, но при достижении стадии V оно уменьшилось в 3–4 раза. Изменения в видовом разнообразии проявляются при более слабой рекреационной нагрузке. На стадии I в подлеске отмечены лещина обыкновенная и теневыносливые виды, являющиеся индикаторами малонарушенных участков: в «Лосином острове» — бересклет бородавчатый, в «Битцевском лесу» — калина обыкновенная и жимолость лесная [15–18]. Однако уже на стадии II, вследствие изменения экологических условий, эти неустойчивые теневыносливые виды исчезают, в то время как компактные кусты лещины обыкновенной, способные выдерживать большую нагрузку, разрастаются [15–19]. Образуются отдельные скученные группы подлеска, в тени которых единично сохраняются низкорослые формы (до 20–50 см) теневыносливых видов — крушины ломкой, жимолости лесной. На стадиях III и IV в «Лосином острове» происходит внедрение опушечных видов — смородины черной и малины, а в «Битцевском лесу» продолжает доминировать лещина обыкновенная. На активно посещаемых участках в лесопарках подлесок исчезает практически полностью, образуется кустарниковый ярус из единичных особей лещины обыкновенной.

Подрост деревьев. Оценка состояния подроста в лесопарках проводится по видовому разнообразию, обилию и морфометрическим показателям. На первых трех стадиях дигрессии в подросте доминируют дуб черешчатый, липа мелколистная, клен остролистный. При переходе к стадии IV в «Лосином острове» остается только клен остролистный, а в «Битцевском лесу» сохраняются все доминирующие виды и появляется типичный представитель опушек и светлых полян — ясень обыкновенный.

При слабой рекреационной нагрузке (СД I и II) все особи подроста имеют высокие морфометрические показатели — высоту до 5 м и диаметр 3–5 см. При усилении воздействия они ухудшаются. В «Лосином острове» на стадии III, а в «Битцевском лесу» на стадии IV доля низкорослого молодого подроста (высота < 50 см) составляет > 50%. На стадии V высота стволов падает до 0,3–0,5 м, а их диаметр — до 0,5 см.

Количество подроста на двух первых стадиях дигрессии составляет примерно 10 экз/100 м². При усилении рекреационной нагрузки на стадиях III и IV оно увеличивается почти вдвое, затем снижается при максимальном воздействии на стадии V до 2–6 экз/100 м².

Эти результаты согласуются с данными других исследователей, которые связывают усиление лесовозобновительных процессов с тем, что с увеличением рекреационного воздействия редет подлесок, возрастает освещенность, разрушается подстилка и вытаптывается моховой покров, которые зачастую препятствуют появлению и развитию всходов древесных пород. Однако дальнейшее усиление рекреационного воздействия вызывает угнетение подроста, который страдает от него больше, чем взрослые деревья [16].

Всходы. Число всходов деревьев на разных стадиях дигрессии в начале и середине вегетационного сезона характеризуют диаграммы (рис. 2). Всходы обычно приурочены к освещенным участкам, лишенным растительного покрова и подстилки, где создаются оптимальные условия для прорастания семян деревьев [4, 15, 16]. В изучаемых лесопарках на СД I в начале и середине вегетационного сезона среди всходов деревьев полностью доминирует клен остролистный (12–15 экз/100 м²). Стадии III и IV обладают оптимальными условиями для появления и развития всходов, что приводит к увеличению их видового разнообразия (появляется дуб черешчатый и липа мелколистная) и обилия (в 2–4 раза). С дальнейшим увеличением рекреационной нагрузки обилие и видовое разнообразие всходов снижается: они механически повреждаются

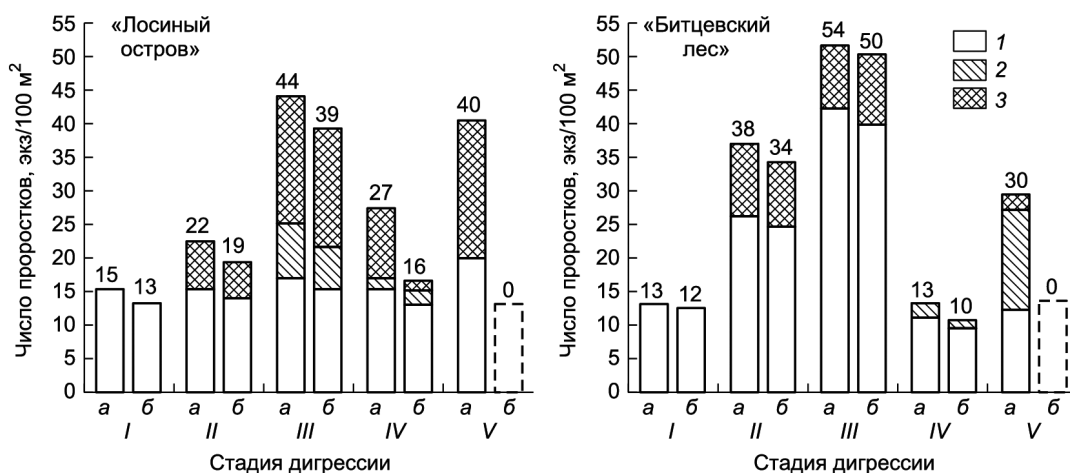


Рис. 2. Число всходов деревьев на разных стадиях дигрессии в начале (а) и середине (б) вегетационного сезона: 1 — клен остролистный, 2 — дуб черешчатый, 3 — липа сердцевидная

Таблица 2

Эколого-ценотические группы трав на участках с разными стадиями дигрессии

Эколого-ценотическая группа		«Лосиный остров»					«Битцевский лес»				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	Лесные	8/89	9/82	10/39	7/58	4/44	10/91	9/90	13/93	8/35	5/45
	Лесолуговые	1/11	2/18	3/24	3/25	2/24	1/9	0	1/7	5/24	2/18
	Луговые	0	0	0	0	1/11	0	0	0	4/17	1/9
	Сорные	0	0	10/39	2/17	2/24	0	1/10	0	6/26	3/27
Всего видов на 100 м ²		9	11	24	12	9	11	10	14	24	11

Примечание. Числитель — число видов, экз/100 м², знаменатель — доля, %.

ся, часть из них гибнет, не успевая перейти в категорию подростов. На стадии V в начале вегетационного сезона (май) число всходов составляет 30—40 экз/100 м², а к концу июля они полностью исчезают.

Травяной ярус. В изучаемых лесопарках по отношению к экологическим условиям выделены четыре эколого-ценотические группы трав (табл. 2). При слабой рекреационной нагрузке (СД I и II) отмечено 9—11 видов травянистых растений, относящихся в основном к лесной эколого-ценотической группе. При средней нагрузке за счет увеличения разнообразия условий местообитания возрастает разнообразие травяных растений из-за внедрения лесолуговых, луговых и сорных видов. Максимальное число видов (24) в изучаемых парках одинаково. Оно отмечается, когда освещенность на уровне почвы достигает 25% относительно открытой поверхности. В парке «Лосиный остров» это происходит на стадии III, а «Битцевский лес» — на стадии IV (рис. 1).

Дальнейшее увеличение рекреационной нагрузки приводит к снижению видового разнообразия. С ростом освещенности и увеличением уплотнения почвы под действием рекреации в травяном ярусе начинают доминировать светолюбивые, устойчивые к вытаптыванию и механическим повреждениям виды [2, 15—19].

На начальных стадиях дигрессии доминируют сныть обыкновенная, осока волосистая, зеленчук жел-

тый с суммарным проективным покрытием 55—60%. При средних уровнях нагрузки их участие в общем покрытии снижается до 10—15%, а на активно посещаемых территориях они практически полностью исчезают. К СД IV увеличивается доля видов, стойких к физическому повреждению и уплотнению почв, таких как недотрога обыкновенная и мелкоцветковая, гравилат городской, крапива двудомная, живучка ползучая, ландыш майский. На стадии V остаются только наиболее устойчивые к рекреации виды: одуванчик лекарственный, подорожник большой, гравилат городской и недотрога мелкоцветковая. Отметим, что на первых стадиях дигрессии у большинства видов отмечены фенологические фазы цветения или отцветания, а на стадиях III и IV — только их вегетация.

Анализ сходства видового состава травяных сообществ на разных стадиях дигрессии (табл. 3) показал, что резкое уменьшение степени сходства происходит при переходе к стадии дигрессии, характеризующейся максимальным видовым разнообразием. В «Лосином острове» это стадия III, а в «Битцевском лесу» — IV. В елово-широколиственном лесу по сравнению с широколиственным видовой состав травяного яруса на разных стадиях дигрессии различается сильнее.

Моховой ярус. На изучаемой территории моховой покров встречается фрагментарно. При переходе от стадии I к стадии III его площадь «очагово» уве-

Таблица 3

Коэффициенты сходства видового состава травяных сообществ на разных стадиях дигрессии

Стадия дигрессии	«Лосиный остров»										«Битцевский лес»									
	коэффициент флористического сходства Жаккара					коэффициент общности видового состава Сьёренсена—Чекановского					коэффициент флористического сходства Жаккара					коэффициент общности видового состава Сьёренсена—Чекановского				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
I	—	0,25	0,03	0,24	0,06	—	0,4	0,06	0,38	0,11	—	0,62	0,56	0,24	0,24	—	0,76	0,72	0,35	0,36
II	0,25	—	0,1	0,24	0,11	0,4	—	0,18	0,35	0,2	0,62	—	0,41	0,24	0,11	0,76	—	0,58	0,36	0,19
III	0,03	0,1	—	0,17	0,14	0,06	0,18	—	0,29	0,25	0,56	0,41	—	0,19	0,14	0,72	0,58	—	0,32	0,24
IV	0,24	0,24	0,17	—	0,11	0,38	0,35	0,29	—	0,19	0,24	0,24	0,19	—	0,26	0,35	0,36	0,32	—	0,41
V	0,06	0,11	0,14	0,11	—	0,11	0,2	0,25	0,19	—	0,24	0,11	0,14	0,26	—	0,36	0,19	0,24	0,41	—

личивается с 3—5 до 7—10%, а затем в результате усиления воздействия на стадиях IV и V мхи из-за их низкой устойчивости к рекреации исчезают, что согласуется с литературными данными [15—18].

Изменение подстилки в зависимости от степени рекреационного воздействия.

Подстилка относится к наиболее чувствительным к рекреационному воздействию компонентам лесных экосистем. Об изменениях в ней свидетельствуют такие интегральные показатели, как морфологическое строение, мощность и запасы. Под действием рекреации изменяется число подгоризонтов подстилки. На ранних стадиях рекреационной дигрессии она относится к типу гумифицированных или ферментативных по классификации Л.Г. Богатырёва [1]. К стадиям III и IV тип подстилки меняется на деструктивный, когда она представлена одним слоем неразложившегося растительного материала.

На стадиях дигрессии I и II мощность подстилки варьирует в пределах 1—5 см, составляя в среднем 2—3 см. К стадии V увеличивается ее фрагментарность, а мощность снижается до 0,5 см.

Данные о запасах подстилки на разных стадиях рекреационной дигрессии представлены на рис. 3. Проведенный статистический анализ показал, что стадии дигрессии II и III характеризуются увеличением пространственной вариабельности ее запасов. При переходе со стадии I на стадии II и III дисперсия возрастает в 5—7 раз, поэтому некоторое увеличение запасов подстилки на этих стадиях статистически незначимо. Статистически значимое уменьшение запасов подстилки на 25—33% отмечено лишь на стадии V.

С ростом рекреационной нагрузки меняется фракционный состав подстилки (рис. 4). На первых четырех стадиях дигрессии преобладает активная фракция, хотя по мере усиления нагрузки ее доля снижается

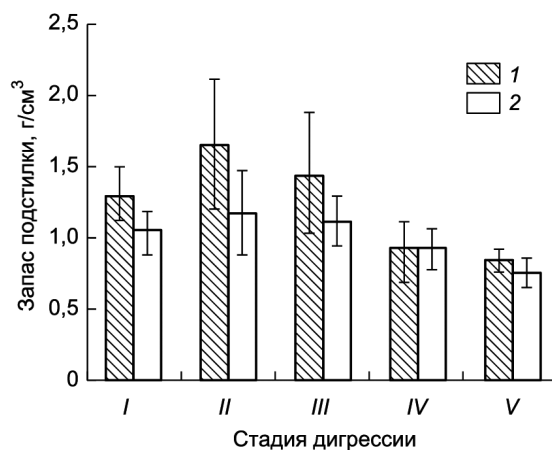


Рис. 3. Зависимость запасов подстилки от степени рекреационного воздействия: 1 — «Лосиный остров», 2 — «Битцевский лес», I — доверительный интервал среднего — 95%

с 73—82 до 49—55%. На стадии V доминирующей становится пассивная фракция. При вытаптывании в результате измельчения и перетирания подстилки значительно возрастает доля измельченной фракции в елово-широколиственном лесу «Лосиного острова» в 5, а в широколиственном лесу «Битцевского леса» в 9 раз.

Полученные результаты свидетельствуют о статистически значимом увеличении влажности (сухой период) и снижении кислотности подстилки с ростом рекреационной нагрузки (табл. 4). Уменьшение кислотности обусловлено поступлением атмотехногенной пыли, содержащей карбонаты, и антигололедных реагентов.

Изменение плотности почв в зависимости от уровня рекреационной нагрузки.

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о значительном влиянии рекреации на свойства лесных почв [2, 7, 16, 19, 21, 22]. Особого

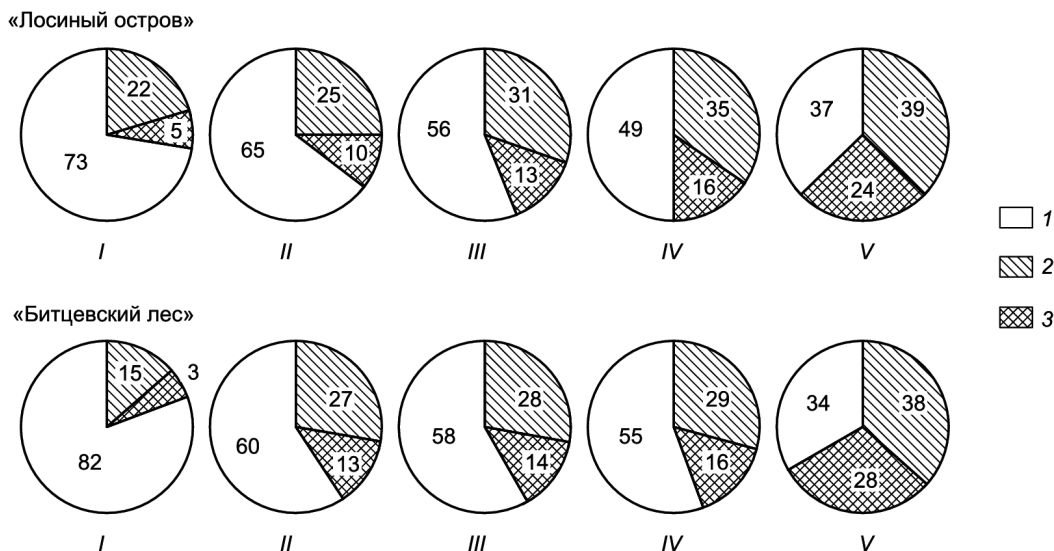


Рис. 4. Изменение фракционного состава подстилки в зависимости от уровня рекреационной нагрузки: 1 — доля активной фракции (листья), 2 — доля пассивной фракции (ветки, кора, хвоя), 3 — доля измельченной фракции (< 1 см)

Таблица 4

Влажность и кислотность подстилки при разном уровне рекреационной нагрузки

Показатель	«Лосиный остров»					«Битцевский лес»				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Влажность, %	20,0 ± 2,3	24,0 ± 2,2	24,8 ± 2,9	28,2 ± 2,2	30,4 ± 2,1	19,5 ± 2,5	24,3 ± 3,1	24,4 ± 2,9	24,3 ± 2,8	27,0 ± 2,3
Реакция среды, единицы pH	5,49 ± 0,08	5,65 ± 0,07	5,7 ± 0,07	5,7 ± 0,09	5,9 ± 0,06	5,75 ± 0,09	5,77 ± 0,12	5,78 ± 0,09	5,9 ± 0,09	6,00 ± 0,07

внимания заслуживает изучение изменения плотности почв в зависимости от уровня рекреационной нагрузки, так как она определяет водный, воздушный и питательный режимы растений и условия протекания биологических процессов в почвах. В рекреационных лесах в результате вытаптывания уплотнению подвергается верхний минеральный слой почвы. Этому способствует уничтожение подстилки. Особенно сильно уплотняется почва на тропинках.

В табл. 5 представлены данные, характеризующие изменения плотности почв в зависимости от типа тропинок. На слабовыраженных тропинках статистически значимое увеличение плотности почв наблюдается только в верхнем 5-сантиметровом слое. В результате вытаптывания плотность среднесуглинистых почв «Битцевского леса» на средневыраженных тропинках увеличивается до глубины 20 см, а в более легких почвах «Лосинового острова» — только в верхнем 5-сантиметровом слое. На хорошо выраженных тропинках уплотнение прослеживается до глубины 10–20 см во всех случаях. Изменение плотности верхнего 5-сантиметрового минерального слоя суглинистых дерново-подзолистых почв в зависимости от стадии дигрессии показано на рис. 5.

В результате рекреации плотность увеличивается на 0,24–0,28 г/см³. В елово-липовом лесу («Лосиный остров») статистически значимое увеличение плотности почвы отмечено при переходе к стадии IV, а в дубово-липовом («Битцевский лес») только при максимальной нагрузке на стадии V. Выпадение лес-

ных видов травяных растений происходит при плотности почв 1,2–1,3 г/см³ [18]. Оптимальная плотность почв составляет для хвойных пород — 0,9–1,15, для дуба — 0,9–1,45, для липы — 1–1,45 г/см³ [10].

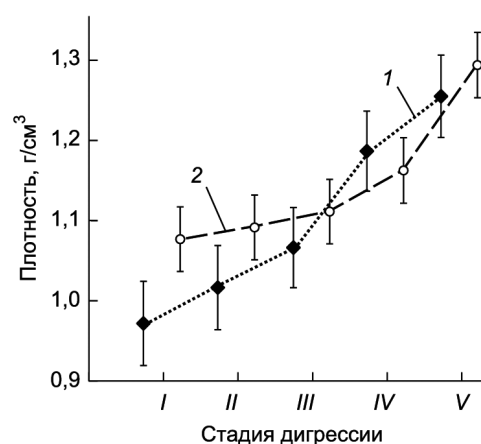


Рис. 5. Зависимость плотности почв от уровня рекреационной нагрузки: 1 — «Лосиный остров», 2 — «Битцевский лес»

В дубово-липовом лесу «Битцевского леса» на стадии V плотность почв на глубине до 20 см составляет 1,25–1,27 г/см³, что соответствует оптимальным условиям для дуба и липы, но может быть критическим для некоторых видов лесных трав. В елово-липовом лесу «Лосинового острова» плотность почв в слоях 5–10 и 10–20 см уже на стадии IV превышает верхнюю границу оптимальных условий произраста-

Таблица 5

Плотность почв на тропинках разного типа

Слой, см	Слабовыраженный тип		Средневыраженный тип		Хорошовыраженный тип	
	тропинка	на удалении 1 м от тропинки	тропинка	на удалении 1 м от тропинки	тропинка	на удалении 1 м от тропинки
«Битцевский лес»						
0–5	1,18 ± 0,078	1,02 ± 0,073	1,24 ± 0,084	1,03 ± 0,084	1,42 ± 0,075	1,12 ± 0,041
10–20	1,2 ± 0,043	1,24 ± 0,029	1,26 ± 0,024	1,15 ± 0,032	1,5 ± 0,034	1,24 ± 0,034
«Лосиный остров»						
0–5	1,07 ± 0,031	0,93 ± 0,055	1,32 ± 0,059	1,01 ± 0,092	1,39 ± 0,077	1,05 ± 0,043
10–20	1,33 ± 0,008	1,36 ± 0,019	1,46 ± 0,105	1,31 ± 0,085	1,72 ± 0,045	1,45 ± 0,072

Примечание. Полужирный шрифт — различия статистически значимы ($\alpha = 0,05$).

ния липы, которая относится к наиболее устойчивым к переуплотнению почв древесным породам.

Заключение

Под влиянием рекреации в лесопарках Москвы изменяются количественные характеристики состояния растительного покрова, подстилки и почв. К наиболее чувствительным компонентам лесных экосистем относится растительный покров. Статистически значимое изменение показателя стабильности развития липы мелколистной, основанное на определении флуктуирующей асимметрии листовой пластинки, отмечено уже на стадии II дигрессии БГЦ. Дубово-липовые леса более устойчивы к рекреации, чем елово-липовые. В первых больше половины деревьев находятся в хорошем состоянии до стадии IV, а во вторых уже в стадии III на их долю приходится только 44%.

В результате ухудшения состояния древостоя сомкнутость крон снижается с 70—80 до 30%, что приводит к увеличению освещенности, которая к стадии V увеличивается в 30 раз.

Под влиянием рекреации изменяется видовой состав травяного яруса. Анализ сходства видового состава травяных сообществ на разных стадиях дигрессии показал, что особенно сильно степень сходства снижается при переходе к стадии дигрессии, характеризующейся максимальным видовым разнообразием. В елово-широколиственном лесу («Лосиный остров») это стадия III, а в широколиственном («Битцевский лес») — стадия IV.

Рекреация оказывает существенное влияние на подстилку: изменяется ее тип, запасы и фракционный состав. Смена типа подстилки с гумифицирован-

ной и ферментативной при низкой нагрузке на деструктивную происходит на стадиях III и IV. Увеличение рекреационной нагрузки сопровождается ростом пространственной вариабельности ее запасов. При переходе со стадии I на стадии II и III дисперсия возрастает в 5—7 раз, а статистически значимое уменьшение запасов подстилки на 25—33% отмечено лишь на стадии V. Во фракционном составе подстилки в результате ее перетиравания при вытапывании значительно возрастает доля измельченной фракции в елово-широколиственном лесу «Лосиного острова» в 5, а в широколиственном лесу «Битцевского леса» — в 9 раз. С поступлением атмостехногенной пыли и антигололедных реагентов связано снижение кислотности подстилки — на стадии V значения pH достигают 5,9—6,0.

Уничтожение подстилки способствует уплотнению почв. К стадии V плотность верхнего минерального слоя увеличивается на 0,24—0,28 г/см³. В елово-липовом лесу («Лосиный остров») статистически значимое увеличение плотности почвы отмечено при переходе к стадии IV, а в дубово-липовом («Битцевский лес») — только на стадии V. В среднесуглинистой почве дубово-липового леса «Битцевского леса» на стадии V плотность на глубине до 20 см не превышает 1,3 г/см³, что соответствует оптимальным условиям произрастания дуба и липы, но может быть критическим для некоторых видов лесных трав. В елово-липовом лесу «Лосиного острова» на легкосуглинистых почвах плотность корнеобитаемого слоя уже на стадии IV превышает верхнюю границу оптимальных условий произрастания липы, которая относится к наиболее устойчивым к переуплотнению почв древесным породам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богатырёв Л.Г. О классификации лесных подстилок // Почвоведение. 1990. № 3.
2. Бурова Н.В., Феклистов П.А. Антропогенная трансформация пригородных лесов. Архангельск, 2007.
3. География и мониторинг биоразнообразия. М., 2002.
4. Горбунов А.С., Цветков П.А. Естественное возобновление в рекреационных сосняках зеленой зоны г. Красноярска // Хвойные бореальной зоны. 2009. № 2.
5. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т. Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях. М., 2001.
6. Казанская Н.С., Ланина В.В., Марфенин Н.Н. Рекреационные леса. М., 1977.
7. Карпачевский Л.О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. М., 1977.
8. Кузнецов В.А., Стома Г.В. Влияние рекреации на лесные городские ландшафты (на примере национального парка «Лосиный остров» г. Москвы) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2013. № 3.
9. Куликова Г.Г. Основные геоботанические методы изучения растительности. М., 2006.
10. Матюк И.С. Устойчивость лесонасаждений. М., 1983.
11. Мозолева Е.Г., Соколова Э.С., Жеребцова Г.П. и др. Оценка жизнеспособности деревьев и правила их отбора и назначения к вырубке и пересадке: Учеб.-метод. пособие. М., 2007.
12. Ниценко А.А. Об изучении экологической структуры растительного покрова // Бот. журн. 1969. Т. 54, № 7.
13. ОСТ 56-100-95 «Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы». М., 1995.
14. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв: Метод. рук-во / Под ред. Е.В. Шеина. М., 2001.
15. Полякова Г.А., Малышева Т.В., Флёров А.А. Антропогенные изменения широколиственных лесов Подмосковья. М., 1983.
16. Рысин Л.П., Абатуров А.В., Савельева Л.И. и др. Динамика и устойчивость рекреационных лесов. М., 2006.
17. Рысин Л.П., Савельева Л.И., Полякова Г.А., Рысин С.Л. Мониторинг рекреационных лесов. М., 2003.

18. Рысина Г.П., Рысин Л.П. Оценка антропоустойчивости лесных травянистых растений // Природные аспекты рекреационного использования леса. М., 1987.

19. Соколов Л.А. Изменение физических свойств почв и роста насаждений под влиянием рекреационных нагрузок в парках и лесопарках Подмоскovie: Дис. ... канд. биол. наук. М., 1983.

20. Шапочкин М.С., Киселёва В.В., Обыденников В.И. и др. Комплексная методика изучения влияния на эко-

системы городских и пригородных лесов // Науч. труды нац. парка «Лосиный остров». Вып. 1 / Под ред. В.В. Киселёвой. М., 2003.

21. Cole D.N. Experimental trampling of vegetation. I. Relationship between trampling intensity and vegetation response // J. Appl. Ecol. 1995. Vol. 32.

22. Sun D., Liddle M.J. A survey of trampling effects on vegetation and soil in 8 tropical and subtropical sites // Environ. Manag. 1993. Vol. 17.

Поступила в редакцию
09.06.2014

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE IMPACT OF RECREATION ON VEGETATION, LITTER AND SOIL DENSITY OF FOREST PARKS IN MOSCOW

V.A. Kuznetsov, I.M. Ryzhova, V.M. Telesnina, G.V. Stoma

Quantitative characteristics of a condition of vegetation, litter and soils at different stages of a recreational digression on the example of the recreational woods of national park "The Elk Island" and natural and historical park "The Bittsevsky wood" in Moscow are discussed. It is shown that indicators of a condition of the vegetable cover which changes are noted already upon transition to the second stage of a digression of ecosystems are most sensitive to recreational influence. Type of litter is changed only in the third and fourth stages, and statistically significant changes in its reserves occur in the fifth stage of digression. Density of the upper mineral layer of soil increased by 0,24—0,28 g/cm³. Its statistically significant change occurs at a sufficiently high recreational load on the fourth and fifth stages of digression.

Key words: recreation, level of recreational loading, stage of a recreational digression, forest parks of Moscow.

Сведения об авторах

Кузнецов Василий Андреевич, аспирант каф. общ. почвоведения ф-та почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. *E-mail:* xts089@gmail.com. **Рыжова Ирина Михайловна**, докт. биол. наук, профессор каф. общ. почвоведения ф-та почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. *E-mail:* iryzhova@mail.ru. **Телеснина Валерия Михайловна**, канд. биол. наук, мл. науч. сотр. каф. общ. почвоведения ф-та почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. *E-mail:* vtelesnina@mail.ru. **Стома Галина Владимировна**, канд. биол. наук, доцент каф. общ. почвоведения ф-та почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. *E-mail:* gstoma@yandex.ru.