

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА**

ФАКУЛЬТЕТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

На правах рукописи

Кузнецов Василий Андреевич

**ПОЧВЫ И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПАРКОВО-РЕКРЕАЦИОННЫХ
ЛАНДШАФТОВ МОСКВЫ**

Специальность 03.02.13-почвоведение

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор, И.М. Рыжова

Москва-2015

Содержание

Введение	3
Глава 1. Влияние рекреации на лесные экосистемы (Литературный обзор)	5
1.1.Состояние проблемы.....	5
1.2. Микроклимат в рекреационных лесах.....	11
1.3.Влияние рекреации на растительность.....	12
1.4.Влияние рекреации на почвы.....	28
1.5. Сообщества мезопедобионтов в рекреационных лесах	43
1.6. Фрагментация лесных биогеоценозов при рекреационном воздействии	46
1.7.Устойчивость лесных биогеоценозов к рекреации	51
Глава 2. Объекты и методы исследований	55
2.1. Характеристика объектов исследований.....	58
2.2. Методы исследований.....	64
Глава 3. Влияние рекреации на компоненты лесных экосистем.....	71
3.1. Изменения состояния растительности в зависимости от уровня рекреационной нагрузки	71
3.2. Изменение свойств почв в зависимости от уровня рекреационной нагрузки	80
3.2.1. Почвы дорожно-тропиночной сети	80
3.2.2. Оценка изменений почвенных свойств по результатам статистического анализа послойных выборок.....	103
3.3. Изменение состояния комплекса почвенных беспозвоночных в зависимости от уровня рекреационной нагрузки	119
Глава 4. Изучение различий (дискриминации) между состоянием почв на разных стадиях рекреационной дигрессии, на основе данных об их свойствах	129
Выводы	133
Список литературы.....	135
Приложение 1 (Геоботаническое описание пробных площадей)	160
Приложение 2 (Характеристика группового состава мезопедобионтов)	168

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В настоящее время урбанизация стала явлением глобального масштаба. На долю городских жителей приходится больше половины населения планеты. Городская среда отрицательно влияет на экосистемы, оказавшиеся в черте городов и пригородах. Лесные насаждения выполняют множество защитных и рекреационных функций, поэтому проблема их сохранения является важнейшей для обеспечения устойчивого развития городов. С ростом городов усиливается рекреационное воздействие, вызывающее негативные изменения состояния лесопарков и пригородных лесов, которые важно обнаружить на ранних этапах. В этих условиях особое значение приобретает комплексная качественная и особенно количественная информация о состоянии лесных экосистем и их компонентов при разной рекреационной нагрузке, необходимая для прогнозирования динамики рекреационных лесов и выбора оптимального управления.

Цель работы: количественная характеристика зависимости состояния компонентов лесных экосистем от уровня рекреационного воздействия на примере лесопарков Москвы.

Задачи исследования:

1. Характеристика изменений состояния растительности в зависимости от уровня рекреационного воздействия.
2. Характеристика свойств почв дорожно-тропиночной сети.
3. Количественная характеристика зависимости изменений почвенных свойств от уровня рекреационной нагрузки.
4. Оценка состояния почвенной мезофауны на разных стадиях рекреационной дигрессии.
5. Количественная оценка различий состояния почв на разных стадиях рекреационной дигрессии на основе результатов дискриминантного анализа.

Научная новизна. На примере лесопарков Москвы впервые были проведены комплексные исследования состояния лесных экосистем при разной рекреационной нагрузке, что позволило количественно охарактеризовать зависимость физико-химических и биологических свойств почв, а также показателей состояния растительного покрова и сообщества мезопедобионтов от уровня рекреационного воздействия. На основе результатов дискриминантного анализа впервые установлено, что наиболее чувствительными и надежными индикаторами изменения состояния почв под действием рекреации являются показатели, характеризующие структуру почв. Показано, что для характеристики изменений состояния почв под влиянием рекреации больше подходит разбиение на три, а не на пять стадий дигрессии.

Практическая значимость. Полученные результаты могут быть использованы при прогнозировании отклика хвойно-широколиственных и широколиственных экосистем на легко и среднесуглинистых дерново-подзолистых почвах на рекреационное воздействие и выборе

оптимального управления лесопарками Москвы.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были представлены и обсуждались на Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (Москва, 2010-2015), Международной научной конференции «Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред» (Москва, 2013), V Всероссийской научной конференции по лесному почвоведению с международным участием «Разнообразие лесных почв и биоразнообразие лесов» (Пушино, 2013), на XVII Всероссийской научной конференции «Докучаевские молодежные чтения» (Санкт-Петербург, 2014), Всероссийской научной конференции «Научные основы устойчивого управления лесами» (Москва, 2014) и на заседании кафедры общего почвоведения факультета почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова (Москва, 2015).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 3 в рецензируемых журналах из перечня ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 170 страницах, содержит 53 рисунка, 22 таблицы; состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы, включающего 332 источника (из них 92 на иностранном языке) и 2 приложений.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.б.н. И.М.Рыжовой за руководство исследованиями, всестороннюю помощь и поддержку на всех этапах работы; к.б.н. Г.В.Стома за советы и консультации, к.б.н. В.М.Телесниной за помощь в составлении геоботанических описаний; д.б.н. А.Л.Степанову и д.б.н. Н.А.Манучаровой за помощь в проведении микробиологических исследований; к.б.н. А.А.Рахлеевой за помощь в изучении почвенной мезофауны, а также всем сотрудникам кафедры общего почвоведения за внимание и помощь в работе.

ГЛАВА 1

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИИ НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

1.1.Состояние проблемы

В настоящее время в связи с ростом урбанизации, которая приняла глобальный масштаб, особую актуальность приобретает изучение рекреационных лесов. Многочисленные исследования посвящены обсуждению разных аспектов этой проблемы (Казанская и др., 1977; Карпачевский, 1977; Полякова и др., 1981, 1983; Соколов, 1983; Куйбышев, 1987а; Рожков, 2001; Рысин и др., 2003, 2006, 2008, 2012; Леса Москвы, 2001; Хайретдинов, Канашова, 2002; Киселева и др., 2003, 2006в, 2008; Сериков, Карташова, 2003; Шапочкин и др., 2003; Таран и др., 2004; Голованова, 2005; Кругляк, Карташова, 2005; Матвеев, 2005; Меланхолин, Полякова, 2006; Бурова, Феклистов, 2007; Лысиков, 2008, 2011; Мартыненко и др., 2008; Прокофьева и др., 2008, 2010; Рахлеева и др., 2008, 2009; Горбунов, Цветков, 2009; Грюнталь, 1987, 2004; Оборин, 2010; Серебряноборское опытное..., 2010; Середюк, 2010; Хлуденцов, 2010; Бурова, 2011; Голубева, Жаринов, 2011; Ерохина, Пшеничникова, 2011; Юзбеков и др., 2011, 2012; Мосина, 2012; Hammitt, Cole, 1998; Alessa, Earnhart, 2000; Kutiel, Zhevelev, 2001; Walfert et al., 2002; Zabinski et al., 2002; Andres-Abellan et al., 2003; Cole et al., 2003, 2004a, 2004b, 2013; Buckley, 2004; Malmivaara-Lamsa, 2008; Hamberg, 2009; Cakir, 2010; Zhongdong, 2010; Rusterholz et al., 2011; Mariella, Norman, 2012a, 2012b).

История изучения рекреационных лесов в нашей стране представлена в обстоятельной статье Л.П.Рысина (2007). Основные этапы развития лесопаркового дела в России охарактеризованы В.А.Кобяковым (2009). Актуальные вопросы рекреационного лесопользования обсуждались на нескольких Всероссийских конференциях («Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям», 2002; «Актуальные проблемы рекреационного лесопользования», 2007; «Лесобиологические исследования на Северо-Западе таежной зоны России: итоги и перспективы», 2007; «Состояние природных комплексов на особо охраняемых природных территориях», 2008; «Город. Лес. Отдых. Рекреационное использование лесов на урбанизированных территориях», 2009).

Рекреация относится к одному из основных негативных антропогенных факторов, влияющих на городские и пригородные лесные экосистемы (Казанская и др., 1977; Полякова и др., 1983; Соколов, 1983; Почва, город, экология, 1997; Рожков, 2001; Рысин и др., 1983, 1987, 2003, 2006; Бурова, Феклистов, 2007; Мозолева и др., 2007; Янгут, Филипчук, 2007; Cole, 1985, 2013; Sun, Liddle, 1993a, 1993b). Это постоянно действующий фактор. Его наибольшая интенсивность наблюдается по периферии лесопарков, в зоне шириной от 0.5 до 1 км

(Киселева, Чуенков, 2003; Киселева, 2008).

Различают две основные формы рекреационного лесопользования дорожную (отдыхающие перемещаются по дорогам с твердым покрытием) и бездорожную (перемещение свободное, без разведения костров) (Рысин и др., 2003).

Наибольший вред наносит стихийная бездорожная рекреация, которая приводит к разрастанию неблагоустроенной дорожно-тропиночной сети (Рысин и др., 1983, 1990; Дробышев, 2000; Рожков, 2001; Киселева, 2008; Рысин, Лепешкин, 2008; Cole, Bayfield, 1993; Sun, Liddle, 1993; Thurston, Reader, 2001; Cole, 2004a, 2004b; Torn et al., 2009; Wimpey, Marion, 2010; Cole, 2013; Liu, 2013).

В результате развития тропиной сети происходит «эрозия краев» леса и уменьшение его «ядра» за счет формирования более протяженной (в 5-6 раз), чем в естественных условиях, опушки (Экология города, 2004; Мартыненко и др., 2008; Рысин, 2008a; Hamberg, 2009; Torn et al., 2009). Рекреационный лес расчленяется на отдельные участки, возникают препятствия для биологических обменов и путей миграции животных, нарушается подстилка и изменяются почвенные свойства. Отделенные тропинками участки деградируют сильнее, и лес от троп начинает «отступать» (Киселева, 2008; Рысин, 2008a).

Для характеристики рекреационных изменений лесных экосистем в литературе используются понятия дигрессии и деградации, различающиеся по смыслу. Под **дигрессией** понимают процесс изменения биогеоценоза (БГЦ) в результате рекреационного лесопользования. Выделяют **стадии рекреационной дигрессии** - этапы изменения БГЦ в результате воздействия рекреации. **Деградация** - это необратимые изменения биотического компонента леса, характеризующиеся потерей его жизнеспособности, преимущественно на IV-V стадиях дигрессии (Преловский и др., 1998; Бурова, Феклистов, 2007).

На основе анализа литературных данных была составлена обобщающая схема влияния рекреации на растительный и почвенный покров лесных экосистем (Рожков, 2001; Хайретдинов, Конашова, 2002; Экология города, 2004; Рысин и др., 2003, 2006, 2008a, 2008b; Николаев и др., 2011; Cole, 1982; Cole, Fichtler, 1983; Liddle, Thyer, 1986; Alessa, Earnhart, 2000; Buckley, 2004; Mariella, Norman, 2012a, 2012b; Cole, 2013). В рекреационном лесу четко прослеживаются следующие изменения:

В растительном покрове

- Механически повреждаются компоненты растительного покрова: уничтожается подрост, подлесок, моховой и травяно-кустарничковый ярусы; особенно сильно страдают наземные органы декоративных и красиво цветущих растений;
- Нарушается функционирование систем подземных органов и ухудшается питание растений. Изменяются морфометрические показатели органов растений, сокращается период их

вегетации, развиваются процессы раннего старения, усыхания и изреживания; в результате ухудшения состояния древесного яруса уменьшается сомкнутость полога леса и увеличивается площадь лесной опушки;

- В результате изменения условий местообитания происходит смена видового состава в отдельных ярусах и типа леса в целом.

В почвенном покрове

- Механически нарушается слой подстилки, она вдавливается в верхний слой почв; уменьшаются запасы органического материала и элементов минерального питания;

- Изменяются тепловой, водный и воздушный режимы почв;

- Изменяются физико-химические свойства почв (плотность, твердость, кислотность, содержание органического углерода, электропроводность и другие);

- Изменения происходят, и в живой фазе почв. Снижается численность, биомасса и видовое разнообразие почвенной фауны, а также изменяется микробиологическая активность.

М.С. Оборин (2010) выделяет следующие этапы нарушения почв при рекреации:

- 1) истирание опада и органического материала подстилки, уменьшение глубины гумусового слоя;
- 2) изменение содержания органического вещества в почве;
- 3) увеличение плотности и уменьшение пористости почвы;
- 4) ухудшение водно-физических характеристик почв, увеличение поверхностного стока;
- 5) развитие плоскостной эрозии и смыва.

В результате рекреации изменяются не только отдельные компоненты БГЦ, но и системообразующие взаимосвязи между ними. Нарушается целостность лесных БГЦ, пространственная континуальность травяного покрова, подстилки и почв. Развивается сетчатая структура дорожно-тропиночной сети (Соколов, 1983; Wimpey, Marion, 2010).

Важная роль в рекреационном лесоведении отводится обсуждению методов определения рекреационной нагрузки. Они представлены в отраслевом стандарте «Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы» (ОСТ 56-100-95). В связи с трудностями практического использования регистрационно-измерительного метода, основанного на определении количества посетителей и времени их пребывания, большее распространение получили методы оценки рекреационной нагрузки в зависимости от того, какая доля от общей площади изучаемого участка вытоптана до минерального горизонта. В соответствии с долей вытоптанной площади выделяются уровни рекреационной нагрузки, каждому из которых ставится в соответствие стадия рекреационной дигрессии, характеризующая этап рекреационной изменчивости биогеоценоза (ОСТ 56-84-85

«Использование лесов в рекреационных целях»).

Подход, основанный на выделении стадий дигрессии (СД), получил широкое распространение в рекреационном лесоведении, начиная с работ Р.А. Карпиносовой (1967). Для того чтобы охарактеризовать степень нарушенности дубовых лесов она использовала 5-ти стадийную схему пастбищной дигрессии. Принципиальной разницы между влиянием выпаса и воздействием рекреации нет: в обоих случаях уплотняются верхние горизонты почвы, разрушается подстилка, повреждаются и уничтожаются растения. Многие авторы приняли подход Р.А.Карпиносовой, появилось большое число публикаций с описанием стадий дигрессий в различных типах леса (Рысин, 2007).

Широкую известность получила работа Н.С.Казанской с соавторами (1977), в которой выделяется пять стадий рекреационной дигрессии. При их определении учитывалась доля вытоптанной площади и некоторые характеристики растительного покрова и подстилки:

Первая стадия характеризуется ненарушенной подстилкой и обладает полным набором характерных для данного типа леса травянистых видов, многочисленным разновозрастным подростом.

На второй - тропинки занимают менее 5% площади. Начинается вытаптывание подстилки и проникновение опушечных видов под полог леса.

На третьей стадии дигрессии тропы занимают 10-15% площади. Мощность подстилки уменьшается, увеличивается освещенность, изреживается верхний полог леса, подрост и подлесок, внедряются луговые и сорные виды. Почти нет всходов ценозообразующих пород.

На четвертой тропиночная сеть занимает 15-20% площади. Образуется своеобразная структура, заключающаяся в чередовании подроста и подлеска, отграниченных полянами и тропинками. На полянах разрушается подстилка, разрастаются луговые травы, происходит задержание почвы. Подрост остается только под защитой куртин; жизненность его очень низка.

На пятой стадии дигрессии тропинки занимают более 60% территории. Сохраняются лишь пятна растительности, фрагменты сорняков и однолетников. Подрост почти полностью отсутствует. Резко увеличена освещенность. Все сохранившиеся деревья - больные или с механическими повреждениями, у большинства корни выступают на поверхность почвы.

Эта методика активно обсуждалась в литературе. Рядом авторов были предложены дополнительные параметры. По мнению Л.А.Соколова (1983), следует учесть изменение прироста деревьев и степень уплотнения почвы. Г.А.Полякова (1983) предлагает в качестве дополнительного показателя использовать проективное покрытие трав и параметры состояния «защитных структур» леса, таких как подлесок и подрост. Н.П.Жижин и Н.Н.Зеленский (1983) предлагают особое внимание уделить параметрам, характеризующим состояние подстилки. Кроме того, в качестве индикаторов рекреационных изменений предлагались и другие

параметры: показатели флористического богатства, запасы биомассы трав, морфометрические показатели растений, pH и плотность почв (Andres-Abellan et al., 2005; Cakir et al., 2010).

Наряду с пятистадийной схемой в литературе также представлены работы, в которых для характеристики рекреационных изменений используются, как более, так и менее детальные схемы. Некоторые исследователи считают, что наиболее простой и удобной в работе является трехстадийная схема (Поляков 1983; Журавков, Добрынин, 1987; Преловский и др., 1998).

А.Ф.Поляков (1983) выделяет три стадии дигрессии по доле площади дорожно-тропиночной сети, изменении плотности почв и мощности подстилки:

Первая стадия - до 1% площади занято тропами, плотность поверхностного слоя почвы увеличена не более чем на 10% и не превышает 1.1 г/см³.

Вторая - тропы занимают до 10%, плотность почвы выше на 20-30%.

Третья стадия дигрессии-до 30% поверхности почвы занято тропами, плотность почвы превышает 1.2 г/см³, мощность подстилки уменьшилась в 1.5-2 раза.

В основе трехстадийной схемы Л.А.Соколова и В.Д.Зеликова (1982) лежат другие принципы выделения стадий:

На I стадии происходит смена типа леса на антропогенно-рекреационный.

На II стадии разрушается подстилка и растительный покров, развивается дорожно-тропиночная сеть, разрушаются естественные и образуются новые антропогенно-полигональные парцеллы.

На III стадии - возникают специфические образования - вазоны и почвенная «корка».

С.А. Дыренков (1983) предложил 4 -х стадийную схему, основываясь на доле площади дорожно-тропиночной сети и учете изменений только растительного покрова:

I стадия - площадь тропинок не превышает 10%. Древостой, подлесок и подрост равномерно размещены по площади. В напочвенном покрове присутствуют все виды растений, характерные для естественного состояния данного типа леса.

II стадия - площадь тропинок увеличивается до 10-25%. Насаждения распадаются на отдельные биогруппы, отграниченные тропами, полянами. Количество подроста уменьшается на 70-80%, подлеска на 30-40%. В напочвенном покрове появляются светлюбивые виды растений (около троп и в просветах). Сокращается число лесных видов.

III стадия - тропиночная сеть занимает 25-60% территории. Подрост и лесные виды сохраняется небольшими группами (не более 5%) у стволов деревьев или в куртинах подроста.

IV стадия - площадь троп возрастает до 60% и более. Подрост и подлесок практически отсутствуют, травяной покров коренным образом изменил свой вид.

Наиболее детальна схема Л.П. Рысина с соавторами (2006). Она включает шесть градаций, определенных по доле площади тропиночной сети и соотношению лесных луговых и

сорных видов в напочвенном покрове:

I стадия. Все ярусы леса не нарушены. Живой напочвенный покров состоит из типичных лесных видов растений. Тропиночная сеть отсутствует.

II стадия. Площадь троп не превышает 10%. Живой напочвенный покров изменён незначительно, возможно появление луговых и сорных видов.

III стадия. Площадь троп увеличивается до 20-30%. площадь, занятая типичной лесной растительностью, составляет не менее 50-60%.

IV стадия. Площадь троп около 50-60%, олуговело 40-60% территории.

V стадия. Площадь троп до 90%. Проективное покрытие лесных видов составляет 5-10%.

Va стадия. Лесных видов нет. Доминируют мятлик однолетний и подорожник большой.

Наиболее полный набор показателей, характеризующих состояние почв и растительности при разных уровнях рекреационной нагрузки, предложен М.С.Шапочкиным с соавторами (2003, 2008):

Почвы:

- *мощность подстилки*
- *мощность, плотность и гумусированность горизонта А*
- *изменение структуры*
- *изменение кислотности, запасов питательных элементов*

Напочвенный покров:

- *% площади ДТС и нелинейных фрагментов*
- *изменение проективного покрытия*
- *видовой состав (доля участия разных групп видов; доля участия видов с разной устойчивостью к рекреационному воздействию)*
- *изменение жизненных форм*

Подрост и подлесок:

- *густота*
- *высота*
- *характер распределения*
- *состояние (признаки повреждения)*

Древостой:

- *санитарное состояние (наличие болезней, вредителей, механических повреждений)*
- *величина годовичного прироста (радиального и по запасу) за последние 10 и 20 лет*

Эти авторы предложили для определения доли площади дорожно-тропиночной сети использовать метод трансект, который основан на измерении протяженности вытоптанной до минерального горизонта поверхности на ходовых линиях и определении ее отношения к общей

длине ходовых линий.

Большинство схем учитывает площадь дорожно-тропиночной сети. Однако сравнение пяти стадийных схем показывает, что четвертой и пятой стадиям может соответствовать различная доля вытоптанной площади (таб.1.1). .

Таблица 1.1. Определение стадий рекреационной дигрессии в соответствии с уровнем рекреационной нагрузки, определяемом по доле вытоптанной площади (Шапочкин, 2003)

Источник	Процент вытоптанной площади, соответствующий стадиям дигрессии				
	I	II	III	IV	V
ОСТ 56-100-95	до 1	1.1-5	5.1-10	10.1-25	>25
Общесоюзные нормативы для таксации..., 1992	0	до 5	6-40	41-60	>60
Рекомендации по оценке..., 2000	до 1	до 5	до 10	10-25	>50
Конашева, 2000	0	до 10	10-30	30-50	>50
Хайретдинов, Конашова, 2002	0	5-7	10-20	35-50	>50
Рысин и др., 2006	0	10	20-30	50-60	>60
Казанская и др., 1977	0	до 5	до 10-15	15-20	>60

Замечание. В таблицу были внесены дополнительные ссылки.

Рекреация влияет на все компоненты леса (Полякова и др., 1983; Соколов, 1983; Рысин и др., 2003; Бурова, Феклистов, 2007; Sun, Liddle, 1993; Cole, 1995a, 1995b, 1995г, 1995д, 2004). Рассмотрим представленные в литературе материалы, характеризующие состояние растительного покрова, почв и комплекса мезопедобионтов при разной рекреационной нагрузке.

1.2. Микроклимат в рекреационных лесах

Зеленые насаждения являются частью структуры современного города. На территории Москвы жизнеспособными экосистемами остаются лесные массивы Серебряноборского опытного лесничества Института лесоведения РАН, Национального парка «Лосиный остров», крупных природно-исторических парков («Битцевский лес» и др.). Значительная часть этих территорий исторически связана с естественно произраставшими лесами. Естественные черты здесь сохраняют и почва, и растительность, и животный мир, причём существенно не нарушены и функциональные связи этих компонентов: лес продолжает жить по присущим ему законам (Леса Москвы, 2001; Добрушин и др., 2006; Рысин, Рысин 2012). Городские леса по составу и структуре биоценозов представляют собой экосистемы промежуточные между естественными лесами и городскими парками. Эти леса следует рассматривать как важнейший фактор стабилизации и сохранения жизненной среды (Мозолевская, 2004).

Несмотря на существенно изменившиеся природные условия города, в городских лесах создается благоприятная атмосфера и микроклимат для отдыха человека (Рысин, Рысин, 2012).

➤ Меняется *радиационный режим*: сокращается общее количество поступающей радиации, значительная её часть перехватывается кронами деревьев и кустарников. В различных типах леса в течение вегетационного периода освещенность (относительно открытого участка) изменяется с 30-50 до 4-6% (Рысин, Рысин, 2012). Однако, для «городских» деревьев данные закономерности могут несколько нарушаться, для них характерна тенденция уменьшения размеров листа и увеличение их численности на 1м² (Рысин, Рысин, 2012).

➤ *Температура воздуха* под пологом леса ниже на 2-4 °С чем на безлесном участке. Растительность создает свой микроклимат. Зеленые насаждения, защищая почвы от прямого солнечного облучения, предохраняют их от сильного перегрева (Почва, город, экология, 1997; Якубов, 2005; Рысин, Рысин, 2012). Часть осадков, удерживаемая листьями, испаряется с их поверхности, повышая влажность воздуха прилегающих пространств (Экология города, 2004; Рысин, Рысин, 2012). *Дождевых осадков* под полог леса поступает на 20-35% меньше, при этом часть воды стекает по стволам деревьев (Рысин, Рысин, 2012).

➤ Растения, выполняют *шумо-и ветрозащитную роль, закрепляют почву*, способствуют очистке атмосферы от загрязняющих веществ, поглощая и накапливая их в своих тканях, играют решающую роль в поддержании стабильности *газового состава атмосферы* (Рысин, Рысин, Рысин, 2012). Зеленые насаждения разбивают первоначальный концентрированный загрязненный поток на различные направления. Пыль и аэрозоли оседают на листьях и стволах, часть веществ, находящихся в воздухе, поглощается (Экология города, 2004; Рысин, Рысин, 2012). Среди деревьев наиболее устойчивыми к «атмосферному» загрязнению являются лиственные породы, они могут освобождать себя от части токсических веществ, сбрасывая листву, а наиболее уязвимыми в городе оказываются хвойные породы (Конашова, 2000; Рожков, 2001; Экология города, 2004; Киселева и др., 2010).

В процессе рекреации защитные механизмы лесных экосистем нарушаются, вследствие чего ценнейший рекреационный ресурс города угнетается.

1.3. Влияние рекреации на растительность

Рекреация оказывает многостороннее влияние на растительность лесных экосистем.

Повреждаются стволы деревьев, обнажаются их корни, что способствует развитию болезней и распространению вредителей, изменяются условия лесовозобновления, в результате чего может измениться динамика экосистемы в целом. От рекреации страдает подлесок, уменьшается его обилие и изменяется видовой состав. Очень уязвим травяно-кустарниковый ярус и моховой покров (Рысин, Полякова, 1987; Конашова, 2000; Рожков, 2001; Абрамова,

Игнатов, 2004; Alessa, Earnhart, 2000; Buckley, 2004; Mariella, Norman, 2012a, 2012b).

Л.П.Рысин и С.Л.Рысин (2012) рассматривают реакцию лесных растений на ухудшение условий среды в результате рекреации с позиции концепции «стресса». Изменения в рекреационном лесу носят стадийный характер. В условиях, к которым виды растений эволюционно не были подготовлены, они «вырабатывают» новые стратегии поведения, позволяющие преодолевать стрессовые ситуации. Отклик растений в такой экосистеме сопровождается перестройкой защитных сил организма, а изменение характера роста и развития растений можно рассматривать как трехфазную компенсаторную реакцию на изменение условий обитания и напряжённости конкурентных отношений (Рысин, Рысин, 2012):

1. Фаза первичной стрессовой реакции - активизация всех защитных сил организма.

2. Фаза адаптации. При длительном действии фактора растения демонстрируют различные формы роста, они могут увеличивать биомассу, интенсивность роста, размножения, проективное покрытие и свое участие («синдром лихорадочного роста»).

3. Фаза истощения адаптационных ресурсов организма при длительном воздействии внешнего фактора. Происходит потеря резистентности к источнику стресса, выражающаяся в уменьшении размеров особей, интенсивности их роста, размножения или гибели организмов.

Продолжительность каждой фазы и способность выживания разных видов растений неодинаковы и определяются их природными адаптационными возможностями: диапазоном условий, в которых вид может существовать (Полякова и др., 1981; Рысин и др., 2006). Поэтому по мере усиления рекреации наблюдается континуальное, специфичное для каждого конкретного лесного БГЦ, распределение растений отдельных видов.

Выделяют 4 группы растений по их адаптивной способности (Рысин и др., 2003):

- виды, быстро исчезающие даже при относительно небольшом давлении;
- виды, удерживающиеся в составе покрова продолжительное время;
- виды, значительно увеличивающие свое распространение при нагрузках;
- виды, появляющиеся в составе живого напочвенного покрова после начала рекреационного воздействия и интенсивно увеличивающие долю своего участия.

Важной характеристикой состояния вида является тип его ценопопуляции, определяемый по соотношению особей различных возрастных групп (Рысин и др., 2003, 2006, 2012):

- нормальный тип: растения вида полностью проходят свой жизненный цикл или успешно размножаются и воспроизводятся вегетативно; устойчивое положение;
- инвазионный тип: вид находится на данном участке в процессе вселения и представлен, в основном, особями ранних возрастных стадий;
- регрессивный тип: растения не проходят полностью свой жизненный цикл и не

воспроизводятся в количестве необходимом для поддержания постоянной численности; виды постепенно выпадают из состава экосистемы. Этот тип при рекреации доминирует.

Вызывают интерес эксперименты по определению устойчивости растений к дозированному рекреационному воздействию (Рысин, 2007). На пробных площадях делалось определенное число «проходов». Одновременно выявлялась степень уплотнения почвы на разной глубине. Такого рода исследования проводились в разных типах леса, в различных условиях местообитания. Результаты позволяют связать причину (количественную величину рекреационного давления) и следствие (состояние и поведение растений). Но сами по себе такие наблюдения не могут вскрыть механизм этой связи; нужно глубокое и разностороннее знание характеристик растений и прежде всего морфоструктуры органов как наземных, так и подземных, их толерантность к физическому воздействию и прочим антропогенным факторам. У каждого вида вырабатывается своя стратегия поведения по отношению к рекреации (Рысин, 2007).

Таким образом, при рекреации меняются интенсивность роста и размножения различных видов (например, семенное размножение может смениться вегетативным), размеры особей, их жизненность, продолжительность жизни, конкурентоспособность и т.д. (Рысин, Рысин, 2012).

Древесный ярус. Древесная растительность является основным ценозообразующим компонентом, от которого зависит состав и структура кустарничкового и травяного яруса растительности, а также многие почвенные свойства.

Древесный ярус откликается на рекреационное воздействие несколько позже, чем другие ярусы растительности (Оборин, 2010). При рекреации между различными компонентами растительного покрова теряется связь, однако древостой как наиболее устойчивый компонент, сохраняет эдификаторные функции вплоть до полной деградации БГЦ (Рысин и др., 2006).

Механизм влияния рекреации на древостой многогранен (Рысин, 2007). Рекреационное влияние на древостой по таксационным показателям явно не прослеживается. Однако характерным является процесс медленного уменьшения числа стволов (изреживания древостоя), за счет отпада угнетенных и отставших в росте и развитии (Савельева, 2008; Thurston, Reader, 2001). Формируются одновозрастные монотонные древостои с упрощённой структурой.

В результате ухудшения водного и воздушного режимов почв при рекреации затрудняется рост и в 2-3 раза уменьшается масса мелких активных проводящих и всасывающих корней, подавляется жизнедеятельность корневой системы в целом. Реакция корней на уплотнение зависит от морфологии и уязвимости корневых систем, от глубины и характера их распространения в почве, от типа и гранулометрического состава почв (Леса Москвы, 2001; Рысин, 2007; Alessa, Earnhart, 2000). По наблюдениям Э.А.Репшаса (1994) в

сосновых лесах Литвы уменьшение массы мелких корней сосны (*Pinus L.*) в связи с рекреационным воздействием достоверно фиксируется только в верхнем слое мощностью 0-30 см.

Вследствие нарушения корневого питания изменяются биометрические показатели стволов, стеблей и листьев растений. Причем установлена корреляция между степенью вытоптанности и этими показателями. При усилении рекреационной нагрузки фиксируется снижение количества листьев и уменьшение на 20-30% длины, ширины и массы листа. Наименее чувствительным показателем является толщина листа. Изменения морфологии листовой пластинки коррелирует с уровнем нагрузки и с устойчивостью вида (Sun, Liddle, 1993a, Cole, 1995b; Дыренков, 1983; Cole, Landres, 1995; Alessa, Earnhart, 2000; Roovers, 2005). Высота растений может снижаться в 2-7 раз, а фитомасса в 2.5-25 раз. Все это указывает на задержку развития растений. В 2-3 раза увеличивается число деревьев, подверженных суховершинности. Нарушаются физиологические процессы: деревья чаще подвергаются инвазии вредных насекомых и грибных заболеваний. Механические повреждения корневых «лап» и стволов, служат "воротами" инфекции (Васильева, 1973; Полякова, 1979; Пронин, 1979; Пастернак, Бондарь, 1983; Соколов, 1983; Заяц, 1984; Куйбышев, 1985; Лазарева, Морозова, 1987; Репшас, 1994; Преловский и др., 1998; Гласова, Феклистов 2005; Бурова, Феклистов, 2007; Рысин, 2007; Прокошева, 2009; Крутов и др., 2010; Шевелина и др., 2010; Набиуллин, 2011; Cole, Fichtler, 1983; Sun, Liddle, 1993a, 1993b; Roovers, 2005; Mariella, Norman, 2012a, 2012b). Все это усиливает отпад и часто является причиной полного гибели древостоя (Мозолевская, 2004).

Одним из основных признаков нарушения лесов является **дефолиация** (потеря листвы или хвои). Снижение массы хвои или листвы уменьшает прирост - это можно принимать в качестве интегрального показателя уровня жизнедеятельности деревьев (Репшаса, 1994; Демаков, Медведкова, 2004; Прокошева, 2009).

И.В.Таран и В.Н.Спиридонов (1977) отмечали, что заселение Академгородка в Новосибирске уже через несколько лет отрицательно сказалось на **радиальном приросте** деревьев. Финские лесоводы (Nylund et al., 1980 - цит. По Рысину и др., 2012) отметили, что на участках сосняков, отведенных под кемпинги, прирост снижается уже через два года, а через 10 лет он уменьшается на 10-20%. В.В.Киселева (2008) и В.И. Крутов с соавторами (2010) отмечают взаимосвязь между радиальным приростом и степенью вытоптанности, которая имеет сложный характер: до определенного момента рекреация не является главным фактором снижения величины прироста. Положительная связь между этими показателями отмечается, если площадь хорошо выраженных элементов дорожно-тропиночной сети превышает 7%.

В работе Н.В.Буровой и П.А.Феклистова (2007), изучавших лесные экосистемы подзоны

северной тайги показано, что с усилением рекреации в древесном ярусе ухудшается санитарное состояние деревьев, сокращается количество здоровых деревьев на 45-50%, увеличивается доля ослабленных и сильноослабленных на 20-30% и 5-10%, соответственно. Количество здоровых деревьев больше количества ослабленных вплоть до III стадии дигрессии, на IV стадии эти две категории примерно одинаковы, а в насаждениях V стадии количество ослабленных деревьев превышает количество здоровых. По мере усиления рекреационных нагрузок увеличивается количество стволов с механическими повреждениями (сломанные ветви, затёсы на стволах, содранная кора): их доля возрастает с 0 до 67-74% (Таран и др., 2004; Гласова, Феклистов, 2005; Бурова, Феклистов, 2007; Прокошева, 2009; Шевелина и др., 2010; Cole, 1982, 2013; Marion, Cole, 1996; Waltert et al., 2002; Mariella, Norman, 2012a, 2012b).

Изменение физических свойств почвы приводит к тому, что площадь питания взрослых деревьев уменьшается в несколько раз (Казанская и др., 1977; Репшас, 1994; Alessa, Earnhart, 2000). При этом наиболее жизнедеятельные сосущие корни дерева, стремясь захватить большую площадь, распространяются вширь и поднимаются выше к поверхности почвы, где существует большая вероятность их повреждений. В связи с этим увеличивается количество стволов с оголенными корнями с 2 до 53-74% (Гласова, Феклистов, 2005; Бурова, Феклистов, 2007; Прокошева, 2009; Cole, 1982; Waltert et al., 2002).

При рекреационных нагрузках наблюдается тенденция к увеличению среднего диаметра стволов из-за отмирания и выпадении тонкомерных экземпляров (Бурова, Феклистов, 2007; Brown et al., 1977; Kutiel, Zhevelev, 2001; Шевелина и др., 2010). В результате этого увеличивается освещенность и уменьшается прирост в высоту (Преловский и др., 1998).

Древесный отпад. Древесный отпад является одним из компонентов устойчивого лесного сообщества. Он поддерживает оптимальный баланс сапротрофов-грибов антагонистов - факультативных видов, вызывающих очаговое поражение деревьев (Стороженко, 2004, 2010; Гаврицкова, Гордеева, 2007). Для деградирующих рекреационных лесов характерно наличие повышенного количества отпада, что нарушает естественный устойчивый баланс различных групп грибных сообществ (Мозолева, 2004; Савельева, 2008). Проведенные исследования микобиоты лесопарков показали, что воздействие рекреации приводит к обеднению видового состава симбиотрофных грибов и увеличению количества видов с более широкой экологической амплитудой. По некоторым данным эти изменения могут негативно отражаться на состоянии древостоя (Гаврицкова, Гордеева, 2007).

Разложение древесного отпада влияет на содержание органического углерода в почве и pH среды. На начальных стадиях разложения за счет подавления развития травянистой растительности, ограничения поступления опада и осадков на поверхность почвы содержание органического углерода уменьшается. В дальнейшем накопление гумуса и зольных элементов

увеличиваются за счет поступления продуктов разложения в почву (Григорьев, 1980; Васенев, 1987; Радюкина, 2007). Реакция среды при разложении отпада смещается в нейтральную сторону (рН 5-5.2) (Радюкина, 2007).

Подрост. Известно, что молодые всходы затаптываются, а подрост страдает как от механических повреждений (обламывание веток, повреждение почек возобновления, оголение корней), так и от уплотнения почвы в гораздо большей степени, чем взрослые деревья (Зеленский, Жижин, 1975, 1979; Рысин и др., 2006, 2007; Данчева, 2011; Roovers, 2005). Посетители нарушают естественное воспроизводство леса. Значительно трансформируются природные лесорастительные условия: поскольку реакция разных древесных пород на рекреацию не одинакова, при возобновлении изменяется видовой состав деревьев. Другим фактором угнетения подроста является конкуренция с видами подлеска, например, лещиной (*Corylus L.*) (Киселева и др., 2006б). С увеличением рекреационной нагрузки возрастает доля молодых растений, а старые особи исчезают (Зеленский, Жижин, 1979; Бурова, Феклистов, 2007; Данчева, 2011; Рысин, Рысин, 2012).

Лесовозобновление. Влияние рекреации на лесовозобновление неоднозначно (Рысин, 2007). Для успешного появления всходов оптимальны оголенные площадки, где напочвенный покров и подстилка уничтожены, а верхний слой почвы рыхлый. Всхожесть семян на уплотненных тропинках и на участках с подстилкой в 1.5-2 раза меньше. Однако на тропинках всхожесть семян несколько выше, чем на участках с наличием подстилки. Успешное возобновление мало устойчивых хвойных пород в условиях высокой рекреационной нагрузки невозможно (Конашова, 2000; Рожков, 2001; Ломов, Титов, 2003; Киселева и др., 2010).

Численность самосева при увеличении рекреационной нагрузки сначала возрастает, а затем резко снижается. Посетители вытаптывают подстилку и деформируют напочвенный покров и подлесок. В процессе рекреации появляются обнаженные участки почвы, происходит некоторое увеличение освещенности за счет деградации древесного яруса и подроста. Все это стимулирует появление всходов на начальных стадиях дигрессии. По мере повышения посещаемости увеличивается количество механически поврежденных растений, самосев вытаптывается. Создаются неблагоприятные условия для прорастания семян: ухудшаются водный и воздушный режимы почв, образуется дернина, усиливается межвидовая конкуренция с инвазивными видами (Бганцова и др., 1987; Рысин и др., 1987, 2006, 2007; Матвеев, 2005; Бурова, Феклистов, 2007; Горбунов, Цветков, 2009; Cole, 1982; Kuss, Hall, 1991; Alessa, Earnhart, 2000; Roovers, 2005; Hamberg, 2009).

Встречаемость подроста после II стадии дигрессии отличается куртинным характером, приуроченным к удаленным от ДТС не вытоптаным участкам леса, при этом появление самосева происходит на выбитых участках (Цветков, Киришева, 2004; Ерохина, Пшеничникова,

2011). До III-IV стадий дигрессии количество подроста всех категорий крупности возрастает в 2-6 раз. В дальнейшем его обилие сокращается в 3-6 раз относительно I стадии дигрессии (Крестьяшина и др., 1990; Бурова, Феклистов, 2007; Буренина, Кривобоков, 2007; Смаглюк и др., 1983; Waltert et al., 2002).

По мере возрастания рекреационных нагрузок доля мелкого подроста (до 0.5 м) увеличивается в 2-3 раза, а крупного сокращается. В сильно-нарушенных сообществах по сравнению с ненарушенными участками сокращается численность подроста всех категорий крупности: мелкого в 1.5; среднего - в 3; крупного - 4.5 раз. Наблюдается тенденция к сохранению молодых растений (Цветков, Киришева, 2004; Кругляк, Карташова, 2005; Бурова, Феклистов, 2007; Буренина, Кривобоков, 2007; Данчева, 2011). При этом сохраняется преимущественно широколиственные породы (Матвеев, 2005; Бурова, Феклистов, 2007). Малая численность подроста в сочетании с низкой долей крупного подроста позволяет признать естественное возобновление при высоком уровне рекреационной нагрузки невозможным. Многие авторы (Таран, Спиридонов, 1977; Полякова и др., 1981; Рысин и др., 1983, 1987) считают это характерным признаком заключительных стадий дигрессии.

Таким образом, рекреация, влияя на интенсивность и характер лесовозобновления, изменяет естественную динамику древостоя и экосистемы в целом (Рысин, 2007).

Подлесок. Состояние подлеска служит диагностическим признаком рекреационной нарушенности леса (Полякова и др., 1983). Ярус кустарников выступает не только как структурный компонент лесных сообществ, выполняющий определенные биогеоценотические функции, но и имеет большое защитное значение для лесной фауны и для сообществ в целом, поскольку ограничивает передвижение людей и, препятствует «освоению» ими всей площади леса (Рысин, Полякова, 1987; Рысин, 2007). Побег кустарников, расходясь в стороны, предохраняют почву (Рысин, Рысин, 2012).

Вытаптывание приводит к угнетению тонких корней кустарников, сосредоточенных в верхних 20 см. Негативно сказывается на подлеске конкуренция со стороны внедряющихся луговых и сорных видов трав. Модельные эксперименты показывают, что наибольший вред подлеску наносят механические повреждения (Рысин, Полякова, 1987; Cole, 1990). Цветущие побеги ломают во время цветения, лещину (*Corylus L.*) - во время плодоношения. Первоначально на такое воздействие растение отвечает появлением новых побегов из «спящих» почек, в дальнейшем количество побегов сокращается, их размеры уменьшаются и растения погибают (Рысин, Рысин, 2012). Увеличение доли подлеска при средних уровнях воздействия объясняется некоторым осветлением древесного полога и изреживанием напочвенного покрова (Кругляк, Карташова, 2005).

Первыми в подлеске выпадают такие виды как бузина (*Sambucus L.*) , рябина (*Sorbus L.*),

крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa* L.), и, особенно, жимолость (*Lonicera* L.) (Набиуллин, 2011). Более устойчивыми являются виды, обладающие порослевой способностью. К числу таких видов относят шиповник (*Rosa* L.), черемуху (*Prunus* L.), калину (*Viburnum* L.) и малину (*Rubus* L.) (Полякова и др., 1981, 1983; Преловский и др., 1998; Таран, Спиридонов, 2004; Меланхолин, Полякова, 2006). Лещина (*Corylus* L.), имея форму компактного куста, способна выносить сильные и длительные нагрузки. При этом восстановление лещины (*Corylus* L.) идет крайне медленно, поскольку ее возобновление осуществляется вегетативным путем (Полякова и др., 1983; Набиуллин, 2011).

Стоит отметить, что восстановление подлеска в целом происходит более длительно, чем восстановление нижележащего травного яруса, аналогично этот вывод справедлив и для вышележащих ярусов растительности (Weaver, Dale, 1978; Cole, 1995a).

Обилие подлеска в рекреационном лесу различно при разном уровне воздействия. Вплоть до III стадии дигрессии густота полога подроста и подлеска сохраняется на уровне 60-30%. Вследствие увеличения освещенности на III-IV стадии дигрессии отмечается некоторое повышение числа побегов. Е.С.Надеждина (1987) и В.В.Кругляк и Н.П.Карташова (2005) отмечают, что по мере увеличения уровня рекреационной нагрузки число видов кустарников снижается, затем на IV стадии дигрессии увеличивается за счет антропогенно-толерантных видов (бузина (*Sambucus* L.), черемуха (*Prunus* L.)), а на V стадии кустарники исчезают. Другие авторы (Казанская и др., 1977; Смаглюк и др., 1983; Матвеев, 2005) утверждают, что численность подлеска увеличивается к III стадии дигрессии, а к IV-V стадии резко уменьшается. Зарубежные авторы отмечают уменьшение обилия подлеска более чем в 5 раз, без его увеличения при средних нагрузках (Kutiel, Zhevelev, 2001). Высота подлеска в рекреационном лесу уменьшается в 1.5-2 раза (Kutiel, Zhevelev, 2001; Кругляк, Карташова, 2005).

Травяно-кустарничковый ярус - неотъемлемая и наиболее уязвимая часть лесного биогеоценоза (БГЦ), индикатор лесорастительных условий и, в определённой степени, регулятор микроклиматических и микробиологических процессов в лесу (Яковлев, 1997; Бузова, Феклистов, 2007).

Факторы, влияющие на лесные виды растений в условиях воздействия рекреационной нагрузки, весьма многообразны. Основное воздействие человека дополняют: изменение свойств почв, нарушение лесной подстилки, уничтожение мохово-лишайникового яруса, изреживание подлеска и подроста, древостоя и связанное с этим увеличение освещённости под пологом леса (Абрамова, Игнатов, 2004; Рысин и др., 2006; Обыденников, 2007; Лукьянова, Чижикова, 2009; Cole, 2013).

Стратегия выживания разных видов трав и кустарничков в условиях роста

рекреационной нагрузки имеет сходные признаки. На начальных стадиях дигрессии у многих видов снижаются биометрические показатели и биомасса надземных органов растений (нередко это сочетается с ростом числа побегов) (Полякова и др., 1983; Рысин и др., 2006). Рассматривая фитоценозы Подмосквья, Г.А. Полякова (1981, 1983) отмечает, что такая реакция характерна для большинства типичных для широколиственных лесов видов растений (сныть (*Aegopodium* L.), медуница неясная (*Pulmonaria obscura* (L.) Dumort.), лютик кашубский (*Ranunculus cassubicus* L.), живучка ползучая (*Ajuga reptans* L.), осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.), копытень европейский (*Asarum europaeum* L.), звездчатка жестколистная (*Stellaria holostea* L.)). Однако в этот период первичной стрессовой реакции происходит активизация защитных сил организма. Поэтому умеренные рекреационные нагрузки могут способствовать росту жизненных показателей видов способных к быстрому вегетативному размножению (лютик кашубский (*Ranunculus cassubicus* L.), сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), звездчатка жестколистная (*Stellaria holostea* L.)), а также весенних эфемероидов, так как конкурирующие с ними растения, не имеющие клубней и корневищ, подавляются. Жизненный цикл эфемероидов достаточно короткий, чтобы избежать сильного негативного влияния рекреантов (Полякова и др., 1983; Киселева, Насимович, 2007; Cole, 1986b). Эти и некоторые другие виды (пролесник многолетний (*Mercurialis perennis* L.), медуница неясная (*Pulmonaria obscura* L.), осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.), чистяк весенний (*Ranunculus ficaria* L.)) при уменьшении воздействия способны разрастаться (Полякова и др., 1983).

Стоит заметить, что у ряда растений, способных выдерживать начальные уровни рекреационного воздействия (зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum* Huds.), живучка ползучая (*Ajuga reptans* L.)), резкий спад массы и численности побегов происходит только при максимальной антропогенной нагрузке (Полякова и др., 1981, 1983).

При длительном вытаптывании заметно изменяется проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса, происходит упрощение его структуры и внедрение более устойчивых к вытаптыванию светолюбивых видов (Таран, Спиридонов, 1977; Бганцова и др., 1987; Репшас, 1994; Дробышев, 2000; Матвеев, 2005; Киселева и др., 2006b, 2008; Бурова, Феклистов, 2007; Набиуллин, 2011; Рысин, Рысин, 2012; Cole, Bayfield, 1993; Amrein et al., 2005; Cole, 2013). Изменяется соотношение разных эколого-ценотических групп растений, что показательно характеризует динамику растительного покрова в условиях рекреации (Лукьянова, Чижикова, 2009). Происходит замена типично лесных растений луговыми и сорными видами. Рекреация становится весьма значительным фактором отбора видов. Процесс «олуговления» при рекреации идет практически во всех типах леса (Рысина, Рысин, 1987; Дробышев, 2000; Прокошева, 2009; Рысин, Рысин, 2012; G'omez-Lim'on, 1995; Diane et al., 2001).

Разрастание сорных видов происходит только после III (из V) стадии дигрессии.

Тропиночная сеть оказывает наибольшее влияние на изменение видового состава травяного яруса, через нее происходит первоначальный занос и проникновение под полог леса устойчивых к рекреации видов (Киселева, Насимович, 2007). Видовое разнообразие в нарушенных сообществах может колебаться в достаточно широких пределах, как снижаясь, так и увеличиваясь по мере усиления воздействия (Бурова, Феклистов, 2007; Hylgaard, Liddle, 1981; Cole, 1982, 1985, 1987; Liddle, Thyer, 1986; Kuss, Hall, 1991; Sun, Liddle, 1993a; Marion, Cole, 1996; Diane et al., 2001; Thurston, Reader, 2001; Kutiel, Zhevelev, 2001; Andres-Abellan et al., 2005; Cole, 2013). Лесные виды одновременно с внедрением сорных и луговых вызывают сначала всплеск биоразнообразия (в 2-3 раза), а потом резкий его спад вследствие исчезновения типично лесных видов (Репшас, 1994; Матвеев, 2005; Бурова, Феклистов, 2007; Набиуллин, 2011; Рысин, Рысин, 2012; Cole, 2004a; Zhongdong, 2010; Liu, 2013). Ряд исследователей отмечает резкий спад без увеличения видовой насыщенности по мере усиления нагрузки (Kuss, Hall, 1991; Amrein et al., 2005; Rusterholz et al., 2011).

Лесные виды сохраняются в зонах наименьших нагрузок: около оснований стволов, отдельных групп кустарников и подроста. Главными причинами их исчезновения являются: фрагментация сообщества, олуговение, увеличение освещённости, разрушение подстилки, уплотнение почвы и конкуренция с новыми видами трав (Рысин, Полякова, 1987; Бурова, Феклистов, 2007; Прокошева, 2009; Zhongdong, 2010).

Известна обратная связь между полнотой древостоя и видовым разнообразием напочвенного покрова (Бурова, Феклистов, 2007). Слабо нарушенные леса характеризуются большим количеством экологических ниш и, соответственно, видов, к ним приуроченных. Постепенное «выравнивание» местообитаний при рекреации приводит к образованию монодоминантных сообществ с малой фитомассой (Серебряноборское опытное лесничество..., 2010; Рысин, Рысин, 2012; G'omez-Lim'on, 1995).

По мере внедрения новых растений значимость разных видов в сообществе уравнивается, исчезают явно доминирующие виды. Сообщество становится более разнообразным (Бурова, Феклистов, 2007). По данным Н.В. Буровой и П.А. Феклистова (2007) статистически достоверные различия индексов видового разнообразия Шеннона травяно-кустарникового яруса прослеживаются при переходе от III к IV стадии дигрессии.

В литературе много внимания уделяется особенностям морфологии, биологии и экологии травянистых растений (Полякова и др., 1981; Liddle, 1975; Liddle, Greig-Smith, 1975; Cole, 1979, 1985; Kuss, 1986; Cole, Marion, 1988; Liddle, 1991; Sun, Liddle, 1993b; Cole, 1995b, 1995в).

Наиболее устойчивыми к вытаптыванию считаются виды: прилегающие к земле; морфологически приспособленные к рекреации (листья, сложенные вдвое, плоская сторона

листа обращена к давящему действию, точка роста защищена землей, низкий узел кушения); имеющие прочные ткани; способные к быстрой регенерации и размножению; выносящие плотные и плохо аэрированные почвы (Полякова и др., 1981; Преловский и др., 1998; Бурова, Феклистов, 2007).

Морфологические характеристики, которые полезны для роста в условиях низкой освещенности, обуславливают наименьшее сопротивление растений к вытаптыванию (Cole, 1979, 1995в, 2004а, 2004б). **Наименее устойчивы:** кустарнички с плохо защищенными почками возобновления над поверхностью почвы; травы, имеющие длинные тонкие корневища и подземные столоны; растения с удлинёнными побегами; виды с тонкими крупными листьями и с сочными и хрупкими наземными побегами. При этом одинаково ранимы крупные папоротники (кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina* (L.) ROTH EX MERT.), щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas* (L.) SCHOTT), щитовник картузианский (*D. Carthusiana* (VILL.) H.P.FUCHS), высокие заросли пролесника многолетнего (*Mercurialis perennis* L.) и невысоко приподнимающиеся над землей кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.) и майник двулистный (*Majanthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt) (Бурова, Феклистов, 2007).

В реакции растений на уплотнение почвы большое значение имеет строение корневой системы. Менее устойчивы виды, у которых корни расположены в приповерхностном слое почвы, и, напротив, более устойчивы растения, имеющие глубоко идущие стержневые корни или развивающие большое количество прочных тонких корней, плотно оплетающих почву

Стоит отметить декоративные виды, страдающие от обрывания, но оказывающиеся устойчивыми благодаря своим эколого-биологическим особенностям. Вытаптывание стимулирует разлом корневищ ветреницы дубравной (*Anemone nemorosa* L.) и лютиковой (*Ranunculus repens* L.) на отдельные элементы, способные к самостоятельному существованию, в результате чего ранее целостное растение превращается в клон. Ландыш майский (*Convallaria majalis* L.) выживает благодаря системе длинных ветвящихся корневищ и способности к вегетативному расселению и размножению (Полякова и др., 1981, 1983; Рысина, Рысин, 1987; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010).

Многие виды-доминанты напочвенного покрова широколиственных лесов относительно устойчивы к рекреации. Дольше всех в нарушенных лесах сохраняются: лютик кашубский (*Ranunculus cassubicus* L.) > живучка ползучая (*Ajuga reptans* L.) > звездчатка жестколистная (*Stellaria holostea* L.) > сныть (*Aegopodium* L.) > осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.) > зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum* Huds.) > ветреницы (*Anemone* L.) > чистяк весенний (*Ranunculus ficaria* L.). На не освещенных участках сохраняются копытень европейский (*Asarum europaeum* L.) и вороний глаз обыкновенный (*Paris quadrifolia* L.) (Полякова и др., 1983; Набиуллин, 2011).

Успешно выдерживают нагрузки растения с розеточным расположением листьев -

подорожники (подорожник большой (*Plantago major* L.), подорожник средний (*P. Media* L.), подорожник ланцетолистный (*P. Lanceolata* L.)). Их участие в составе травяного покрова является индикатором на «выход» лесного биогеоценоза на последнюю стадию дигрессии (Полякова и др., 1983; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010). Высокой устойчивостью обладают луговые злаки (*Poa* L.) и светолюбивый клевер ползучий. При больших нагрузках луговые злаки (*Poa* L.) не только легко отрастают после сбоя, но и способны занимать освободившиеся выбитые площади (Полякова и др., 1983; Рысина, Рысин, 1987; Kuss, 1986).

На сильно нарушенных участках вдоль дорог и на тропах доминирует подорожник большой (*Plantago major* L.), однако при снижении нагрузок вытесняется луговыми злаками (*Poa* L.). Подорожник большой (*Plantago major* L.) обладает высокой семенной продуктивностью, быстро отрастает, семена сохраняют всхожесть долгие годы. Он имеет широкую экологическую амплитуду: способен расти на почве с плотностью 1.3-1.5 г/см³, его ткани могут переносить в 2-3 раза большие нагрузки, чем большинство видов растений.

При сохранении высокой сомкнутости верхних пологров леса при рекреации усиливается участие гравилата городского (*Geum urbanum* L.) и недотроги мелкоцветковой (*Impatiens parviflora* DC.). Гравилат городской (*Geum urbanum* L.) устойчив к плотным почвам, хорошо размножается семенным путем (обильно плодоносит, и семена долго сохраняют в схожесть), но не выносит конкуренции с другими инвазивными видами (Полякова и др., 1981, 1983; Леса Москвы, 2001; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010).

В морфологии травянистых растений наиболее заметным деградациям подвержены корни: уменьшается их количество, масса, средняя длина, уплотнение и иссушение подстилки вызывает их разрыв и гибель (Лазарева, Морозова, 1987; Добрынин, 1990; Дробышев, 1999; Cole, Fichtler, 1983; Cole, 1986b; Kozlowski, 1999; Alessa, Earnhart, 2000; Waltert et al., 2002; Cole, 2013). Уплотнение затрудняет проникновение корней и появление всходов (Cole, 1995b).

Во многих работах, посвященных изучению влияния рекреации на растительность, была предпринята попытка выявить отрицательную корреляцию между состоянием растительного покрова и увеличением рекреационной нагрузки (Cole, Fichtler, 1983; Лазарева, Морозова, 1987; Смирнова, Маракаев, 2002; Kuss, Hall, 1991; Andres-Abellan et al., 2005). В качестве показателей состояния растительного покрова, зависящих от уровня рекреационной нагрузки, наиболее часто использовались проективное покрытие и параметры флористического состава (Cole, 1982; Luckenbach, Bury, 1983; Cole, Fichtler, 1983; Liddle, Thyer, 1986; Cole, Marion, 1988; Marion, Cole, 1996; Mortensen, 1989; Sun, Liddle, 1993a; Cole, Bayfield, 1993; Cole, 1995b, Amrein et al., 2005; Andres-Abellan et al., 2005; Rusterholz et al., 2011; Cole, 2013).

В некоторых работах была предпринята попытка применить регрессионные модели для

описания зависимости некоторых параметров растительного покрова от рекреационной нагрузки. Было показано, что исследуемая зависимость сложна и зависит от многих параметров (Hylgaard, Liddle 1981; Cole, 1985, 1987a, 1995b; Andres-Abellan et al., 2005)

Воздействие рекреации на растительный покров особенно интенсивно происходит на начальных этапах рекреационной дигрессии, а затем деградация замедляется (LaPage, 1967).

Наличие хорошо выраженной разветвленной дорожно-тропиночной сети (ДТС) значительно ускоряет деградацию растительности (Cole, 1995b). Показано, что видовая насыщенность достоверно коррелирует с расстоянием от ДТС. Участие сорных и луговых видов растений в составе нижнего яруса увеличивается по направлению от лесного массива к тропе (на 25-50%). Их густота и глубина проникновения тем выше, чем сильнее воздействие человека (Полякова и др., 1981, 1983; Киселева и др., 2006b; Меланхолин, Полякова 2006; Меланхолин, 2007; Савельева, 2008; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010; Larson et al., 2001). Расстояние от дорожно-тропиночной сети, на которое прослеживаются эти изменения, достигает 50 см, а для сильно выбитых участков и более 1 м, однако наиболее четко влияние тропы прослежено на зону шириной 20-30 см.

Сходство растительного покрова на тропе и в ее буферной зоне (20-30 см) постепенно увеличивается вплоть до полной идентичности их состава по мере приближения к тропинке (Марфенина и др., 1984; Буренина, Кривобоков, 2007; Савельева, 2008; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010).

Растительный покров вытаптываемых участков специфичен по облику и составу. Это определяется не столько местными почвенно-климатическими условиями, сколько интенсивностью вытаптывания. О высокой приспособленности видов, доминирующих в травостое вытоптанных участков, свидетельствует то, что, даже находясь у предела своего существования, они проходят все фазы развития; в частности, их возобновление, осуществляется семенами, а не путем прорастания с обочин тропы. Несмотря на сходство условий обитания, пути адаптации растений различны. В травостое вытоптанных участков встречаются как узкоспециализированные виды (подорожник (*Plantago* L.)), которые за пределами тропинок и площадок встречаются крайне редко, так и виды с широким экологическим диапазоном, например, манжетка (*Alchemilla* L.), которая встречается не только на вытоптанных участках, но и на самых различных лугах. Разнообразие механизмов адаптации обеспечивает исключительно высокую устойчивость растительного покрова вытаптываемых площадей. Тем не менее, при нарастании нагрузки даже этот чрезвычайно устойчивый покров начинает разрушаться (Оборин, 2010).

В опытах по проращиванию семян было установлено, что в нарушенных почвах обнаруживаются семена видов растений, которые не плодоносят из-за изменившихся условий

освещенности. Более того, отмечаются проростки семян видов, которых в настоящий момент в составе яруса нет (Серебряноборское опытное лесничество..., 2010; Amrein et al., 2005). Их сохранность объясняется тем, что раньше на этих участках были совершенно другие условия, позволявшие этим видам проходить полностью свои жизненные циклы. Таким образом, фитоценозы способны поддерживать устойчивость видового состава, что может вызывать некоторые неточности при сравнении видового состава на площадках однородных по степени нагрузки, но различных по возрасту.

Моховый ярус. Мхи играют важную роль в круговороте веществ и энергии. Они защищают почву от размывания, быстро впитывают, и удерживают влагу, ослабляют перепад температур и иссушение почвы, служат средой обитания многим беспозвоночным.

Причинами деградации мохового покрова являются: механическое воздействие на растения, наличие в верхних слоях подстилки уязвимых ризоидов мхов, которые отмирают даже при небольших нагрузках. Кроме нарушения целостности отдельных побегов к гибели мхов приводит: повреждение образуемых ими дерновин, подушек, сплетений, изменение их внутренней среды (микросреды синузий), а также режима питания и аэрации. Кроме того, у мхов, имеющих нитевидную форму роста и не обладающих хорошей способностью к вегетативному возобновлению, быстро перетираются и пересыхают побеги (Полякова и др., 1983; Абрамова, Игнатов, 2004).

Устойчивость мхов к рекреации определяется не только формой роста. Большинство побегов мхов в сомкнутом насаждении стерильно, а их размножение спорами ограничено. Условия достаточного освещения способствуют размножению мхов, кроме этого почти каждая их клетка впоследствии способна стать новым растением (Полякова и др., 1983; Абрамова, Игнатов, 2004).

Моховый покров в большинстве лесов Подмоскovie развит достаточно слабо, его проективное покрытие не превышает 5-10 %. Мхи, как правило, приурочены к кротовинам, приствольным повышениям и сгнившим пням. В коренных БГЦ покрытие мхов определяется многими факторами: роющей деятельностью животных, скоростью разложения опада, проективным покрытием и видовым составом травяного яруса. При рекреации происходит переход мхов с основания стволов, корней гниющей древесины и других субстратов на почву, однако при разрастании луговой растительности и злаков (Роа L.) при средних нагрузках тенденция несколько нарушается в противоположную сторону. Моховой покров интенсивно развивается на средних стадиях нарушенности, особенно при достаточном увлажнении, однако из-за низкой устойчивости он исчезает уже к 4 стадии дигрессии (Полякова и др., 1983; Меланхолин, Полякова, 2006; Абрамова, Игнатов, 2004).

Освещенность Важным аспектом изучения рекреационных лесов является определение

условий освещенности, поскольку большая часть радиации в лесу проникает сквозь полог древесного яруса, связь пропускания с состоянием крон деревьев оказывается очень тесной (Рысин, Рысин, 2012).

Яруса подлеска достигает около 6-15% от общего потока радиации, травяного покрова - 2-4%, а у поверхности почвы эта величина уменьшается до 1%. Такая низкая освещённость лимитирует процесс возобновления и стратегию поведения растений травяного покрова. Недостаток света в пределах до 20% от открытого места слабо сказывается на жизнедеятельности растений, более сильное затенение резко уменьшает прирост, это объясняется тем, что производительность единицы площади листа в диапазоне освещенностей 18-90% от открытого места почти постоянна (Рысин, Рысин, 2012).

Работы по изучению освещенности в рекреационных лесах единичны. Они свидетельствуют, об уменьшении сомкнутости полога древостоя по мере возрастания стадии рекреационной дигрессии. До III стадии дигрессии освещенность возрастает незначительно от $25 \cdot 10^4$ до $35 \cdot 10^4$ Лх (в 1.3 раза относительно фона), одновременно с этим сомкнутость крон уменьшается на 10%. На участке IV стадии она резко увеличивается до $63 \cdot 10^4$ Лх (в 3 раза). Таким образом, при уменьшении сомкнутости древесного полога на 20 % освещенность увеличивается в 2-3 раза (Горбунов, Цветков, 2009).

Сукцессионные изменения. Под «рекреационной динамикой» понимают динамику экосистем, обусловленную влиянием рекреации (Савельева, 2008).

В рекреационные леса при сохранении достаточно густого полога сорные и луговые растения не проникают. При этом может наблюдаться некоторое обеднение видового состава за счет выпадения лесных видов. При уменьшении сомкнутости древостоя до 50-60% в случае, когда подлесок и подрост остается достаточно густым (до 90%), существенных изменений в травяном ярусе не происходит. При увеличении нагрузки и уменьшении сомкнутости подлеска и подроста деградация нижнего яруса будет происходить с постепенным увеличением площади троп, лишенных растительности, с некоторым очаговым разрастанием мхов. В случае, когда одновременно с изреживанием верхнего полога леса уменьшается сомкнутость подлеска и подроста до 0.5-0.6, в травяном покрове увеличивается доля опушечных и луговых видов. При сомкнутости подлеска 0.2-0.3 больше половины площади занимает луговая и сорная растительность. При полном затравливании подлеска и подроста на всей площади образуется густой разнотравно-злаковый покров (Полякова и др., 1983; Бганцова и др., 1987; Дробышев, 2000; Рожков, 2001; Горбунов, Цветков, 2009). В случае формирования разветвленной дорожно тропиной сети покрытие травяного яруса уменьшается до 4-6% (Cole, Monz, 2003). В процессе рекреации происходит сближение различных по составу флоры и фауны природных комплексов. Если на ненарушенных и слабонарушенных участках они имеют больше отличий,

чем сходств, то на сильно нарушенных, наоборот, различия между ними стираются (Полякова и др., 1983; Казаков, Чинова, 2004; Чинова, Прыгунова, 2004).

В Московских лесах при рекреационном воздействии наблюдается сукцессионная динамика с перспективой смены типов леса, в том числе с внедрением липы (*Tilia L.*), которая, как наиболее устойчивая к рекреационному воздействию древесная порода, характеризуется положительной динамикой роста и внедрением в сообщества, находящиеся под различным антропогенным воздействием. Там, где вместе с липой (*Tilia L.*) растут другие лиственные породы (дуб (*Quercus L.*), береза (*Betula L.*), клен (*Acer L.*)), они постепенно выпадают из состава древостоя, будучи конкурентно более слабыми. Поэтому, например, дуб (*Quercus L.*), являясь менее устойчивым, снизил свое обилие в московских лесах за последние десятилетия почти вдвое, в то время как обилие липы (*Tilia L.*), наоборот, выросло пропорционально. Тенденция в динамике состава древостоя рекреационных лесов Москвы очевидна: дуб (*Quercus L.*) уступает место липе (*Tilia L.*). Хвойным породам, в силу их эколого-биологических особенностей, вернуться на места своего прежнего обитания оказывается практически невозможно в лесах, находящихся под воздействием рекреации (Леса Москвы, 2001; Абатуров, 2003; Обыденников, 2007; Савельева, 2007; Киселева и др., 2010; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010).

В лесопарках и парках Москвы много древостоев с преобладанием липы (*Tilia L.*) (около 18%). Они не являются коренными, а сформировались отчасти на месте ельников. Здоровых деревьев липы (*Tilia L.*) насчитывается 80% (Конашова, 2000; Леса Москвы, 2001). Леса с доминированием липы (*Tilia L.*) редко имеют разреженный древостой, так как липа (*Tilia L.*) хорошо возобновляется как порослью, так и семенным путем, особенно при наличии каких-либо «окон» (Полякова и др., 1983; Меланхолин, Полякова, 2006; Киселева, 2008; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010). Поросль липы (*Tilia L.*), образующаяся вокруг оснований стволов деревьев, наиболее обильна на средних стадиях нарушенности, а на последних стадиях она обычно сильно обломана и угнетена (Полякова и др., 1983). Клен (*Acer L.*) в возобновлении также повсеместно преобладает и его общее количество в подросте рекреационных лесов Москвы достаточно велико, а возобновление хвойных пород деревьев, напротив, протекает слабо или не происходит. Подрост дуба (*Quercus L.*) и осины (*Populus L.*) малочислен и присутствует только на ненарушенных участках (Конашова, 2000; Леса Москвы, 2001; Абатуров, 2003; Обыденников, 2007; Савельева, 2007; Киселева, 2008; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010).

Ограниченный набор пород подроста с преобладанием липы (*Tilia L.*) и клена (*Acer L.*), характеризует стабилизацию породного состава лесных экосистем Москвы в целом (Абатуров, 2003; Киселева и др., 2006б).

1.4.Влияние рекреации на почвы

Важной составной частью изучения рекреационных лесов являются почвенные исследования, так как почвы играют важную роль в поддержании устойчивого функционирования лесов.

Исследования, проведенные В.Д.Зеликовым и В.Г.Пшонновой (1961) еще в начале 60-х годов прошлого века в парках и лесопарках Москвы, выявили уплотнение верхних почвенных слоев, ведущее к изменению структуры почв и их водно-воздушного режима. Было установлено, что изменение плотности почв влияет на состояние древесных пород и характер травяного покрова. С тех пор накоплен большой фактический материал, характеризующий рекреационные изменения почвенного покрова в разных географических районах и в самых различных экологических условиях (Рысин, 2007).

Под воздействием рекреации почва изменяется на всех структурно-функциональных уровнях своей организации. Чем выше уровень рекреационной нагрузки, тем сильнее меняются почвенные свойства. В рекреационных лесах нарушение почвенного покрова связано, во-первых, с нарушением живого-напочвенного покрова и подстилки, и, во-вторых, с развитием дорожно-тропиночной сети (Казанская и др., 1977; Чинова 1977; Cole, Fichtler, 1983).

Эти нарушения в условиях города дополняются загрязнением соединениями, содержащими углерод, карбонатом кальция и легкорастворимыми солями (Почва, город, экология, 1997). При этом тропинки в городских лесопарках условно можно считать элементами микрорельефа, которые аккумулируют и перераспределяют поступающие в ландшафты продукты урботехногенеза. Это обуславливает возникающую неоднородность свойств почв при разрастании дорожно-тропиночной сети в городских рекреационных лесах.

На наиболее часто посещаемой территории отмечается существенный рост площади «открытой» минеральной поверхности почв («выбитых» участков и троп) (Cole, 1985, 1986б, 1987; Cole, Marion, 1988; Marion, Cole, 1996; Andres-Abellan et al., 2005). Почвенный покров в сравнении с растительным признается относительно более устойчивым компонентом урбоэкосистемы, но его поверхностные горизонты подвержены существенной трансформации (Чинова, 1977; Почва, город, экология, 1997).

Влияние рекреации прослеживается до глубины 20-30 см, а на тропах - 30-40см. Наибольшие изменения отмечены в верхнем 0-5 см слое (Васильева, 1973; Зеленский, Жижин, 1975; Чинова, 1977; Полякова, 1979; Соколов, Зеликов, 1982; Соколов, 1983; Щудря, 1985; Жевелева, Офицорова, 1985; Куйбышев, 1985, 1987а, 1987б; Прикладовская, 1986; Пастернак и др., 1983, 1987; Brown et al., 1977). Было установлено, что рекреация влияет не только на свойства почв, но и приводит к изменению почвенного покрова в целом (Зеликов, 1964;

Савицкая, 1979; Амиров и др., 1982; Заяц, 1984; Лазарева, Морозова, 1987; Марфенина и др., 1988; Орловский, 1988; Иванов, 1990; Болдырев, 1995; Дробышев, 1999; Сериков, Карташова, 2003; Экологические функции городских..., 2004; Рысин, 2008а, 2008б; Киселева, 2008; Monti, Mackintosh, 1979; Hart 1982; Zabinski, Gannon, 1997; Liddle 1997; Zhongdong, 2010; Cole, 2013). Обсудим эти изменения более подробно.

Подстилка

Наиболее подвержена рекреационному воздействию **подстилка** - важный компонент лесного биогеоценоза, среда обитания многих видов животных. В ней находятся наиболее активные корни растений. Она служит «амортизатором» и предохраняет почву (Бганцова и др., 1987; Лазарева, Морозова, 1987; Марфенина и др., 1988; Хлуденцов, 2010; Рысин, Рысин, 2012; Kuss, 1986). Огромную роль играет подстилка в регулировании микроклимата почвы, способствуя сглаживанию колебаний температур, предохраняя верхний слой почвы от промерзания и снижая испарение из почвы. Если на дорожно-тропиночной сети почва промерзает до глубины 80 см, то под подстилкой - до 20 см. Подстилка служит источником поступления органического вещества и питательных элементов в минеральные почвенные горизонты (Бганцова и др., 1987; Хлуденцов, 2010; Рысин, Рысин, 2012; Мосина, 2012). Уничтожение подстилки усиливает водно-эрозионные процессы, оголяет корни, ухудшает питание растений и снижает биопродуктивность БГЦ (Соколов, Зеликов, 1982; Соколов, 1983; Заяц, 1984; Куйбышев, 1985; Щудря, 1985; Бганцова и др., 1987; Лазарева, Морозова, 1987; Орловский, 1988; Тарабин, 1989; Добрынин, 1990; Болдырев, 1995; Дробышев, 1999; Хлуденцов, 2010; Cole, Fichtler, 1983; Belsky, Blumenthal, 1997).

В связи с большим значением подстилки Э.А.Репшас (1994) подразделяет вытаптывание на две стадии: до подстилки и до минеральной части.

На ранних стадиях рекреационной дигрессии подстилка уплотняется, изменяется соотношение ее подгоризонтов, увеличивается фрагментарность. Перетираясь и измельчаясь, она перераспределяется, концентрируясь в микропонижениях и около стволов деревьев (Заяц, 1984; Куйбышев, 1985; Щудря, 1985; Орловский, 1988; Тарабин, 1989; Добрынин, 1990; Болдырев, 1995; Дробышев, 1999; Рысин, 2007; Крутов и др., 2010; Manning, 1979; Cole, Fichtler, 1983; Kissling et al., 2009). Уплотненная подстилка может сохраняться долгое время, ее исчезновение происходит только на IV-V стадиях дигрессии. Измельченная подстилка перемещается пешеходами, легко выдувается ветром или смывается водами поверхностного стока. Вдоль тропинок, в результате отбрасывания крупной фракции, формируются «валики» подстилки (Соколов, 1983; Бганцова и др., 1987; Куйбышев, 1987а; Рысин и др., 2006; Бурова, Феклистов, 2007).

По мнению ряда исследователей, независимо от типа древостоя и возраста насаждений

(Соколов, 1983; Жижин, Зеленский, 1983; Бганцова и др., 1987), плотность подстилки при рекреации увеличивается в 3-5 раз. Это сопровождается существенным уменьшением (в 7-20 раз) ее мощности (вплоть до исчезновения) (Матвеев, 2005; Прокошева, 2009; Шевелина и др., 2010; Marion, Cole, 1996; Kutiel, Zhevelev, 2001; Amrein et al., 2005; Zhevelev, Pariente, 2008; Cakir et al., 2010). Изменение запасов подстилки является интегральным показателем, отражающим как увеличение плотности, так и уменьшение ее мощности. По результатам исследований Л.О.Карпачевского (1981), В.А.Бганцовой с соавторами (1987), Э.А.Репшаса, 1994, Л.С.Шугалей (2009) и К.К.Смаглюка (1983) запасы подстилки при рекреации уменьшаются в 4-15 раз вплоть до практически полного ее уничтожения.

Факторами, влияющими на запас подстилки, являются: увеличение количества опада (в основном древесного) на II-III стадиях дигрессии и его снижение на IV-V стадиях. Кроме этого, масса подстилки при рекреации может увеличиваться за счет тяжелых минеральных примесей и ее утапывания (Репшас, 1994; Amrein et al., 2005).

Уменьшение запасов подстилки в лесах при рекреации связано с активизацией процессов микробной деструкции. Деятельность микрофлоры стимулируется измельчением отдельных составляющих подстилки и ее перемешиванием с почвой (Марфенина и др., 1984; Куйбышев, 1985; Лысиков, Судницына 2008). В результате этого подстилка быстрее разлагается и минерализуется (Лазарева, Морозова, 1987; Рысин, 2007).

При рекреации, в первую очередь, изменяется морфологическое строение подстилки. Вытапывание приводит к исчезновению наиболее рыхлых, минерализованных и населенных микроорганизмами и фауной слоев: ферментативного (F) и гумификации (H). В противовес этому увеличивается слой опада "L", неразложившегося "грубого" растительного материала. Стоит отметить, что упрощение строения происходит с III стадии дигрессии, а существенная деградация подстилки отмечается лишь при переходе к IV стадии дигрессии, когда разделение на подгоризонты становится невозможным (Бганцова и др., 1987; Лазарева, Морозова, 1987; Дробышев, 2000). Изменения на начальных стадиях (I-II) статистически не достоверны (Карпачевский, 1981).

Под действием рекреации происходят значительные изменения фракционного состава подстилки. По данным В.А. Бганцовой с соавторами (1987) в рекреационных сосняках увеличивается содержание мелкой фракций < 5 мм и резко уменьшается содержание фракций > 10 мм, а также отмечается значительное уменьшение количества активной фракции на 30-40%.

Наряду с деградацией подстилки, верхняя часть гумусово-аккумулятивного горизонта обогащается грубым органическим веществом и приобретает слоистость, при этом в пониженных местах рельефа рекреационное воздействие способствует оторфовыванию (Шоба, Соколов, 1982; Соколов, 1983; Куйбышев, 1985; Cakir et al., 2010).

Почвенный профиль

Под действием рекреации, как отмечалось выше, изменяются мощность и строение подстилки. В результате уплотнения почвы в 2-3 раза уменьшается мощность гумусо-аккумулятивного горизонта (Соколов, 1983; Бганцова и др., 1987; Лазарева, Морозова, 1987; Марфенина и др., 1988; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010; Рысин и др., 2007, 2012; Хлуденцов, 2010; Cole, 1982, 1987; Cole, Fichtler, 1983; Kuss, 1986; Sun, Liddle, 1993a; Marion, Cole, 1996; Buckly, 2004).

Для проверки возможности изменения мощности гумусового горизонта Л.А.Соколовым (1983) были проведены расчеты реального уплотнения, на основании равенства объемов исходной и уплотненной массы. Однако такой расчет дает заниженные результаты, что объясняется изменением при рекреации не только структуры и агрегатного состава почв, но и выносом почвенного материала в результате интенсивной эрозии (Liu, 2013).

В верхних слоях почвы в рекреационных лесах комковатые агрегаты гумусового горизонта деформируются, образуя плотную упаковку, почвенная масса приобретает горизонтальную слоистость. Эти изменения приводят к ухудшению структурного состояния, образованию характерного коркового слоя, имеющего пластинчато-листоватую структуру. В подзолистом горизонте также происходит уплотнение почвенного материала, укрупнение агрегатов и формирование крупнопластинчатых отдельностей, однако его мощность уменьшается мало. Цилиндрические поры в этих слоях обладают наибольшей устойчивостью к уплотнению (Соколов, Зеликов 1982; Шоба, Соколов, 1982; Соколов, 1983; Бганцова и др., 1987; Шугалей, 2009; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010; Хлуденцов, 2010).

В результате уплотнения верхней толщи почвы снижается водопроницаемость и, как следствие, появляются ржаво-охристые пятна на сизоватом фоне, что свидетельствует об оглеении (Карпачевский, 1981; Бганцова и др., 1987; G'omez-Lim'on, DeLucio, 1995; Hammitt, Cole, 1998).

В результате рекреационного изменения почвенного профиля слои почвы с большей плотностью и меньшим содержанием органического вещества оказываются ближе к дневной поверхности (Соколов, 1983; Hylgaard, Liddle, 1981; Muderrisoglu et al., 2010).

Физические свойства

Плотность почв характеризует её способность накапливать и проводить влагу и воздух, обеспечивать их доступность для живых организмов, влияет на развитие корневых систем растений и их функциональную деятельность, на активность и вид микробиологических процессов (Рысин, Рысин, 2012).

Разные почвы неодинаково реагируют на одну и ту же рекреационную нагрузку, в частности, оценивая оптимальные значения плотности, необходимо учитывать гранулометрический состав почв (Строганова и др., 2008; Егоров, 2010).

В почвах легкого (песчаного) гранулометрического состава даже при длительном рекреационном воздействии водно-физические свойства изменяются слабо. Эти почвы обладают слабой сжимаемостью вследствие значительной жесткости скелета и отсутствия гидратных оболочек (Бганцова, 1987; Пастернак и др., 1987). В песчаных почвах водопроницаемость может снижаться в десятки раз, а в суглинистых и глинистых - в сотни раз (Бганцова, 1987; Байчибаева, 2011; Байчибаева, Соболев, 2011). Вследствие этих особенностей глубина уплотнения при рекреации на песчаных почвах меньше, чем на суглинистых (Соколов, 1983).

Оптимальные границы плотности для сельскохозяйственных растений составляют для глинистых и суглинистых почв 1.0-1.3; легкосуглинистых 1.10-1.40; супесчаных 1.20-1.45 и песчаных 1.25-1.60 г/см³ (Почва, город, экология, 1997; Шеин, 2005).

Оптимальной плотностью почв (ρ) для древесной растительности являются значения от 0.9 до 1.45 г/см³ (для липы - 1-1.45 г/см³, березы - 1.16-1.44, дуба - 0.9-1.45, хвойных - 0.90-1.15) (Матюк, 1983; Оборин, 2010). Выпадение лесных видов травяных растений происходит при плотности почв 1.2-1.3 (Спиридонов, 1985-цит. по Рысину, 1987; Соколов, 1983), а пределом развития сорных видов растений является граница в 1.5-1.7 г/см³ (Оборин, 2010).

Рекреация приводит к изменению плотности поверхностного слоя почвы в результате как прямого, так и косвенного уплотнения. Опосредованное влияние рекреации связано с изменениями в растительном покрове. Рекреация приводит к уменьшению сомкнутости крон, разрежению древостоя, исчезновению подлеска и подроста. Это приводит к увеличению освещенности и смене подпологовой травянистой растительности на светолюбивую злаково-разнотравную, которая способствует «естественному» косвенному уплотнению почвы на 0.3-0.4 г/см³ (Бганцова и др., 1987; Лазарева, Морозова, 1987; Добрынин, 1990; Дробышев, 1999; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010). Прямое уплотнение, в отличие от косвенного, на начальных стадиях дигрессии может нивелироваться упругостью напочвенного покрова и естественным восстановлением свойств почв в результате циклов промораживания-оттаивания (Соколов, 1983).

По мере усиления рекреационной нагрузки плотность дерново-подзолистых суглинистых почв Подмосковья увеличивается с 0.6-0.7 до 1.1 г/см³, а плотность супесчаных дерново-подзолистых почв - с 0.85-0.91 до 1.21-1.34 г/см³ (Спиридонов, 1975).

При максимальном уровне рекреационной нагрузки (V стадии дигрессии) плотность почв возрастает в 1.5-2 раза, причем в слое 0-3 см - наиболее существенно (Карпачевский, 1981;

Смаглюк и др., 1983; Егорова, Лаврова, 1987; Репшас, 1994; Егоров, 2010; Мосина, 2012; Brown et al., 1977; Cole, 1986б; Belsky, Blumenthal, 1997; Amrein et al., 2005; Waltert et al., 2002; Andres-Abellan et al., 2005; Kissling et al., 2009; Cole, 2013).

Исследования пространственной изменчивости свойств почв в рекреационных лесах показали, что природные значения плотности почв сохраняются у стволов деревьев, в промежутках между тропами и микропонижениями (Куйбышев, 1987а, 1987б).

Большое число исследований свидетельствует о положительной корреляции между ростом антропогенной нагрузки и плотностью почвы (Dotzenko, 1967; Liddle, 1975; Brown et al., 1977; Weaver, Dale, 1978; Manning, 1979; Cole, Fichtler, 1983; Lockaby, Dunn, 1984; Hammitt, Cole, 1998; Cole, 1987; Mortensen, 1989; G'omez-Lim'on, DeLucio, 1995; Marion, Cole, 1996; Belnap, 1998; Thurston, Reader, 2001). Среднестатистическое увеличение плотности при переходе от одной стадии дигрессии к другой составляет 0.05-0.07 г/см³, что позволяет использовать данную величину в качестве индикатора рекреационной нагрузки (Зеленский, Жижин, 1975; Сериков, Карташова, 2003).

Уплотнение почвенной массы способствует уменьшению порозности на 30-50 %, прежде всего, за счет макропор, которые играют важную роль в передвижении влаги, воздуха, распространении и развитии корневых систем. В результате изменяются физико-химические и биологические свойства почв (Cole, Landres, 1995; Соколов, 1983; Шудря, 1985; Орловский, 1988).

Твердость почв. Высокие значения твердости почв затрудняют прорастание семян и рост корней растений. Она зависит от гранулометрического состава, физико-химических свойств, плотности почвы и её влажности (Alessa, Earnhart, 2000; Строганова и др., 2008).

Оптимальной твердостью для почв легко-, средне- и тяжелосуглинистого состава считаются, соответственно, величины 4.5 - 5; 3.7-4.2; 3.2-3.7 Мпа (Шеин, 2005).

В рекреационных лесах твердость почвы увеличивается в 2-3 раза, а максимально она возрастает (в 5-14 раз и более) на дорожно-тропиночной сети (достигая критических значений более 5 МПа) (Пастернак, Бондарь, 1983; Бганцова, 1987; Бганцова и др., 1987; Лукьянова, Чижикова, 2009; Егоров, 2010; Байчибаева, 2011; Байчибаева, Соболев, 2011; Cole, 1985, 1986б; Kuss, Hall, 1991; Sun, Liddle, 1993а; Marion, Cole, 1996; Alessa, Earnhart, 2000; Amrein et al., 2005; Рысин и др., 2006; Cakir et al., 2010).

Изменения твердости почв по сравнению с плотностью почв при рекреации гораздо более ясны, резки и скачкообразны, так как твердость зависит от многих других свойств почв (Соколов, 1983; Репшас, 1994).

Структура почвы. Рекреация негативно сказывается на почвенной структуре. Коэффициент структурности снижается в 1.5 раза, на 7-40% уменьшается доля агрономически

ценных агрегатов, на 10% увеличивается содержание агрегатов <0.25 мм и до 50% и более агрегатов > 10мм (за счет образования псевдоагрегатов) (Пастернак и др., 1983, 1987; Бганцова, 1987; Бганцова и др., 1987; Иванов, 1992; Mariella, Norman, 2012a, 2012b). Возможна и обратная тенденция к уменьшению содержания крупных фракций и увеличению мелких (< 0.25мм). Наиболее четко это прослежено в 0-4 см слое почвы (Бурова, Феклистов, 2007; Карпачевский, 1981). При вытаптывании на 25-60% снижается количество водопрочных частиц >0.25 мм (Бганцова, 1987; Бганцова и др., 1987; Иванов, 1992; Рысин и др., 2006). Особенно сильные изменения почвенной структуры происходят, когда плотность увеличивается > 1.4-1.5 г/см³ (Иванов, 1990, 1992).

Влагоемкость почв под влиянием рекреации уменьшается в 2-3 раза, а в ряде случаев до 12 раз. Увеличиваются ее сезонные амплитуды колебаний (Соколова, 1983; Иванов, 1990; Репшас, 1994; Щербина, 2006; Буренина, Кривобоков, 2007; Рысин, 2007; Шугалей, 2009; Cole, 1986).

Анализ данных о влагоемкости показывает сближение значений полной и капиллярной влагоемкости с ростом уплотнения почвы (Соколов, 1983). Следовательно, уплотнение почвы, за счет уменьшения общей порозности, вызывает снижение количества некапиллярных пор, создающих пространства для нормальной аэрации и фильтрации воды. Накопление влаги в уплотненных почвах увеличивается и происходит главным образом в тонких капиллярах. Поступление влаги сверх капиллярной влагоемкости вызывает ее избыточное накопление (Hammit, Cole, 1998; Бганцова, 1987; Бганцова и др., 1987; Иванов, 1990, 1992); почва становится практически влагонепроницаемой, а почвенная среда - анаэробной (Рысин и др., 2007, 2012).

Уплотнение почвы влияет на наименьшую влагоемкость. Ее значения с увеличением плотности уменьшаются, однако ее отношение к капиллярной и полной влагоемкости приближается к 1. Это объясняется водоудерживающей способностью тонких капиллярных пор, составляющих основную массу капилляров в уплотненных почвах.

Появление плотных внутрисочвенных слоев приводит к изменению движения почвенной влаги в профиле и/или между почвами (Строганова и др., 2008). Создаются предпосылки для образования поверхностной почвенной корки. На наиболее нарушенных участках, лишенных растительного покрова, происходит значительное перераспределение влаги: дождевые и талые воды здесь с участков, имеющих уплотненную поверхность, стекают в понижения и менее плотные участки почв и формируют лужи (Рысин и др., 2006, 2012; Щербина, 2006). Сток на таких участках чаще всего концентрированный, что приводит к поверхностной водной эрозии и перемещению почвенного материала в понижения тропы, а также за ее пределы. Кроме этого, почвенный материал в таких условиях свободно переносится не только с временными токами

воды, но и самими посетителями. На тропе возрастает вариабельность почвенных свойств (Cole, 1995a, 1995г; Hylgaard, Liddle, 1981; Mariella, Norman, 2012a, 2012б).

Данные о влиянии уплотнения на влажность почв разноречивы (Cole, Landres, 1995; Kissling et al., 2009). В некоторых работах показано, что на участках с уплотненной поверхностью влажность почвы ниже, чем на участках с рыхлой естественно сложенной почвой (Соколов, 1983; Cole, 1986б; Amrein et al., 2005; Zhevelev, Pariente, 2008). Однако большинство исследователей отмечают, что в плотных слоях почвы из-за отсутствия активных корней растений влажность выше, в то время как на рыхлых участках - практически вся доступная влага расходуется на транспирацию (Соколов, 1983; Бганцова, 1987; Бганцова и др., 1987; Brown et al., 1977). Под тропами колебания влажности минимальны, а запасы влаги, как и на других нарушенных участках, повсеместно выше. Однако это не оказывает влияния на обеспечение влагой растений из-за высокой плотности этих почв (Соколов, 1983).

Различия во влажности почв при рекреации объясняются: большим поступлением атмосферных осадков из-за разреживания лесного полога, низкой водопроницаемостью уплотненных почв, наличием или отсутствием злаково-разнотравного покрова с мощной дерниной (Бганцова и др., 1987).

Температура почв. Уплотнение существенно влияет на температурный режим почв (Хлуденцов, 2010; Cole, Landres, 1995). Температурный оптимум для роста корней деревьев находится в пределах 8-14 °С (Бурова, Феклистов, 2007). Участки, подверженные рекреации, имеют более резкие колебания температуры почв. Большая теплопроводность уплотненных в результате рекреации почв в жаркие дни приводит к нагреванию почвы в среднем на 3-5° выше оптимальной температуры. При понижении температуры осенью рекреационно-уплотненные участки быстрее отдают свое тепло (Таран, Спиридонов, 1977; Соколов, 1983; Таран, 1985; Репшас, 1994; Мосина, 2012).

Окислительно-восстановительные условия

Сильное уплотнение поверхностного слоя почвы, а также избыточное переувлажнение создает в корнеобитаемом слое условия близкие к анаэробным (Соколов, 1983; Егорова, Лаврова, 1987). Изменяется газовый состав почв рекреационных лесов: уменьшается количество O₂ с 20 до 4%, а содержание CO₂ пропорционально увеличивается до 16%. При этом уже при содержании O₂ < 10% практически полностью подавляется развитие корневой системы (Kozłowski, 1999). Это вызывает изменение окислительно-восстановительных условий, определяющих направленность в почве биохимических процессов и численность микроорганизмов (Соколов, 1983). В почве рекреационного леса начинают преобладать реакции восстановления, происходит накопление токсичных форм соединений, в частности, закисного железа (Kuss, 1986). Активизация анаэробных процессов уменьшает активность

гумусообразования, способствует образованию низкомолекулярных органических соединений (Бганцова, 1987; Бганцова и др., 1987; Рысин и др., 2007, 2012).

Химические свойства

В почвах, подверженных рекреации, изменяется кислотность, содержание гумуса, легкорастворимых солей и состав обменных катионов (Савицкая, 1979; Карпачевский, 1981; Карпачевский, Строганова, 1981; Марфенина и др., 1984; Щудря, 1985; Жевелева, Офицерова, 1985; Бганцова, 1987; Бганцова и др., 1987; Лазарева, Морозова, 1987; Экологические функции городских..., 2004; Belnap, 1998; Cole, Fichtler, 1983; Kuss, 1986; Stohlgren, Parsons, 1986; Andres-Abellan et al., 2005; Malmivaara-Lämsä, 2008; Zhongdong, 2010;).

Наиболее существенные изменения химических свойств почв при рекреации наблюдаются на участках лишенных растительного покрова (Рысин, Рысин, 2012; Кузнецов, Стома, 2013).

Содержание гумуса. Литературные данные об изменении содержания гумуса противоречивы. Одни авторы отмечают увеличение его содержания в 1.5-2 раза (Савицкая, 1979; Амиров и др., 1982; Пастернак, Бондарь, 1983; Соколов, 1983; Щудря, 1985; Добрынин, 1990; Cole, 1982; Sun, Liddle, 1993a; Amrein et al., 2005), а другие - такое же снижение (Зеликов, 1964; Чижова, 1977; Пастернак и др., 1987; Жевелева, Офицерова, 1985; Cole, Marion, 1988; Sun, Liddle, 1993a, 1993b; Stohlgren, Parsons, 1986; Zhevelev, Pariente, 2008; Muderrisoglu et al., 2010; Cakir et al., 2010).

Данные о содержании гумуса на разных стадиях дигрессии также различны. Отмечается его уменьшение даже при низких нагрузках на I и II стадиях дигрессии (Cole, 1990). По результатам других авторов на начальных стадиях дигрессии содержание гумуса может несколько увеличиваться за счет вдавливания органического материала в почву, а при возрастании нагрузки вновь уменьшаться (Соколов, 1983; Рысин, Рысин, 2012). Расхождения могут объясняться тем, что разные авторы определяли содержания гумуса в слоях разной мощности. Например, на тропах в верхнем слое (0-2 см) содержание органического вещества может увеличиваться за счет вдавливания и перемешивания материала подстилки. В нижележащих слоях динамика содержания гумуса может носить другой характер. Она будет определяться соотношением интенсивности процессов поступления и потери органического вещества, которые под влиянием рекреации изменяются.

Причинами снижения содержания органического углерода при рекреации являются снижение поступления количества органических остатков в целом (например, листья, хвоя, ветки) и эрозия верхних гумусово-аккумулятивных горизонтов (Burden, Randerson, 1972; Monti, Mackintosh, 1979; Sun, Liddle, 1993a; Andres-Abellan et al., 2005).

Увеличение содержания органического вещества при рекреации обусловлено рядом

причин: вкладом антропогенных источников загрязнения (корм для животных, мусор, отходы, костры), снижением вымывания в результате уплотнения почвы (Cole, Fichtler, 1983; Lockaby, Dunn, 1984), внедрением в верхний слой почвы инкорпорированных фрагментов опада и усилением процесса биохимической деструкции подстилки при ее постоянном перемешивании (Бганцова, 1987; Бганцова и др., 1987; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010; Рысин, Рысин, 2012; Sun, Liddle, 1993a).

Реакция среды. Величина рНвод корнеобитаемого слоя почв в городах таежной зоны колеблется в широких пределах (от 4.2 до 8.3), но преобладают почвы со слабокислой и нейтральной средой (Агаркова, 1991; Почва, город, экология, 1997; Коломыщ и др., 2000; Состояние зеленых насаждений..., 2000, 2004; Герасимова и др., 2003; Стома, Коржова, 2004; Экология города, 2004; Якубов, 2005). Естественные дерново-подзолистые почвы пригорода Москвы характеризуются значениями рНвод равными 4.9-5.8 (Состояние зеленых насаждений..., 2000, 2004). Абсолютная величина рНвод и ее изменение относительно природных ландшафтов зависят от уровня антропогенного вмешательства. Наиболее кислыми являются почвы городских парков и лесопарков: в их верхних горизонтах рНвод колеблется от 5.8 до 7.3 единиц, снижаясь до 4.6-6.5 в нижних, однако даже эти относительно ненарушенные участки испытывают косвенное влияние окружения города (Касимов, Перельман, 1995; Почва, город, экология, 1997; Стома, 2004).

Повышение реакции среды в почвах городов связывается с поступлением на поверхность почвы пыли, объем которой на порядок выше, чем в естественных условиях. С атомотехногенной поставкой пыли, содержащей кальций и магний, связана «карбонитизация» поверхностных горизонтов городских почв (Касимов, Перельман, 1995). Кроме того, в почву с поверхностным стоком и дренажными водами попадают хлориды кальция и натрия, которые поступают с тротуаров и дорог при зимней рекреации. Еще одной причиной является высвобождение кальция под действием кислотных осадков из различных обломков, строительного мусора, цемента и т.п. (Обухов, Лепнёва, 1989; Касимов, Перельман 1995; Строганова и др., 1997; Экология города, 2004; Cole, 1982; Hollis, 1991; Beyer, 1995).

На разных участках городских рекреационных лесов изменение реакции среды разнонаправленно. Ряд исследователей считает, что рН почв на участках с высокой рекреационной нагрузкой уменьшается в результате удаления верхнего гумусированного слоя почв и обнажения нижележащих кислых горизонтов (Burden, Randerson, 1972; Monti, Mackintosh, 1979; Cakir et al., 2010).

Другие авторы предполагают, что на интенсивно посещаемых участках следует ожидать более высокие значения рН (Cole, 1982; Cole, Fichtler, 1983; Lockaby, Dunn, 1984; Malmivaara-Lämsä, 2008; Waltert et al., 2002; Stohlgren, Parsons, 1986; Amrein et al., 2005). Это вызвано

загрязнением участков различным антропогенным «мусором» (пеплом от костров, остатками пищи), сокращением живого-напочвенного покрова, изменением количества и качества опада (уменьшение количества кислых составляющих (хвоя)). Еще одной причиной смещения реакции среды в щелочную сторону в городских лесопарках являются экскременты домашних животных: уреазы и другие вещества участвующие в минерализации азота в почве, имеют тенденцию увеличивать pH на несколько единиц (Malmivaara-Lämsä, 2008; Killham, 1994).

Реакция среды талого снега периферийной части рекреационных лесов, примыкающих непосредственно к городской жилой застройке, сильно варьирует даже на близко расположенных площадках. Так, например, в «Лосином острове» pH большинства образцов талого снега варьирует оставляет около 6 единиц, среди них выделяется ряд территорий со значениями pHвод близкими к нейтральным (6.8-7) (Киселева, 2008). На участках вблизи ареалов использования антигололедных реагентов в образцах снега, а в последствие и в почвах, выявляются аномально высокие значения реакции среды (до 8.0) (Состояние зеленых насаждений..., 2000, 2004; Экология города, 2004; Якубов, 2005; Киселева, 2008; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010).

Легкорастворимые соли поступают в почвы городских лесов и лесопарков с атмосферными осадками, но в основном с противогололедными препаратами при дефляции, снегоуборочных работах и привноса на обуви отдыхающих (Лубкова и др., 2003). Известно, что хлориды в заметном количестве присутствуют в снеге лесопарков около жилых кварталов. При таянии снега загрязняются поверхностные воды, почвы, происходит инфильтрации солевых компонентов вглубь почвенного профиля. В летний период при вымывании солей из почв атмосферными осадками формируется внутрипочвенный поток загрязнителей, направленный в понижения рельефа (Лубкова и др., 2003).

В почвах лесопарков на удалении 0.5-1 км от урбанизированного окружения в ряде случаев отмечается увеличение содержания в почве легкорастворимых солей в 2-5 раз (Экология города, 2004; Состояние зеленых насаждений..., 2000, 2004; Экологические функции городских..., 2004). Количество хлора в почве может в 8 раз превышать фоновые значения. Применение антигололедных реагентов в настоящее время является решающим фактором, как с точки зрения ухудшения характеристик почв, так и угнетения состояния насаждений (Серебряноборское опытное лесничество..., 2010).

Биологические свойства

Рекреация влияет на тепловой и водно-воздушный режимы почвы, содержание и динамику питательных элементов. Эти изменения сказываются на активности и направленности микробиологических процессов (Ефремов, Новикова, 2003; Cole, Landres, 1995). Состояние микробных сообществ является интегральной характеристикой условий

среды, вследствие этого возникает множество вариантов их реакций на рекреационное воздействие, зависящих от его длительности и интенсивности (Рысин, Рысин, 2012).

В случае полного вытаптывания травяного покрова и сильной деградации почвы численность всех групп микроорганизмов понижается примерно на порядок, а ее биологическая активность уменьшается в 2-4 раза (Соколов, Зеликов, 1982; Соколов, 1983; Егорова, Лаврова, 1987; Куйбышев, Сергеев, 1991; Яковлев, 1997; Ефремов, Новикова, 2003; Рысин, Рысин, 2012; Zabinski et al., 2002; Kissling et al., 2009). В частности, в 2-3 раза снижается интенсивность выделения CO_2 (Машинский, 1975; Полякова, 1979; Куйбышев, 1985; Мосина, 2012). Негативное влияние рекреации обусловлено уплотнением почвы и потерей необходимого для жизнедеятельности микроорганизмов субстрата в форме растительных остатков и корневых выделений (Liddle, 1997; Zabinski, Gannon, 1997).

При умеренном рекреационном воздействии и увеличении поступления растительных остатков биологическая активность может возрастать (Шугалей, 2009).

В рекреационных лесах изменяется соотношение физиологических групп микроорганизмов, часто с тенденцией увеличения доли тех групп, которые вовлекают в биологический круговорот более сложные и труднодоступные соединения (Егорова, Лаврова, 1987; Оптимизация рекреационного..., 1990). Это может приводить к увеличению глубины минерализации и потенциальной биологической активности. Отмечается активизация процессов деструкции органического материала, что связывается с увеличением pH, перетиранием и поступлением дополнительного легкодоступного растительного субстрата, и, одновременное замедление его минерализации (Лазарева, Морозова, 1987; Killham, 1985; Liddle 1997; Hammitt, Cole, 1998; Malmivaara-Lämsä, 2008).

Увеличение потока солнечной энергии, температуры, осадков, формирование дернины, изменение массы и состава органического вещества, поступающего в почву тропинок, приводит к радикальному изменению численности микроорганизмов (Рысин и др., 2006; Liddle 1997; Killham, 1994).

Условия жизнедеятельности микроорганизмов в рекреационных лесах локально могут улучшаться. Л.П.Рысин (2008б) процесс изменения биологической активности при рекреации объясняет, как результат перехода леса в новое состояние. С.В.Куйбышев и В.К. Сергеев (1987б, 1991) отмечает высокую вариабельность показателей биологической активности, что не всегда позволяет оценить достоверность их изменений, например, развитие злаковой растительности активизирует почвенно-биохимические процессы, однако одновременно с этим появляются участки, лишенные растительности.

Весной различия в активности микроорганизмов на участках разной степени нарушенности сглаживаются, и она приближается к фону, связано это с зимними циклами

разуплотнения, накоплением органического углерода и выравниванием влажности почв (Куйбышев, Сергеев, 1991).

Рекреация влияет на процессы трансформации соединений азота в почве. Отмечается усиление интенсивности процессов аммонификации и денитрификации, ослабление процесса нитрификации, в результате чего ухудшается азотный режим почв (Егорова, Лаврова, 1987; Лазарева, Морозова, 1987; Kuss, 1986).

Почвы дорожно-тропиночной сети

При рекреации наибольшую нагрузку испытывают почвы дорожно-тропиночной сети. Плотность почв на тропях может достигать более 2.00 г/см^3 , что сопоставимо с плотностью бетона (Серебряноборское опытное лесничество..., 2010; Крутов и др., 2010; Байчибаева, 2011; Байчибаева, Соболев, 2011; Юзбеков и др., 2011, 2012; Kuss, Hall, 1991). При этом происходит особая стратификация уплотненного 30 см слоя: верхние 10 см являются наиболее плотными (1.60 г/см^3), самый верхний слой (0-2 см - корка) обладает меньшей плотностью почв по сравнению с нижележащим (Соколов, 1987; Егоров, 2010). Увеличение плотности почв по сравнению коркой отмечается до глубины 10 см, а ниже увеличение плотности, как правило, не происходит. В этих слоях отмечают наличие редких охристо-ржавых ортштейнов, ясно отличающихся от остальной массы по плотности и цвету (Бганцова, 1987; Бганцова и др., 1987). Расположение этого уплотненного слоя (где существенно (до 14 раз) увеличивает твердость почвы) зависит от условий водопроницаемости почвы и степени уплотнения. Неблагоприятные водно-физические свойства почв дорожно-тропиночной сети приводят к снижению биологической активности. По сравнению с притропиночными участками на 15-45% (Репшас, 1994).

Наиболее подробно рассмотрено изменение морфологических и физических свойств почв тропинок и притропиночных зон в работах А.Б. Лысикова и Т.Н. Судницыной (2008, 2011), а также А.В. Байчибаева (2011). Показано, что наибольшие изменения физических свойств почв наблюдаются на тропинках шириной более 1-1.5 метра, при этом уже на удалении 1 м. от тропинок значения физических свойств почв не превышают оптимальных для почв соответствующего гранулометрического состава и значимо не отличаются от таковых на контрольных участках. По данным А.Б. Лысикова и Т.Н. Судницыной (2008, 2011) в средней части тропинок полностью отсутствует подстилка, опадающие листья в значительной степени удаляются с поверхности почвы вследствие прохождения посетителей и действия ветра, а также частично вдавливаются в верхний горизонт почв. В нижележащих слоях почв тропинок образуется неоднородный по цвету горизонт мощностью до 15 см, состоящий из морфонов серовато-сизого, палевого и бурого цвета, что свидетельствует о развитии процессов

поверхностного оглеения. В верхней части чаще встречаются сизые пятна и разводы, ниже отмечаются ржавые примазки и темно-коричневые твердые марганцево-железистые конкреции, располагающиеся спорадически или по слоям. Структура плитчатая или глыбистая в нижележащих слоях. Изменение морфологических характеристик отмечается до глубины 50 см (Лысиков, 2008, 2011; Лысиков, Судницына, 2008; Байчибаева, 2011).

Морфологические изменения почвы, отмеченные, главным образом, в верхней части профиля, указывают на признаки деградиционного оглеения, процесса, проявляющегося при постоянной смене переувлажнения и высыхания почвы. Под действием периодически изменяющихся окислительно-восстановительных условий в почве постепенно происходит разрушение минералов и вынос продуктов с внутрипочвенным стоком за пределы профиля. Кроме того, увеличение поверхностного стока по заглубленному и переуплотненному ложу тропы приводит к механическому разрушению верхнего горизонта почвы, удалению почвенного материала и развитию эрозионных явлений (Спиридонов, 1997; Лысиков, 2008, 2011; Лысиков, Судницына, 2008; Байчибаева, 2011).

При избытке влаги, поступающей на поверхность почвы, тропы превращаются во временные русла поверхностного стока, свидетельством этому является образование на тропках после выпадения осадков перекатов из разнообразных растительных остатков. Таким образом, именно тропы, объединяющиеся в полигональную транзитную сетевую структуру, при высоких рекреационных нагрузках могут становиться очагами развития деградации почвенного покрова в лесу. Плотность почв тропинок превышает контрольные значения на более чем 50 % (свыше $1.7-1.8 \text{ г/см}^3$), а твердость на 250-270 % (до величин свыше 4-6 МПа). Показано, что от края тропинок шириной более 1 м, увеличение плотности и твердости почв, а также снижение инфильтрующей способности прослеживается на расстоянии до 20-50 см (Лысиков, 2008, 2011; Лысиков, Судницына, 2008; Байчибаева, Соболев, 2011).

Установлено, что на всех пробных площадях сбой почвы на тропках, дорожках и площадках приводит к возрастанию плотности и твердости верхних горизонтов почв до величин, предельных для корневых систем растений (Спиридонов, 1997; Лысиков, 2008, 2011; Лысиков, Судницына, 2008; Байчибаева, 2011).

При интенсивной рекреации профиль тропы приобретает форму лотка. В условиях даже незначительно уклона тропиночная сеть становится системой быстрого сброса ливневых вод, при этом часть внутрипочвенного стока заменяется поверхностным. Таким образом, возникновение и функционирование дорожно-тропиночной сети в рекреационных лесах способствует выносу за пределы биогеоценоза мертвого органического материала, разрушению и выносу гумусовых веществ и минеральных элементов при размывании верхнего аккумулятивного горизонта почв (Лысиков, 2008, 2011; Лысиков, Судницына, 2008;

Байчибаева, 2011).

К сожалению, в литературе мало работ, в которых указывается тип тропинок, к которым относятся публикуемые данные. Например, в работе W.U.Zhongdong (2010) по ширине и характеру проективного покрытия травянистых растений тропинки делятся на следующие категории: 1) шириной $>2\text{ м}$; 2) шириной 1-2 м с фрагментарной растительностью; 3) шириной $<1\text{ м}$, покрытые растительностью. Показано, что в этом ряду при увеличении ширины тропинок плотность почв увеличивается вдвое вплоть до 1.5 г/см^3 , значения pH возрастают на 0.5-0.6 единиц, а содержание органического углерода уменьшается с 8 до 1%.

В настоящее время предложено несколько классификаций элементов дорожно-тропиночной сети.

М.С.Шапочкиным с соавторами (2003) было предложено выделять элементы ДТС по ширине, проективному покрытию живого-напочвенного покрова и глубине уплотнения:

1. Пешеходная дорожка (ширина $2.5\pm 0.3\text{ м}$).
2. Тропа внутри участка леса: живой напочвенный покров отсутствует, ширина $90\pm 20\text{ см}$; уплотнение почвы на глубину до 15 см.
3. Хорошо выраженная тропинка: проективное покрытие живого напочвенного покрова до 5% (по обочинам тропы), ширина - $70\pm 10\text{ см}$; почва уплотнена на глубину 5-10 см.
4. Средневыраженная тропинка: проективное покрытие живого напочвенного покрова 5-10%, ширина - $50-70\pm 10\text{ см}$, почва уплотнена на глубину до 5 см.
5. Слабовыраженная тропинка: проективное покрытие живого напочвенного покрова 15-20%, ширина до 50 см, почва уплотнена на глубину 5 см.

Ю.М.Бачура и О.М.Храмченкова (2010) классифицировали тропы по состоянию живого-напочвенного покрова, не учитывая их ширину покрова:

I категория - хорошо заметные тропинки, с изреженным покровом из видов, характерных для данного типа леса и не нарушенной уплотненной подстилкой;

II категория - тропинки, на которых травяной покров встречается спорадически, подстилка измельчена и обнажен минеральный слой уплотненной почвы;

III категория - тропинки, на которых полностью отсутствует травяной покров и подстилка.

Ю.А.Насимович (1989) разделил тропы по их функциональному значению:

1. Транзитные (внутренние и внешние), составляющие в разных участках лесов от 40 до 99% всех дорог и троп, обычно являются кратчайшими расстояниями между объектами (населённые пункты, транспортные магистрали, водные объекты и т.п.).
2. Дублирующие тропы, составляющие в некоторых участках леса до 10% всей ДТС.
3. Пикниковые (ведущие от транзитных и опушечных путей к пикниковым точкам).

4. обходные и спрямляющие тропы, "паутина" троп-проходов между куртинами древостоя, подроста и подлеска и т.п.

1.5. Сообщества мезопедобионтов в рекреационных лесах

Животный мир в условиях рекреационного воздействия является весьма уязвимым компонентом лесных экосистем. Действуют факторы беспокойства, вытаптывания, изменения кормовой базы, динамики состава фауны, в том числе-за счет увеличения численности синантропных видов, которые часто являются сильными конкурентами (Рысин, 2007).

В настоящее время обстоятельно исследовано влияние рекреации на почвенное население. Установлено, что комплексы почвенных беспозвоночных могут быть индикаторами степени рекреационной нарушенности леса. Под влиянием рекреационного давления снижается плотность микро-и мезофауны; в первую очередь, это явление наблюдается у многоножек. Влиянию рекреации в наибольшей мере подвержены подстилочные формы, поскольку подстилка в результате вытаптывания повреждается и уничтожается особенно быстро. Усиливается роль открыто живущих и эврибионтных форм. Могут появиться новые виды, характерные для открытых пространств и рудеральных сообществ (Яковлев, 1997; Рысин, 2007).

Важнейшей функцией почвы является сохранение биологического разнообразия, она является средой обитания большого числа организмов. Почва - лучшая среда для сохранения и выживания мезопедобионтов, поскольку имеет систему микро- и макрополостей и агрегатов разного размера, обеспечивающих высокое разнообразие пространственных ниш, заселяемых разными группами организмов (Стриганова-цит. по Черникову и др., 2001; Гиляров, Шарова, 1964; Гиляров, 1975; Яковлев, 1997; Горячкина и др., 2003). Биоразнообразие определяет качественные параметры многих динамических биохимических процессов в почве. Гумус более высокого качества образуется при высоком разнообразии беспозвоночных организмов в почве (И.Ю.Чернов-цит. по Черникову и др., 2001). Почвенная мезофауна считается основным «инженером» почвенной системы (Lavelle et al., 1997; Wright, Jones, 2006; Bartlett, Ritz, 2011). Она выполняет важную роль в жизни почвы: улучшает физические свойства, определяет темпы деструкции и направление трансформации органических остатков, регулирует численность патогенных микроорганизмов и вредителей растений, выступает чувствительным индикатором экологического состояния почв (Гиляров, 1975; Почва, город, экология, 1997).

Согласно особенностям образа жизни и влияния на почву животных разных размеров условно делят на несколько групп. Нанофауна представлена простейшими, размеры которых не выходят за пределы 2-3 десятков микрометров; микрофауна включает многоклеточных микроскопических животных (коловратки, нематоды, тихоходки, клещи, ногохвостки до 2 мм).

Представители нано-и микрофауны не оказывают большого влияния на порозность и другие физические свойства почвы в силу своих очень малых размеров. Мезофауна - крупные почвенные беспозвоночные, размеры которых колеблются от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Макрофауна - это животные, достигающие десятков сантиметров (Емец, 2002; Bardgett, 2005; Bartlett, Ritz, 2011).

При исследовании отклика мезопедобионтов на рекреационную нагрузку важно учитывать тип питания, определяющий наличие или отсутствие вида независимо от состояния среды обитания (Захаров и др., 1989).

В гумусовых горизонтах лесных подмосковных почв численность почвенной мезофауны составляет 50-340 экз./м², а их биомасса варьирует в широких пределах: от нескольких десятков граммов до 240 г/м². В почвах московских парков она достигает 50г/м² (Гиляров, Шарова, 1964; Стриганова, 1997; Горячкина и др., 2003; Грюнталь, 2004; Раппопорт, 2004; Рахлеева, Строганова, 2008; Попутников, 2011; Bardgett, 2005; Bartlett, Ritz, 2011). Высокая численность достигается в монодоминантных сообществах (Стриганова, 1997; Рахлеева, Строганова, 2008). Поэтому одним из наиболее важных вопросов в изучении почвенных сообществ является сравнение состава и функциональной структуры населения беспозвоночных животных (Захаров и др., 1989; Почва, город, экология, 1997).

В рекреационных лесах преобразуется растительный и почвенный покров, что способствует нарушению естественной и созданию новой среды обитания мезопедобионтов (Курчева, 1973; Строганова, 1998; Горячкина и др., 2003; Cole, Landres, 1995).

Прямое влияние рекреации выражается в механическом уничтожении мезопедобионтов, а опосредованное - в преобразовании их экологических ниш (сокращении жизненного пространства, кормовой базы, степени мобильности) (Захаров и др., 1989; Грюнталь, 2004).

Сформированная дорожно-тропиночная сеть нарушает целостность лесных биогеоценозов, пространственную континуальность травяного покрова, подстилки и почв, приводя, прежде всего, к изменениям в популяциях почвенных беспозвоночных. Подстилка с верхним почвенным слоем до 10 см оказывается основной зоной обитания беспозвоночных. Здесь сосредоточено их абсолютное большинство: около 90% от общего количества в экосистеме (Захаров и др., 1989; Рахлеева, Строганова, 2008; Шапочкин и др., 2003; Грюнталь, 2004; Cole, Fichtler, 1983; Monti, Mackintosh, 1979; Marion, Cole, 1996; Liddle, 1997; Bardgett, 2005). Состояние фауны этой зоны есть интегрирующая состояния всего комплекса лесных беспозвоночных (Захаров и др., 1989).

Реакция каждого вида мезопедобионтов на изменение среды обитания определяется особенностями его собственной биологии, степенью и характером связи с почвой и подстилкой, изменениями в составе, распределении и плотности других видов (Захаров и др., 1989;

Горячкина и др., 2003; Грюнталь, 2004).

Исследования показывают, что, даже в различных зонально-географических регионах закономерности изменений под влиянием рекреации схожи и укладываются в общую схему трансформации: биофизическое и биохимическое влияние через уплотнение и эрозию подстилки и почвы, ксеро, гигро- и олиготрофизация лесорастительных условий - все это приводит к уменьшению плотности и видового состава фауны (Репшас, 1994).

В зависимости от уровня рекреационной нагрузки численность, биомасса и разнообразие видов почвенных беспозвоночных снижается в 2-20 раз; отклик на нее разных видов неодинаков. Наиболее чувствительные лесные виды исчезают, другие - существенно теряют в численности, а некоторые резистентные виды могут даже появляться и/или повышать свою численность, создавая монодоминантные сообщества. Однако наряду с различными сукцессионными изменениями исходное биоразнообразие в целом падает (Репшас, 1994). В почвах лесопарков по мере увеличения степени нагрузки возрастает доля малощетинковых червей на 15-35%, насекомых на 25-50%, при этом численность паукообразных сокращается в 5 - 7, многоножек в 1.1 - 2, а жесткокрылых - в 1.1-2.3 раза (Курчева, 1973; Юрьева и др., 1976; Стриганова, 1997; Грюнталь, 2004; Голованова, 2007; Рахлеева, Строганова, 2008; Середюк, 2010; Mariella, Norman, 2012a, 2012b).

У некоторых организмов отмечается квазиадаптивная реакция, выражающаяся в их присутствии только в БГЦ, подвергающихся средним нагрузкам; это свойственно некоторым видам хищников и пауков. Кроме этого, при слабых рекреационных нагрузках может отмечаться некоторое увеличение численности и биомассы мезопедобионтов. В процессе рекреационной дигрессии многие характеристики комплекса почвенных беспозвоночных переходят в режим резких колебаний, стабилизируясь на уровне 10-30% от контрольного участка при максимальном воздействии (Захаров и др., 1989). При этом изменение численности мезофауны часто эквивалентно соответствующему изменению мощности подстилки.

Другими негативными последствиями рекреации является ухудшение условий размножения и состояния самок, появление мутаций, расчленение популяций на мелкие фрагменты (Грюнталь, 2004). В связи с увеличивающейся неоднородностью условий функционирования почвенной мезофауны (свойств почв, состояния растительности и питательного субстрата, освещенности и др.) в относительно ненарушенных ареалах (около стволов, отдельных групп подлеска и подроста) наблюдается более высокая их численность, биомасса, а видовой состав этих локальных участков наиболее близок к фоновому. Наихудшими условиями характеризуются межкروновые пространства, где чаще всего рекреационная нагрузка и концентрируется. Непосредственно под кронами деревьев отклик видов мезопедобионтов различен, что объясняется воздействием различных уровней

рекреационной нагрузки на эти территории (Захаров и др., 1989). Благодаря такой мозаичности рекреационных нагрузок в лесном массиве сохраняется определенный запас видов с различной экологией и потенциал для быстрого восстановления исходных комплексов почвенных беспозвоночных.

Мезопедобионты обладают высокими адаптационными, расселительными и миграционными способностями. Важной чертой комплекса почвенных беспозвоночных является его постоянное активное воздействие на почву, подстилку, растительность и растительный опад. Восстанавливая исходные свойства почвы, почвенные беспозвоночные способствуют как восстановлению лесного травянистого и мохового покрова, так и улучшению состояния самого древостоя. Активизируется не только почвообразовательная функция почвенно-зоологического комплекса. Одновременно с ростом численности становится и более существенна роль хищников и их регуляторное воздействие, что способствует оздоровлению сообщества и повышению его биологической устойчивости (Захаров и др., 1989).

1.6. Фрагментация лесных биогеоценозов при рекреационном воздействии

Одним из факторов нарушения рекреационных лесов является фрагментация мест обитания живых организмов (Примаков, 2002-цит. по Буровой, Феклистову, 2007; Thurston, Reader, 2001). При этом сплошная площадь местообитания одновременно сокращается и распадается на два и более фрагмента, которые друг от друга отделяются измененными или деградированными формами ландшафта (Shat'er, 1990; Reevi et al., 1996-цит по Буровой, Феклистову, 2007). От исходного местообитания фрагменты отличаются относительно большей протяженностью пограничных зон, центр каждого фрагмента расположен тем ближе к краю, чем выше уровень воздействия на этот участок (Бурова, Феклистов, 2007). Увеличивающаяся доля пограничных «опушечных» местообитаний растений характеризуется большими колебаниями уровней освещенности, температуры и влажности (Laugance, Bierregaard, 1997-цит по Буровой, Феклистову, 2007; Hamberg, 2009). В краевых зонах (около тропиной сети) велико влияние лимитирующих факторов, поскольку в этих зонах большинство параметров среды находятся на границе оптимумов. Лучшие условия обычно находятся в центральной части ареала. Здесь отдельные особи, ценопопуляции и насаждения способны противостоять повышенным внешним возмущениям, обладают высоким средообразующим потенциалом и биоразнообразием, занимают не свойственные им экотопы и проявляют в них достаточную устойчивость. Эта устойчивость выражается полным циклом развития растений, обильным возобновлением, высоким биоразнообразием всех ярусов и эколого-фитоценологических рядов

типов леса. Деградация экосистемы происходит лишь при разрушении этого «буферного пула» (Бех, Данченко, 2007).

При усилении антропогенных нагрузок виды, узко приспособленные к определенным экологическим условиям, могут очень быстро исчезать. Исчезновение популяций происходит и в результате ее распада на несколько изолированных субпопуляций (Rochelle et al., 1999-цит по Бурова, Феклистов, 2007). Эти маленькие популяции попадают под действие процессов инбридинга и дрейфа генов. При этом ни один из этих фрагментов не может поддерживать субпопуляцию достаточно крупную для длительного и устойчивого ее существования (Бурова, Феклистов, 2007). В связи с этим в нарушенной краевой среде могут легко без конкуренции обосноваться и паразитические, и устойчивые к данным условиям виды, увеличиваться в численности и затем заселять внутреннюю часть фрагмента, что приводит к сдвигам в видовом составе сообщества в сторону их обогащения (Бганцова и др., 1987; Бурова, Феклистов, 2007; Roovers et al., 2004).

Подобное расчленение растительного и почвенного покровов рекреационного леса разветвленной сетью тропинок происходит на заключительных стадиях дигрессии (IV и V) при площади ДТС более 15% (Преловский и др., 1998; Набиуллин, 2011).

В ненарушенных лесных фитоценозах естественная неоднородность свойств почв связана с парцеллярным строением БГЦ (Мина, 1967; Карпачевский, 1977, 1981, 2009; Карпачевский, Строганова, 1981). При рекреации сначала намечаются тропы, а затем вдоль них на ширину 5-10 м происходит разрушение и уничтожение подроста, подлеска, лесной подстилки (Соколов, 1983; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010; Roovers et al., 2004; Hamberg, 2009). Участки освещаются, происходит разрастание злаково-разнотравной растительности, изменяются свойства почв. По мере уничтожения древесной и кустарниковой растительности, злаки разрастаются, вызывая косвенное уплотнение. Происходит антропогенная смена типа леса. Образуются куртинно-полянны комплексы - чередования лесных фитоценозов, представленных плотными куртинами подроста, подлеска и древесной растительности (биограмма) с фитоценозами открытых олуговелых полей (Казанская и др., 1977; Преловский и др., 1998; Добрушин и др., 2006; Бурова, 2011; Набиуллин, 2011).

От центра биограммы к её периферии происходит изменение видовой и пространственной структуры лесного фитоценоза. По сравнению с ненарушенными участками по мере приближения к периферии куртины и на границе биограммы за счёт сокращения численности и ухудшения жизненного состояния лесных видов проективное покрытие и биоразнообразие уменьшается более чем в 2 раза. Вблизи троп и на полянах эти показатели трав и кустарничков возрастают (в 1.5-2.5 раза) за счёт появления луговых и сорных видов. Центр биограммы травяно-кустарничкового яруса характеризуется меньшей изменчивостью по

сравнению с границей биогруппы, где напочвенный покров изрезан тропами (Бурова, Феклистов, 2007; Thurston, Reader, 2001).

Между положением растений в биогруппе и их жизненным состоянием наблюдается отрицательная корреляция. На выбитых участках по сравнению с центром биогруппы уменьшаются основные морфометрические показатели: высота растений в 2 раза, ширина листа на 1-1.5 см, а его длина на 0.5-1 см (Бурова, Феклистов, 2007).

По мере усиления рекреационной нагрузки из-за застоя воды на плотной поверхности тропинок появляются обходы, расширения и ответвления в стороны. Площадь рекреационного воздействия увеличивается, вся местность покрывается с течением времени сетью грунтовых дорожек, которая делит участок леса на ряд фрагментов, близких по форме к многоугольникам, внутри которых чередуются зоны, различающиеся по степени вытоптанности; в центре участка находится почти ненарушенное ядро. При этом разрушение исходного биогеоценоза (БГЦ) идет более интенсивно. Образуется неустойчивая буферная структура БГЦ.

Дальнейшее рекреационное воздействие приводит к необратимым изменениям. Естественные парцеллы разрушаются, образуются крупные почвенные антропогенно-полигональные парцеллы, на дорожно-тропиночной сети появляется почвенная «корка», под которой формируется плотный слой с высокой степенью анаэробнозиса. Изменяется не только абсолютное значение того или иного свойства почвы, но и характер изменчивости свойств почв в пределах парцеллы. Например, от центра естественной куртины к вытоптаным участкам сокращается мощность подстилки около троп в 3.3, а на тропах в 5.8 раз, твердость при этом увеличивается в 1.4 и 2.6 раза, соответственно. При этом возрастает среднее квадратичное отклонение параметра (Бурова, 2011). Прямое уплотнение на этом этапе прослеживается под тропиной сетью на глубину до 15 см (Серебряноборское опытное лесничество..., 2010; Соколов, 1983; Бганцова, 1987).

«Почвенная корка» маркирует новую стадию деградации. Это специфическое образование на поверхности почвы мощностью 0.1-1 см: слоеватое, с низкой фильтрующей способностью (около 0.002 мм/мин). Формирование корки связано с полным выпадением травянистой растительности, уничтожением исходной структуры почвы. Она образуется под влиянием механического уплотнения, а также диспергирующего влияния атмосферных осадков и химических реагентов, привносимых при рекреации. При этом происходит абсолютная деструкция исходного строения почвенной массы, особенно в период ее наибольшего увлажнения. Микроагрегаты почвы частично затекают и вдавливаются в межструктурные промежутки, частицы смещаются, перемешиваются. Относительное содержание ила в корке по сравнению с фоном больше. В дождливые дни этот слой превращается в грязь. Уничтожение микроагрегатов приводит к увеличению набухания слоя корки и ее растрескиванию.

Появившаяся на поверхности корка изменяет водный и воздушный режим во всей остальной почвенной толще, а также передает волну деформации в нижние слои. Корка препятствует диффузии почвенного воздуха и передвижению капиллярной влаги. Это вызывает процесс оглеения (Соколов, 1983). В зависимости от степени механического обогащения разлагающимся органическим материалом опада и подстилки, а также другими привнесенными соединениями минеральной части почвы корка может иметь несколько иные свойства.

В активных зонах парков и лесопарков, когда усиливается прямое площадное воздействие человека, а сеть пересекающихся дорожек составляет 30-40%, глубина уплотненных слоев под ними достигает плотного ($> 1.66 \text{ г/см}^3$) иллювиального горизонта, в почве формируется система специфических ячеистых рекреационных образований-**вазопедонов или почвенных вазонов** (от лат. vas-сосуд и греч. pedog-почва). Это замкнутые чашеобразные участки с плотными стенками под дорожками ($1.5-1.7 \text{ г/см}^3$) и не менее плотным основанием из иллювиального горизонта ($1.5-1.6 \text{ г/см}^3$), в середине которых сохраняются растительный покров и рыхлые малоизмененные почвы. Глубина их составляет 20-40 см, а площадь зависит от развития тропиной сети (Соколов, 1983). Благодаря плотности боковых стенок и дна, образовавшиеся отдельности отличаются температурным, водным и биологическим режимами и свойствами. В этом случае деревья верхнего яруса испытывают экстремальные воздействия. Корневые системы начинают располагаться вдоль вертикальных стенок. Корни растений в плотных стенках вазонов отмирают, таким образом, отдельности обладают свойствами сосудов-ваз, наполненных землей. Деревья в вазонах подвержены стволовой гнили. С момента образования вазопедонов рекреационное воздействие на лес становится важнейшим фактором изменения экологических условий (Соколов, 1983; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010).

Глубина промерзания почв вазопедона по сравнению с фоновым участком в 1.1-1.5 раза больше, благодаря этому в течение всей зимы влажность верхнего слоя почвы на 10-20% выше. Весной, после снеготаяния, верхние, уплотненные горизонты почвы, под тропами, оказываются насыщенными влагой до полной влагоемкости. Передвижению и фильтрации влаги нередко препятствуют также мерзлые прослойки, позже оттаивающей под тропами почвы, поэтому вода с тропы стекает внутрь почвенного вазона, формируя верховодку. Влажность в центральной части вазопедона после поступления всей влаги становится значительно больше, чем по его краям, что создает условия временного избыточного увлажнения. Ежегодно анаэробизис почвенного вазона в весенний период увеличивается, вызывая постепенное отмирание глубоких и разрастание поверхностных корневых систем. В результате корненасыщенность верхних горизонтов увеличивается на 40-45%. Исчезновение травяного покрова и лесной подстилки, а также увеличенная корненасыщенность усиливают физическое испарение влаги, и в

относительно сухие годы почва вазона оказывается иссушенной. Поэтому, почвенный вазон весной переувлажняется, а летом иссушается (Соколов, Зеликов, 1982; Соколов, 1983; Бганцова, 1987; Бганцова и др., 1987; Куйбышев, 1987а).

Пространственная неоднородность БГЦ обуславливает экологическое состояние деревьев. По данным Н.В.Буровой, П.А.Феклистова (2007) развитие деревьев (например, радиальный прирост), находящихся на участках с уничтоженной подстилкой по сравнению с деревьями, вокруг которых сохранилась подстилка, замедленно. Деревья, вокруг которых подстилка уничтожена, имеют радиальный прирост, приближающийся к приросту наиболее нарушенных насаждений V стадии дигрессии. Различия среднего радиального прироста деревьев, произрастающих на участках с сохранённой подстилкой и ее отсутствием тем сильнее, чем выше степень нарушенности участков. Наличие или отсутствие подстилки в данном случае стоит рассматривать как косвенный показатель наличия или отсутствия рекреационного воздействия на различных участках леса. Таким образом, пространственная неоднородность БГЦ обуславливает экологическое состояние деревьев.

В связи с разделением рекреационного леса на фрагменты, для более точной оценки последствий воздействия человека, некоторыми исследователями предлагается использовать три типа территории. Ядро (тропинка) (core or trail) с максимальной рекреационной нагрузкой, промежуточные области (intermediate or transition zone) со средними уровнями нагрузки, и периферию (periphery or undisturbed zone), подвергающуюся незначительным нарушениям (Захаров и др., 1989; Stohlgren, Parsons, 1986; Thurston, Reader, 2001; Roovers et al., 2004).

Интенсивное рекреационное воздействие приводит к тому, что вместо зонального типа леса развивается иной, отличающийся от него многими параметрами.

В зависимости от функциональной организации территории рекреационная нагрузка может ложиться либо исключительно на дорожно-тропиночную сеть, либо, в местах активного отдыха, на расстоянии до 1-5 м от основной тропы (Байчибаева, 2011; Roovers et al., 2004; Mariella, Norman, 2012a, 2012b). Часто на тропинках физические показатели достигают аномальных значений, увеличиваясь в среднем на 65-85 % (Рысин и др., 2006). Развитие ДТС способствует усилению плоскостной эрозии. Этот негативный процесс приводит к увеличению на особо охраняемых территориях площадей примитивных и слаборазвитых почв с маломощным гумусо-аккумулятивным горизонтом (а иногда и с отсутствием такового вообще) (Мартыненко и др., 2008).

Сильное уплотнение почвенной массы на тропах, полная деградация органогенных и гумусовых горизонтов под влиянием вытаптывания обуславливают формирование профилей со схожими значениями физико-химических свойств почвы, не зависящими от типа леса (Бганцова, 1987). Из-за существенного изменения морфологических, физических, химических и

биологических свойств Л.А.Соколов (1983) предлагает выделить данные почвы в особую группу антропогенных почв - рекреационно-уплотненных, поверхностно-оглеенных.

В заключение надо отметить, что влияние рекреации, в отличие от других факторов, снижающих продуктивность и жизнестойкость насаждений (загазованность, энто-и фитовредители и болезни, лесные пожары), сопровождается не только гибелью насаждений, но и потерей плодородия почв, которые остаются на длительное время безжизненными, требующими специальных мер по восстановлению плодородия.

1.7. Устойчивость лесных биогеоценозов к рекреации

Еще в 70-х годах прошлого столетия Н.Н.Зеленский и Н.П.Жижин (1974а, 1974б) писали, что степень устойчивости БГЦ зависит от вида и возраста дерева-эдификатора, типа леса, ландшафта и почвенных условий. Н.С.Казанская (1977) отмечала, что хвойные породы в процессе рекреации деградируют в большей степени, чем лиственные. По мнению С.Ю.Цареградской (1977), большей устойчивостью характеризуются смешанные разновозрастные насаждения с полнотой 0.7-0.8, с негустым подростом на хорошо дренированных почвах. В современной литературе под устойчивостью лесных биогеоценозов к рекреации понимают их способность сохранять состав, структуру и характер функционирования при изменении условий среды до предела, при котором возможно самовосстановление (Cole, 1990; Рысин и др., 2003; Набиуллин, 2011). По определению Д.Н.Коула устойчивость - это способность экосистемы восстанавливаться в определенном промежутке рекреационных нагрузок (Cole, 2004а).

Выделяют три типа устойчивости (Данченко и др., 2010).

Позиционная устойчивость характеризует статичность лесов на занимаемой территории. Расширение городской застройки, строительство дорог и коммуникаций расчлениают лесные массивы на отдельные участки, которые нарушают целостность крупных лесных массивов;

Структурная устойчивость отражает состояние лесных биогеоценозов и их отдельных компонентов и взаимосвязи между ними. Показателем нарушения структурной устойчивости является упрощение структуры, строения и породного состава насаждений;

Функциональная устойчивость-способность лесных насаждений сохранять полезные функции в процессе взаимодействия с окружающей средой. Она нарушается при изменении лесорастительных условий, видового состава, сомкнутости и продуктивности насаждений.

В литературе представлены различные группировки лесных насаждений по их устойчивости к рекреации, в основе которых лежит разный набор показателей.

И.С.Матюк (1983) Разделил все лесные насаждения на:

устойчивые: сомкнутость крон-70-80 %, доля здоровых деревьев >80%, подстилка нарушена на площади < 20 %, нижележащие ярусы полностью здоровы;

неустойчивые: сомкнутость крон 50-60%, доля здоровых деревьев-50-80%, подстилка нарушена на площади 20-40%, малое нарушение нижележащих ярусов;

отмирающие: сомкнутость крон 40-50%, доля здоровых деревьев-20-50%, подстилка нарушена на 40-60%, подрост и подлесок отсутствуют;

насаждения, находящиеся на стадии завершения отмирания: сомкнутость крон 30-40%, доля здоровых деревьев <20%, лесная подстилка уничтожена, значительно возрастает доля полян и опушек.

В.И.Преловский (1998) выделяет следующие группы насаждений:

нормально развивающиеся насаждения - площадь троп до 5%, подстилка не нарушена;

насаждения, находящиеся на границе устойчивости - площадь троп 5-15%, плотность почв возрастает на 0.2-0.5 г/см³, подстилка уменьшает свою мощность в 2-5 раз. Внедряются луговые виды, коэффициент сходства Сьеренсена-Чекановского падает до 0.55-0.75. количество подроста уменьшается вдвое. У троп подрост и подлесок сильно поврежден, 5% деревьев также механически повреждены. Образуются куртинно-полянны комплексы;

деградирующие насаждения - площадь тропинок > 15%, плотность почв возрастает на 0.3-0.7 г/см³, мощность подстилки < 1 см, доминируют луговые виды, внедряются сорные, коэффициент сходства Сьеренсена-Чекановского 0.3-0.55, сохраняется лишь 5-10% подроста и подлеска, преимущественно у стволов деревьев, лесовозобновление прекращается, более 15% деревьев сильно повреждены.

Из анализа литературных данных можно заключить, что устойчивость лесных экосистем к рекреации не сводится к простой сумме устойчивости ее отдельных компонентов и ее нельзя охарактеризовать каким-то одним ведущим показателем. При оценке устойчивости лесных насаждений нужно учитывать комплекс показателей, характеризующих состояние всех компонентов экосистемы и их взаимодействие (Хитров, 2002).

В настоящее время нет единой точки зрения по вопросу о том, какая рекреационная нагрузка является критической для леса (Казанская и др., 1977; Полякова и др., 1983; Соколов, 1983; Рысин и др., 1987, 2003, 2006; Бурова, Феклистов, 2007; Мозолева и др., 2007). По данным С.А.Дыренкова и С.Н.Савицкой, изучавших лесопарки Ленинграда с использованием четырехстадийной схемы, уже после II стадии остановить разрушение леса можно только после его реконструкции. На основании изучения широколиственных и сосновых лесов Подмосковья Г.А.Полякова с соавторами пришли к выводу, что критической является III стадия

рекреационной дигрессии (цит. по Рысин и др., 2006). Аналогичные данные были получены Н.Н.Зеленским и Н.П.Жижином для лесов Прикарпатья (1974б, 1979). Н.С.Казанская с соавторами (1977), С.В.Куйбышев (1987а, 1987б), Л.О.Карпачевский (1981), Г.М.Орловский (1988) и М.Т.Сериков и Н.П.Карташова (2003) считают, что граница устойчивости биогеоценоза происходит между III и IV стадиями дигрессии. Здесь при сохранении рекреационных нагрузок происходит гибель подроста и потеря фитоценозом способности к самовосстановлению. По мнению Л.О.Карпачевского (1981) уже само выделение стадий дигрессии предусматривает, что пройдена условная граница устойчивости леса. В связи с этим Л.О.Карпачевский (Соколов, 1983) отмечает, что границу устойчивости можно провести и на более ранней стадии, если рекреационная нагрузка приводит к смене типовой принадлежности фитоценоза. Трудности получения однозначного ответа на этот вопрос, с одной стороны, вероятно, обусловлены различной 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. Лишь единичные работы учитывают, что в зависимости от типа леса пограничные стадии рекреационной деградации, при которых изменения становятся необратимыми, могут отличаться (Шугалей, 2009; Набиуллин, 2011)

Наиболее часто в качестве критической выбирают нагрузку, соответствующую III и IV стадиям дигрессии при пятистадийной схеме. Поскольку именно на III стадии обнажается минеральный слой почвы (Лазарева, Морозова, 1987), образуются куртинно-полянны комплексы (Казанская и др., 1977; Преловский и др., 1998), площадь ДТС возрастает до 10-15%, уменьшается количество эфемероидов, а в «окнах» появляются луговые и сорно-рудеральные виды (Казаков, Чиждова, 2004; Чиждова, Прыгунова, 2004; Набиуллин, 2011). На IV стадии дигрессии деградация участков прогрессирует: образуются «окна вытаптывания» - участки, практически полностью лишённые травяного покрова, при этом преобладает площадной характер вытаптывания, доля ДТС увеличивается >25 % (Смаглюк и др., 1983; Репшас, 1994; Чиждова, 2011; Николаев и др., 2011). Параметры растительного и почвенного покровов отклоняются от исходных более чем на 50% (Середин, 1990).

Таким образом, при усилении рекреационной нагрузки начинается процесс деградации: процессы разрушения фитоценозов начинают преобладать над процессами их восстановления, происходят необратимые изменения в компонентах БГЦ, разрушаются системообразующие связи, и, как следствие, происходит смена типа БГЦ (Чиждова, 2011; Николаев и др., 2011). Экосистема теряет способность к саморегуляции, происходит утрата экологического и ресурсного потенциала, эстетической привлекательности и комфортности среды (Казаков, Чиждова, 2004; Чиждова, Прыгунова, 2004; Чиждова, 2011; Николаев и др., 2011; Набиуллин,

2011).

Подводя итог, можно сказать о том, что отклик лесных экосистем на рекреацию разнообразен: одни экосистемы изменяются довольно быстро и, часто необратимо, другие более устойчивы и способны к восстановлению; третьи, напротив, формируются благодаря человеку и антропоустойчивы (Рысин, Рысин, 2012).

Рекреация влияет на все компоненты леса (Казанская и др., 1977; Полякова и др., 1983; Соколов, 1983; Рысин и др., 1987, 2003, 2006; Бурова, Феклистов, 2007; Мозолева и др., 2007; Cole, 1985; Sun, Liddle, 1993a, 1993b). В целях изучения устойчивости рекреационных лесов важны комплексные исследования зависимости всех его компонентов от рекреационной нагрузки не только на качественном, но и на количественном уровне.

ГЛАВА 2

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследований были выбраны лесные экосистемы двух крупнейших лесопарков Москвы: **Национального парка «Лосиный остров» (1)** и **Природно-исторического парка «Битцевский лес» (2)** (рис. 2.1). Общая площадь лесопарков в Москве составляет 33.4 тыс. га; на долю «Лосиноного острова» и «Битцевского леса» приходится, соответственно 35 и 7 % этой площади. Изучаемые парки являются ядрами архитектурно-планировочной структуры города, связаны с различными его функциональными зонами и непосредственно прилегают к жилым кварталам (Почва, город, экология, 1997; Мозолевская, 2004).

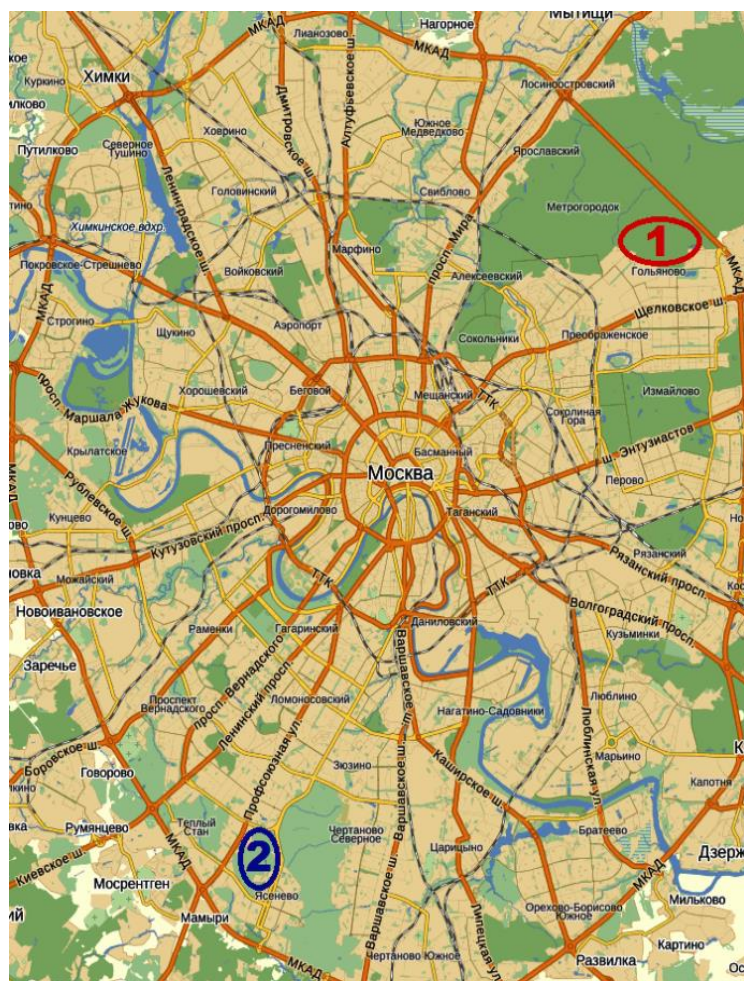


Рис.2.1. Объекты исследования

Полевые исследования проводились в 2011-2013 годах. В изучаемых лесопарках было заложено по пять пробных площадей размером 25×25м, соответствующих каждому из пяти уровней рекреационной нагрузки, определенной по доле вытоптанной площади (ОСТ 56-100-95; Рекомендации по оценке..., 2000), и характеризующих каждую из пяти стадий рекреационной дигрессии (рис 2.2). Все пробные площади закладывались в сходных геоморфологических условиях на автономных элементах рельефа.

Рекреация влияет на все компоненты леса (Полякова и др., 1983; Соколов, 1983; Рысин и др., 2003; Бурова, Феклистов, 2007; Sun, Liddle, 1993; Cole, 1995a, 1995b, 1995г, 1995д, 2004). В настоящей работе исследовалась зависимость состояния растительного покрова, почвенных свойств и состояния комплекса мезопедобионтов от уровня рекреационной нагрузки. На рис. 2.3. приведены карты-схемы пробных площадей с указанием расположения дорожно-тропиночной сети.

«Лосиный остров»



«Битцевский лес»



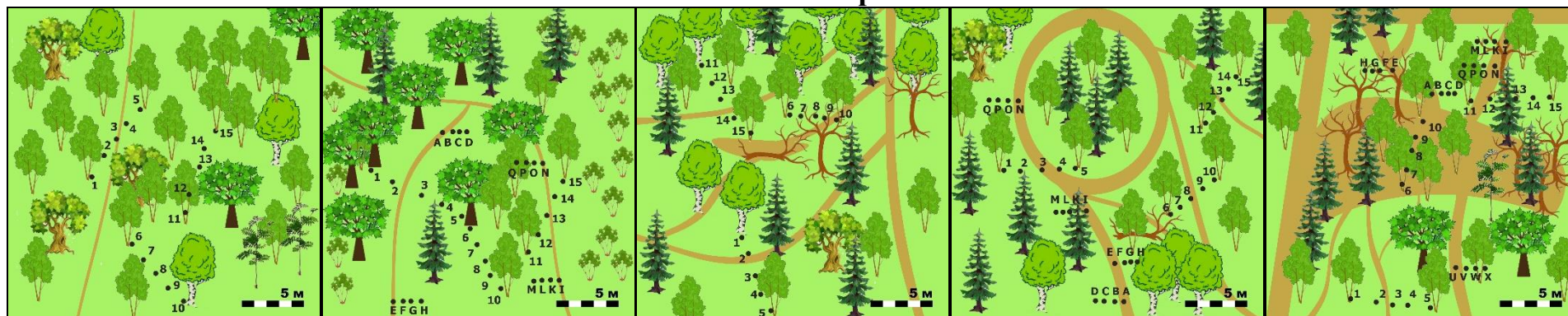
I - II стадии дигрессии

III - IV стадии дигрессии

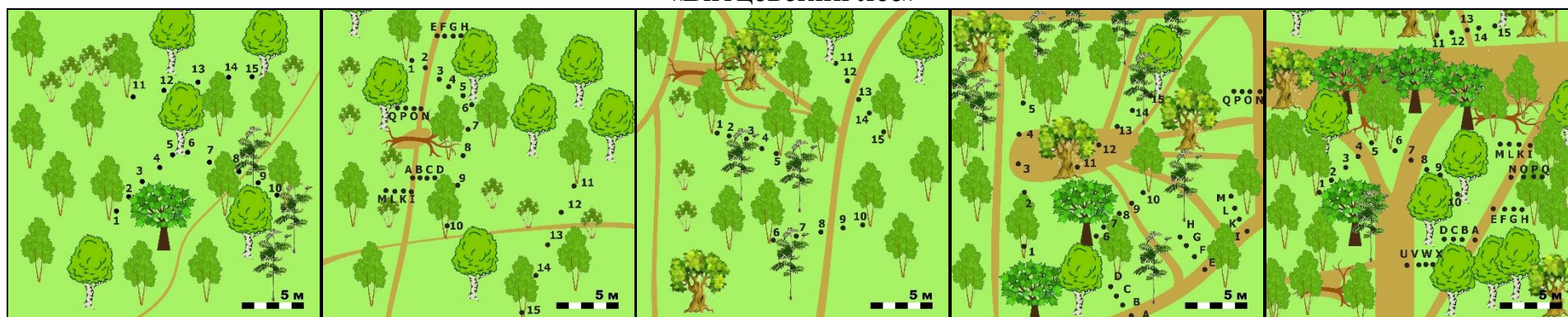
V стадия дигрессии

Рис.2.2. Пробные площади, характеризующие разные стадий дигрессии

«Лосинный остров»



«Битцевский лес»



I стадия дигрессии II стадия дигрессии III стадия дигрессии IV стадия дигрессии V стадия дигрессии

Рис.2.3. Карты-схемы пробных площадей в исследуемых лесопарках Москвы

2.1. Характеристика объектов исследований

Национальный парк «Лосиный остров» один из первых национальных парков в России. Это своеобразный природный музей, сохраняющий многие черты естественной среднерусской природы. В 1805 г. «Лосиный остров» стал заповедным, а в 1822 г. через лес были прорублены просеки, разделившие его на 55 кварталов. Сегодня он является крупнейшим и старейшим национальным парком в Московском регионе и имеет общую площадь 116.215 км². Парк подразделяется на три функциональные зоны (Природа национального парка..., 2015):

- особо охраняемая, закрытая для посещения, сохраняющаяся в естественном виде-47 %;
- учебно-экскурсионная, зона для прогулок и занятий спортом, открыта для ограниченного посещения по установленным маршрутам-27 %;
- рекреационная, предназначенная для массового отдыха-26 %.

Территория парка доступна практически для всех жителей Московского региона и интенсивно используется для рекреации (Янгутов, 2003; Янгутов, Филипчук, 2007).

Географически парк находится у границ Мещёрской низменности и южных отрогов Клинско-Дмитровской гряды, на водоразделе между Москвой-рекой и Клязьмой, в северо-восточной части Москвы и ближнего Подмосковья (до городов Королев и Мытищи).

Рельеф. На территории лесопарка слабовсхолмленные выровненные участки чередуются с заболоченными низинами (Край наш московский, 1997). Парк располагается в пониженной части столицы. Абсолютные отметки <140-150 метров. Территория имеет слабовыраженные ложбины стока и неглубокие долины рек и обладает малыми уклонами. Самая высокая абсолютная высота - 178.5 м. - вершина моренного холма к югу от д.Абрамцево, самая низкая - 127.5 м в долине р.Яузы (Край наш московский, 1997; Состояние зеленых насаждений..., 2000, 2004; Николаев и др., 2000; Общие сведения о природе..., 2006; Природа национального парка..., 2015).

Климат. Среднегодовая температура воздуха на территории парка + 4.8 °С. Средняя t° наиболее холодного периода равна -15°С, наиболее жаркого +23°С. Средняя многолетняя температура верхних слоев почвы (0.2 м) достигает +19° в июле, и -6.2° в январе-феврале. В зоне парка за год выпадает около 677 мм осадков. Снежный покров сохраняется примерно 140 дней, а его высота возрастает от 2-5 см в ноябре до 30-40 см в феврале. Преобладают ветры западных и юго-западных направлений. Среднемесячная скорость ветра колеблется от 1.7 до 4.0 м/с, в среднем за год составляя 2.2 м/с (Край наш московский, 1997; Общие сведения о природе..., 2006; Природа национального парка..., 2015).

Растительность. Лес занимает 83-85 % территории, из них 27 % в черте города Москвы. По разным оценкам основные лесообразующие породы составляют от всей

лесопокрытой площади следующую долю: береза (*Betula L.*) (41-44%), сосна (*Pinus*) (17-22%), ель (*Picea A. Dietr.*) (15-24%), липа (*Tilia L.*), (12%), дуб (*Quercus L.*) (3-4%) (Состояние зеленых насаждений..., 2000, 2004; Николаев и др., 2000; Киселева и др., 2006а, 2006б, 2008, 2010; Рысин, Лепешкин, 2008). В парке встречается около 600 видов растений: 23 - лишайников; 69 - мхов; 37 - кустарниковых; 32 - древесных. Из них 41 вид занесен в Красную книгу Москвы. Высокое разнообразие растений обусловлено местоположением лесопарка на границе сосново-болотного района Мещерской низменности с подзоной елово-широколиственных лесов южного склона Клинско-Дмитровской гряды (Рысин, Рысин, 2012).

В московской части парка повсеместно распространены березовые и липовые леса. Хвойные леса представлены в центральной, северной и юго-восточной части парка. Липа (*Tilia L.*) распространена в западной и центральной частях, она находится в удовлетворительном состоянии и успешно возобновляется. Липняки возникли на месте нарушенных ельников (кв. 41, 52, 53 Яузского лесопарка). На многих участках липа (*Tilia L.*) является сопутствующей породой с долей участия в составе древостоя 2-3 единицы (Киселева и др., 2006б, 2006в, 2008).

Почвообразующие породы представлены, главным образом, покровными суглинками, подстилаемыми супесями и песками водно-ледникового происхождения. Породы восточной части парка отличаются легким гранулометрическим составом (пески и супеси). Центральная часть сложена двучленными отложениями: с поверхности опесчаненной мореной и водно-ледниковыми отложениями, с глубины 0.6-1.0 м. подстилаемыми тяжелосуглинистой мореной (Николаев и др., 2000; Общие сведения о природе..., 2006; Киселева, Сырямкина, 2006а).

Грунтовые воды в пределах парка залегают близко к поверхности - на глубине 1.5-6 метров (Общие сведения о природе..., 2006).

Почвенный покров лесопарка «Лосиный остров» сформировался в условиях неоднородности почвообразующих пород и условий увлажнения. Преобладающими являются дерново-подзолистые почвы, занимающие положительные формы рельефа. К отрицательным формам рельефа приурочены болотно-подзолистые, дерново-глеевые и болотные почвы (Киселева, Сырямкина, 2006а). Характер подстилки - фрагментарный, что объясняется быстрым разложением опада под смешанными лесами (Киселева и др., 2003, 2006а).

Особенностями почв «Лосинового острова» является переувлажнение, вызванное затрудненным дренажом вследствие близкого подстилания тяжелосуглинистой мореной. Переувлажнение ограничивает рост корней, способствует формированию поверхностной корневой системы, приводит к распространению гнилевых заболеваний древесных растений, снижает механическую прочность ствола и повышает их ветровальность. По гранулометрическому составу почвы парка относятся к легкосуглинистым или опесчаненным легкосуглинистым (Киселева и др., 2002, 2003, 2006в, 2008).

Состояние насаждений в условиях воздействия городской среды. В результате поглощения «Лосинового острова» Московской городской агломерацией усилилось влияние городской среды: произошли изменения гидрологического режима, усилилось комплексное загрязнение, в результате высокой транспортной доступности ухудшилась рекреационная ситуация, особенно в кв. 47, 49, 50, 52-54 Яузского лесопарка (Киселева и др., 2006в, 2008).

Исследования, проведенные в 1980-1990 годах Международным институтом леса, показали, что рекреационная нагрузка на периферийные кварталы лесопарка превышает допустимые нормы в 5-6 раз (Киселева и др., 2006б, 2008). При этом насаждения, расположенные на расстоянии до 1 км от границы национального парка, находятся в ослабленном состоянии на 3-4 стадии рекреационной дигрессии (Киселева и др., 2003).

Леса парка обладает значительным рекреационным потенциалом. Проведенное в 2003 г. картирование в сравнении с данными 1985 года показало смещение основных пешеходных маршрутов: больше стали использоваться грунтовые дорожки в кв. 53. и несколько увеличилась площади участков с IV-V стадиями дигрессии (Киселева и др., 2006в).

Пробные площади. На рисунке 2.4. представлена схема расположения пробных площадей.



Рис.2.4. Схема расположения пробных площадей в «Лосином острове»

Примечание: здесь и далее римскими цифрами обозначены стадии дигрессии

В «Лосином острове» пробные площади были заложены нами в наиболее используемых для рекреации 52-54 кварталах. Они с юга граничат с районами Метрогородок и Гольяново (Вербной и Курганской ул.). По их северной границе проходит Абрамцевский просек - основной маршрут движения посетителей лесопарка.

Подробные исследования и характеристика территорий данных кварталов ранее были осуществлены рядом исследователей (Киселева и др., 2002, 2006а, 2006б, 2006в).

В южной части 54 квартала расположены интенсивно посещаемые Бабаевский пруд и Гольяновское кладбище. В кв. 53/54 активно используются площадки подкормки белок, а между Абрамцевским просеком и жилыми кварталами проложена серия пешеходных дорог. В 52 квартале выявлены участки IV-V стадий дигрессии с ослабленными насаждениями и нарушенным гидрологическим режимом почв (Киселева и др., 2006в). В кварталах 50, 53 и 54 лесопарка отмечаются ухудшение состояния растительного покрова и разрастание неблагоустроенной тропинойной сети. Информация об изменении свойств почв «Лосиного острова» под воздействием рекреационной нагрузки в литературных источниках практически отсутствует. На территории лесопарка существует несколько зон, где происходит нарушение гидрологических характеристик. Эти процессы можно наблюдать возле любых линейных сооружений (в т.ч. троп), пересекающих направления стока (Киселева и др., 2006в).

Природно-исторический парк «Битцевский лес». Как особо охраняемая природная территория природно-исторический парк (ПИП) «Битцевский лес» был образован в 1991 году. В нашей работе были использованы материалы парко-лесоустройства ПИП «Битцевский лес», предоставленные дирекцией парка и ГПБУ «Управление ООПТ по ЮЗАО и ЦАО» в форме отчета Некоммерческого Учреждения «Росгипролес».

«Битцевский лес» представляет большой интерес не только, как природный, но и как историко-культурный объект. На его территории находятся памятники отечественной истории и культуры государственного значения: усадьбы «Узкое», «Ясенево» и «Знаменское-Садки».

Большая площадь лесопарка - 22.084 км² в периферийной части юго-запада Москвы, между Севастопольским проспектом и ул. Профсоюзной с одной стороны, и Севастопольским проспектом, и микрорайоном Чертаново, с другой, в верховьях рек Городни и Чертановки, а меньшая его часть, около 260 га выходит за МКАД в районе Бутово.

Лесопарка «Битцевский лес» является самым крупным лесопарком в южной части города и третьим по площади среди лесопарков Москвы. Он выполняет функции экологического барьера, снижающего негативное влияние крупных жилых массивов друг на друга. На долю лесов приходится 63% территории парка. Их представляют восемь обособленных и разных по составу и структуре массивов и участков, изолированных друг от друга транспортными магистралями или застроенными территориями.

Географически парк расположен в юго-восточной, наиболее приподнятой части Теплостанской возвышенности, значительно возвышающейся над окружающей местностью. Она представляет собой обособленный природный район, сформировавшийся на доледниковом останце. Территория парка имеет общий уклон с запада на восток.

Климат. Средняя многолетняя температура на данной территории составляет +5.4°C, среднемесячная самого холодного месяца -7.5°C, а самого теплого +18.4°C. Среднегодовое количество осадков составляет 540-650 мм. Устойчивый снежный покров сохраняется примерно 84-114 дней. Высота снежного покрова к концу зимы достигает в среднем 30-35 см. Ветры на территории парка возможны всех направлений, но в теплое время года преобладают северо-западные, в холодное - юго-западные.

Рельеф парка слабоволнистый, территория пересечена глубокими долинами рек, простирающимися в широтном направлении и являющимися притоками реки Москвы. Наиболее плоские водоразделы приурочены к западной части территории сан. "Узкое" с абсолютными отметками 246-256 м и 225-236 м. Максимальное превышение поверхности над уровнем р.Москвы до 130 м определяет высокую интенсивность эрозионных процессов и густую овражно-балочную сеть, прорезающую местность почти в меридиональном направлении, что обуславливает эрозионно-увалистые формы рельефа.

Почвообразующие породы. Основной почвообразующей породой водораздельных территорий являются некарбонатные средние и тяжёлые покровные суглинки, московская и днепровская морена, флювиогляциальные отложения на морене, местами на меловых породах (Ясенево..., 1997).

Растительность. Всего на территории парка «Битцевский лес» зарегистрировано 592 вида сосудистых растений, из них достаточно высок процент чуждых местной природе видов (заносных и культивируемых) - 21.3%, что обусловлено сравнительно близким расположением МКАД, ВИАР и трёх усадебных комплексов, в озеленении которых широко использовались виды-интродуценты.

На территории парка развиты широколиственные леса, важной особенностью которых является естественное и широкое участие в их составе мелколиственных древесных пород берёзы (*Betula* L.) и осины (*Populus* L.). Современные леса здесь вторичны, об этом свидетельствует почти повсеместное преобладание лиственных пород в составе древостоя: около 31-37 % занимает берёза (*Betula* L.), 24-26% - липа (*Tilia* L.), 12-19% - дуб (*Quercus* L.) и 8% - осина (*Populus* L.) (Ясенево..., 1997; Рысин, 2004).

В настоящее время здесь преобладают липняки и дубняки разных типов. В них присутствуют и некоторые южные элементы, в частности - ясень (*Fraxinus* L.) в стадии подроста и взрослые деревья естественного происхождения. Средний возраст лесных пород на

территории парка более 84 лет. Самые старые из них дубовые леса достигают 180-190 лет (в среднем 90-110), липняки-90-100 лет (в среднем 70-90), а мелколиственные экосистемы (березовые насаждения и осинники) встречаются в возрасте - 50-70 лет. Более половины насаждений парка имеют второй ярус древостоя, который в основном образует липа (*Tilia L.*) высотой 10-12 м и реже ель (*Picea A. Dietr.*). Восстановление ели (*Picea A. Dietr.*) в «Битцевском лесу» естественным путем невозможно (Леса Москвы, 2001).

В подросте преобладают широколиственные породы деревьев – липа (*Tilia L.*) и клён остролистный (*Acer platanoides L.*). Подлесок разнообразен по составу, преобладающей породой (70%) является лещина (*Corylus L.*).

Почвенный покров. Территория природно-исторического парка «Битцевский лес» имеет весьма пёстрый почвенный покров. На основной её части развиты дерново-подзолистые почвы разной степени оподзоленности. В самой южной части лесопарка на двух участках (заброшенные известняковые карьеры) представлены дерново-карбонатные почвы в стадии формирования. По гранулометрическому составу почвы относятся к среднесуглинистым.

Тяжёлый состав почвообразующих пород обуславливает на отдельных участках временное скопление внутрипочвенных вод и появление признаков оглеения. Переувлажнение почв наблюдается на выровненных участках склонов, где выклиниваются грунтовые воды. Поэтому, несмотря на хорошую дренированность водораздельных территорий, на отдельных участках сформировались дерново-подзолистые слабооглеенные почвы.

Состояние насаждений в условиях воздействия городской среды. В настоящее время древесная растительность в парке на площади около 30 % подвержена фитопатологии. Основная болезнь - это стволовая гниль, ей поражено 45 % насаждений (Голубева, Жаринов, 2011; Рысин, Рысин, 2012). В 1997 г. одной из главных причин ослабления 73.3 % деревьев липы в парке были различные грибковые заболевания (тиростромоз, стигминиоз). Было показано, что состояние деревьев хуже в насаждениях с высокой долей участия липы. Дуб, по сравнению с другими породами, имел в 1997 г. наихудшее состояние. В насаждениях не отмечено ни одного дерева дуба без признаков ослабления, причем сильно ослабленные деревья составляли более 1/3 от общего количества (Рысин, 2004). Одним из негативных факторов нарушения состояния насаждений выступает «нерегламентированная» рекреация. В процессе исследования «Битцевского леса» было выявлено, что предельно допустимая нагрузка здесь превышена в 2.5 раза, что обуславливает рекреационную дигрессию природной среды. Показано, что для большей части парка требуется регулирование рекреации (Голубева, Жаринов, 2011).

Однако, в целом парк находится в хорошем санитарно-гигиеническом состоянии, чему способствует ряд преимуществ: значительная площадь и относительно высокая

территориальная целостность, сложный рельеф, препятствующий равномерному рекреационному освоению, отсутствие в глубине парка крупных водоемов и полей, разнообразный состав и сложная структура растительного покрова.

Пробные площади в «Битцевском лесу» были заложены в лесном массиве усадьбы «Узкое» (квартал 7) (163.3 га), который обособлен от остального массива «Битцевского леса» Севастопольским проспектом и р.Чертановкой. На рисунке 2.5. представлена схема расположения пробных площадей.

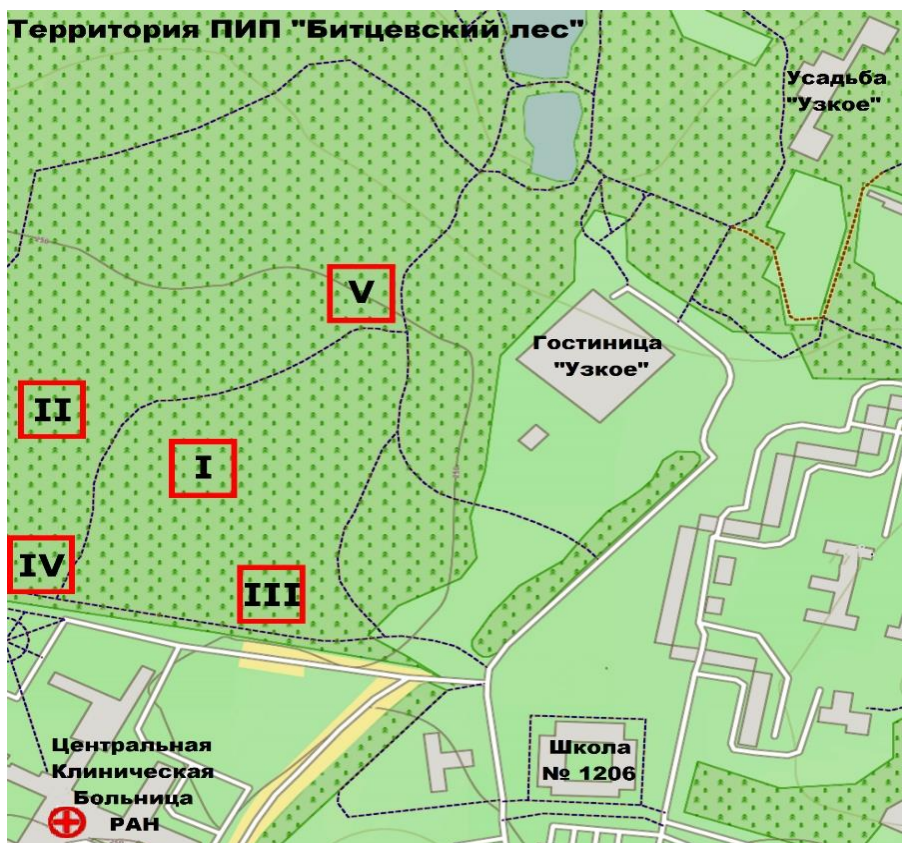


Рис.2.5. Схема расположения пробных площадей в «Битцевском лесу»

2.2. Методы исследований

Рекреация влияет на все компоненты леса (Полякова и др., 1983; Соколов, 1983; Рысина, Рысин, 1987; Рысин и др., 2003; Бурова, Феклистов, 2007; Рысин и др., 2006; Sun, Liddle, 1993a, 1993b; Cole, 2004a, 2004b). В целях изучения устойчивости рекреационных лесов важны комплексные исследования зависимости всех его компонентов от рекреационной нагрузки на качественном и количественном уровне. Первоочередной интерес представляют те показатели, которые характеризуются наибольшей чувствительностью к рекреационному воздействию. В настоящей работе исследовалась зависимость состояния растительного покрова, почвенных свойств и состояния комплекса мезопедобионтов от уровня рекреационной нагрузки.

В «Лосином острове» изучался елово-липовый лес на дерново-подзолистых крайне

мелких глубокоосветленных легкосуглинистых почвах на покровных суглинках, подстилаемых флювиогляциальными отложениями. На пробных площадях, характеризующих четвертую и пятую стадии дигрессии, и на тропинках почвы относятся к виду поверхностно-оглеенных.

В «Битцевском лесу» исследования проводились в обособленном лесном массиве дубово-липового леса на дерново-подзолистых мелких неглубокоосветленных легкосуглинистых почвах на покровных суглинках, подстилаемых мореной. На тропинках представлены их крайне мелкие поверхностно-оглеенные разности (Классификация..., 2004).

Методы изучения растительного покрова

Древесный ярус. В лесопарках на каждой пробной площади сделано геоботаническое описание всех ярусов леса по традиционным методикам (Куликова, 2006). Для характеристики состояния деревьев использовался комплекс показателей, предложенных Е.Г.Мозолева (2004): состояние ассимиляционного аппарата, количество отпада, повреждение стволов, их форма, конфигурация кроны (асимметричность, суховершинность, сомкнутость, облиственность). В результате было определено количество деревьев следующих категорий: в хорошем, удовлетворительном и неудовлетворительном состоянии (усыхающие и сухостойные деревья) и количество стволов с оголенными корнями.

Для характеристики состояния древесной растительности дополнительно определялся показатель стабильности развития липы мелколистной (*Tilia cordata*) по методике В.М.Захарова и Ф.Т.Чубинишвили (2001). Она позволяет по величине флуктуирующей асимметрии листовых пластинок на основании 5 морфометрических промеров (рис. 2.6) рассчитать показатель стабильности развития, характеризующий состояние растений и экологические условия их развития. Чем выше значение этого показателя, тем хуже условия среды. Для характеристики условий среды на каждой из стадий дигрессии промерялось по 500 листовых пластинок.

- 1 - Угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.
- 2 - Расстояние между концами этих же жилок.
- 3 - Расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка.
- 4 - Длина жилки второго порядка, второй от основания листа.
- 5 - Ширина левой и правой половинок листа.

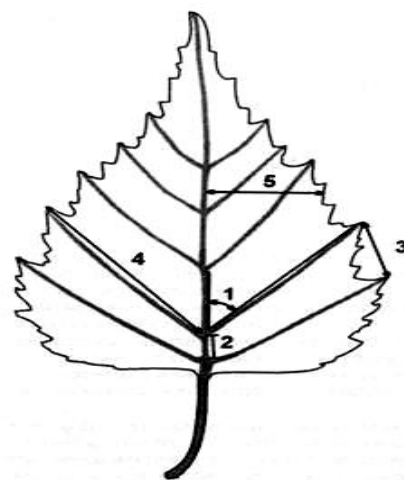


Рис. 2.6. Схема морфологических признаков, используемых для оценки показателя стабильности развития древесных растений (Захаров, Чубинишвили, 2001)

Получаемый показатель характеризует реакцию живого организма на неблагоприятные воздействия в период его развития и используется в качестве интегральной оценки качества окружающей среды (Захаров и др., 2000, 2005; Шержукова и др., 2002; Методические рекомендации по выполнению ..., 2003; Graham et al., 1994; Graham, 2010).

Показатели флуктуирующей асимметрии достаточно широко применяются в современных отечественных и зарубежных исследованиях, в том числе, и для оценки качества среды в лесопарках (Отчет. По договору..., 2003; Солдатова, 2006; Солдатова, Шадрина, 2007; Гелашвили и др., 2007; Ганжа, 2012; Рунова, Гнаткович, 2013; Собчак и др., 2013; Palmer, Strobeck, 1992; Wilsey et al., 1998; Valkama, Kozlov, 2001; Leamy, Klingenberg, 2005; Franiel, 2008). Заметим, что при использовании метода флуктуирующей асимметрии при оценке тех или иных воздействий (как природного, так и антропогенного характера) возникает ряд проблем и дискуссионных вопросов. Например, серьезные трудности обусловлены значительным варьированием этого показателя в природных условиях, а также его чувствительностью к широкому спектру антропогенных и природных факторов. Поэтому следует осторожно подходить к оценке разного рода воздействий на основании определения флуктуирующей асимметрии параметров тех или иных организмов (Розенберг, 2013).

Для оценки состояния растений и качества среды по показателю стабильности их развития используется 5-ти балльная шкала (табл. 2.1.).

1 балл - условная норма;

2 балл - растения испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов;

3 и 4 баллу соответствуют значения показателя асимметрии, наблюдаемые в загрязнённых районах;

5 балл-критическое значение, когда растение находится в сильно угнетённом состоянии.

Таблица 2.1. Оценка качества среды по показателю стабильности развития растений

Балл	1	2	3	4	5
Показатель стабильности развития	<0.040	0.040-0.044	0.045-0.049	0.050-0.054	>0.054

Травяной ярус. В современных экологических исследованиях для характеристики травяного яруса широко используются эколого-ценотические группы 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 (1969), объединившие все разнообразие видов в 4 группы: 1) лесные 2) лесо-луговые, 3) луговые, 4) сорно-рудеральные. Эти группы выделяются в большинстве работ, посвященных рекреационным лесам (Рысин и др., 1987, 2003, 2006; Бурова, Феклисов, 2007). Для характеристики сходства видового состава травяных сообществ на

разных стадиях рекреационной дигрессии вычислялись широко используемые в биогеоценологии индексы общности Жаккара и Сьеренсена-Чекановского (География и мониторинг биоразнообразия, 2002).

Ухудшающееся состояние лесной растительности в процессе рекреационного использования приводит к изменению радиационного режима, одним из показателей которого является освещенность леса. Она определялась фотоэлектрическим люксметром Ю-117 на уровне поверхности почвы и на высоте 1.5 м в 36-ти кратной повторности на каждой пробной площади.

Методы изучения почв

Рекреация способствует разрастанию тропиной сети и формированию особой полигональной структуры почвенного покрова. Пересекаясь, тропинки образуют замкнутые контуры почв, площадь которых зависит от степени развитости дорожно-тропиночной сети. Формируются участки, состоящие из чередования тропинок с прилегающими к ним притропиночными зонами и территориями вне тропинок.

По литературным данным в наибольшей степени в результате рекреации изменяются свойства почв дорожно-тропиночной сети (Серебряноборское опытное лесничество..., 2010; Крутов и др., 2010; Байчибаева, 2011; Байчибаева, Соболев, 2011; Лысиков, 2008, 2011; Лысиков, Судницына, 2008; Cole, 1987; Cole, Marion, 1988; Kuss, Hall, 1991; Marion, Cole, 1996; Andres-Abellan et al., 2005; Zhongdong, 2010). При изучении зависимости изменений почвенных свойств от уровня рекреационного воздействия важно учитывать различия в пространственной неоднородности пробных площадей на разных стадиях дигрессии, а также различную степень изменения почвенных свойств на тропинках, в притропиночных зонах и на участках вне тропинок. Поэтому на каждой пробной площади отбирались образцы подстилки и почв на тропинках, в притропиночных зонах шириной 100 см (на удалении 20, 50 и 100 см) и вне зоны прямого влияния тропинок (рис.2.7).

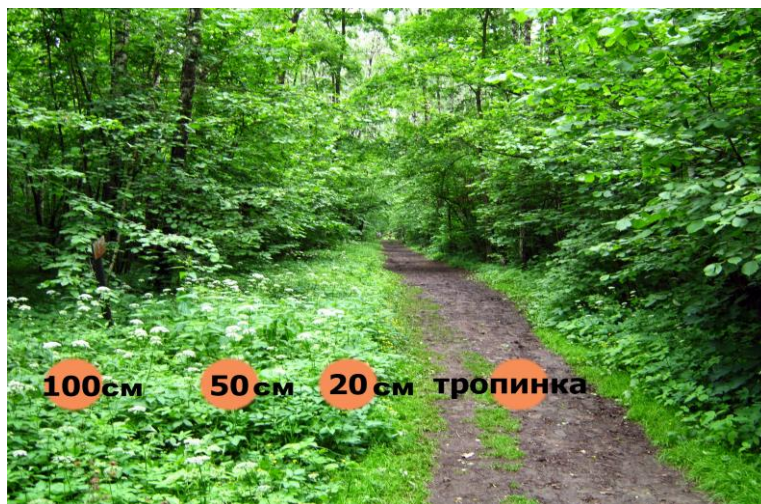


Рис.2.7. Схема расположения объектов исследования вдоль дорожно-тропиночной сети

Степень выраженности тропинок оценивалась по классификации М.С. Шапочкина (2003), в которой в зависимости от ширины (до 50, 50-70, и более 70 см), глубины уплотнения (до 5, 5-10 и более 10 см) и проективного покрытия трав (10-20, 5-10 и менее 5%) они подразделяются на слабо-(1), средне-(2) и хорошо-выраженные (3) (рис.2.8).



Рис.2.8. Типы тропинок. Цифрами обозначено: 1-слабовыраженная; 2-средневыраженная; 3-хорошо выраженная тропинка.

На I стадии рекреационной дигрессии преобладают слабовыраженные тропинки, доля ДТС не превышает 2%. На II и III стадии появляются средневыраженные типы тропинки, а их доля на этих стадиях увеличивается до 5-6 и 10%, соответственно. На IV стадии прослежена четкая тенденция формирования новых тропинок и увеличения ширины образовавшихся ранее. Поэтому на этих участках отмечаются все три типа тропинок общей площадью более 16-17%, при смыкании которых образуются выбитые площадки различной формы и площади. При максимальной рекреационной нагрузке (V стадия дигрессии) существенно возрастает ширина (до 3-4 м) и доля (до 36-39%) тропинок, слабовыраженные их типы не диагностируются, отмечаются лишь крупные средне-выраженные и хорошо выраженные их типы, при этом преобладает доля хорошо выраженных тропинок во всей ДТС (60% и более).

В лесных экосистемах на участках вне зоны прямого влияния тропинок показатели состояния подстилки и почвенные свойства характеризуются высокой внутрибиогеоценозной пространственной изменчивостью, обусловленной влиянием деревьев-эдификаторов, создающих мощные фитогенные поля (Карпачевский, 1977). Для ее учета образцы отбирались методом заложения трансект (по 3 на каждой пробной площади) по прямой линии от ствола

одного дерева до ствола другого: у ствола, в середине проекции кроны и в межкроновом пространстве (окне).

Подстилка отбирались рамкой 25х25 см. Определялись ее тип (по классификации Л.Г.Богатырева (1990)), мощность, запасы и состав (измельченная (<1 см), активная (листья) и пассивная (ветки, кора, хвоя) фракция)), влажность и кислотность (подстилка: вода 1:25).

Почвы. Так как предыдущими исследованиями установлено, что влияние рекреационного воздействия на почвенные свойства ослабляется с глубиной и проявляется в основном до глубины 0-20 см (Кузнецов, Стома, 2013), образцы почв отбирались из верхнего минерального слоя 0-5 см и из слоев 5-10 и 10-20 см.

Определение почвенных свойств (рНвод, содержание органического углерода (Сорг), твердость, плотность почв и агрегатный состав) проводилось по общепринятым методикам (Вадюнина, Корчагина, 1986; Полевые и лабораторные методы..., 2001; Теория и практика химического..., 2006). Электропроводность почв определялась в пасте с соотношением почва-вода 1:1 на приборе Cond-315i (Janzen, 1993; Soil Survey Division Staff, 1993). Свойства талой воды (рН, электропроводность и мутность) анализировались по ГОСТ 3351-74 и ГОСТ Р 51232-98. Для характеристики биологической активности почв определялось субстрат-индуцированное и базальное дыхание (Anderson, Domish, 1979; Методы газовой хроматографии..., 2002; Ананьева и др., 2003).

Методы изучения мезопедобионтов

Учет численности, группового состава и биомассы почвенных беспозвоночных проводился в 3-кратной повторности методом ручной разборки монолитов площадью 1/16 м², вырезанных послойно: подстилка, 0-10, 10-20 см (Гиляров, 1975). Классификация почвенных беспозвоночных на отдельные систематические группы и классы проводилась согласно представлениям, изложенным в работе В.А.Догеля (1981). В связи с задачами исследования мы ограничились рассмотрением лишь классов мезопедобионтов.

Разнообразие и степень доминирования почвенной мезофауны оценивались индексами неоднородности Шеннона-Уивера и Симпсона (География и мониторинг биоразнообразия, 2002). Оба эти индекса основаны на использовании двух базовых показателей: видового богатства (число видов, отнесенное к определенной площади) и равномерности распределения видов по их обилию в сообществе. Индекс доминирования Симпсона уделяет основное внимание долевого участию видов, а индекс Шеннона их количеству. Индекс Шеннона обычно варьирует в пределах от 1.5 до 3.5, очень редко превышая величину 4.5, а индекс Симпсона изменяется от 0 до 1. Чем выше индекс Шеннона-Уивера и чем меньше индекс Симпсона, тем выше разнообразие в исследуемых сообществах.

При изучении зависимости изменений почвенных свойств от уровня рекреационной

нагрузки анализировались послойные выборки, при составлении которых учитывалась доля площади тропинок, притропиночных зон и территории вне прямого влияния тропинок на каждой из стадий дигрессии. Статистический анализ результатов проводился в пакете STATISTICA 6.0. Выбранный уровень значимости 0.05.

ГЛАВА 3

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИИ НА КОМПОНЕНТЫ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

3.1. Изменение состояния растительности в зависимости от уровня рекреационной нагрузки

Подробное геоботаническое описание исследуемых площадок представлено в Приложении 1.

Древесный ярус. Рекреация оказывает разностороннее влияние на состояние древостоя (рис. 3.1). 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. 3.1.

Таблица 3.1. Состояние древостоя на разных стадиях рекреационной дигрессии

Объект	«Лосиный остров» (елово-липовый лес)					«Битцевский лес» (дубово-липовый лес)				
	Стадии дигрессии					Стадии дигрессии				
	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
Категории состояния деревьев, определенные по методике Г.М.Мозолева (2007)										
1. Хорошее	26/93	14/56	11/44	8/38	4/18	24/88	24/78	19/66	11/42	6/24
2. Удовлетворительное	2/7	6/24	7/28	7/29	8/36	3/12	3/11	5/17	9/35	8/32
3. Неудовлетворительное:	0/0	5/20	7/28	8/33	10/46	0/0	3/11	5/17	6/24	11/44
3.1. Количество усыхающих деревьев	0/0	4/16	4/16	5/15	5/24	0/0	2/7	3/10	4/15	9/36
3.2. Количество сухих деревьев	0/0	1/4	3/12	3/15	5/24	0/0	1/4	2/7	2/8	2/8
4. Количество 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 количество деревьев:	28	25	25	24	24	25	27	29	26	25
Показатель стабильности развития (ПСР) липы мелколистной (Tilia cordata Mill.), определенный по методике Захарова, Чубинишвили (2001)										
ПСР Среднее значение (n=500)	0.030	0.035	0.039	0.042	0.049	0.028	0.031	0.034	0.041	0.045

Примечание: числитель - кол-во деревьев/100м²; знаменатель - доля, %

С ростом рекреационной нагрузки в 4-5 раз снижается доля деревьев в хорошем состоянии, а в неудовлетворительном состоянии, напротив, возрастает, достигая к V стадии дигрессии 44-46%.

Повреждение ствола и усыхание деревьев



Оголение и повреждение корней деревьев



Рис.3.1. Состояние древесной растительности на IV - V стадиях дигрессии

Чувствительность к рекреационному воздействию зависит от видового состава древостоя. С увеличением рекреационной нагрузки показатели состояния древостоя в елово-

липовом лесу «Лосиног острова» изменяются быстрее, чем в дубово-липовом «Битцевском лесу». В хвойно-широколиственном лесу доля деревьев в хорошем состоянии снижается вдвое при переходе к III стадии дигрессии, а в широколиственном лесу только к IV. Уже на II стадии дигрессии елово-липового леса доля деревьев в неудовлетворительном состоянии составляет 20%, что почти в два раза выше по сравнению с дубово-липовым лесом при заданном уровне рекреационной нагрузки. Это связано с меньшей устойчивостью к рекреационной нагрузке хвойных пород деревьев по сравнению с лиственными (Казанская и др., 1977; Леса Москвы, 2001; Абатуров, 2003; Рысин и др., 2003, 2006, 2012; Бурова, Феклистов, 2007; Обыденников, 2007; Савельева, 2007; Киселева и др., 2010; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010).

Еще одной причиной ухудшения состояния древостоя под влиянием рекреации является оголение и повреждение корней деревьев (рис. 3.1). Особенно сильно страдают породы, у которых корневая система приурочена к верхним горизонтам почвы. У ели (*Picea A. Dietr.*) поверхностная корневая система, поэтому деревья с оголенными корнями появляются в елово-липовом лесу на III стадии дигрессии, а к V стадии их доля достигает 50%. В дубово-липовом лесу деревья с оголенными корнями появляются только на IV стадии дигрессии, а на V стадии на их долю приходится всего 16%.

Об ухудшении условий среды при возрастании рекреационной нагрузки свидетельствует увеличение показателя стабильности развития (ПСР) липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), основанного на определении флуктуирующей асимметрии листовой пластинки (рис. 3.2).

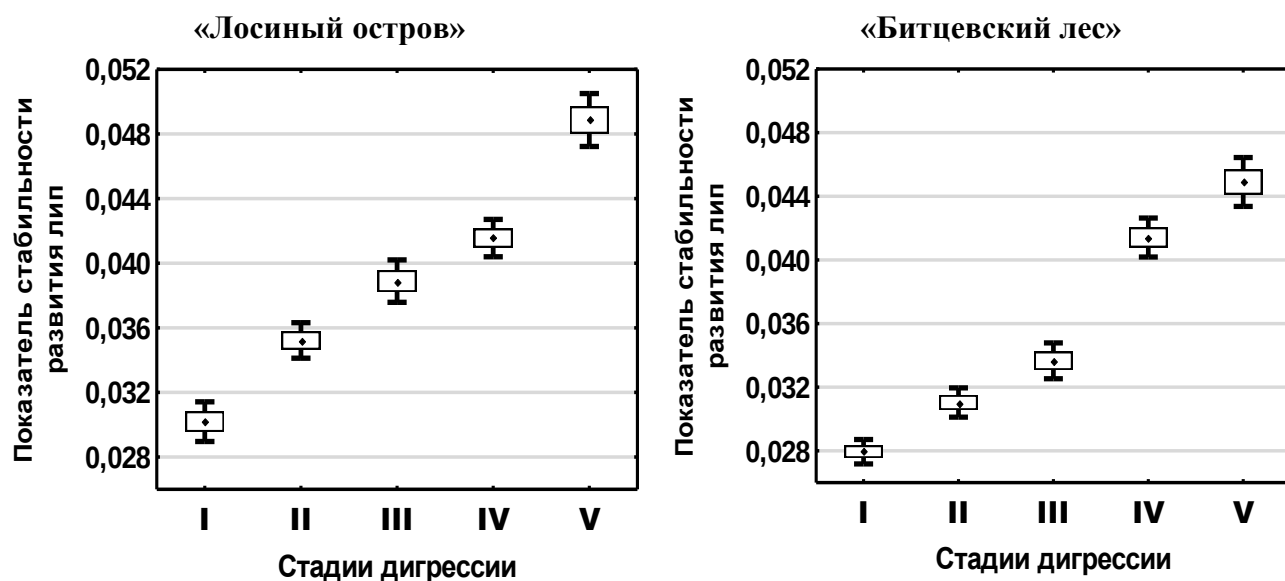


Рис.3.2. Зависимость изменения показателя стабильности развития лип (*Tilia* L.) от уровня рекреационной нагрузки

Изменения значений показателя стабильности развития лип (*Tilia L.*) при переходе от одной стадии к другой малы (0.03-0.05), однако результаты дисперсионного анализа свидетельствуют о статистической значимости различий средних значений ПСР ($\alpha=0.05$) на всех стадиях дигрессии. Полученные значения согласуются с данными других исследований (Отчет. По договору..., 2003; Солдатова, 2006; Солдатова, Шадрина, 2007; Гелашвили и др., 2007; Ганжа, 2012; Розенберг, 2013; Рунова, Гнаткович, 2013; Собчак и др., 2013; Palmer, Strobeck, 1992; Wilsey et al., 1998; Valkama, Kozlov, 2001; Leamy, Klingenberg, 2005; Franiel, 2008).

С ростом рекреационной нагрузки сомкнутость крон деревьев снижается с 70-80% до 30%, что приводит к изменениям условий освещенности. Зависимость освещенности от уровня рекреационной нагрузки под пологом леса на высоте 1.5 метра и на уровне почвы характеризует рис 3.3. Освещенность оказывается весьма чувствительным показателем к усилению рекреационной нагрузки, ее достоверное увеличение в 6-9 раз отмечено уже при переходе от I ко II стадии дигрессии. На III стадии дигрессии относительная освещенность на уровне почвы (в % по отношению к открытой поверхности) возрастает с 1,3 до 13% в широколиственном «Битцевском лесу» и с 1,9 до 26 % в хвойно-широколиственном «Лосином острове». Более заметное увеличение освещенности в экосистеме «Лосиного острова» по сравнению с «Битцевским лесом» обусловлено быстрой деградацией хвойно-широколиственного леса при рекреации. На V стадии дигрессии по сравнению с I она увеличивается до 48-60% на уровне почвы и до 57-61% на высоте 1.5 метра. По мере усиления рекреационной нагрузки вариабельность показателя значительно увеличивается (стандартное отклонение возрастает в «Лосином острове» в 37-41 раз и в «Битцевском лесу» в 10-23 раза).

Изменение условий освещенности оказывает большое влияние на другие ярусы растительного покрова.

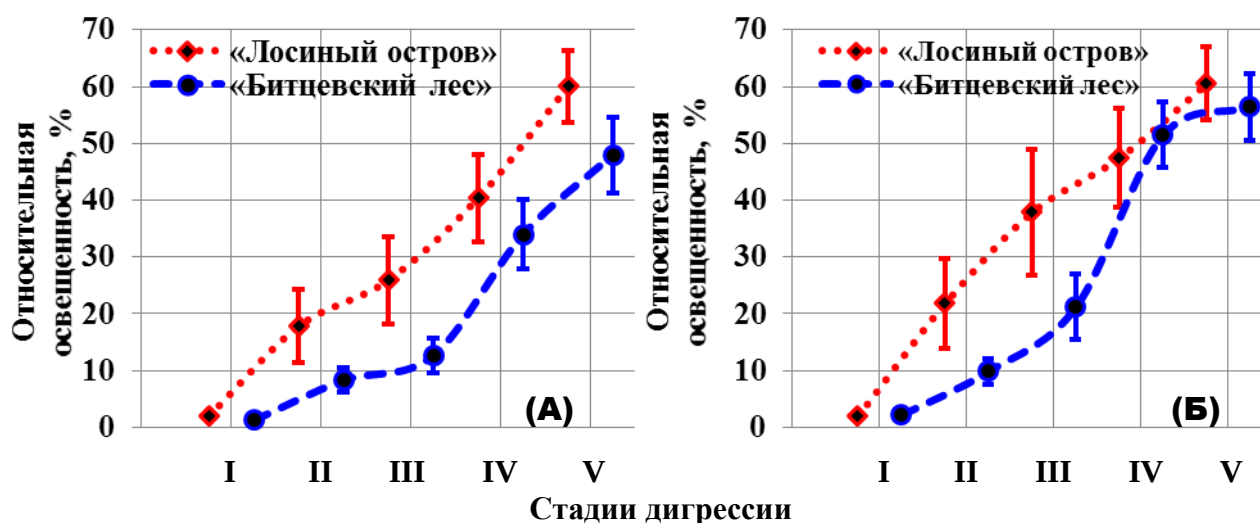


Рис.3.3. Зависимость изменения относительной освещенности от уровня рекреационной нагрузки на уровне «почвы» (А) и на высоте 1,5 м (Б)

Подлесок. Состояние подлеска служит важным показателем нарушенности леса под влиянием рекреации (Полякова и др., 1983; Соколов, 1983). В изучаемых лесопарках обилие подлеска мало изменяется на первых четырех стадиях дигрессии, резко уменьшаясь в 3-4 раза на V стадии. Изменения в видовом разнообразии проявляются при более слабой рекреационной нагрузке. На I стадии в подлеске отмечены лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.) и теневыносливые виды, являющиеся индикаторами мало нарушенных участков: в «Лосином острове» - бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa* L.), а в «Битцевском лесу» - калина обыкновенная (*Viburnum opulus*) и жимолость лесная (*Lonicera xylosteum* L.) (Полякова и др., 1983; Рысина, Рысин, 1987; Рысин и др., 2003, 2006). Однако уже на II стадии, вследствие изменения экологических условий, эти неустойчивые теневыносливые виды исчезают, в то время как компактные кусты лещины обыкновенной (*Corylus avellana* L.), способные выдерживать большую рекреационную нагрузку, разрастаются (Полякова и др., 1983; Соколов, 1983; Рысина, Рысин, 1987; Рысин и др., 2003, 2006). Образуются отдельные скученные группы подлеска, в «тени» которых единично сохраняются низкорослые формы (до 20-50 см) теневыносливых видов: крушины ломкой (*Frangula alnus* Mill.), жимолости лесной (*Lonicera xylosteum* L.). На III и IV стадиях в «Лосином острове» происходит внедрение опушечных видов: смородины черной (*Ribes nigrum* L.) и малины (*Rubus* L.), а в «Битцевском лесу» продолжает доминировать лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.). На активно посещаемых участках (V стадия дигрессии) в лесопарках подлесок исчезает практически полностью, образуется кустарниковый ярус из единичных особей лещины обыкновенной (*Corylus avellana* L.).

Подрост деревьев. Оценка состояния подроста в изучаемых лесопарках проводилась по видовому разнообразию, обилию и морфометрическим показателям. На первых трех стадиях дигрессии в подросте доминируют дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.). В «Битцевском лесу» эти виды сохраняются до пятой стадии дигрессии, на которой дополнительно появляется типичный представитель опушек и светлых полян - ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.). В «Лосином острове» к пятой стадии в подросте остается только клен остролистный (*Acer platanoides* L.).

Количество подроста на I-II стадиях дигрессии составляет примерно 10 экз./100м². При усилении рекреационной нагрузки (на III и IV стадиях дигрессии) оно увеличивается почти вдвое, снижаясь при максимальном воздействии (на V стадии) до 2-6 экз./100м².

При слабой рекреационной нагрузке (I-II СД) все особи подроста характеризуются высокими морфометрическими показателями: высотой до 5 м и диаметром ствола 3-5 см. С усилением рекреационного воздействия они ухудшаются. В «Лосином острове» на III стадии

дигрессии, а в «Битцевском лесу» на IV доля низкорослого молодого подроста (высотой <50 см) составляет >50%. На V стадии высота стволов падает до 0.3-0.5 м, а их диаметр - до 0.5 см.

Эти результаты согласуются с данными других авторов, которые связывают усиление лесовозобновительных процессов с тем, что с увеличением рекреационного воздействия редет подросток, увеличивается освещенность, разрушается подстилка и вытаптывается моховой покров, которые зачастую препятствуют появлению и развитию всходов древесных пород. Однако дальнейшее увеличение рекреационного воздействия вызывает угнетение подроста, который страдает от него больше, чем взрослые деревья (Рысин и др., 2006).

Всходы. Количество всходов деревьев на различных стадиях дигрессии в начале и середине вегетационного сезона характеризуют диаграммы (рис. 3.4).

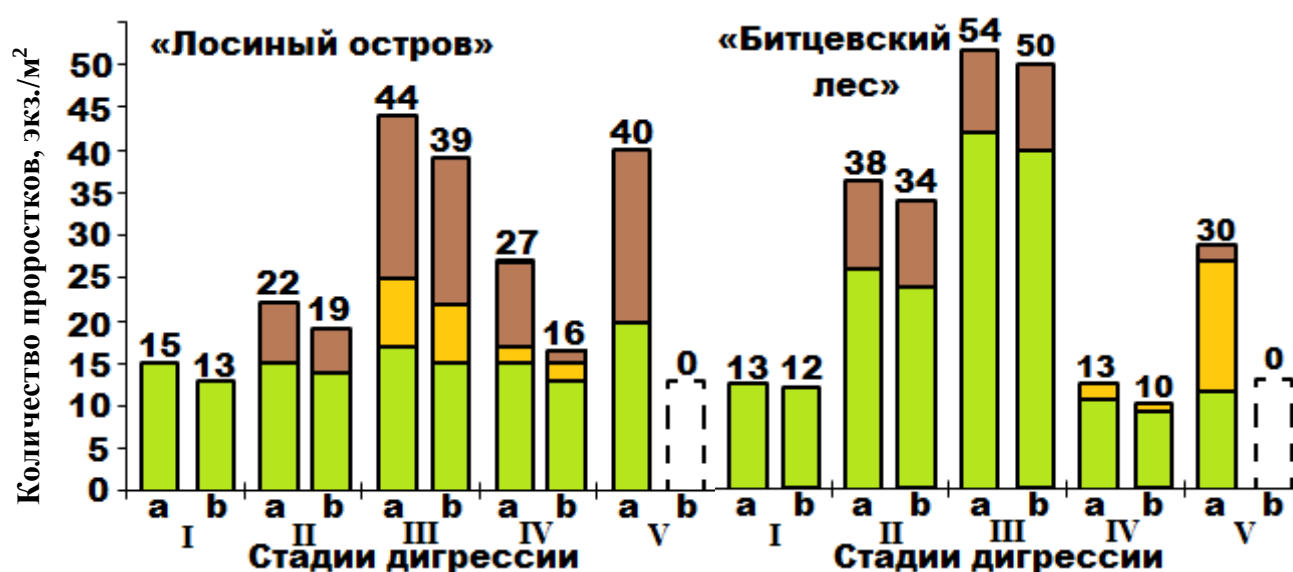


Рис.3.4 Количество всходов деревьев на различных стадиях дигрессии

■ - Клен остролистный (*Acer platanoides* L.); ■ - Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.);

■ - Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.);

a - начало вегетационного периода (май), **b** - середина вегетационного периода (конец июля).

Обилие всходов обычно приурочено к освещенным участкам, лишенным растительного покрова и подстилки (Полякова и др., 1983; Рысин и др., 2006; Горбунов, Цветков, 2009). В изучаемых лесопарках на I стадии дигрессии в начале и середине вегетационного сезона среди всходов деревьев полностью доминирует клен остролистный (*Acer platanoides* L.) (12-15 экз./100м²). Третья и четвертая стадия дигрессии характеризуются оптимальными условиями для появления и развития всходов, что приводит к увеличению их видового разнообразия (появляется дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) и липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.)) и обилия (в 2-4 раза). С дальнейшим увеличением рекреационной нагрузки обилие и видовое разнообразие всходов снижается: они механически повреждаются, часть из них гибнет, не

успевая перейти в категорию подростка. На V стадии дигрессии в начале вегетационного сезона (май) количество всходов составляет 30-40 экз./100м², а к концу июля они полностью исчезают.

Травяной ярус. В изучаемых лесопарках по отношению к экологическим условиям выделены 4 эколого-ценотические группы трав (табл.3.2.).

При слабой рекреационной нагрузке (I, II СД) отмечено 9-11 видов травянистых растений, относящихся в основном к лесной эколого-ценотической группе (табл. 3.2).

При средней нагрузке вследствие увеличения разнообразия условий местообитания видовое разнообразие возрастает за счет внедрения лесолуговых, луговых и сорных видов. Максимальное количество видов (23) в изучаемых парках отмечается, когда освещенность на уровне почвы достигает 25% относительно открытой поверхности. В «Лосином острове» это происходит на III стадии дигрессии, а в «Битцевском парке» на IV стадии.

Таблица 3.2. Эколого-ценотические группы трав на участках различных стадий дигрессии

Объект		«Лосиный остров»					«Битцевский лес»				
Стадии дигрессии		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Эколого-ценотические группы	лесные	8/89	9/82	13/57	7/58	4/45	10/91	9/90	13/93	8/35	5/46
	лесолуговые	1/11	2/18	3/13	3/25	2/22	1/9	0	1/7	5/22	2/18
	луговые	0	0	0	0	1/11	0	0	0	4/17	1/9
	сорные	0	0	7/30	2/17	2/22	0	1/10	0	6/26	3/27
Всего, видов /100м²		9	11	23	12	9	11	10	14	23	11

Примечание: числитель - кол-во видов/100м²; знаменатель - доля, %

Дальнейшее увеличение рекреационной нагрузки приводит к снижению видового разнообразия. С ростом освещенности и увеличением плотности почвы под действием рекреации в травяном ярусе начинают доминировать светолюбивые, устойчивые к вытаптыванию и механическим повреждениям виды (Полякова и др., 1983; Соколов, 1983; Рысина, Рысин, 1987; Рысин и др., 2003, 2006; Бурова, Феклистов, 2007).

На начальных стадиях дигрессии доминирует сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.), зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum* Huds.) с суммарным проективным покрытием 55-60% (табл. 3.3). При средних уровнях нагрузки (III стадия дигрессии) их участие в общем покрытии снижается до 10-15%, а на активно посещаемых территориях (V стадия дигрессии) они практически полностью исчезают. К IV стадии дигрессии увеличивается доля видов, стойких к физическому повреждению и уплотнению почв, таких как недотрога обыкновенная (*Impatiens noli-tangere* L.) и мелкоцветковая (*I. parviflora* DC.), гравилат городской (*Geum urbanum* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), живучка ползучая (*Ajuga reptans* L.), ландыш майский (*Convallaria majalis* L.). При максимальном уровне рекреационной нагрузки (на V стадии дигрессии) остаются только наиболее устойчивые к рекреации виды: одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*

Webb.), подорожник большой (*Plantago major* L.), гравилат городской (*Geum urbanum* L.) и недотрога мелкоцветковая (*Impatiens parviflora* DC.).

Таблица 3.3. Видовой состав, обилие и фенофаза травяной растительности изучаемых пробных площадей

Объект		«Битцевский лес»					«Лосиный остров»				
Русское название	Латинское название	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Бодяк полевой	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.								<1, -		
Бор развесистый	<i>Milium effusum</i> L.							<1, -		1,)	
Буквица лекарственная	<i>Stachys officinalis</i> (L.) Trevis.				<1, -						
Вербейник монетчатый	<i>Lysimachia nummularia</i> L.				<1, -						
Вероника дубравная	<i>Veronica chamaedrys</i> L.								<1, -		
Ветреница дубравная	<i>Anemone nemorosa</i> L.			<1, V							
Ветреница лютиковая	<i>Anemone ranunculoides</i> L.			10, V	<1, V						
Вороний глаз четырехлиственный	<i>Paris quadrifolia</i> L.	<1, ~	3, (	2, (			<1, -	<1, -			
Герань лесная	<i>Geranium sylvaticum</i> L.				1, O						
Гравилат городской	<i>Geum urbanum</i> L.				2, ^	1, ^			<1, O	3,)	4, ^
Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata</i> L.				<1, -						
Живучка ползучая	<i>Ajuga reptans</i> L.				<1, O	1, O			5, O	4, O, cum	
Звездчатка средняя	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.								<1, -		
Звездчатка жестколистная	<i>Stellaria holostea</i> L.	2, O	2, O		<1, -		4, (		<1,)	2,), cum	
Зеленчук желтый	<i>Galeobdolon luteum</i> Huds.	10, O	10, O	2, O	2, O		15, O,)	7, O	3, -	5, -	
Земляника лесная	<i>Fragaria vesca</i> L.								1, O		
Кислица обыкновенная	<i>Oxalis acetosella</i> L.								<1, -		
Копытень европейский	<i>Asarum europaeum</i> L.			5, O, cum			<1, O	7, O, cum			<1, O
Кочедыжник женский	<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth ex Mert.	3, -	4, -, cum	4, -							
Крапива двудомная	<i>Urtica dioica</i> L.				1, -	<1, -			15, -, cum	<1, -	
Купырь лесной	<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.				<1, -						
Ландыш майский	<i>Convallaria majalis</i> L.				5, ~	1, ~		15, O	5, O, cum	4, O, cum	
Лютик кашубский	<i>Ranunculus cassubicus</i> L.	7, +		5, +, (	1, +, (	1, +	<1, +			<1, (, +	
Лютик ползучий	<i>Ranunculus repens</i> L.				1, -						
Майник двулистный	<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W.Schmidt		<1, -					<1, -	<1, -		
Мать-и-мачеха обыкновенная	<i>Tussilago farfara</i> L.								<1, ~		
Медуница неясная	<i>Pulmonaria obscura</i> (L.) Dumort.	5, ~	<1, (	<1, -	<1, -						
Мятлик однолетний	<i>Poa annua</i> L.				1, -				4,), cum		
Мятлик сплюснутый	<i>Poa compressa</i> L.										<1,)
Недотрога мелкоцветковая	<i>Impatiens parviflora</i> DC.		<1, -		3, -, cum	3, -				7, -	
Недотрога обыкновенная	<i>Impatiens noli-tangere</i> L.								7, -, cum		<1, -

Объект		«Битцевский лес»					«Лосиный остров»				
Русское название	Латинское название	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Овсяница гигантская	<i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill.				1, -			<1,)			
Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Webb.				<1, (	<1, (			<1, -		<1, -
Ожика волосистая	<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.								2,)		
Ортилия однобокая	<i>Orthilia secunda</i> (L.) House								<1, -		
Осока волосистая	<i>Carex pilosa</i> Scop.	20, -	25, O	5, -	5, -	2, -	30, -	20, -	1, -	1, -	
Осока пальчатая	<i>Carex digitata</i> L.										<1,)
Подорожник большой	<i>Plantago major</i> L.				<1, -	<1, -			<1, -		<1, -
Пролесник многолетний	<i>Mercurialis perennis</i> L.			<1, -			4, ^				
Сныть обыкновенная	<i>Aegopodium podagraria</i> L.	30, -	20, -, cum	10, -	5, -		10, -	10, -	5, -	10, -	
Сочевичник весенний	<i>Lathyrus vernus</i> L.	3, +		<1, +							
Фиалка удивительная	<i>Viola mirabilis</i> L.								<1,)		
Чистяк весенний	<i>Ranunculus ficaria</i> L.	<1, V	<1, V	1, V		1, -	4, V, cum				
Щавель конский	<i>Rumex confertus</i> Willd.				<1, -						
Щитовник гребенчатый	<i>Dryopteris cristata</i> (L.) A.Gray										<1, -
Щитовник игольчатый	<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P.Fuchs							1, -		<1, -	1, -
Щитовник мужской	<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott	<1, -				1, -		1, -	<1, -		
Ясменник душистый	<i>Asperula odorata</i> L.			1, (							

Примечание: цифрами указано проективное покрытие в %, cum-куртины, --вегетация, ^-бутионизация,) - зацветание, O-цветение, (-отцветание, +-плодоношение, ~ - вегетация после цветения, V - отмирание.

Отметим, что на I-II стадии дигрессии у большинства видов отмечены фенологические фазы цветения или отцветания, а на III и IV стадиях только их вегетация, это свидетельствует о не полном прохождении растениями своего жизненного цикла.

Таблица 3.4. Коэффициенты сходства видового состава травяных сообществ на разных стадиях дигрессии

Показатели	«Лосиный остров»									
	коэффициент флористического сходства Жаккара					коэффициент общности видового состава Сьёренсена -Чекановского				
Стадии дигрессии	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
I	-	0.33	0.14	0.31	0.06	-	0.50	0.25	0.48	0.11
II	0.33	-	0.21	0.35	0.11	0.50	-	0.35	0.52	0.20
III	0.14	0.21	-	0.30	0.14	0.25	0.35	-	0.46	0.25
IV	0.31	0.35	0.30	-	0.11	0.48	0.52	0.46	-	0.19
V	0.06	0.11	0.14	0.11	-	0.11	0.20	0.25	0.19	-
	«Битцевский лес»									
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
I	-	0.62	0.56	0.21	0.22	-	0.76	0.72	0.35	0.36
II	0.62	-	0.41	0.22	0.17	0.76	-	0.58	0.36	0.29
III	0.56	0.41	-	0.19	0.14	0.72	0.58	-	0.32	0.24
IV	0.21	0.22	0.19	-	0.36	0.35	0.36	0.32	-	0.53
V	0.22	0.17	0.14	0.36	-	0.36	0.29	0.24	0.53	-

Показатели сходства видового состава травяных сообществ на разных стадиях дигрессии (коэффициент флористического сходства Жаккара и коэффициент общности видового состава Сьёренсена-Чекановского) свидетельствуют о резком уменьшении степени сходства при переходе к стадии дигрессии, характеризующейся максимальным видовым разнообразием (табл. 3.4.). В «Лосином острове» - это III, а в «Битцевском парке» IV стадия дигрессии. В елово-широколиственном лесу по сравнению с широколиственным видовой состав травяного яруса на разных стадиях дигрессии различается сильнее.

Моховой ярус. В изучаемых лесопарках моховой покров встречается фрагментарно. При переходе от I к III стадии дигрессии площадь мохового покрова «очагово» увеличивается с 3-5 до 7-10%, а затем в результате усиления воздействия на IV и V стадиях мхи, из-за их низкой устойчивости к рекреации, исчезают, что согласуется с литературными данными (Полякова и др., 1983; Рысина, Рысин, 1987; Рысин и др., 2003, 2006).

3.2. Изменение свойств почв в зависимости от уровня рекреационной нагрузки

3.2.1. Почвы дорожно-тропиночной сети

Почвы рекреационных лесов в зависимости от местоположения испытывают разное рекреационное воздействие. Максимальная нагрузка приходится на почвы дорожно-тропиночной сети. Величина изменений почвенных свойств под действием рекреации зависит от типа тропинок. Она ослабевает по мере удаления от тропинок.

Рассмотрим, как изменяются свойства почв тропинок разных типов, соответствующих классификации М.С.Шапочкина (2003). На изучаемой территории встречаются тропинки следующих трех типов: слабо-, средне- и хорошо выраженные. Краткая характеристика этих типов тропинок представлена в главе 2.2. «Методы исследований». В качестве фона выбраны участки вне зоны прямого влияния тропинок на пробных площадях I стадии дигрессии.

Свойства подстилки дорожно-тропиночной сети

Среди почвенных горизонтов первый рекреационный «удар» принимает на себя подстилка. Под влиянием вытаптывания она уплотняется, перетирается и измельчается. Измельченная подстилка выдувается ветром и легко смывается водами поверхностного стока. Крупная фракция перемещается пешеходами, в результате чего вдоль тропинок образуются «валики» подстилки. Подстилка на тропинках характеризуется высокой фрагментарностью и неоднородностью состава (рис. 3.5).



Рис.3.5. Состояние подстилки на дорожно-тропиночной сети

Интегральным показателем, характеризующим состояние подстилки, является ее запас. Изменения запасов подстилки на тропинках по сравнению с фоном характеризует рис.3.6. Запасы подстилки на фоновых участках зависят от типа леса. В елово - липовом лесу «Лосиного острова» средние запасы подстилки составляют 1.3 кг/м^2 , а в дубово-липовом «Битцевского парка» - 1 кг/м^2 . По полученным данным запасы подстилки на тропинках снижаются более чем в 2-3 раза, при этом сравниваемые типы тропинок по этому показателю статистически значимо не различаются.

В результате рекреационного воздействия уменьшаются не только запасы подстилки дорожно-тропиночной сети, но изменяется ее фракционный состав (рис.3.7.). На фоновых участках изучаемых парков в середине июля в составе подстилки доминирует активная фракция подстилки, состоящая преимущественно из листьев широколиственных пород деревьев. В елово-широколиственном лесу («Лосиный остров») ее доля варьирует от 69 до 85 %, в дубово-липовом лесу («Битцевский лес») она несколько выше и составляет 78-90 %. Доля пассивной

фракции, состоящей преимущественно из веток, в хвойно-широколиственном и широколиственном лесах изменяется от 14 до 25 % и от 10 до 18 %, соответственно. Наименьшими величинами (3-7%) характеризуется доля измельченной фракции подстилки.

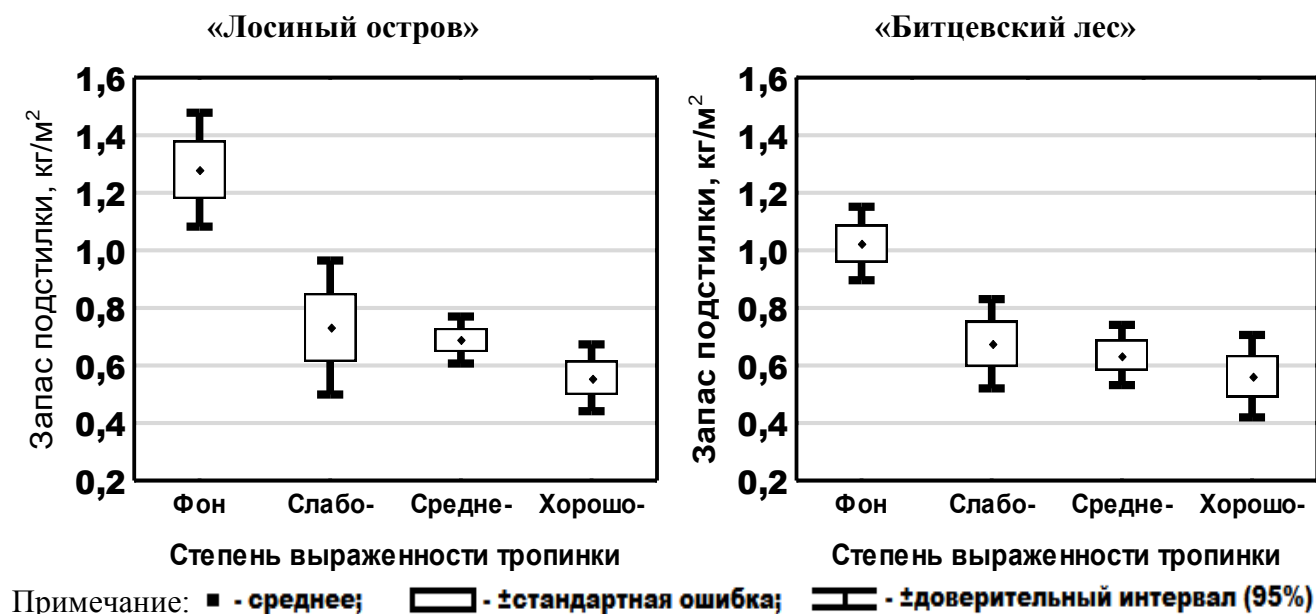


Рис.3.6. Запасы подстилки на тропинках разного типа

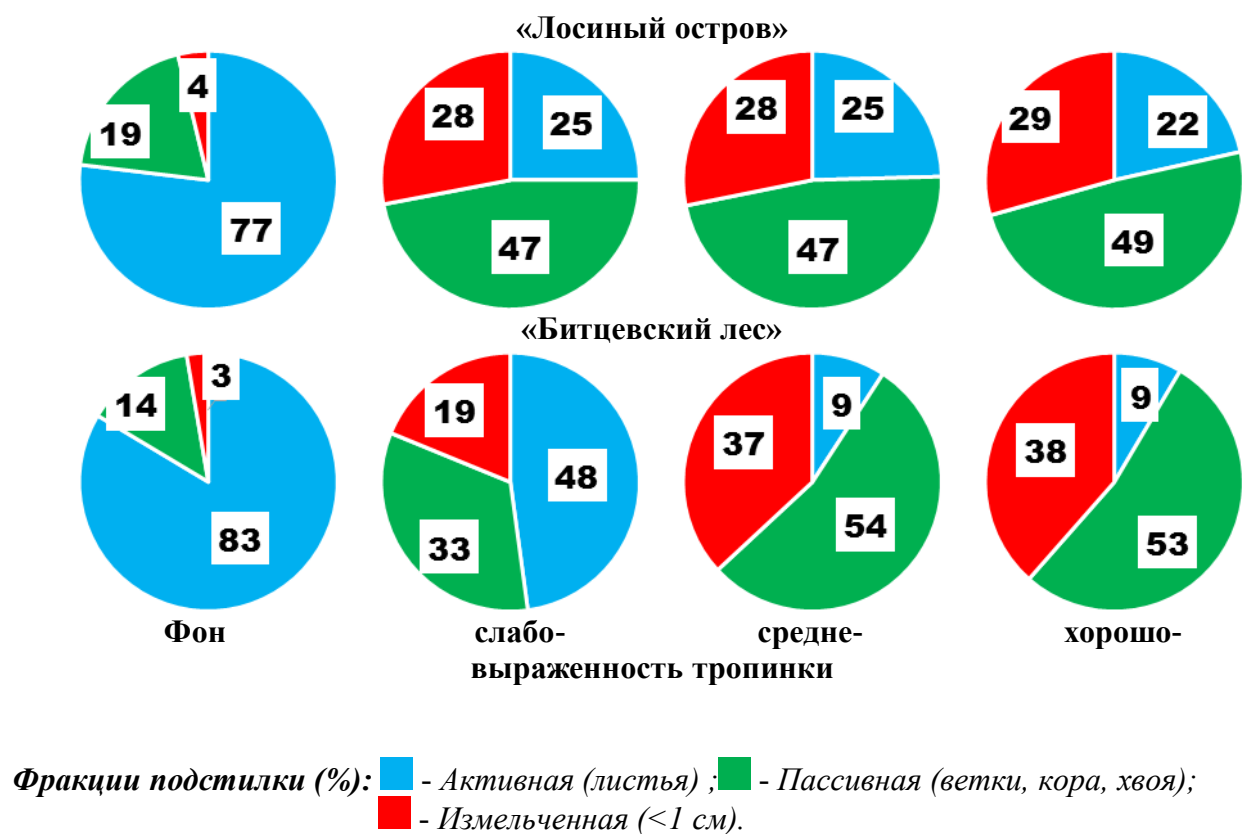


Рис.3.7. Фракционный состав подстилки в зависимости от типа тропинки

В составе подстилки дорожно-тропиночной по сравнению с фоном уже на слабовыраженных тропинках резко сокращается доля активной фракции, и увеличиваются доли измельченной и пассивной фракций. В «Битцевском лесу» доля активной фракции сокращается по сравнению с фоном на слабовыраженных тропинках почти в два раза, а на средне и хорошо выраженных - в 9 раз. В свою очередь, доля пассивной фракции возрастает на слабовыраженных тропинках более чем в два раза, а на средне и хорошо выраженных почти в 4 раза, а доля измельченной фракции, соответственно, в 6 и 13 раз. В «Лосином острове» тропинки разных типов статистически значимо не различаются по фракционному составу подстилки. По сравнению с фоном доля активной фракции в них в 3.5 раза ниже, а пассивной и измельченной выше, соответственно, в 2.5 и 7 раз.

Увеличение доли измельченной фракции в составе подстилки и ухудшение водно-физических свойств почв дорожно-тропиночной сети приводит к увеличению влажности подстилки на тропинках по сравнению с фоновыми участками (рис.3.8.). Статистически достоверное ее увеличение в «Лосином острове» отмечено на средне-и хорошо выраженных тропинках, а в «Битцевском лесу» - только на хорошо выраженных.

Поступление атмотехногенной пыли и антигололедных реагентов приводит к уменьшению кислотности подстилки на тропинках (рис. 3.9.).

В «Лосином острове» четко прослеживается зависимость кислотности подстилки от типа тропинки. В «Битцевском лесу» pH подстилки дорожно-тропиночной сети по сравнению с фоном выше, а тропинки разных типов по кислотности не различаются.

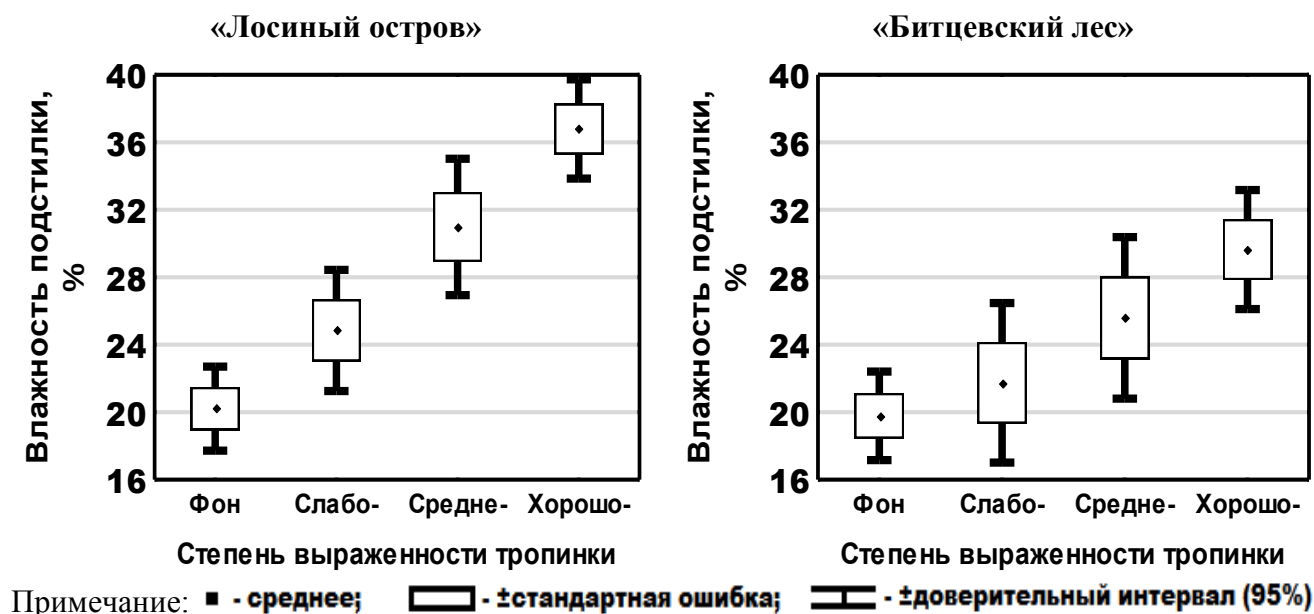


Рис. 3.8. Влажность подстилки на тропинках разного типа

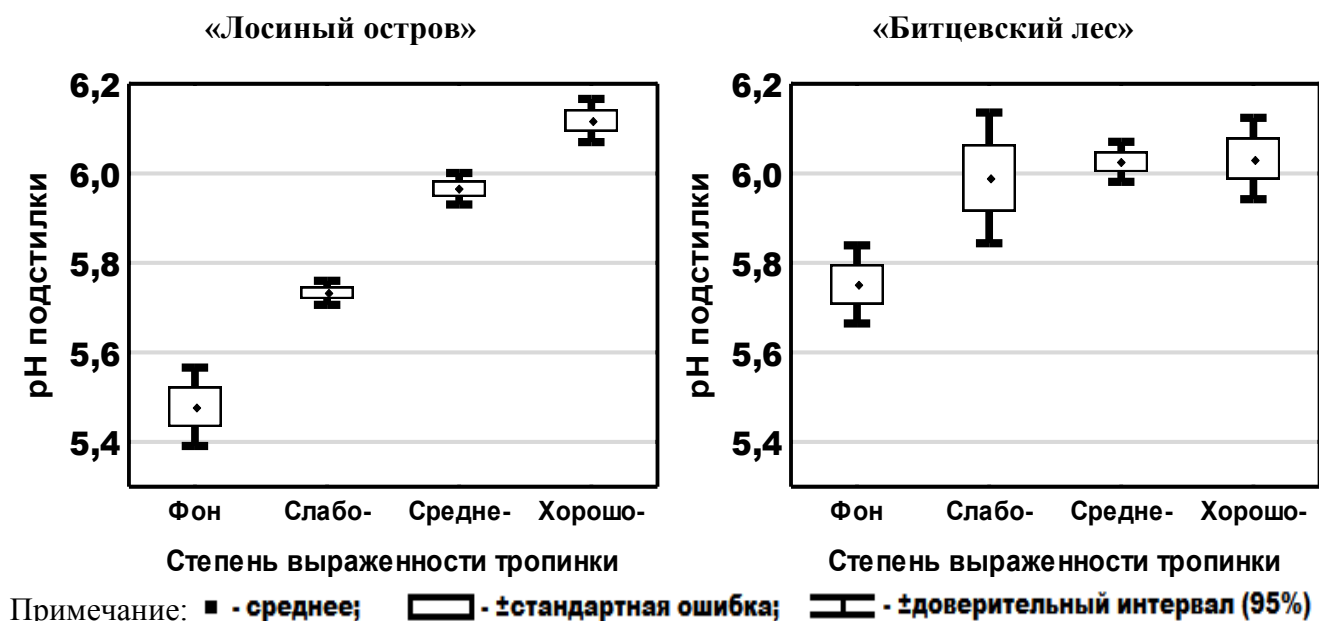


Рис.3.9. pH подстилки на тропинках разного типа

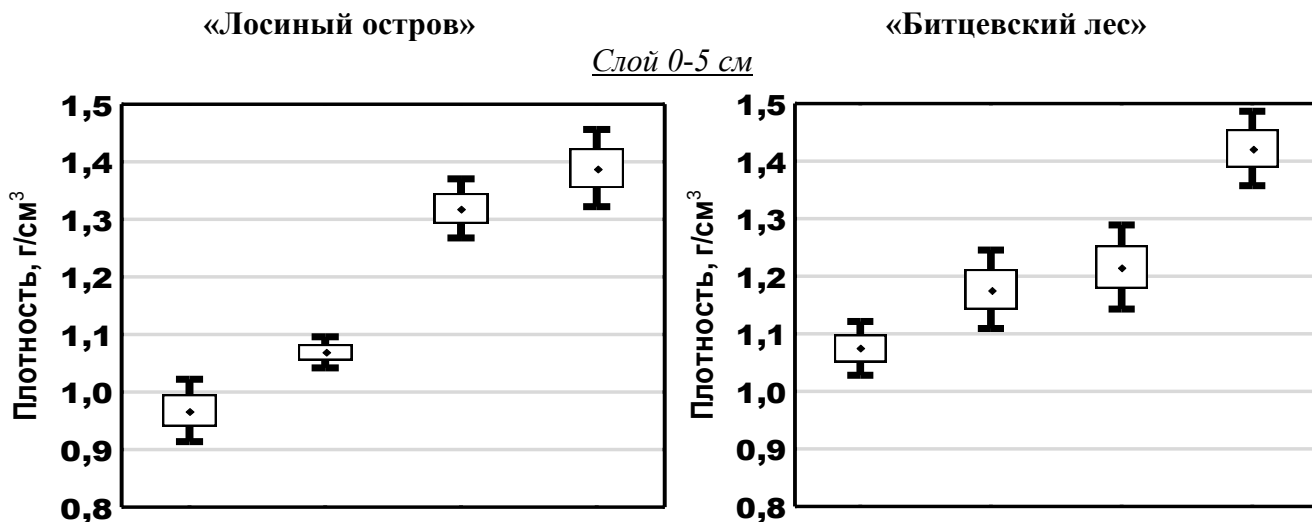
Свойства минеральных слоев почв дорожно-тропиночной сети

По литературным данным изменения почвенных свойств в результате рекреации уменьшаются с глубиной (Бурова, Феклистов, 2007; Соколов, 1983; Карпачевский, 1981). Проследим за изменениями свойств почв в зависимости от типа тропинок в верхнем 5 сантиметровом минеральном слое почвы и на глубине 5-10 и 10-20 см.

Физические свойства почв дорожно-тропиночной сети

Плотность почв

Почвы дорожно-тропиночной сети в результате вытаптывания сильно уплотняются (рис.3.10.). Их плотность увеличивается с увеличением ширины тропинки. Эта зависимость четко прослеживается до глубины 10-20 см.



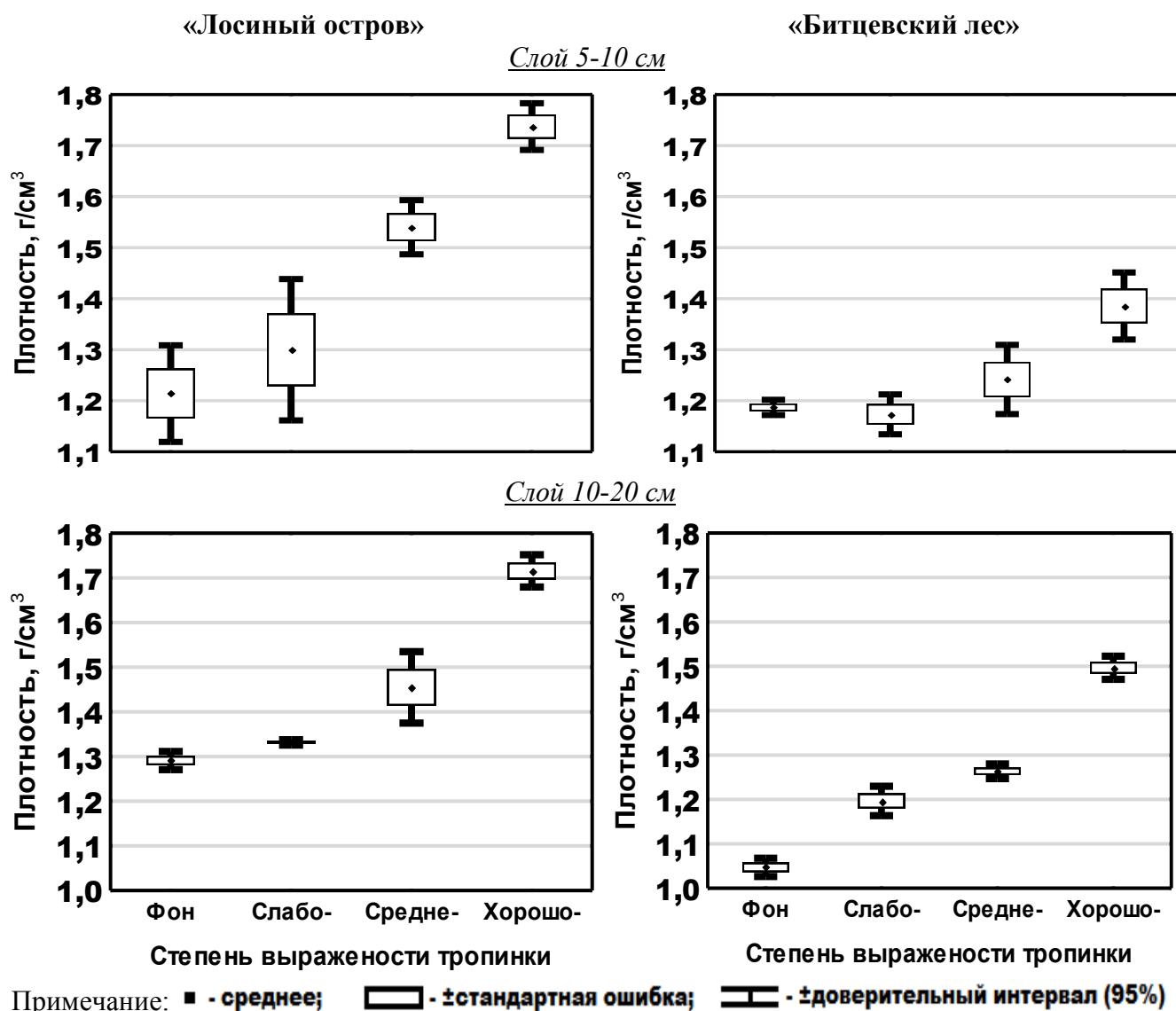


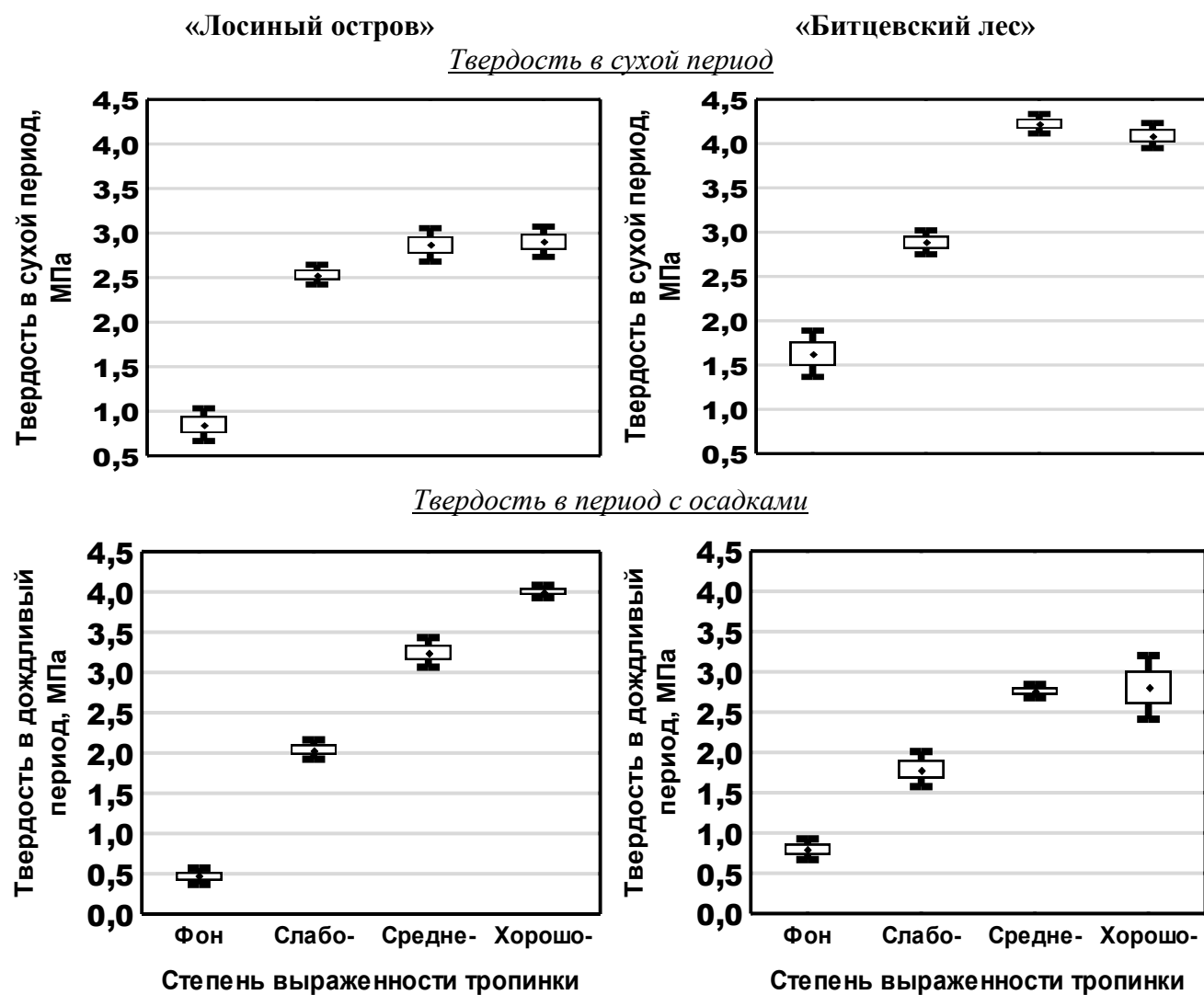
Рис.3.10. Зависимость изменения плотности почв от типа тропинки

Твердость почв

Величина твердости почв сильно зависит от влажности (Шеин, 2005). Поэтому она определялась как в сухой, так и дождливый периоды вегетационного сезона (рис.3.11.).

Твердость почв дорожно-тропиночной сети в сухой период в 2-4 раза превышает фоновые значения, хотя в дождливый период изменения могут быть выражены сильнее. В «Лосином острове» в дождливый период четко выражена зависимость твердости почв от степени выраженности тропинки, а в сухой период различия между тропинками разных типов статистически недостоверны. В «Битцевском лесу» в оба периода твердость почв слабовыраженных тропинок статистически значимо отличается от твердости почв средне- и хорошо выраженных тропинок, при этом значимых различий между последними двумя типами не отмечено.

Изменения твердости почв в результате рекреационного воздействия уменьшаются с глубиной (рис.3.12.). В «Лосином острове» в слое 10-20 см статистически значимые различия с фоном обнаружены только для средне и хорошо выраженных тропинок. В «Битцевском лесу» твердость почв этого слоя с шириной тропинок не связана.



Примечание: ■ - среднее; □ - ± стандартная ошибка; ▬ - ± доверительный интервал (95%)

Рис.3.11. Зависимость изменения твердости почв в верхнем 0-5 см слое почв от степени выраженности тропинок в периоды (сухой и дождливый) с различной влажностью

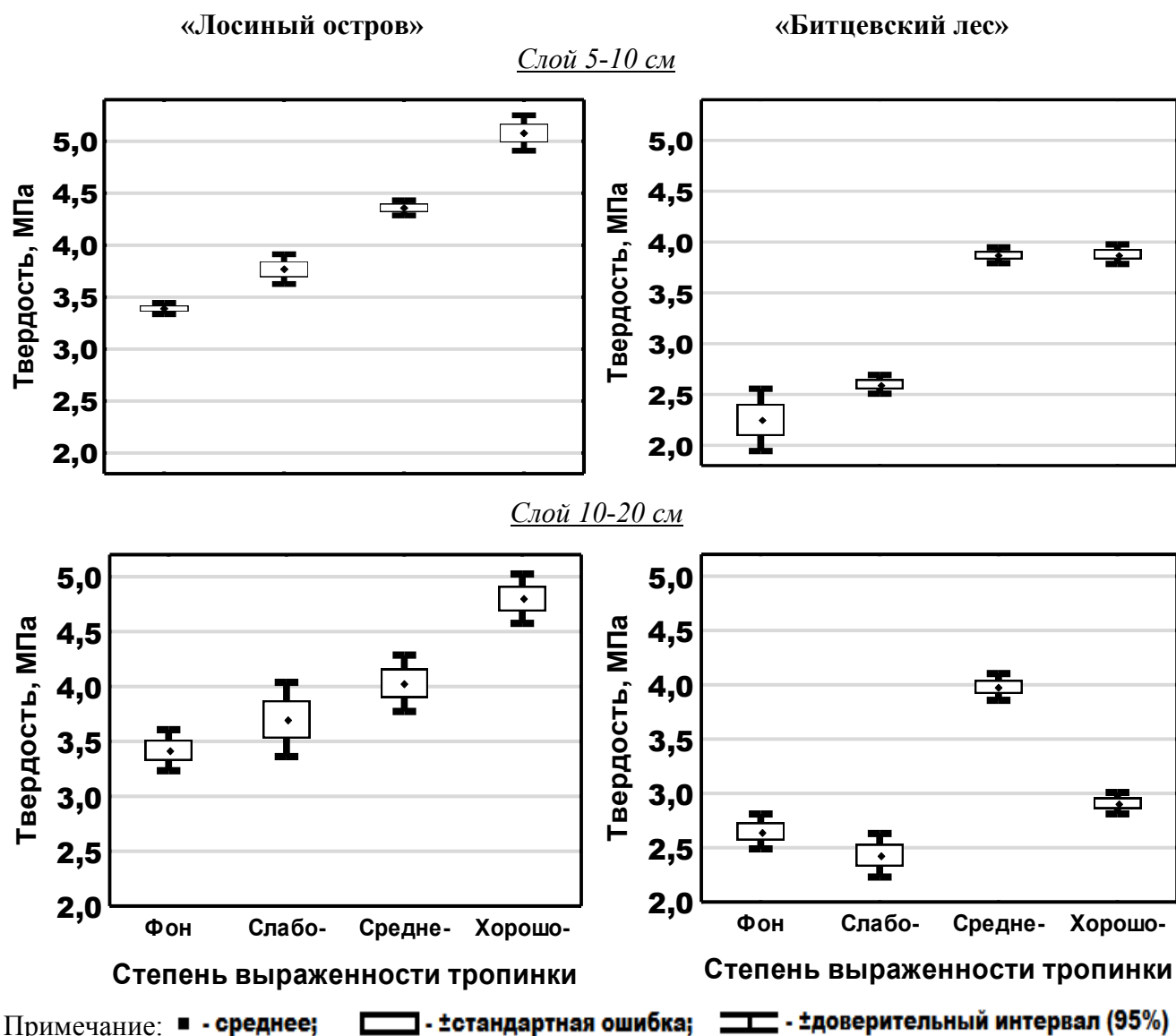


Рис. 3.12. Твердость почв тропинок разного типа

Структура почвы

В результате рекреационного воздействия ухудшается структура почв дорожно-тропиночной сети (рис.3.13.). На фоновых участках структура почв «хорошая» по классификации Н.А. Качинского (Шеин..., 2005).

По мере увеличения ширины тропинки происходит ухудшение количественных показателей агрегатного состава почв тропинок. Статистически значимые изменения коэффициента структурности и суммы агрономически ценных агрегатов по сравнению с фоновыми участками отмечаются на всех типах тропинок.

В «Битцевском лесу» на слабовыраженных тропинках еще сохраняется «хорошая» структура, тогда как в «Лосином острове» на тропинках этого типа она «удовлетворительная». На средне- и хорошо выраженных тропинках структура почв «неудовлетворительная» в обоих

парках. По сравнению с фоном коэффициент структурности на хорошо выраженных тропинках снижается в 13 раз, а сумма агрономически ценных агрегатов в 3.2-3.6 раза.

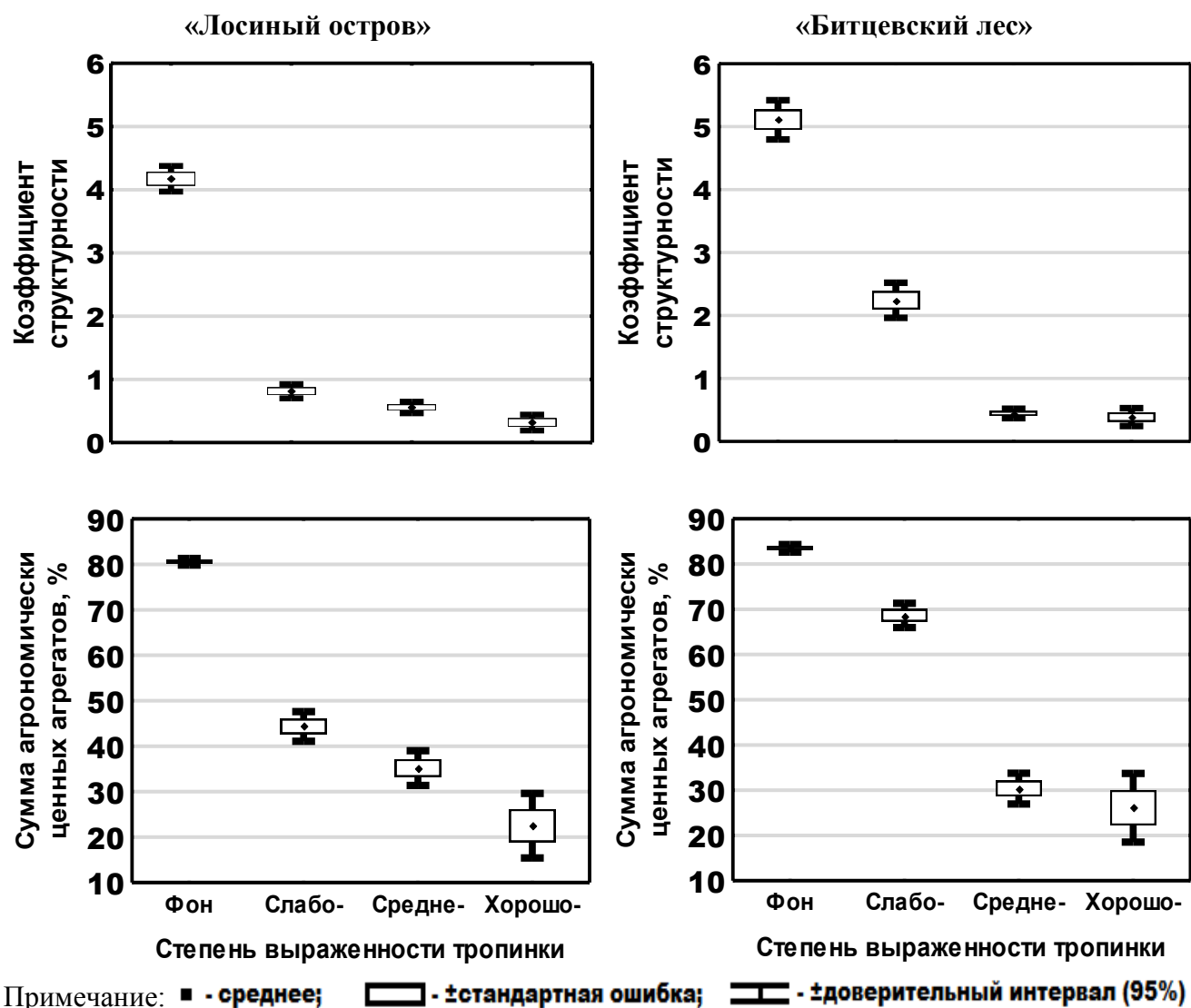


Рис.3.13. Показатели, характеризующие почвенную структуру в верхнем 0-5 см слое почв тропинок разного типа

При усилении рекреационной нагрузки изменяется водопрочность агрегатов на тропинках разного типа. Результаты «мокрого» просеивания представлены в таблице 3.5. По мере увеличения ширины тропинки уменьшается (на 20-55%) суммарная доля водостойчивых агрегатов диаметром более 0.25 мм. На хорошо выраженных тропинках по сравнению с фоном она снижается в «Лосином острове» и «Битцевском лесу», соответственно, в 1.4 и 3.3 раза.

Таблица 3.5. Суммарное количество агрегатов диаметром более 0.25 мм при мокром просеивании (%) (n=3)

Тип тропинки	Фон	Слабовыраженная	Средневыраженная	Хорошо выраженная
«Лосиный остров»	76.7	70.6	57.4	54.8
«Битцевский лес»	79.0	78.7	52.3	24.0

Примечание: классификация Н.А.Качинского: <10 - водоустойчивость отсутствует; 10-20 - неудовлетворительная; 20-30 - недостаточно удовлетворительная; 30-40 - удовлетворительная; 40-60 - хорошая; 60-75 - отличная; >75 - избыточно высокая.

Влажность почв

По сравнению с фоном в почвах дорожно-тропиночной сети изучаемых лесопарков изменяется водный режим. Влажность почв - это одна из наиболее лабильных ее характеристик, поэтому исследования влажности почв были проведены в два периода: в относительно «сухой» в середине лета 2013 года с малым количеством осадков и в дождливый период в конце лета - начале осени 2013 года. Данные, характеризующие влажность почв в относительно сухой и дождливый периоды, представлены на рисунке 3.14.

Рассмотрим изменение влажности почв в первый период (без осадков). В «Лосином острове» в этот период отмечено достоверное увеличение влажности почв в 2-2.5 раза по сравнению с фоновыми участками только на средне- и хорошо выраженных тропинках, которые между собой по этому показателю не имеют значимых различий. В «Битцевском лесу» среднее значение влажности почв на тропинках по сравнению с фоном увеличивается в 1.8 раза. При этом достоверных различий во влажности почв на тропинках разных типов не отмечено.

Различия между почвами дорожно-тропиночной сети и фоном в дождливый период выражены слабее, чем в относительно сухой. Средняя влажность почв на тропинках в дождливый период увеличивается только в 1.4 раза. Тропинки разных типов по влажности статистически значимо не различаются. В этот период влажность почв тропинок превышает наименьшую влагоемкость на 10%, что, по всей видимости, негативно сказывается на водно-воздушном и окислительно-восстановительном режимах почв дорожно-тропиночной сети. Это отражается в появлении характерных признаков оглеения в верхнем горизонте почв. Изменяется окраска, увеличивается ее неоднородность (возрастает площадь, занимаемая охристыми и оливковыми «пятнами» (до 30-40%), и их размер (до 0.5-1 см)), появляется сизый и «стальной» оттенок (рис 3.15).

Данные об изменении морфологических свойств почв в результате рекреационного воздействия приводятся также в работах (Карпачевский, 1981; Соколов, Зеиков 1982; Бганцова и др., 1987; Шугалей, 2009; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010; Рысин и др., 2007,

2012; Хлуденцов, 2010; Лысиков, 2008, 2011; Лысиков, Судницына, 2008; Байчибаева, 2011; Cole, 1982, 1987; Cole, Fichtler, 1983; Kuss, 1986; Sun, Liddle, 1993a; G'omez-Lim'on, DeLucio, 1995; Marion, Cole, 1996; Hammitt, Cole, 1998; Buckley, 2004).

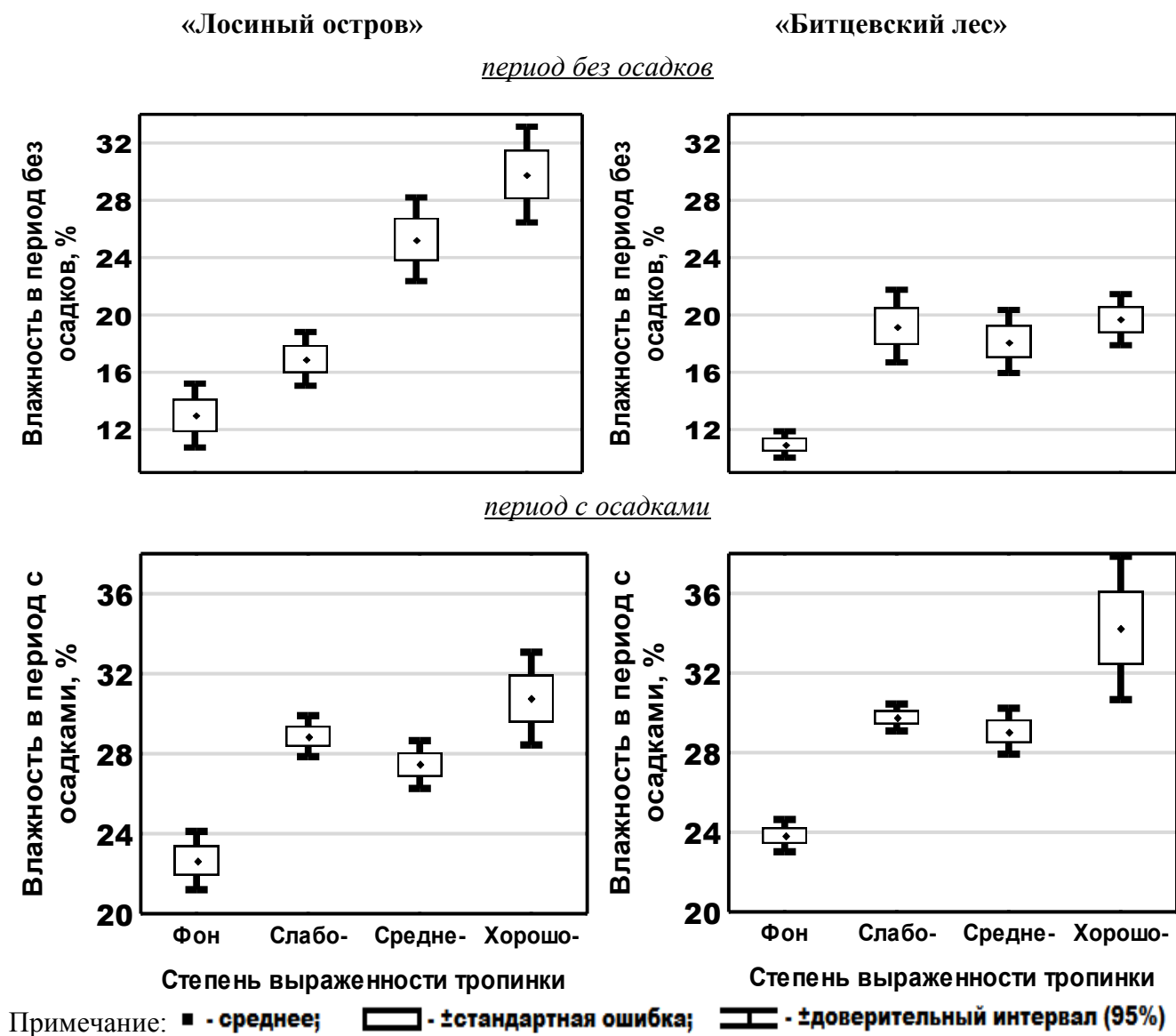


Рис.3.14. Влажность почв в верхнем 0-5 см слое почв на тропинках разного типа в относительно сухой и дождливый периоды



Рис. 3.15. Морфологические признаки оглеения верхнего минерального слоя почв дорожно-тропиночной сети

Химические свойства почв дорожно-тропиночной сети

Под воздействием рекреации в почвах тропинок изменяется реакция среды почвенного раствора, электропроводность и содержание органического углерода.

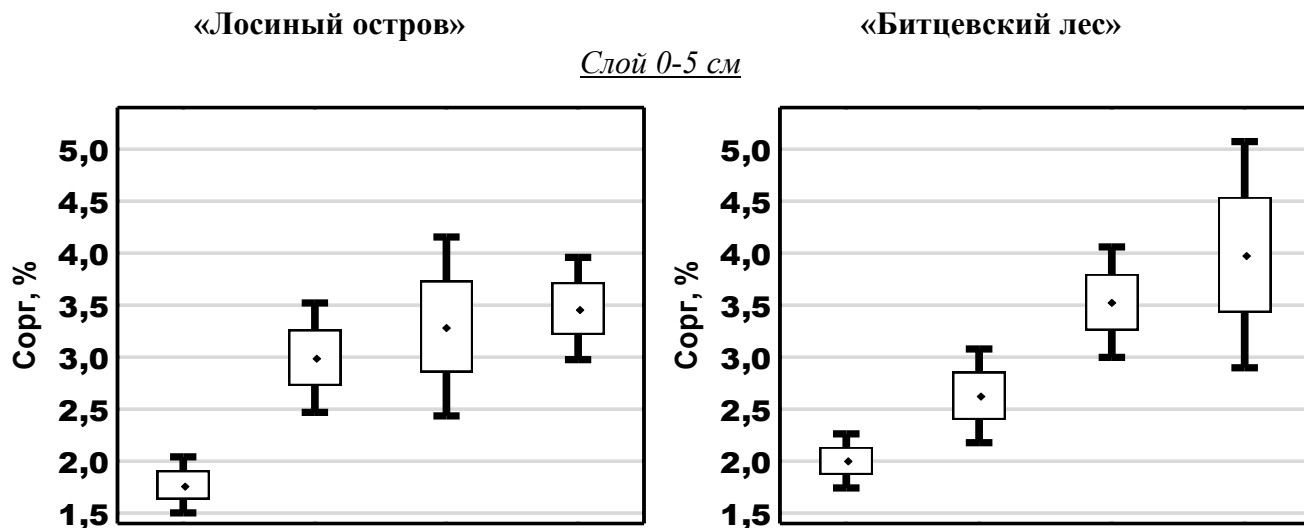
Известно, что одним из основных негативных последствий рекреации является переуплотнение почв не только на самих тропинках, но и в притропиночных зонах. Эти нарушения в условиях города дополняются атмотехногенным загрязнением пылью,

содержащей карбонаты кальция и магния, объем которой в лесопарках в условиях города в 2-4 раза выше, чем в естественных условиях (Касимов, Перельман, 1995; Состояние зеленых насаждений...,2000). Дополнительно при зимней рекреации почвы лесопарков загрязняются легкорастворимыми солями в результате привноса посетителями антигололедных реагентов из селитебных и селитебно-транспортных участков. Определенное значение в загрязнении почв при рекреации может иметь и дефляция загрязненного снегового покрова. Тропинки в городских лесопарках условно можно считать элементами микрорельефа, которые аккумулируют и перераспределяют поступающие в ландшафты продукты урботехногенеза. Всё это в той или иной мере способствует изменению, прежде всего, кислотности и электропроводности почв.

При рекреации в результате загрязнения почв рекреационных лесов углеродсодержащими соединениями и локально за счет механического обогащения почв измельченным растительным материалом подстилки и опада увеличивается содержание органического углерода. Из-за высокой плотности почвы и увеличившейся гетерогенности среды микроорганизмы не успевают перерабатывать поступающий органический материал на тропинке, который накапливается в виде полуразложившихся остатков и механически «вдавливается» в минеральную массу почв. Кроме того, загрязнение городских ландшафтов пылью, содержащей кальций, приводит к снижению кислотности почв и закреплению гумусовых соединений (Состояние зеленых насаждений...,2000; Экология города,2004).

Содержание органического углерода

Полученные результаты, характеризующие изменение содержания органического углерода в почвах тропинок разных типов, представлены на рисунке 3.16. Содержание органического углерода в почвах тропинок по сравнению с фоновыми участками статистически значимо увеличивается в 2 раза в «Лосином острове» на всех типах тропинок, а в «Битцевском лесу» только на средне-и хорошо выраженных.



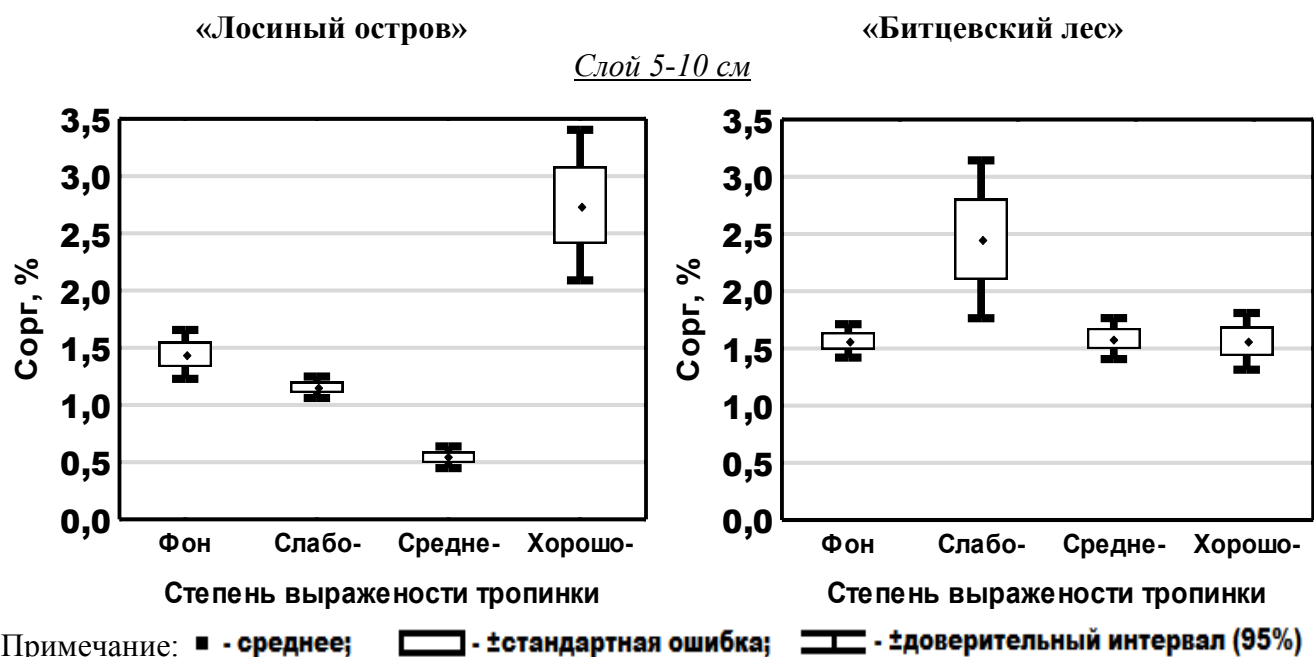


Рис.3.16. Содержание органического углерода в почвах тропинок разного типа

Почвы дорожно-тропиночной сети характеризуются большей пространственной вариабельностью содержания органического углерода по сравнению с фоновыми участками в результате неравномерного втапывания подстилки в верхний минеральный слой.

Реакция среды

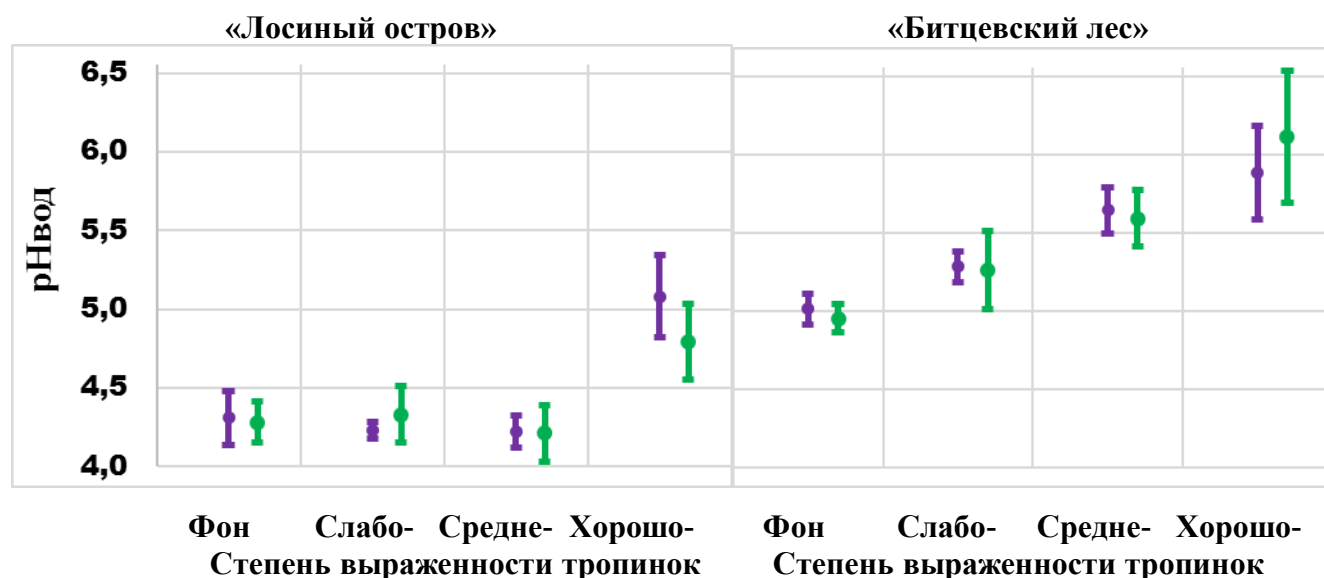
Почвы дорожно-тропиночной сети характеризуются меньшей кислотностью по сравнению с фоновыми участками (рис.3.17).



Рис.3.17. Кислотность почв в верхнем 0-5 см слое почв тропинок разного типа

Различия в величинах рНвод почв фоновых участков хвойно-широколиственного и широколиственного леса составляют почти 1. Они уменьшаются для почв дорожно-тропиночной сети до 0.3 единиц рН. По сравнению с фоном кислотность почв снижается уже на слабовыраженных тропинках в «Битцевском лесу» и «Лосином острове», соответственно, на 0.35 и 0.8 ед.рН. На хорошо-выраженных типах рН увеличивается до 5.6-5.9.

С глубиной влияние рекреации на кислотность почв ослабляется (рис.3.18.).



Примечание: ● 5-10 см ● 10-20 см ■ - среднее; ┌─┐ - ±доверительный интервал (95%)

Рис.3.18. Кислотность почв тропинок разного типа на глубине 5-10 и 10-20 см

В «Битцевском лесу» на слабовыраженных тропинках различия с фоном проявляются только до глубины 10 см, на средне и хорошо выраженных тропинках они отмечены и в слое 10-20 см. В «Лосином острове» только на хорошо выраженных тропинках рНвод в слоях 5-10 и 10-20 см превышает фоновые значения.

Электропроводность почв

Электропроводность почв тропиночной сети выше, чем на фоновых участках (рис.3.19-3.20). Максимальных значений 0.7-0.8 мСм/см электропроводность почв достигает на хорошо-выраженных тропинках. С увеличением ширины тропинки увеличивается пространственная вариабельность показателя: на средне-выраженных тропинках в 3-6 раз, а на хорошо выраженных - 8-12 раз. Представленные на рис. 3.20 данные свидетельствуют об уменьшении значений электропроводности почв с глубиной и ослаблении ее зависимости от типа тропинки.

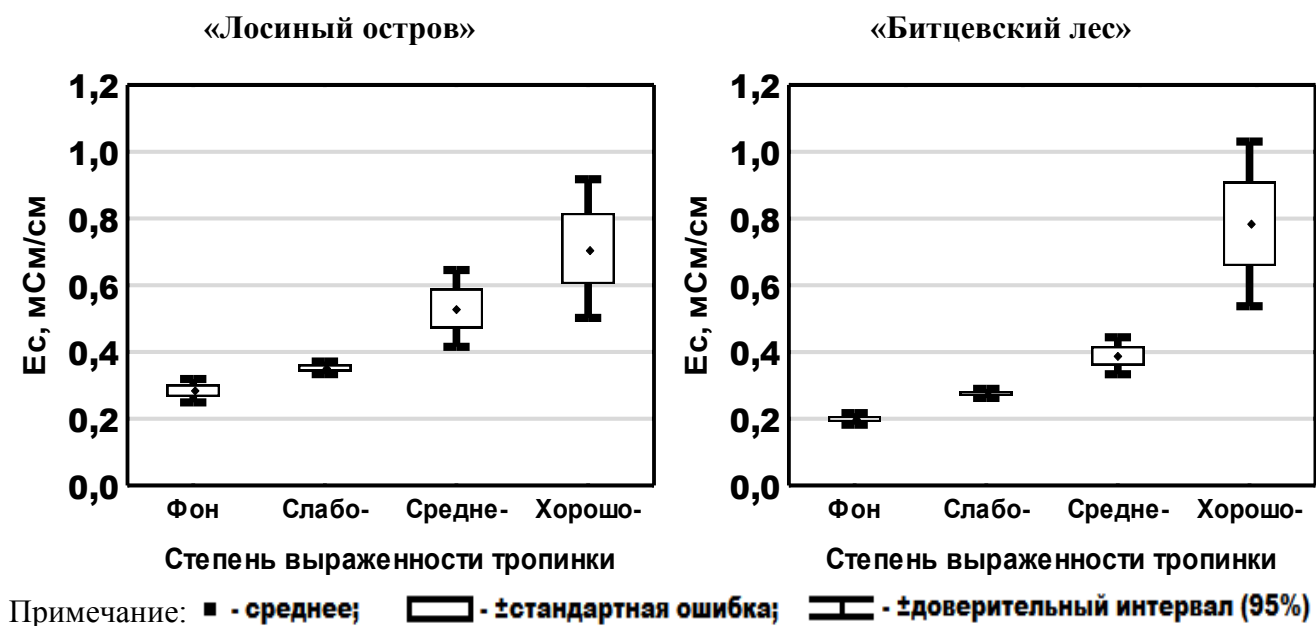


Рис.3.19. Электропроводность (Ec) почв в верхнем 0-5 см слое почв тропинок разного типа

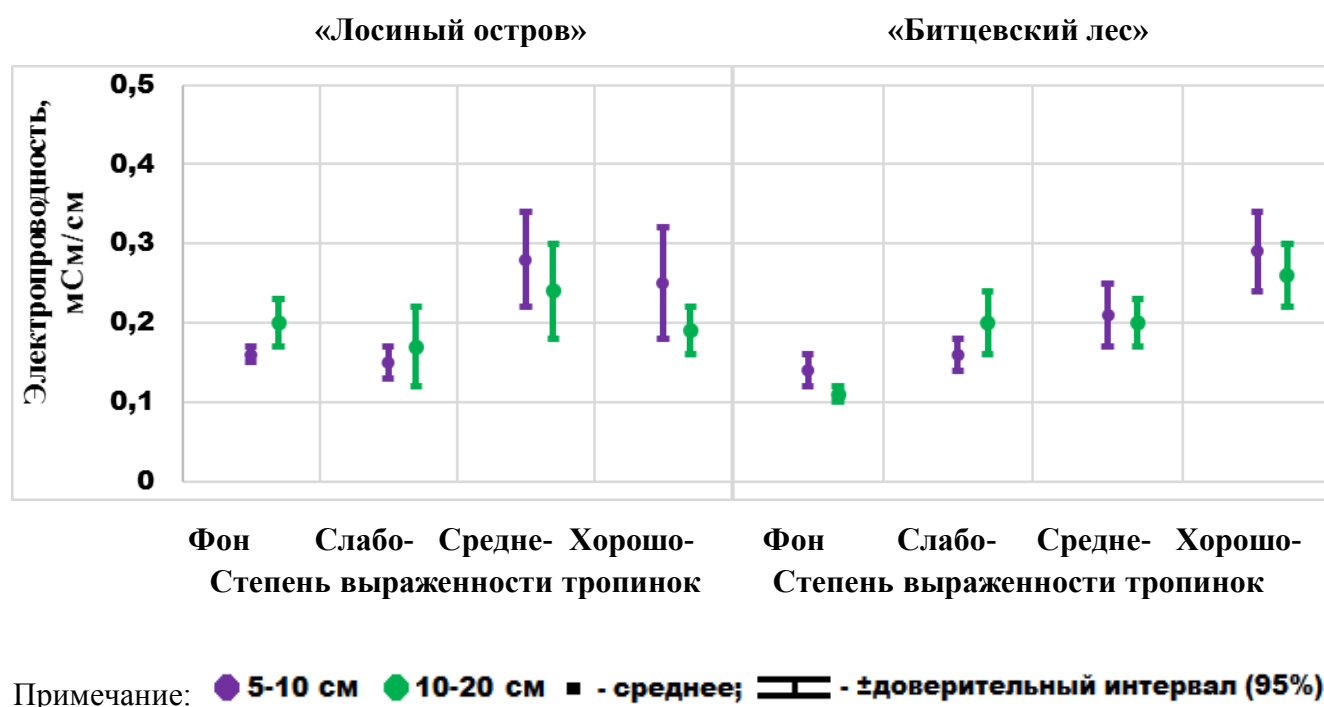


Рис.3.20. Электропроводность почв тропинок разного типа на глубине 5-10 и 10-20 см

Свойства талого снега

Как отмечалось выше, почвы тропинок изучаемых лесопарков характеризуются более высокими значениями рНвод и Ec по сравнению с фоновыми участками - это может быть связано с поступлением атмотехногенной пыли и антигололедных реагентов в зимний период.

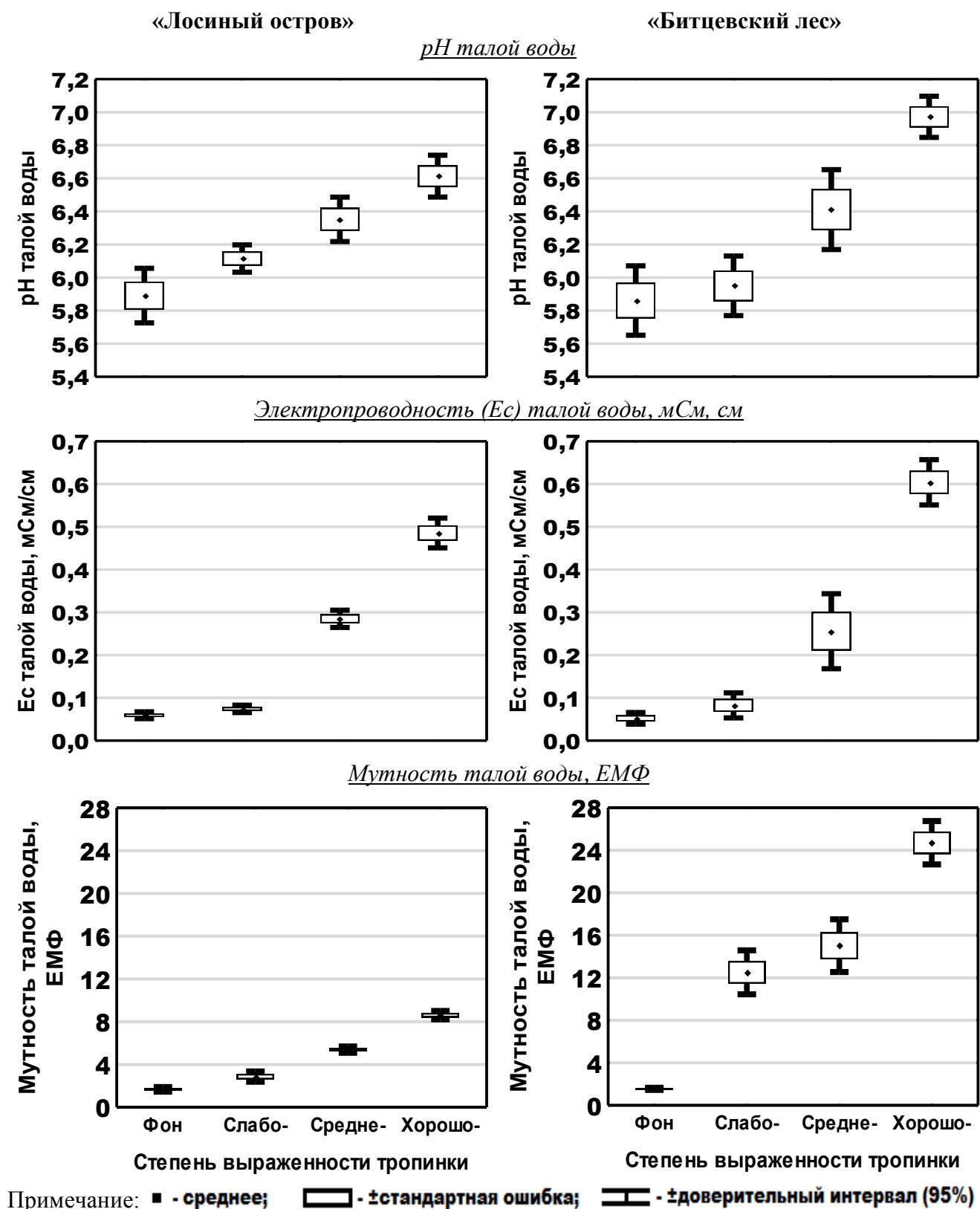


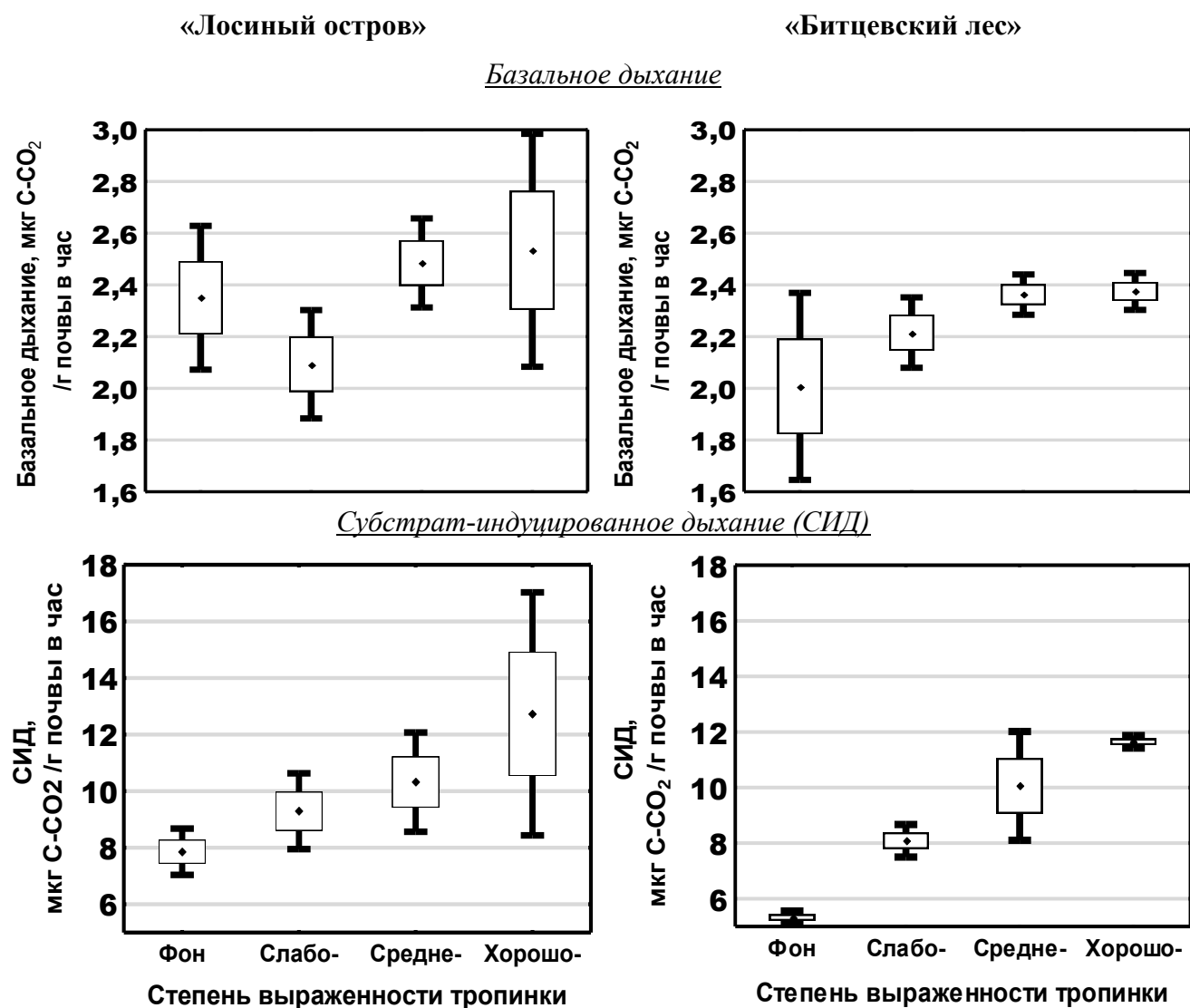
Рис.3.21. Свойства талого снега на тропинках разного типа

Для оценки возможного уровня загрязнения нами был проведен анализ образцов талого снега. На рис. 3.21. представлены данные, характеризующие свойства талого снега

(кислотность, электропроводность и мутность почв), собранного на тропинках разного типа. Снеговые талые воды на фоновых участках слабокислые ($\text{pH} = 5.9$). С увеличением ширины тропинки pH увеличивается, достигая значений 6.6-7.0 на хорошо выраженных тропинках. Четко проявляется зависимость электропроводности талой воды от типа тропинки. На средне и хорошо выраженных тропинках она, соответственно, в 5 и 8-12 раз выше фоновых значений. С увеличением ширины тропинок возрастает мутность талого снега. Полученные результаты хорошо согласуются с представленными выше данными о зависимости кислотности и электропроводности почв от степени выраженности тропинок.

Биологические свойства почв дорожно-тропиночной сети

Биологическая активность почв дорожно-тропиночной сети оценивалась по результатам определения базального и субстрат-индуцированного дыхания (рис. 3.22.).



Примечание: ■ - среднее; □ - $\pm$ стандартная ошибка; ▬ - $\pm$ доверительный интервал (95%)

Рис.3.22. Биологическая активность в верхнем 0-5 см слое почв тропинок разного типа

По полученным данным не удалось выявить статистически значимых различий в базальном дыхании почв дорожно-тропиночной сети и фоновых участков из-за очень высокой пространственной вариабельности этого показателя (рис.3.22).

Субстрат-индуцированное дыхание в почвах дорожно-тропиночной сети выше чем на фоновых участках (рис.3.22). В «Лосином острове» рост биологической активности почв с увеличением степени выраженности тропинок проявляется только как тенденция, так как из-за очень высокой пространственной вариабельности субстрат-индуцированного дыхания на хорошо выраженных тропинках различия между тропинками разной ширины статистически не значимы. В «Битцевском лесу» эта зависимость проявляется более четко. Так субстрат-индуцированное дыхание на хорошо выраженных тропинках в 2.2 раза превышает фоновое значение, а величина субстрат-индуцированного дыхания на слабо и хорошо выраженные тропинки значимо различаются в 1.5 раза. Полученные данные не противоречат результатам других исследований (Соколов, Зеликов, 1982; Куйбышев, 1985; Скворцова, 1997; Экологические функции городских..., 2004).

Некоторое увеличение биологической активности объясняется тем, что при не очень высокой рекреационной нагрузке микробное сообщество часто сохраняет способность сопротивляться отрицательному экологическому влиянию, что выражается в увеличении биохимической активности, интенсивности дыхания и других показателей (Скворцова, 1997; Шугалей, 2009).

В рекреационных лесах изменяется соотношение физиологических групп микроорганизмов, с тенденцией увеличения доли тех групп, которые вовлекают в биологический круговорот более сложные и труднодоступные соединения (Егорова, Лаврова, 1987; Оптимизация рекреационного..., 1990). Это приводит к увеличению глубины минерализации и потенциальной биологической активности. Активизация процессов деструкции органического материала при рекреации также связывается с изменением качества питательного субстрата, поскольку в результате вытаптывания роисходит измельчение растительных остатков (Лазарева, Морозова, 1987; Killham, 1985; Liddle 1997; Hammitt, Cole 1998; Malmivaara-Lämsä, 2008).

Изменение почвенных свойств в притропиночной зоне

По мере усиления рекреационной нагрузки увеличивается площадь дорожно-тропиночной сети. Выше были продемонстрированы различия почвенных свойств на фоновых участках и тропинках разного типа. Проследим за тем, как изменяются свойства почв по мере удаления от края тропинки на расстояние 20, 50 и 100 см и определим ширину притропиночной

зоны в зависимости от типа тропинки. Данные таблицы 3.6. характеризуют изменения запасов подстилки, ее влажности и кислотности в притропиночной зоне.

Таблица 3.6. Характеристика подстилки в притропиночной зоне

Свойство	Запасы подстилки, кг/м ²			Влажность подстилки, %			Кислотность подстилки		
Расстояние от тропинки	N	Лосиный остров	Битцевский лес	N	Лосиный остров	Битцевский лес	N	Лосиный остров	Битцевский лес
Слабовыраженная тропинка									
тропинка	12	0.7±0.25	0.7±0.17	12	24.9±4	21.7±5.3	12	5.7±0.03	6.0±0.16
20	12	1.1±0.45	0.8±0.17	12	24.3±4.6	22.1±3.7	12	5.7±0.04	5.8±0.09
50	12	1.2±0.59	0.8±0.14	12	22.9±3.6	19.9±3.7	12	5.5±0.05	5.6±0.07
100	12	2.0±0.84	1.5±0.34	12	20.1±4.3	16.7±2.5	12	5.5±0.06	5.5±0.07
Средневыраженная тропинка									
тропинка	12	0.7±0.09	0.6±0.12	12	31±4.5	25.6±5.4	12	6.0±0.04	6.0±0.05
20	12	0.9±0.11	0.8±0.18	12	25.5±3.4	22.3±3.7	12	5.8±0.14	5.9±0.09
50	12	1.0±0.14	0.8±0.15	12	22.5±3.7	20.4±3.7	12	5.7±0.06	5.7±0.09
100	12	1.3±0.12	1.3±0.2	12	20.9±2.2	18±4.2	12	5.5±0.06	5.5±0.09
Хорошо выраженная тропинка									
тропинка	12	0.6±0.13	0.6±0.15	12	36.8±3.3	29.6±4	12	6.1±0.06	6.0±0.1
20	12	0.9±0.22	0.8±0.23	12	28.4±3.9	25.6±5.7	12	6.0±0.13	5.8±0.1
50	12	1.0±0.2	1.0±0.24	12	27.3±2.2	25±3.3	12	5.8±0.07	5.8±0.06
100	12	1.1±0.26	1.1±0.32	12	23.4±2.2	19.6±3.1	12	5.6±0.07	5.5±0.06
Фон	15	1.3±0.22	1.0±0.14	15	20.2±2.7	19.8±2.9	15	5.5±0.1	5.8±0.09

Примечание (здесь и далее): **полужирным шрифтом выделены** средние значения, отличающиеся от фоновых по критерию Краскела - Уоллиса, а±б, а - среднее значение, б - 95-% доверительный интервал среднего.

Статистический анализ не выявил различий в запасах подстилки в притропиночной зоне и на прилегающей фоновой территории. В «Лосином острове» притропиночная зона отличается от фона по кислотности и влажности подстилки.

Статистически значимое увеличение влажности на расстоянии до 50 см от края тропинки отмечено только в зоне влияния хорошо выраженной тропинки. Влияние тропинки на кислотность подстилки прослеживается в 20 и 50 см зонах, соответственно, слабо, средне и хорошо выраженных тропинок. В «Битцевском лесу» влажность и кислотность подстилки в притропиночной зоне от фоновых значений значимо не отличались.

Изменения фракционного состава подстилки прослеживаются на расстоянии 20см от края слабовыраженных тропинок и на расстоянии 50 см от края средне и хорошо выраженных тропинок (табл.3.7.).

Обсудим свойства верхнего минерального слоя (0-5 см) почв притропиночной зоны. Результаты, представленные в таблице 3.8, свидетельствуют об изменении твердости почв притропиночной зоны. В «Лосином острове» изменение твердости отмечено в зоне влияния

всех типов тропинок, а в «Битцевском лесу» только в притропиночной зоне хорошо выраженных тропинок. Отличия от фона по влажности отмечены на расстоянии 1 м от края хорошо выраженных тропинок.

Высокой чувствительностью к рекреационному воздействию обладают параметры, характеризующие структуру почв (коэффициент структурности, сумма агрономически ценных агрегатов). Статистически значимые различия этих показателей отмечены в метровой зоне всех типов тропинок (табл.3.9.).

Таблица 3.7. Фракционный состав подстилки в притропиночной зоне

Свойство	Активная фракция подстилки (доля фракции, %)			Пассивная фракция подстилки (доля фракции, %)			Измельченная фракция подстилки (доля фракции, %)		
	N	Лосиный остров	Битцевский лес	N	Лосиный остров	Битцевский лес	N	Лосиный остров	Битцевский лес
Слабовыраженная тропинка									
тропинка	12	25±5.5	47.8±12.9	12	47±2.7	33.3±6.9	12	28±2.7	18.8±6
20	12	26±5.4	49.2±13.4	12	46.5±2.7	32.7±7.1	12	27.5±2.7	18.2±6.3
50	12	54.8±9.1	62.3±13.2	12	32±4.7	25.8±6.6	12	13.2±4.5	11.8±6.6
100	12	68.1±10	80.3±2.7	12	25±5.5	16.8±1.4	12	6.9±4.7	2.9±1.3
Средневыраженная тропинка									
тропинка	12	24.6±6.7	9.2±9.9	12	47.3±3.4	53.9±5.7	12	28.2±3.3	36.9±4.5
20	12	29.9±7.7	12.3±11.5	12	44.6±3.9	52±6.4	12	25.5±3.8	35.7±5.3
50	12	39.7±8.9	46.8±14.6	12	39.7±4.4	33.7±7.4	12	20.7±4.4	19.5±7.2
100	12	58±6.4	65.8±6.2	12	30.5±3.2	24.1±3.1	12	11.5±3.2	10.1±3.1
Хорошо выраженная тропинка									
тропинка	12	21.5±8.9	8.5±5.3	12	49.1±4.8	53±2.9	12	29.4±4.1	38.5±2.5
20	12	44.4±13.8	30±8.3	12	37.3±7	42±4.1	12	18.3±6.9	28±4.1
50	12	62±16.1	46.3±13.1	12	27.1±9.2	33.8±6.5	12	10.9±7	19.8±6.5
100	12	69.8±6.5	71.7±13.4	12	24.5±3.4	20.2±7.4	12	5.8±3.1	8.2±6.1
Фон	15	76.9±8.2	83.5±6	15	19.3±5.3	13.7±3.8	15	3.8±3.5	2.7±2.3

Таблица 3.8. Физические свойства почв в притропиночной зоны

Свойство	Плотность, г/см ³			Твердость, МПа			Влажность, %		
	N	Лосиный остров	Битцевский лес	N	Лосиный остров	Битцевский лес	N	Лосиный остров	Битцевский лес
Слабовыраженная тропинка									
тропинка	10	1.07±0.03	1.18±0.08	63	2.53±0.11	2.89±0.14	10	16.9±2.5	19.2±2.92
20	10	1.02±0.07	1.13±0.09	30	2.23±0.12	2.17±0.23	10	13.2±4.4	15.2±2.82
50	10	0.98±0.06	1.05±0.08	30	2.05±0.06	1.97±0.14	10	12.8±1.7	15.1±2.48
100	10	0.93±0.06	1.02±0.07	30	1.42±0.2	1.98±0.16	10	10.8±0.4	13±1

Свойство	Плотность, г/см ³			Твердость, МПа			Влажность, %		
Расстояние от тропинки	N	Лосиный остров	Битцевский лес	N	Лосиный остров	Битцевский лес	N	Лосиный остров	Битцевский лес
Средневыраженная тропинка									
тропинка	10	1.32±0.06	1.22±0.09	48	2.87±0.19	4.23±0.12	10	25.3±3.4	18.2±2.54
20	10	1.25±0.07	1.13±0.11	30	1.79±0.17	2.01±0.25	10	17.2±2.4	14.7±1.7
50	10	1.12±0.07	1.07±0.09	30	1.81±0.13	2.07±0.17	10	17.1±0.8	13.8±2.88
100	10	1.01±0.09	1.03±0.09	30	1.52±0.11	1.89±0.17	10	15.4±2	11.6±1.73
Хорошо выраженная тропинка									
тропинка	10	1.39±0.08	1.42±0.07	63	2.9±0.17	4.09±0.14	10	29.8±3.8	19.7±2.06
20	10	1.16±0.11	1.22±0.06	30	2.08±0.14	2.45±0.17	10	28.1±1.6	17.6±1.88
50	10	1.11±0.13	1.13±0.06	32	1.93±0.13	2.41±0.22	10	21.2±2.7	15.7±1.58
100	10	1.05±0.04	1.12±0.05	30	1.82±0.07	2.19±0.11	10	20.3±0.5	15.4±1.46
Фон	15	0.97±0.06	1.07±0.05	15	0.85±0.2	1.63±0.29	15	13±2.4	11±1.01

Таблица 3.9. Структура почв в притропинной зоне

Свойство	Коэффициент структурности			Сумма агрономически ценных агрегатов, %		
Расстояние от тропинки	N	Лосиный остров	Битцевский лес	N	Лосиный остров	Битцевский лес
Слабовыраженная тропинка						
тропинка	10	0.8±0.13	2.2±0.32	10	44±3.8	69±3.1
20	10	1.7±0.55	2.2±0.2	10	61±5.5	69±1.96
50	6	2.9±0.74	3.0±0.36	6	74±4.3	75±2.33
100	6	3.0±0.45	3.1±0.31	6	75±2.8	76±1.77
Средневыраженная тропинка						
тропинка	10	0.6±0.11	0.4±0.08	10	35±4.4	30±3.91
20	10	0.8±0.15	1.7±0.35	10	43±4.8	61±4.58
50	6	2.2±1.1	2±0.35	6	67±10.4	66±3.87
100	6	2.4±0.68	2.1±0.37	6	70±7	67±4.05
Хорошо выраженная тропинка						
тропинка	10	0.3±0.15	0.4±0.17	10	23±8.2	26±8.76
20	10	1.1±0.24	1.7±0.12	10	51±5.8	63±1.69
50	6	1.7±0.2	2.2±0.62	6	63±2.8	68±6.95
100	6	1.9±0.58	2.6±1.2	6	64±8.4	70±9.32
Фон	15	4.2±0.22	5.1±0.34	15	81±0.8	84±0.93

Примечание (здесь и далее): **полужирным шрифтом выделены** средние значения, отличающиеся от фоновых по критерию Краскела - Уоллиса, $a \pm b$, а - среднее значение, b - 95-% доверительный интервал среднего.

Рассмотрим изменения химических свойств почв в притропинной зоне (табл. 3.10.). Они прослеживаются на расстоянии 20-50 см от края тропинки. Содержание органического углерода выше фонового значения на расстоянии 20 и 50 см, соответственно, от края средне и хорошо выраженных тропинок. Снижение величины рНвод отмечено в зоне влияния всех типов тропинок. Повышенная по сравнению с фоном электропроводность почв наблюдается только в притропинной зоне хорошо выраженных тропинок.

Таблица 3.10. Химические свойства почв в притропиночных зон

Свойство	рНвод			Электропроводность (Ес), мСм/см			Содержание Сорг, %		
Расстояние от тропинки	N	Лосиный остров	Битцевский лес	N	Лосиный остров	Битцевский лес	N	Лосиный остров	Битцевский лес
Слой 0-5 см									
Слабовыраженная тропинка									
тропинка	16	5.03±0.23	5.54±0.08	16	0.35±0.02	0.28±0.02	10	3±0.61	2.63±0.52
20	16	4.84±0.17	5.41±0.05	16	0.25±0.03	0.22±0.01	10	2.28±0.44	2.4±0.31
50	16	4.61±0.19	5.18±0.12	16	0.3±0.03	0.2±0.03	10	1.59±0.55	2.32±0.43
100	16	4.24±0.02	5.09±0.05	16	0.29±0.03	0.17±0.01	10	1.51±0.52	2.21±0.41
Средневыраженная тропинка									
тропинка	16	5.01±0.18	5.69±0.03	16	0.53±0.12	0.39±0.06	15	3.3±0.95	3.53±0.58
20	16	4.85±0.09	5.59±0.04	16	0.32±0.02	0.31±0.04	15	2.8±0.41	3.25±0.17
50	16	4.64±0.09	5.24±0.08	16	0.39±0.06	0.23±0.02	15	1.69±0.26	2.48±0.34
100	16	4.61±0.08	5.11±0.13	16	0.28±0.04	0.23±0.02	15	1.52±0.24	2.24±0.31
Хорошо выраженная тропинка									
тропинка	16	5.62±0.1	5.92±0.12	16	0.71±0.23	0.78±0.27	15	3.47±0.54	3.99±1.19
20	16	5.14±0.06	5.59±0.09	16	0.46±0.08	0.3±0.05	15	2.8±0.5	3.29±0.67
50	16	4.85±0.13	5.33±0.11	16	0.35±0.07	0.27±0.02	15	2.48±0.44	3.14±0.28
100	16	4.65±0.06	5.31±0.06	16	0.33±0.06	0.24±0.04	15	2.24±0.4	2.83±0.26
Фон	15	4.21±0.17	5.19±0.09	15	0.28±0.03	0.2±0.02	15	1.77±0.29	2±0.28

Примечание: **полужирным шрифтом выделены** средние значения, отличающиеся от фоновых по критерию Краскела - Уоллиса, а±б, а - среднее значение, б - 95-% доверительный интервал среднего (здесь и далее).

Анализ биологической активности почв обнаружил статистически значимые по сравнению с фоновыми значениями различия субстрат индуцированного дыхания почв притропиночной зоны средне и хорошо выраженных тропинок только в «Битцевском лесу» (табл. 3.11.).

Таблица 3.11. Биологическая активность почв в притропиночной зоны

Свойство	СИД, мкг С-СО ₂ / г почвы в час			Базальное дыхание, мкг С-СО ₂ / г почвы в час		
Расстояние от тропинки	N	Лосиный остров	Битцевский лес	N	Лосиный остров	Битцевский лес
Слабовыраженная тропинка						
-	6	9.29±1.76	8.09±0.77	6	2.09±0.27	2.22±0.18
20	6	9.19±1.18	6.27±0.33	6	2.24±0.42	2.23±0.17
50	6	8.42±0.5	5.62±0.52	6	2.37±0.19	2.31±0.3
100	6	8.04±0.53	5.37±0.4	6	2.41±0.19	2.33±0.29
Средневыраженная тропинка						
-	6	10.32±2.3	10.06±2.57	6	2.48±0.22	2.36±0.1
20	6	9.41±2.18	7.82±0.31	6	2.44±0.14	2.33±0.16
50	6	9.01±1.41	6.93±1.17	6	2.45±0.13	2.31±0.08
100	6	7.86±1.19	6.17±0.96	6	2.48±0.16	2.37±0.07

Свойство	СИД, мкг С-СО ₂ / г почвы в час			Базальное дыхание, мкг С-СО ₂ / г почвы в час		
Расстояние от тропинки	N	Лосиный остров	Битцевский лес	N	Лосиный остров	Битцевский лес
Хорошо выраженная тропинка						
-	6	12.73±5.63	11.65±0.3	6	2.53±0.59	2.37±0.09
20	6	10.47±2.06	7.93±1.38	6	2.53±0.2	2.35±0.21
50	6	8.97±1.56	7.61±0.82	6	2.46±0.4	2.37±0.18
100	6	7.42±1.18	6.16±0.63	6	2.55±0.42	2.44±0.23
Фон	6	7.86±1.07	5.32±0.3	6	2.35±0.36	2.01±0.48

Таким образом, представленные данные позволяют выделить в пределах пробных площадей, характеризующих стадии рекреационной дигрессии, три различающиеся по почвенным свойствам зоны: дорожно-тропиночную сеть, притропиночную зону и область вне прямого влияния тропинок. Ширина притропиночной зоны зависит от почвенного свойства и типа тропинок. Об изменении физических свойств почв притропиночных зон свидетельствуют материалы, представленные и в других работах (Лысиков, 2008, 2011; Лысиков, Судницына, 2008; Байчибаева, 2011).

3.2.2. Оценка изменений почвенных свойств по результатам статистического анализа послойных выборок

В связи с тем, что пробные площади представляют собой неоднородные по почвенным свойствам объекты, причем доля участия разнородных частей известна, при определении зависимости изменений свойств почв от уровня рекреационной нагрузки мы анализировали послойные выборки (Дмитриев, 2009). При их составлении, учитывалась доля площадей тропинок, притропиночных зон и территории вне прямого влияния тропинок.

Изменение свойств подстилки

Подстилка является одним из наиболее уязвимых компонентов рекреационных лесов. Под влиянием рекреации изменяются ее мощность, строение, запасы и состав (Соколов, 1983; Заяц, 1984; Куйбышев, 1985, 1987а; Щудря, 1985; Бганцова и др., 1987; Лазарева, Морозова, 1987; Марфенина и др., 1988; Орловский, 1988; Тарабин, 1989; Добрынин, 1990; Болдырев, 1995; Дробышев, 1999; Бурова, Феклистов, 2007; Крутов и др., 2010; Хлуденцов, 2010; Cole, Fichtler, 1983; Belsky, Blumenthal, 1997; Рысин и др., 2006, 2007, 2012; Cole, Fichtler, 1983; Kissling et al., 2009).

Полученные нами данные, характеризующие изменения свойств подстилки под влиянием рекреации, представлены на рисунках 3.23-3.26.

По мере усиления рекреационной нагрузки изменяется количество и соотношение

подгоризонтов подстилки. На I-II стадии дигрессии по классификации Л.Г. Богатырева (1990) подстилка относится к типу гумифицированных, состоит из трех подгоризонтов: листового, ферментативного и гумифицированного, а ее мощность составляет в среднем 2-4 см. В дальнейшем (на III и IV стадиях) увеличивается ее фрагментарность, а тип меняется на деструктивный. В этом случае она представлена только листовым горизонтом мощностью 1 см. При максимальной нагрузке (V стадия дигрессии) подстилка вдавливается и перемешивается с верхним минеральным слоем почвы.

По мере усиления рекреационной нагрузки уменьшаются запасы подстилки (рис.3.23).

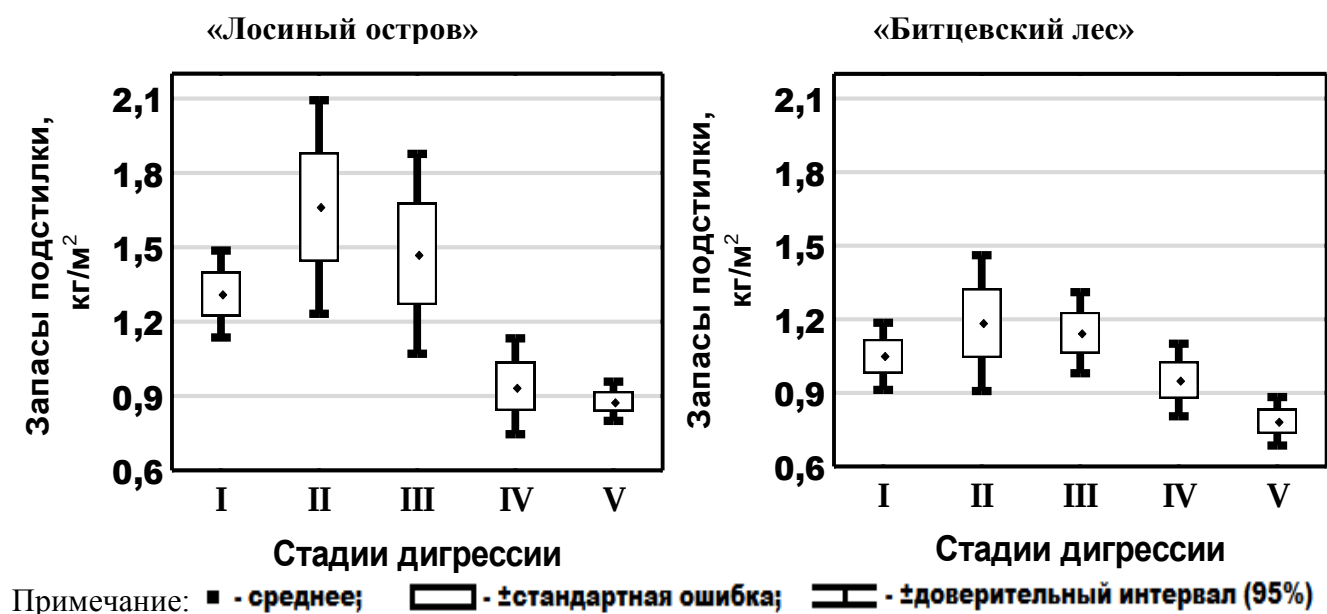


Рис. 3.23. Запасы подстилки на участках разных стадий дигрессии

На I стадии дигрессии запасы подстилки составляют в «Лосином острове» 1.3 кг/м², а в «Битцевском лесу» 1.0 кг/м². Эти различия объясняются большим содержанием трудно разлагающейся пассивной фракции (хвоя) в подстилке «Лосиного острова». Вторая и третья стадии дигрессии характеризуются существенным увеличением пространственной вариабельности запасов подстилки (коэффициент вариации возрастает в 2-3 раза). Из-за высокой пространственной вариабельности можно говорить только о тенденции увеличения запасов подстилки, так как выявленные различия являются статистически незначимыми. На IV-V СД запасы подстилки статистически достоверно снижаются до 0.8-0.9 кг/м².

Увеличение пространственной вариабельности различных показателей при средних рекреационных нагрузках и уменьшение при высоких отмечалось в ряде работ (Куйбышев, 1985, 1987б; Zhevelev, Pariente, 2008). Для ряда показателей их пространственная вариабельность может служить диагностическим признаком рекреационных изменений в

лесных экосистемах.

Многие исследователи рекреационных лесов также отмечали снижение запасов подстилки, объясняя это не только ее физическим вдавливанием в почву, но и активизацией процессов микробной деструкции (Марфенина и др., 1984; Куйбышев, 1985; Бганцова и др., 1987; Лазарева, Морозова, 1987; Репшас, 1994; Матвеев, 2005; Рысин, 2007; Лысиков, 2008; Лысиков, Судницына, 2008; Прокошева, 2009; Шугалей, 2009; Шевелина и др., 2010; Marion, Cole, 1996; Kutiel, Zhevelev, 2001; Amrein et al., 2005; Zhevelev, Pariente, 2008; Cakir et al., 2010).

По мере усиления рекреационной нагрузки в изучаемых лесопарках прослежены однотипные изменения качественного состава подстилки (рис. 3.24). На I стадии дигрессии в ее составе преобладает активная фракция (листья), а по мере усиления нагрузки ее доля снижается наполовину. При усиливающимся механическом воздействии возрастает количество измельченной фракции: в елово-широколиственном лесу «Лосиног острова» в 3 раза, а в широколиственном лесу «Битцевского леса» заметнее - более чем в 8 раз.

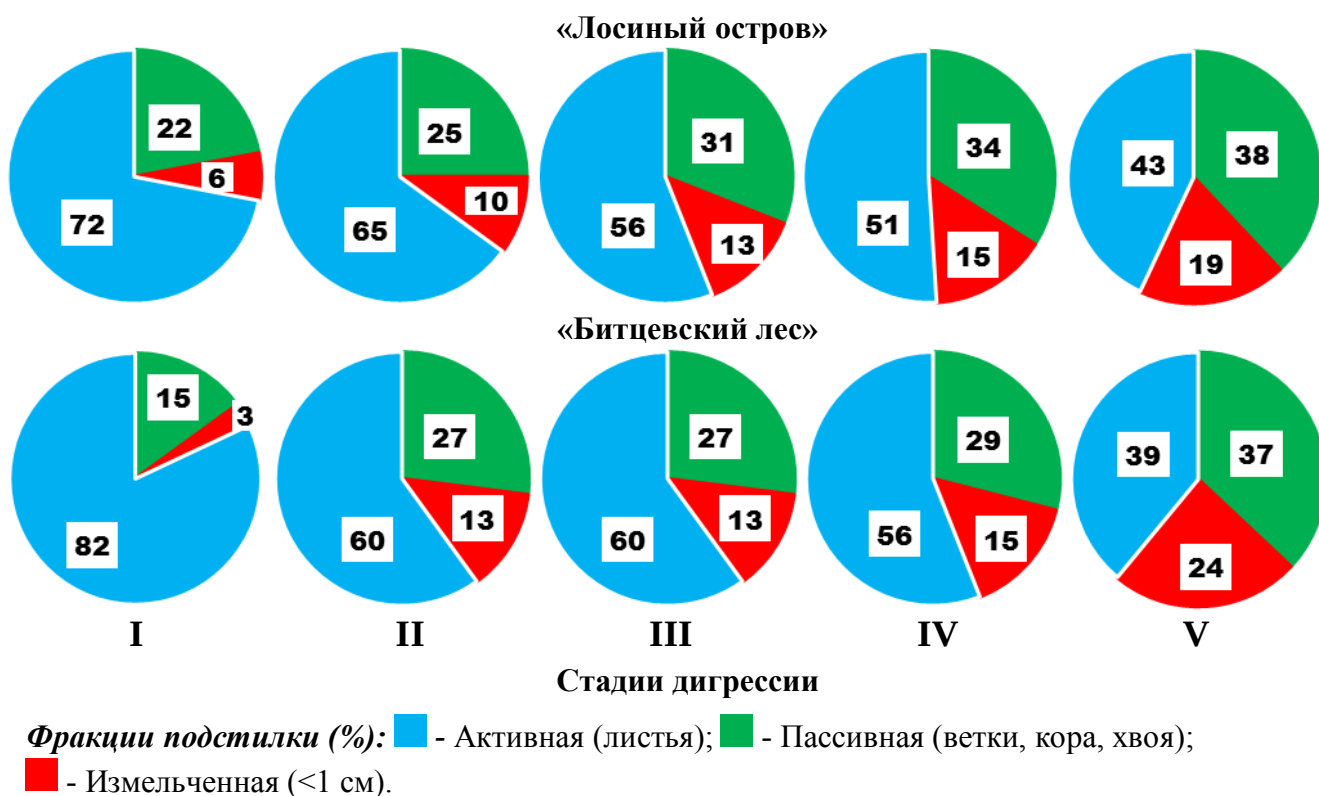


Рис.3.24. Зависимость изменения фракционного состава подстилки от уровня рекреационного воздействия

Доля пассивной фракции (веток, коры и хвои деревьев) также увеличивается в 1.7-2.5 раза. Это, по всей видимости, связано с ухудшением состояния деревьев и их механическим повреждением. В «Лосином острове» достоверное изменение состава подстилки происходит при переходе к III, а в «Битцевском лесу» уже на II стадии дигрессии. Данные других

исследователей также свидетельствуют о снижении количества активной фракции (на 30-40 %), и увеличении пассивной (на ту же величину) (Бганцова и др., 1987).

Возрастание доли мелкой и тонкодисперсной фракции (<1см) подстилки обуславливает увеличение ее влагоемкости и, соответственно, влажности (рис.3.25). На I-III стадиях дигрессии влажность подстилки в лесопарках практически одинакова, ее увеличение: в «Лосином острове» отмечено к IV стадии дигрессии, а в «Битцевском лесу» - к V стадии.

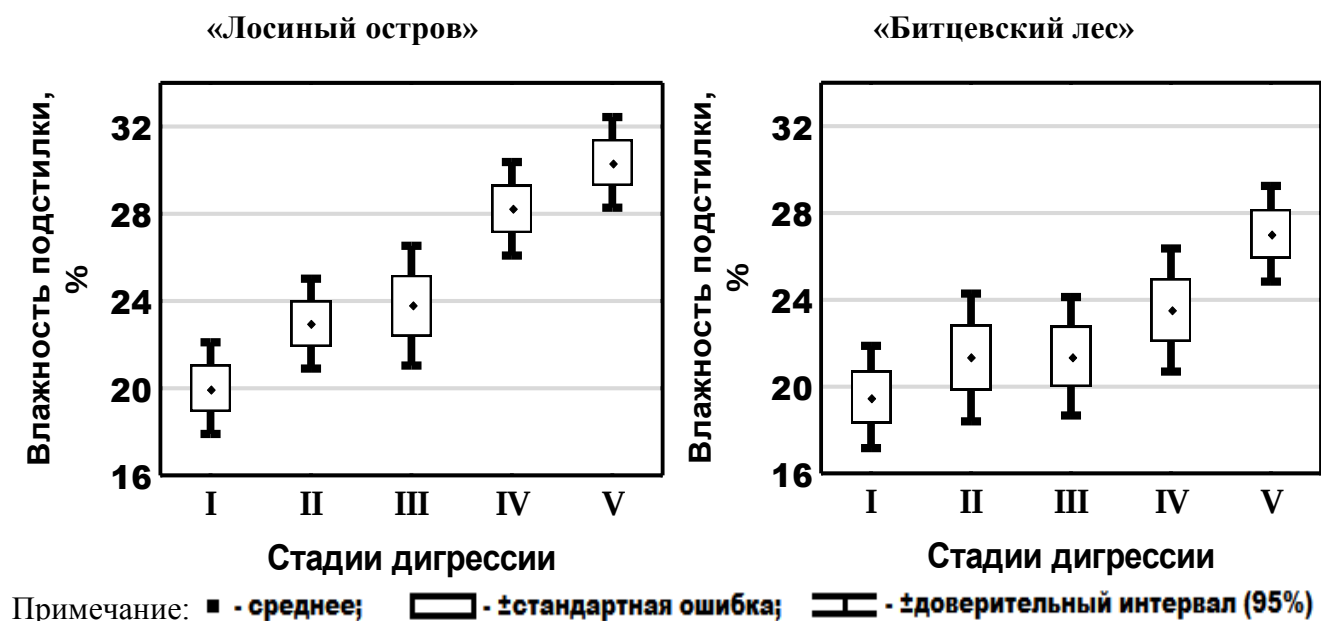


Рис. 3.25. Влажность подстилки на участках разных стадий дигрессии

По мере усиления рекреационной нагрузки в изучаемых лесопарках отмечена однотипная тенденция снижения кислотности подстилки (рис.3.26).

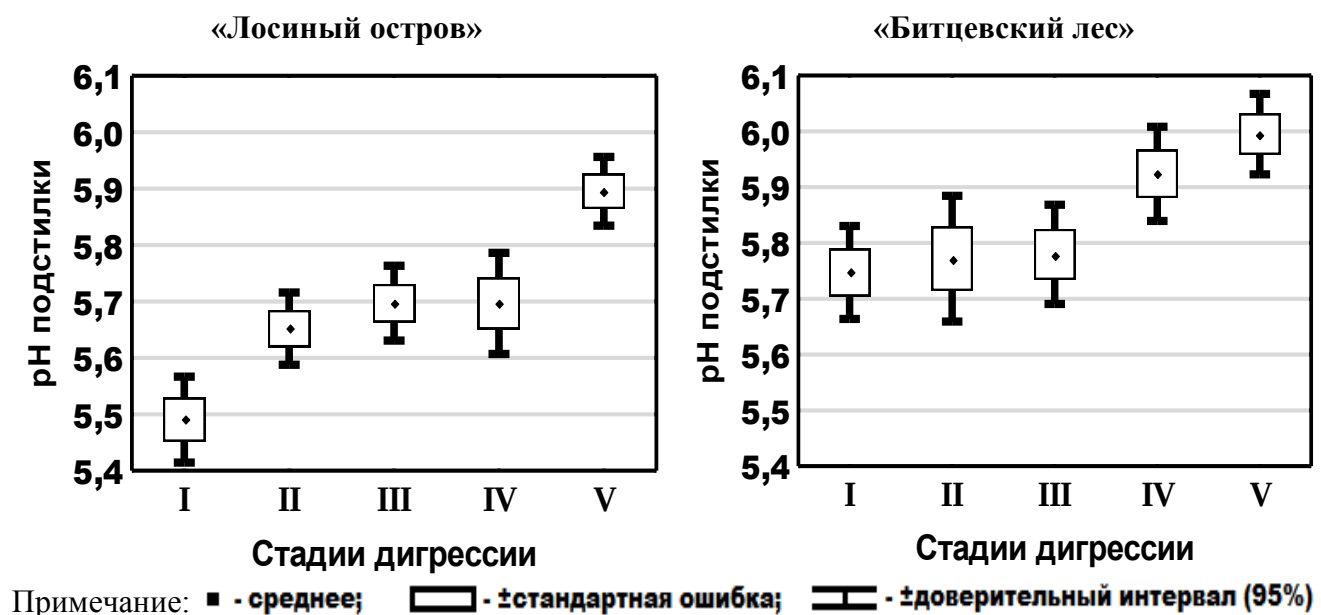


Рис. 3.26. Кислотность подстилки на участках разных стадий дигрессии

При переходе от I к V стадии дигрессии в «Лосином лесу» рН подстилки возрастает с 5.5 до 5.9, а в «Битцевском лесу» - с 5.8 до 6.0. Статистически достоверное изменение отмечено в «Лосином острове» при переходе ко II, а в «Битцевском лесу» только к IV стадии дигрессии.

Изменение физических свойств почв

Плотность

Плотность почв определяет ее водно-воздушный режим, особенности протекания биологических процессов и условия минерального питания растений. Выпадение лесных видов травяных растений происходит при плотности 1.2-1.3 г/см³, а сорных - 1.5-1.7 г/см³. Оптимальная плотность почв для различных древесных пород составляет: для хвойных 0.9-1.15; лиственных - 1-1.45 г/см³ (Матюк, 1983; Рысина, Рысин, 1987; Оборин, 2010). Под влиянием рекреации плотность гумусового горизонта суглинистых дерново-подзолистых почв может увеличиваться с 0.9-1.1 г/см³ до критических значений 1.4-1.6 г/см³ для неморальных растений (Бганцова и др., 1987; Лазарева, Морозова, 1987; Добрынин, 1990; Дробышев, 1999; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010; Рысин, Рысин, 2012).

Результаты изучения зависимости плотности верхнего слоя (0-5 см) суглинистых дерново-подзолистых почв от уровня рекреационной нагрузки представлены на (рис. 3.27)

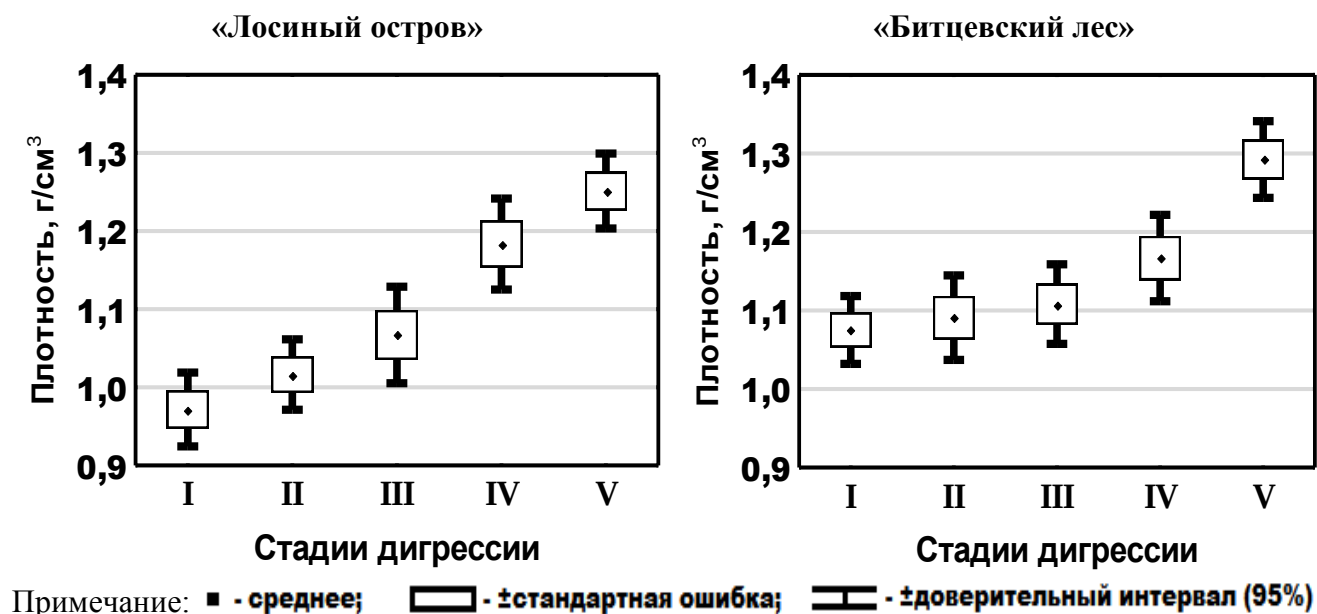


Рис.3.27. Плотность почв в верхнем 0-5 см слое почв на участках разных стадий рекреационной дигрессии

По мере усиления рекреационной нагрузки плотность почв возрастает «Битцевском

лесу» с 1.08 г/см³ на I стадии до 1.29 г/см³ на V стадии дигрессии, а «Лосином острове» с 0.97 г/см³ до 1.25 г/см³. Заметим, что статистически значимое увеличение плотности почв в елово-липовом лесу «Лосиного острова» отмечено при меньшей рекреационной нагрузке на IV стадии, а в дубово-липовом «Битцевском лесу» на V стадии дигрессии.

Зависимость изменения плотности почв в более глубоких горизонтах в зависимости от уровня рекреационной нагрузки представлена на рисунке 3.28. Статистически значимые изменения плотности под влиянием рекреации прослеживаются до глубины 20 см, но амплитуда изменений с глубиной уменьшается. Это наиболее четко прослеживается в «Битцевском лесу», где диапазон изменений в слое 10-20 см в два раза ниже по сравнению с верхними слоями.

В дубово-липовом лесу «Битцевского лесопарка» даже на V стадии дигрессии плотность почв до глубины 20 см остается оптимальной для дуба и липы, но становится критической для лесных трав. В елово-липовом лесу «Лосиного острова» плотность почв, начиная с глубины 5 см, уже на IV стадии превышает верхнюю границу допустимых условий для произрастания даже липы, которая относится к наиболее устойчивым к переуплотнению почв древесным породам.

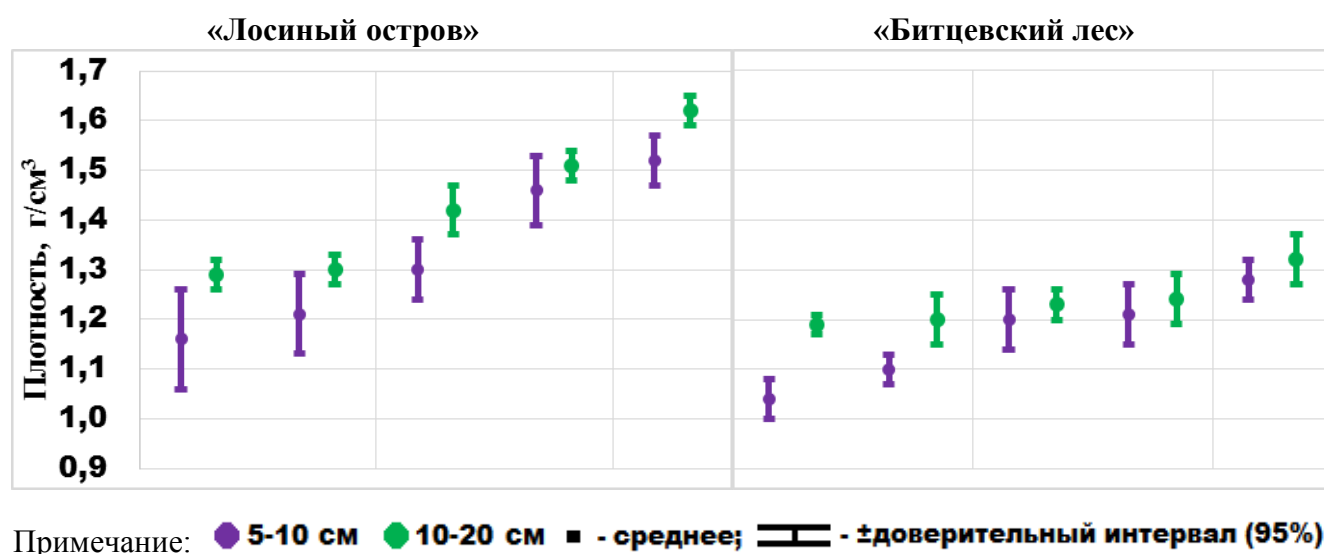


Рис.3.28. Плотность почв на участках разных стадий рекреационной дигрессии.

Твердость

Многие авторы указывают на то, что твердость под влиянием рекреации меняется заметнее, чем другие физические свойства почв (Пастернак, Бондарь, 1983; Бганцова, 1987; Лысиков, 2008, 2011; Лысиков, Судницына, 2008; Лукьянова, Чижикова, 2009; Егоров, 2010;

Байчибаева, 2011; Байчибаева, Соболев, 2011; Рысин, Рысин, 2012). Твердость почв зависит от влажности, поэтому мы определяли ее в сухой и влажный периоды: в первый период (без атмосферных осадков - середина лета) влажность почв составляла 11-23 %, а во второй (с осадками в конце лета-начале осени) - 23-32 % (рис. 3.29).

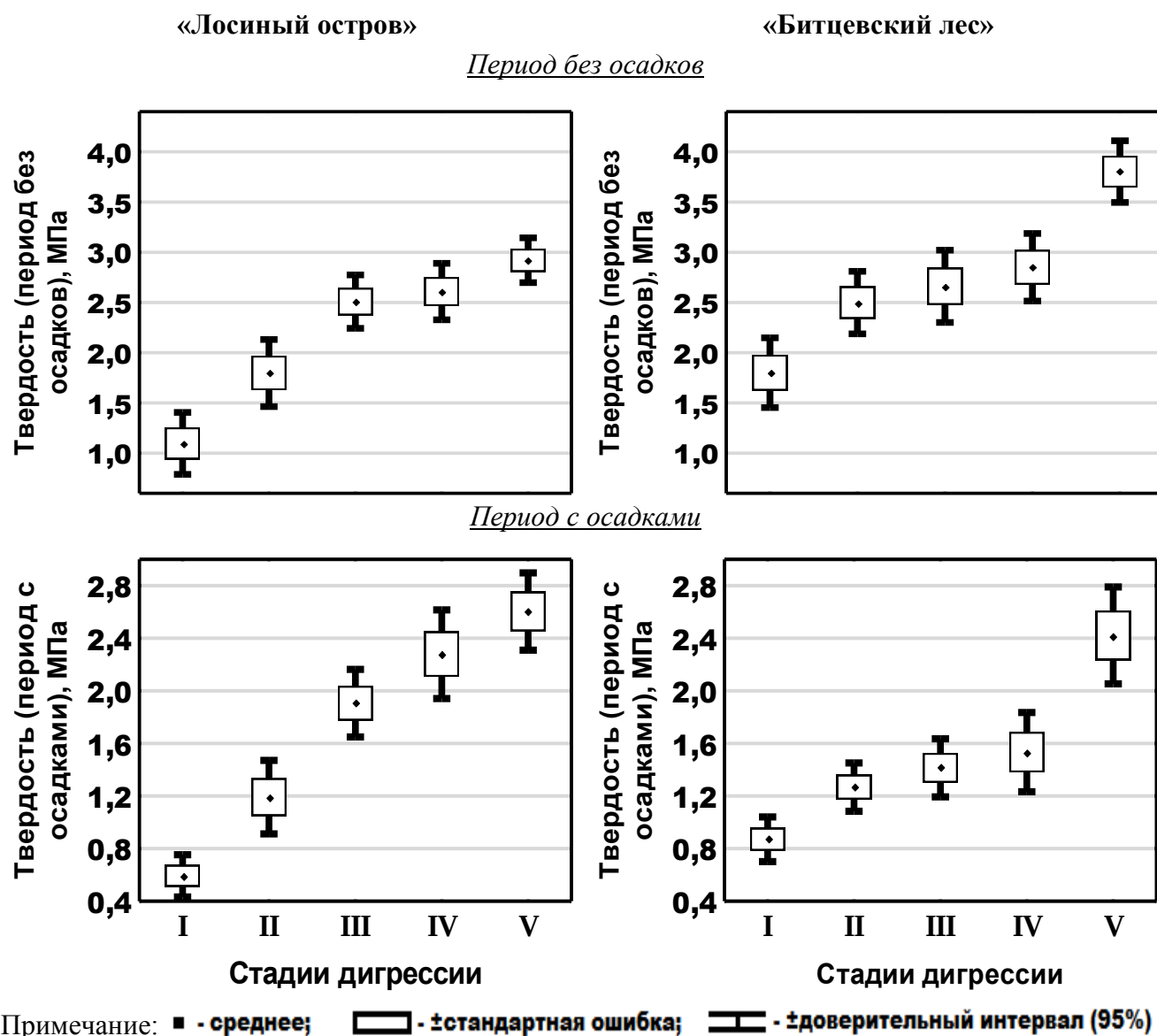


Рис.3.29. Твердость почв в верхнем 0-5 см слое почв в сухой и дождливый период на участках разных стадий рекреационной дигрессии

По нашим данным твердость почв является весьма чувствительным индикатором на рекреационную нагрузку: в сухой период статистически значимое увеличение происходит уже при переходе от I ко II стадии дигрессии. При интенсивной рекреационной нагрузке (V стадия дигрессии) твердость почв в «Битцевском лесу» и «Лосином острове» увеличивается,

соответственно, до 3.8 Мпа и 2.9 Мпа.

Твердость почв в период с более высокой влажностью достоверно ниже (в 1.5-2 раза) аналогичных значений, полученных в первый период. При этом характер закономерности сохраняется, но диапазон изменений возрастает. Если в сухой период твердость почв на первой и пятой стадиях дигрессии различаются в 2-3 раза, то во влажный в 3-4.5 раза.

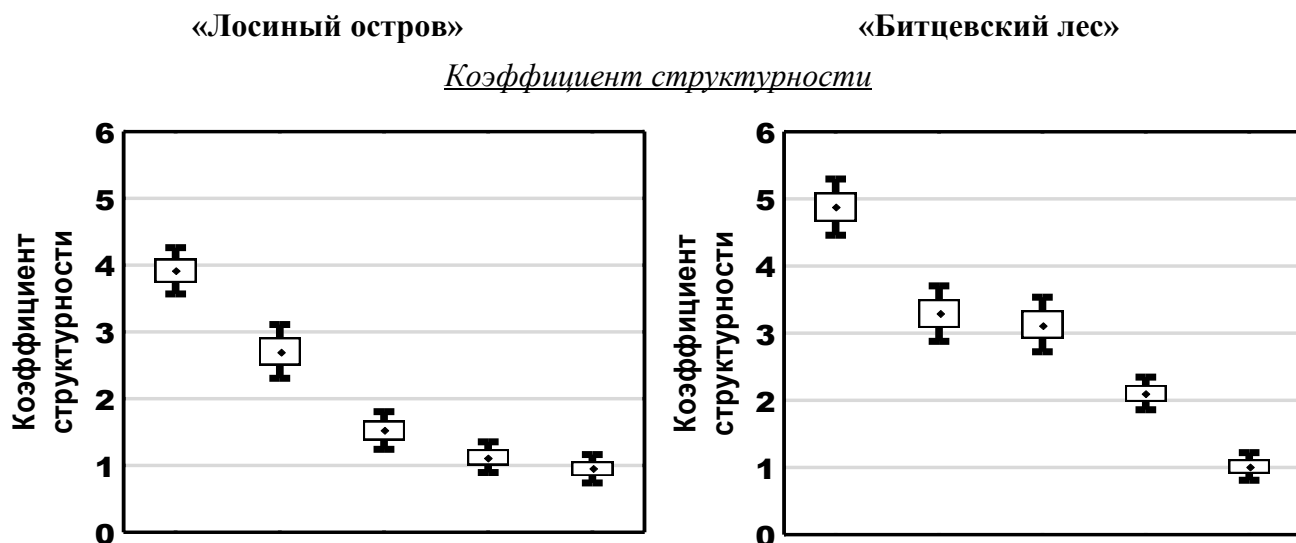
Увеличение твердости почв (в 2-3 раза) в рекреационных лесах отмечено и в других исследованиях (Пастернак, Бондарь, 1983; Бганцова, 1987; Лукьянова, Чижикина, 2009; Егоров, 2010; Байчибаева, 2011; Байчибаева, Соболев, 2011; Kuss, Hall, 1991; Sun, Liddle, 1993a; Marion, Cole, 1996; Alessa, Earnhart, 2000; Amrein et al., 2005; Рысин и др., 2006; Cakir et al., 2010).

Агрегатный состав

Данные характеризующие изменения структуры почв в зависимости от уровня рекреационной нагрузки представлены на рисунке 3.30.

На I стадии дигрессии почвы характеризуются как хорошо оструктуренные (коэффициент структурности >1.5 , а сумма агрономически ценных агрегатов $>60\%$).

Структура почвы так же, как и ее твердость, высоко чувствительна к рекреационной нагрузке. Статистически значимые изменения характеристик структуры почв отмечены уже при переходе от I к II стадии дигрессии. Ухудшение структуры до состояния «удовлетворительная» в «Лосином острове» происходит на III стадии дигрессии, а в «Битцевском лесу» только при максимальной нагрузке (на V стадии дигрессии). В изучаемых лесопарках к V стадии дигрессии коэффициент структурности снижается в 4-5 раз, сумма агрономически ценных агрегатов - в 1.8-2 раза. Об уменьшении этих показателей также свидетельствуют литературные данные (Карпачевский, 1981; Пастернак и др., 1983, 1987; Бурова, Феклисов, 2007; Mariella, Norman, 2012a, 2012b).



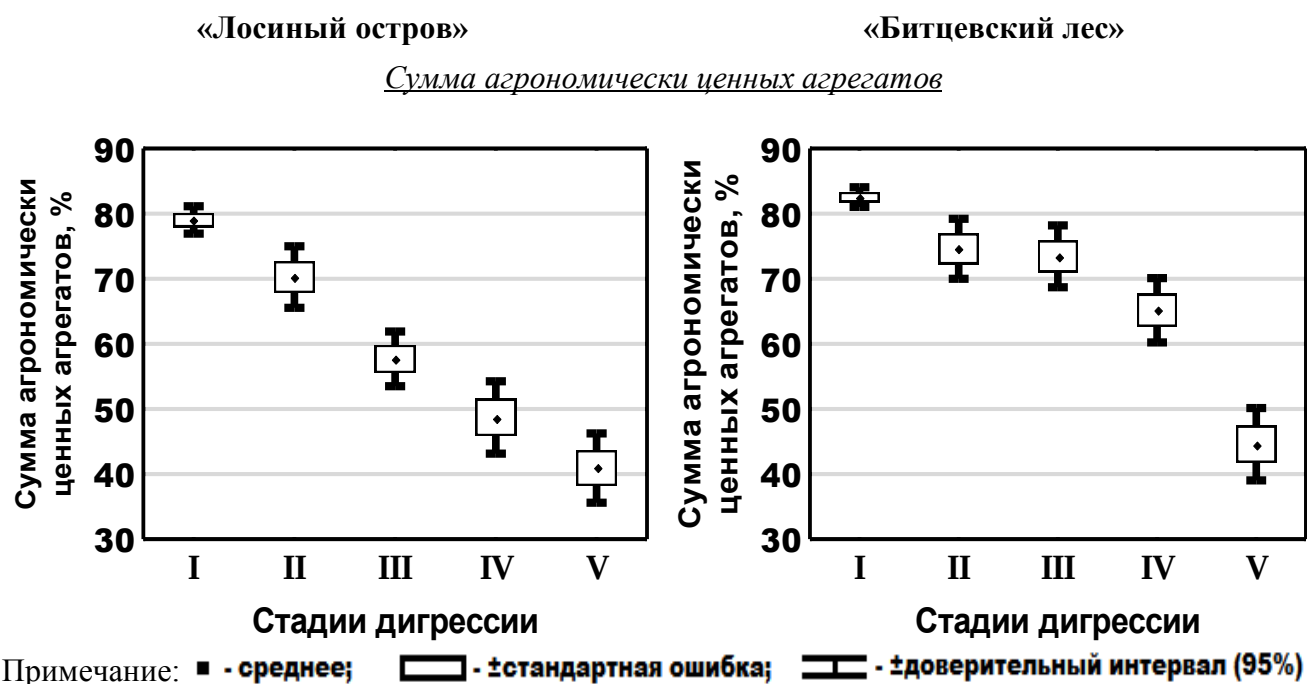


Рис.3.30. Зависимость изменений показателей почвенной структуры в верхнем 0-5 см слое почв от уровня рекреационной нагрузки

По мере усиления рекреационного воздействия уменьшается водоустойчивость агрегатов. Если на I стадии дигрессии она характеризуется как избыточно высокая, то при переходе к V стадии: в почвах «Лосинового острова» как хорошая, а «Битцевского леса»-только как удовлетворительная (табл. 3.12.). Эти результаты согласуются с данными других исследователей, которые указывают на снижение количества водопрочных почвенных агрегатов на 25-50 % (Бганцова, 1987; Иванов, 1992; Рысин и др., 2006).

Таблица 3.12. Суммарное количество агрегатов диаметром более 0.25 мм при мокром просеивании (%) (n=3)

Лесопарк	Стадия дигрессии				
	1	2	3	4	5
«Лосиный остров»	76.7	74.6	74.9	68.9	55.2
«Битцевский лес»	79.0	67.6	61.1	51.2	33.5

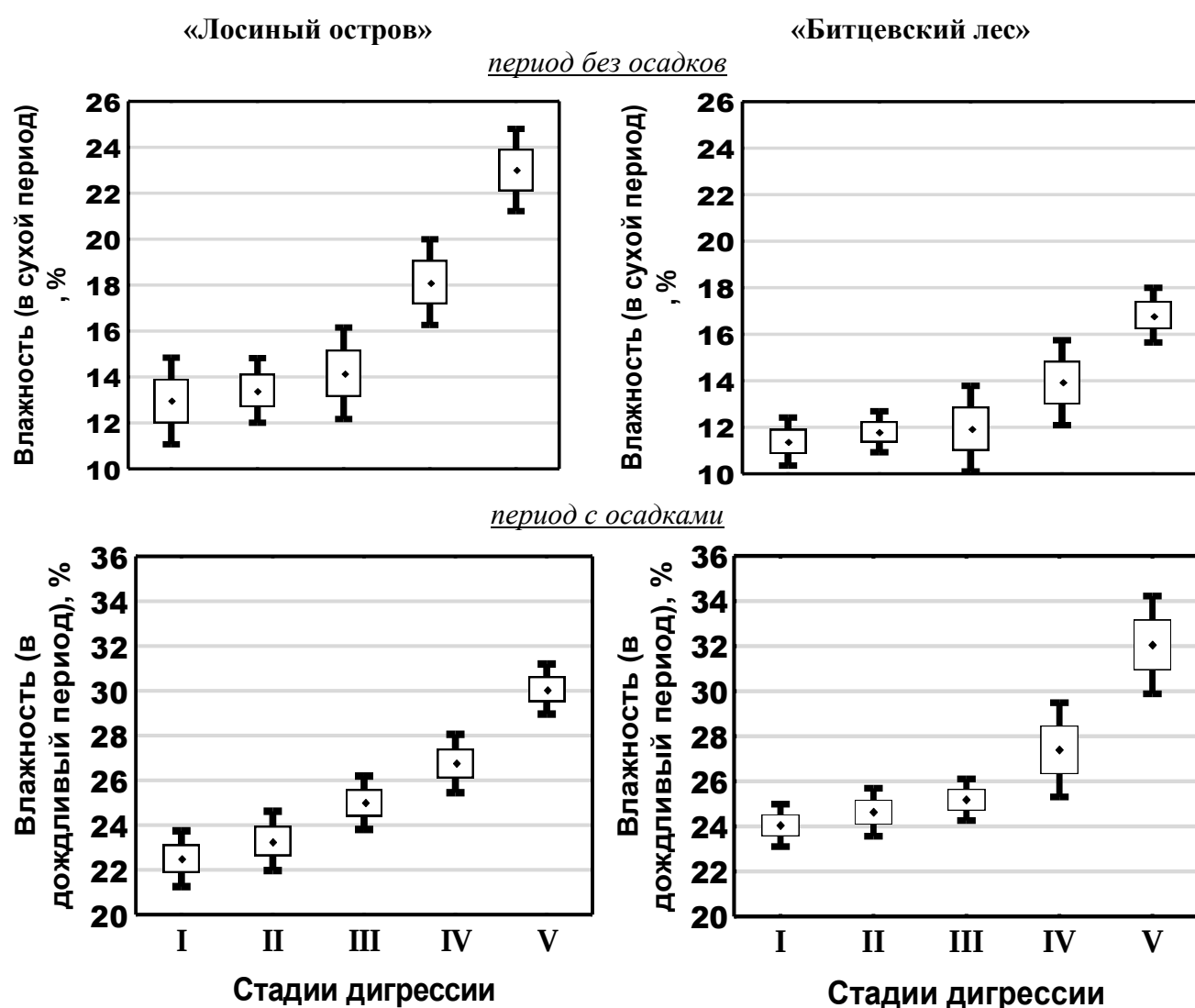
Примечание: <10 - водоустойчивость отсутствует; 10-20 - неудовлетворительная; 20-30 - недостаточно удовлетворительная; 30-40 - удовлетворительная; 40-60 - хорошая; 60-75 - отличная; >75 - избыточно высокая;

Влажность

Влажность относится к очень динамичным характеристикам почв, зависящим от количества поступающих осадков, поэтому ее зависимость от уровня рекреационной нагрузки определялось в два периода: в достаточно сухой без осадков (начале - середине лета) и в период с осадками (конце лета - начале осени) (рис.3.31).

По полученным данным характер изучаемой зависимости в сухой и влажный периоды одинаков. С увеличением рекреационной нагрузки влажность почв увеличивается. В «Лосином острове» ее статистически значимое изменение в оба периода происходит на IV стадии дигрессии, а в «Битцевском лесу» лишь на V стадии. Эта зависимость прослеживается до глубины 20 см, но с глубиной диапазон изменений влажности уменьшается (рис.3.32).

Повышение влажности в почвах рекреационных лесов отмечается и другими исследователями, среди причин в большинстве случаев указывается на возросшее поступление атмосферных осадков из-за разреживания лесного полога и снижение водопроницаемости из-за уплотнения почв (Соколов, 1983; Бганцова, 1987; Amrein et al., 2005; Zhevelev, Pariente, 2008; Kissling et al., 2009).



Примечание: ■ - среднее; □ - $\pm$ стандартная ошибка; ▬ - $\pm$ доверительный интервал (95%)

Рис.3.31. Влажность почв в верхнем 0-5 см слое почв на участках разных стадий рекреационной дигрессии

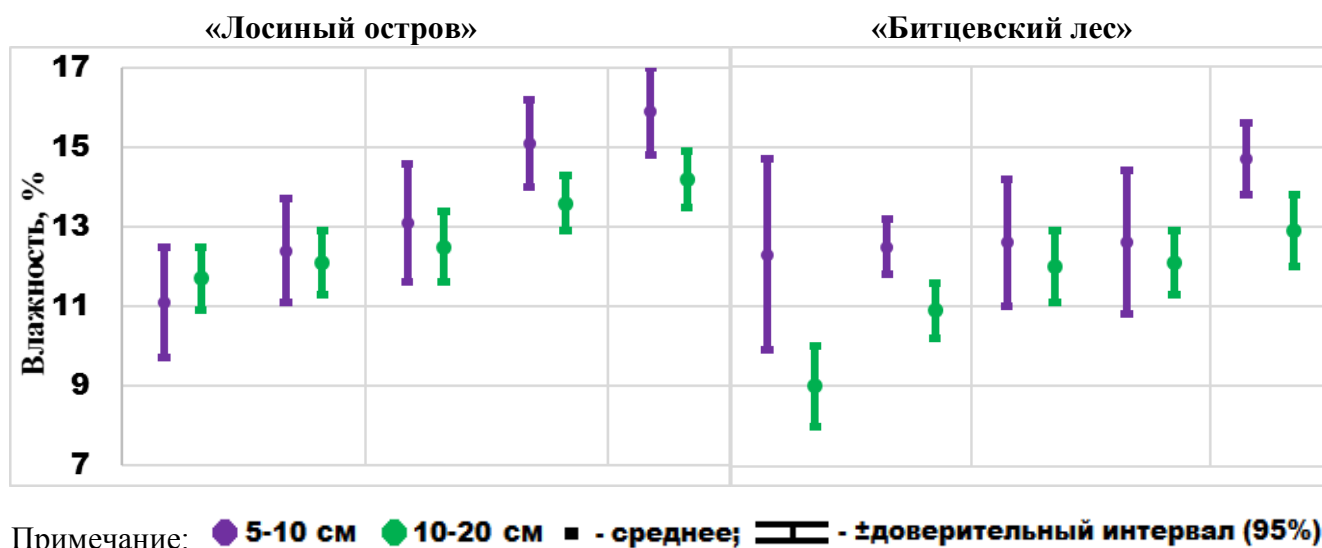


Рис.3.32. Влажность почв на участках разных стадий рекреационной дигрессии

Изменение химических свойств почв

По литературным данным содержание органического углерода в почве под действием рекреации может как увеличиваться (Савицкая, 1979; Амиров и др., 1982; Пастернак, Бондарь, 1983; Соколов, 1983; Щудря, 1985; Добрынин, 1990; Cole, 1982; Sun, Liddle, 1993a; Amrein et al., 2005), так и уменьшаться (Зеликов, 1964; Чижова, 1977; Пастернак и др., 1987; Жевелева, Офицерова, 1985; Cole, Marion, 1988; Sun, Liddle, 1993a; Stohlgren, Parsons, 1986; Zhevelev, Pariente, 2008; Muderrisoglu et al., 2010; Cakir et al., 2010).

В почвах изучаемых лесопарков отмечено увеличение содержания органического углерода с возрастанием рекреационной нагрузки (рис. 3.33). Статистически значимые изменения отмечены на III стадии дигрессии. При максимальном рекреационном воздействии (V СД) содержание органического углерода в почве достигает 2.9-3.3 %, а также увеличивается его пространственная вариабельность (коэффициент вариации возрастает в 1.5-2 раза). В нижележащих слоях почв увеличение содержания органического углерода в почве с ростом рекреационного воздействия не наблюдается, а его изменения в рассматриваемых рядах обусловлены другими факторами (рис. 3.34).

Увеличение содержания органического вещества при рекреации обусловлено разными причинами: общим городским атмотехногенным загрязнением углеродсодержащими соединениями (поступление сажи), дополнительным локальным (остатки кострищ, корм для животных, различный мусор и отходы) и вдавливанием фрагментов опада и подстилки (Бганцова, 1987; Серебряноборское опытное лесничество..., 2010; Рысин, Рысин, 2012; Sun, Liddle, 1993a).

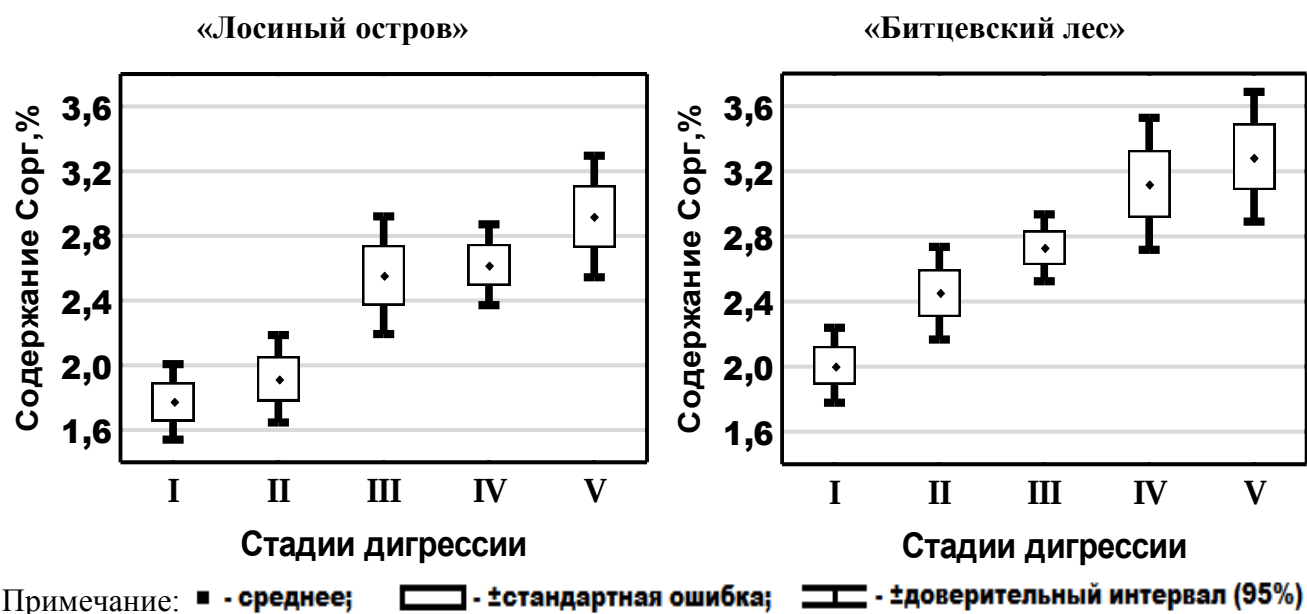


Рис.3.33. Содержание органического углерода в верхнем 0-5 см слое почв на участках разных стадий рекреационной дигрессии

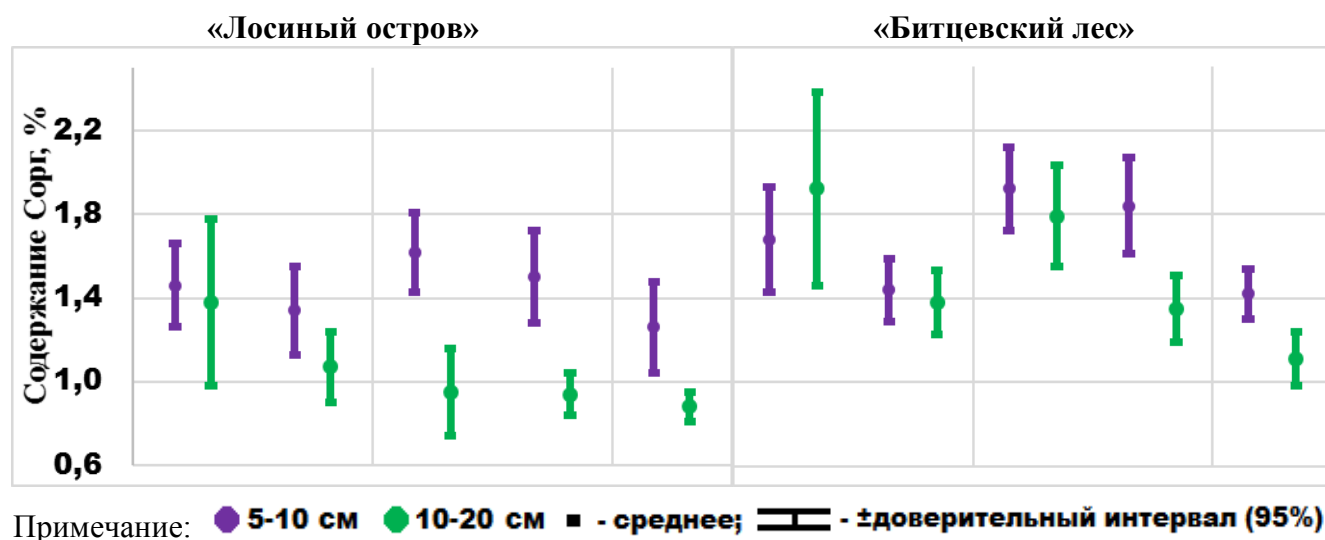
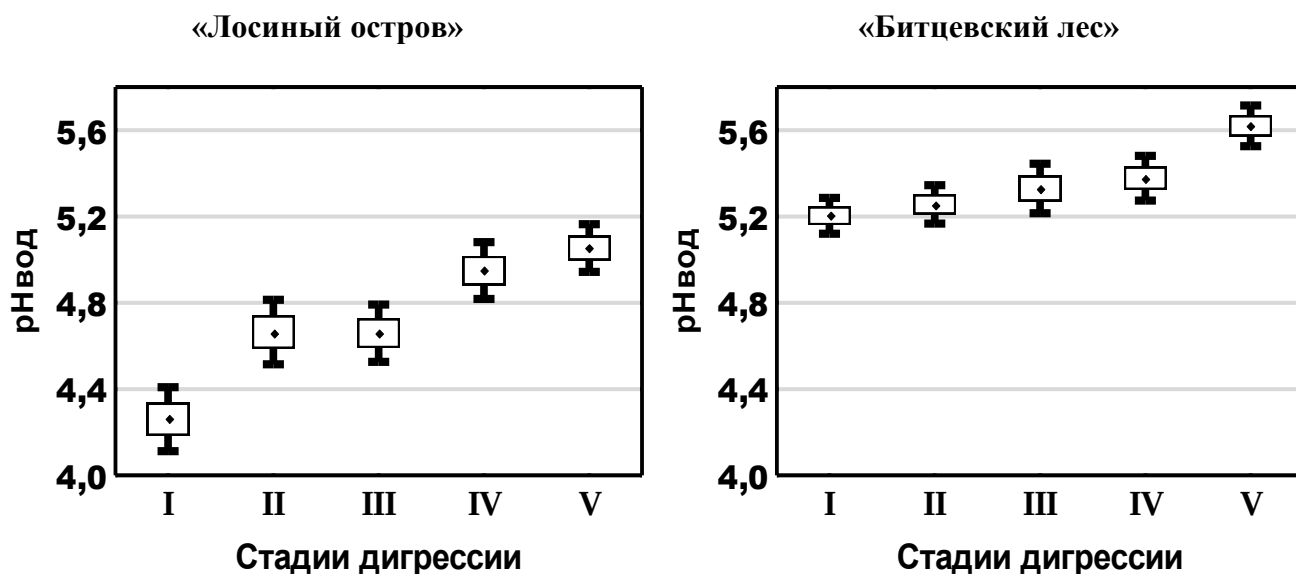


Рис.3.34. Содержание органического углерода в 5-10 и 10-20 см слое почв на участках разных стадий рекреационной дигрессии

Реакции среды

Реакция среды является важным фактором, определяющим условия функционирования живых организмов и одним из информативных показателей, характеризующих протекающие в почве процессы. Величина рНвод корнеобитаемого слоя почв в городах таежной зоны колеблется в широких пределах (рНвод=4.2-8.3), в естественных дерново-подзолистых почвах пригородов Москвы он составляет- 4.9-5.8 (Агаркова, 1991; Почва, город, экология, 1997;

Коломыц и др., 2000; Состояние зеленых насаждений... 2000, 2004; Герасимова и др., 2003; Стома, Коржова, 2004; Экология города, 2004). В дерново-подзолистых почвах изучаемых лесопарков диапазон изменения рН составляет 4.3-5.6 (рис. 3.35-3.36).



Примечание: ■ - среднее; □ - $\pm$ стандартная ошибка; — — — $\pm$ доверительный интервал (95%)

Рис.3.35. Реакция среды в верхнем 0-5 см слое почв на участках разных стадий рекреационной дигрессии

С увеличением рекреационной нагрузки кислотность почв снижается, но характер изменений в почвах хвойно-широколиственного леса «Лосиного острова» отличается от почв дубово-липового леса «Битцы». Почвы «Лосиного острова» более кислые и статистически значимое увеличение рНвод в них происходит уже на II стадии дигрессии, еще один скачок значений рНвод отмечен при переходе к IV стадии дигрессии. В «Битцевском лесу» почвы первых четырех стадий дигрессии статистически значимо по величине рНвод не различаются, значимое увеличение отмечено только на V стадии дигрессии. В «Лосином острове» под действием рекреационной нагрузки рНвод увеличивается на 0.8 единиц, а в «Битцевском лесу» только на 0.4 единицы рН. Под действием рекреации сглаживаются различия кислотности дерново-подзолистых почв хвойно-широколиственного и широколиственного леса. На I стадии дигрессии значения рН составляют 4.3 и 5.2, соответственно, в «Лосином острове» и «Битцевском лесу», а при максимальной рекреационной нагрузке, соответственно, 5.1 и 5.6. Зависимость кислотности почв от рекреационного воздействия прослеживается и в нижележащих (5-10 и 10-20 см) слоях почв. Однако диапазон изменений значений рНвод сужается (рис. 3.36).

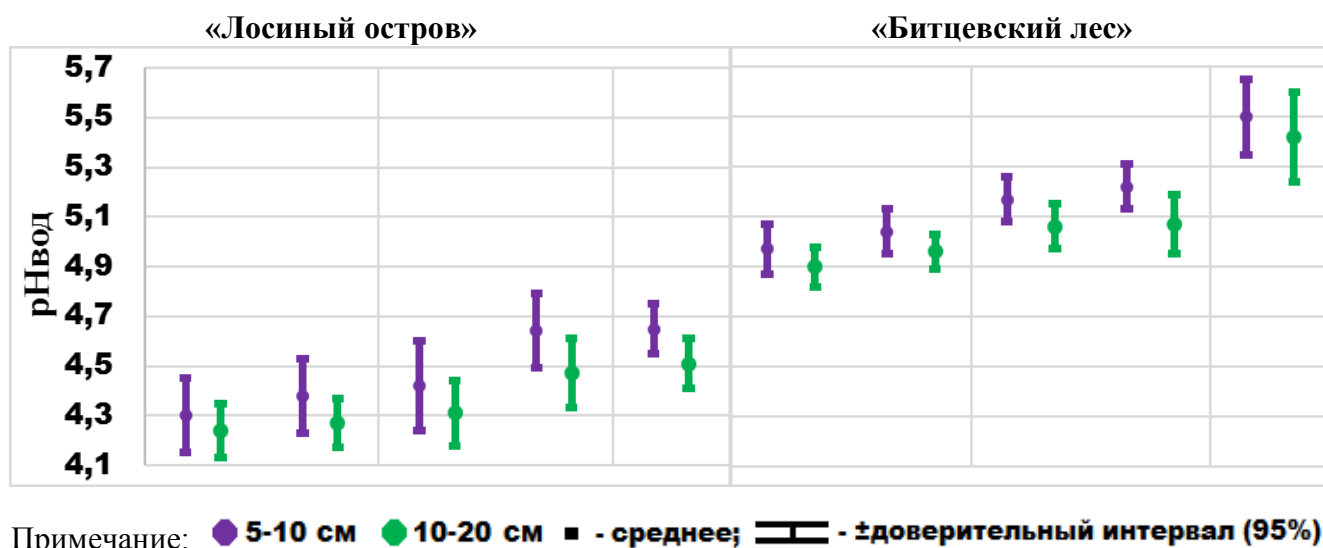


Рис.3.36. pHвод в 5-10 и 10-20 см слое почв на участках разных стадий дигрессии

Повышение значений pHвод в почвах городских лесопарков связывается с поступлением атмотехногенной городской пыли, содержащей кальций и магний, а также хлоридов калия и натрия антигололедных реагентов, которые механически переносятся с тротуаров и дорог при зимней рекреации (Обухов, Лепнёва, 1989; Касимов, Перельман, 1995; Строганова и др., 1997; Экология города, 2004; Cole, 1982; Hollis, 1991; Beyer, 1995). Еще одной причиной служит загрязнение почв азотсодержащими экскрементами домашних животных и продуктами их распада (Cole, 1982; Cole, Fichtler, 1983; Lockaby, Dunn, 1984; Malmivaara-Lämsä, 2008; Waltert et al., 2002; Stohlgren, Parsons, 1986; Killham, 1994; Amrein et al., 2005).

Электропроводность почв

Электропроводность почв зависит от количества поступающих загрязняющих веществ с атмосферными осадками, пылью и противогололедными реагентами, приносимыми на обуви посетителей, ветром и при снегоуборочных работах (Лубкова и др., 2003).

Изменение показателей электропроводности (Ес) почв при усилении степени рекреационной нагрузки характеризует рисунок 3.37. По мере усиления рекреационной нагрузки отмечено статистически достоверное увеличение Ес в почвах «Лосинового острова» при переходе от I к IV, а в «Битцевском лесу» лишь к V стадии дигрессии. Электропроводность почв на V стадии дигрессии возрастает в 2-2,5 раза, одновременно с этим увеличивается и ее вариабельность (коэффициент вариации возрастает в 3-5 раз).

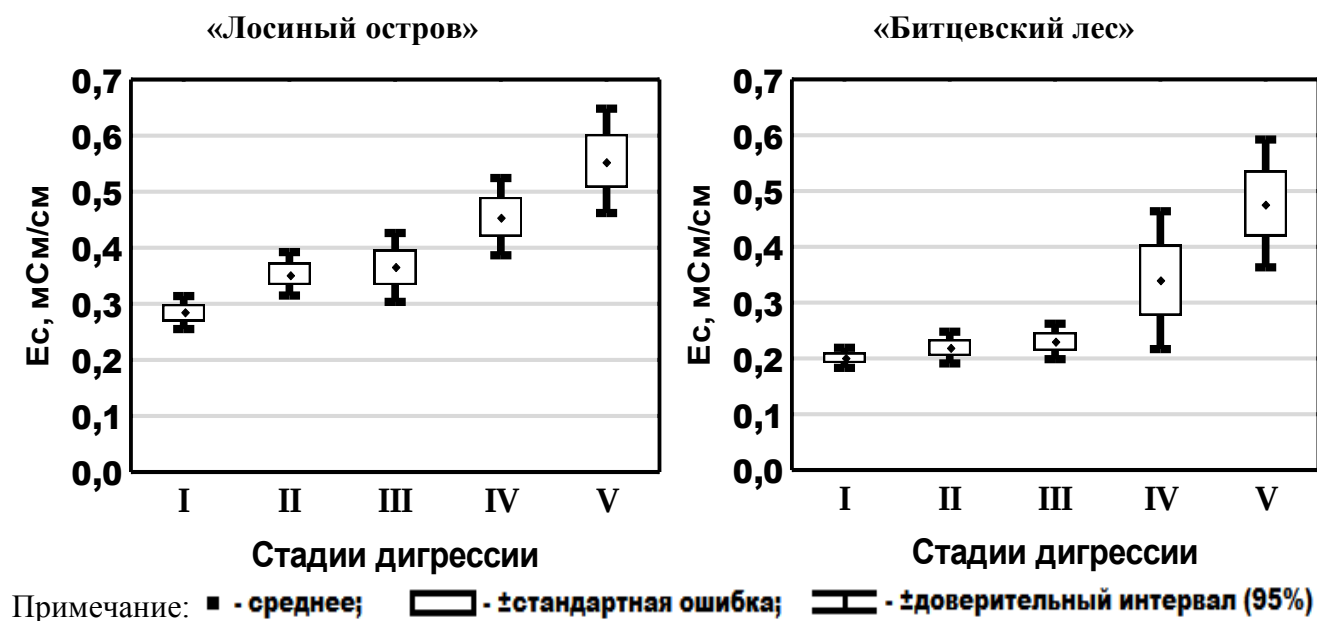


Рис. 3.37. Электропроводность (E_c) в верхнем 0-5 см слое почв на участках разных стадий дигрессии

Зависимость изменения электропроводности почв от уровня рекреационного воздействия в нижележащих слоях (5-10 и 10-20 см) выражена значительно слабее (Рис 3.38).

В этих слоях почв абсолютные значения электропроводности невелики. В слое почв 5-10 см статистически значимые изменения отмечаются: в «Лосином острове» при переходе к IV стадии дигрессии, а в «Битцевском лесу» к V. В слое почв 10-20 см достоверное увеличение электропроводности отмечено только в «Битцевском лесу», а в «Лосином острове» различия на всех стадиях статистически не достоверны.

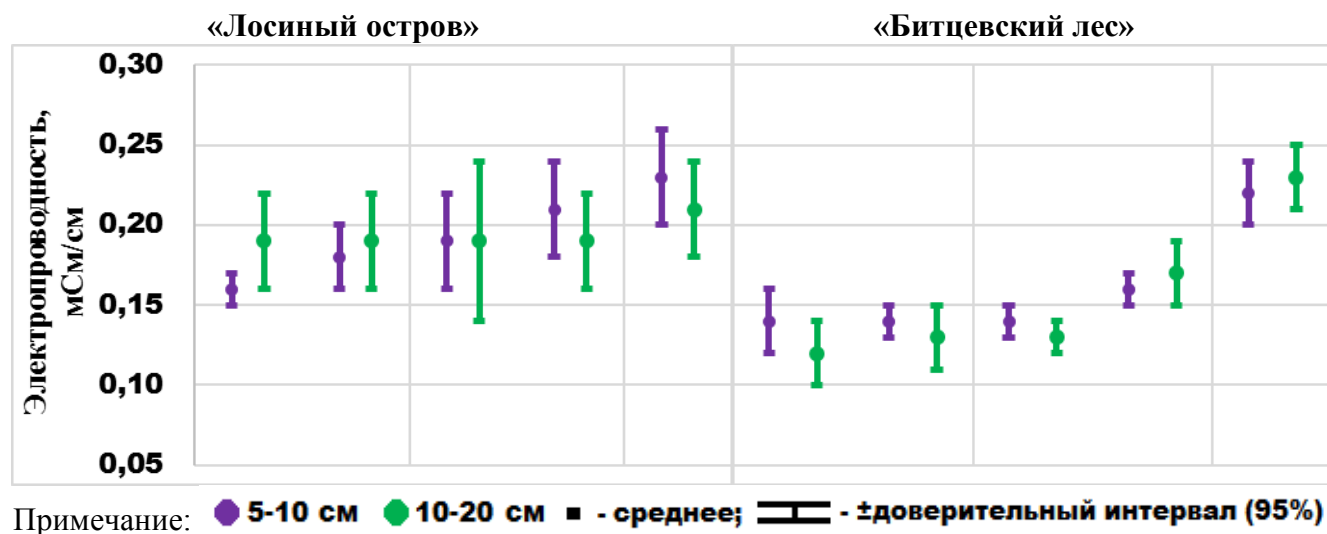


Рис.3.38. Электропроводность почв на участках разных стадий рекреационной дигрессии

Изменение биологических свойств почв

Данные, характеризующие базальное дыхание изучаемых почв представлены на рис.3.39.

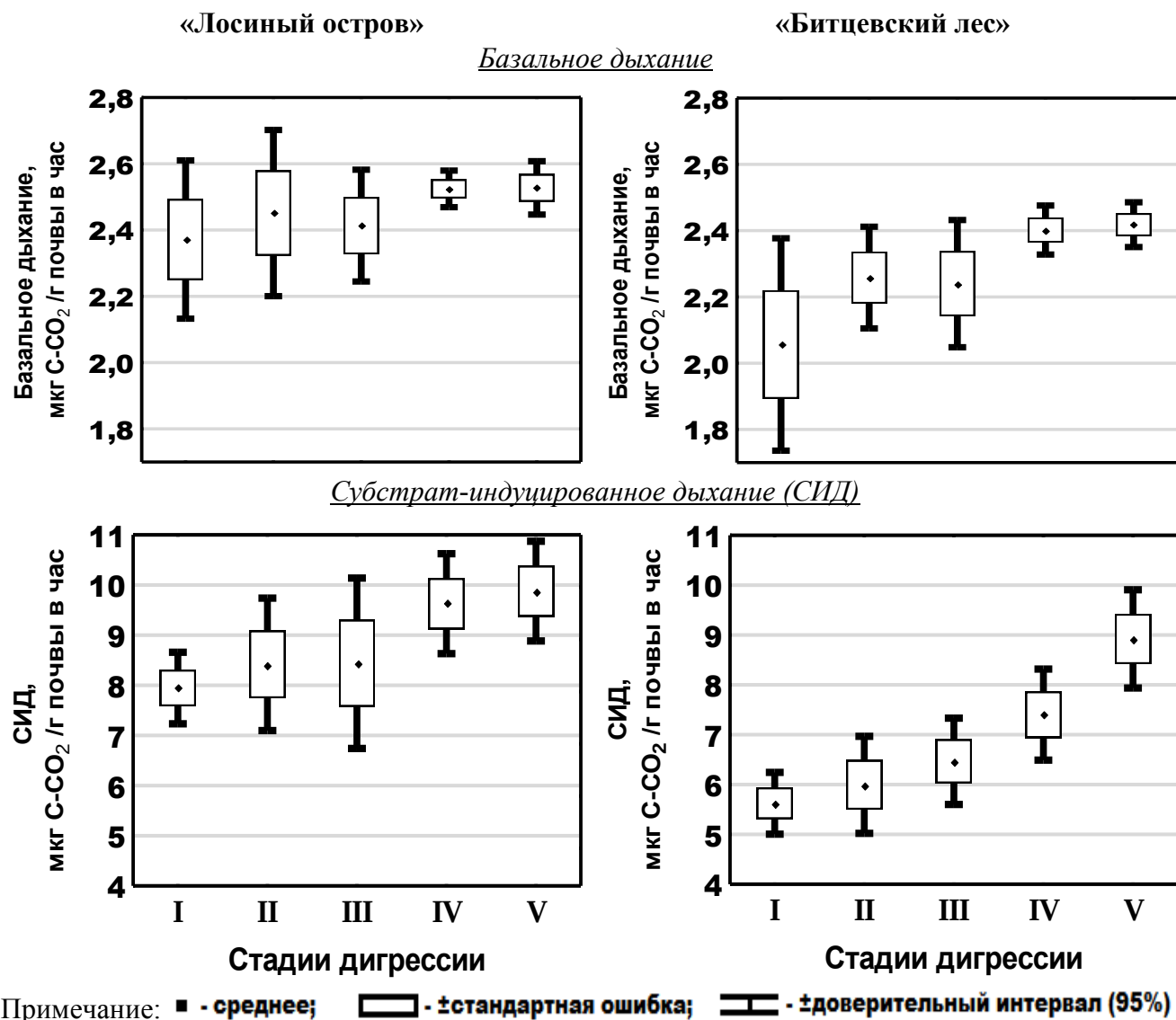


Рис.3.39. Биологическая активность почв тропинок разного типа в верхнем 0-5 см слое почв

Под действием рекреации четко прослеживается уменьшение пространственной изменчивости базального дыхания более чем в 3 раза. Отмечена тенденция увеличения интенсивности базального дыхания при переходе к последним стадиям дигрессии, хотя из-за очень высокой пространственной вариабельности этого показателя на I стадии дигрессии все различия средних значений статистически незначимы.

Субстрат-индуцированное дыхание (СИД) изучаемых почв характеризуют диаграммы на рис. 3.39. Возрастающий уровень рекреационной нагрузки обуславливает статистически

значимое возрастание субстрат-индуцированного дыхания почв в «Лосином острове» (с 8 до 10 мкг С-СО₂/г почвы в час) к V стадии дигрессии, а в «Битцевском лесу» (с 5.6 до 7.4 мкг С-СО₂/г почвы в час) - к IV стадии.

Увеличение биологической активности почв, по-видимому, является ответной реакцией микроорганизмов на изменение условий среды под действием рекреационной нагрузки. Например, увеличение эмиссии СО₂ с поверхности почвы обусловлено изменением активности анаэробной микрофлоры почвы, связанной с увеличением затрат энергии на адаптацию (Скворцова, 1997; Юзбеков и др., 2011, 2012). Возрастание биологической активности почв при рекреации связано с изменениями в групповом составе микроорганизмов, увеличением поступления растительных остатков экскрементов домашних животных в почву, возрастанием содержания органического углерода и pH. Полученные результаты согласуются с литературными данными (Егорова, Лаврова, 1987; Лазарева, Морозова, 1987; Шугалей, 2009; Killham 1985; Liddle 1997; Hammitt, Cole 1998; Malmivaara-Lämsä, 2008).

3.3. Изменение состояния комплекса почвенных беспозвоночных в зависимости от уровня рекреационной нагрузки

По литературным данным рекреация влияет не только на состояние растительного покрова и свойства почв, но и на комплекс почвенных беспозвоночных. На тропинках мезопедобионты подвергаются прямому воздействию рекреации, которое выражается в основном в их механическом уничтожении, а на территории вне тропинок влияние опосредованно и проявляется через преобразование их экологических ниш (сокращение жизненного пространства и кормовой базы) (Захаров и др., 1989; Грюнталь, 2004; Cole, Fichtler, 1983; Marion, Cole, 1996; Liddle, 1997). Рассмотрим состояние почвенных беспозвоночных на тропинках и на территории вне тропинок.

Состояние комплекса почвенных беспозвоночных на территории вне тропинок

Изменение условий местообитания беспозвоночных в почве при рекреации обуславливает изменение их численности, биомассы и группового состава. Результаты определения численности и биомассы мезопедобионтов представлены на рис. 3.40.

В почвах изучаемых лесопарков на участках I стадии дигрессии численность и биомасса мезофауны примерно одинакова и составляет, соответственно, 480-510 экз./м² и 167-168 г/м². На II стадии дигрессии эти показатели несколько увеличиваются, что, по всей видимости, связано с усилением миграционных потоков мезопедобионтов с вытапываемых участков. Однако в целом по мере увеличения уровня рекреационной нагрузки суммарная численность и

биомасса мезопедобионтов в подстилке и минеральной толще почвы изменяется мало, так как часть почвенных беспозвоночных мигрирует из подстилки в верхние минеральные слои почв.

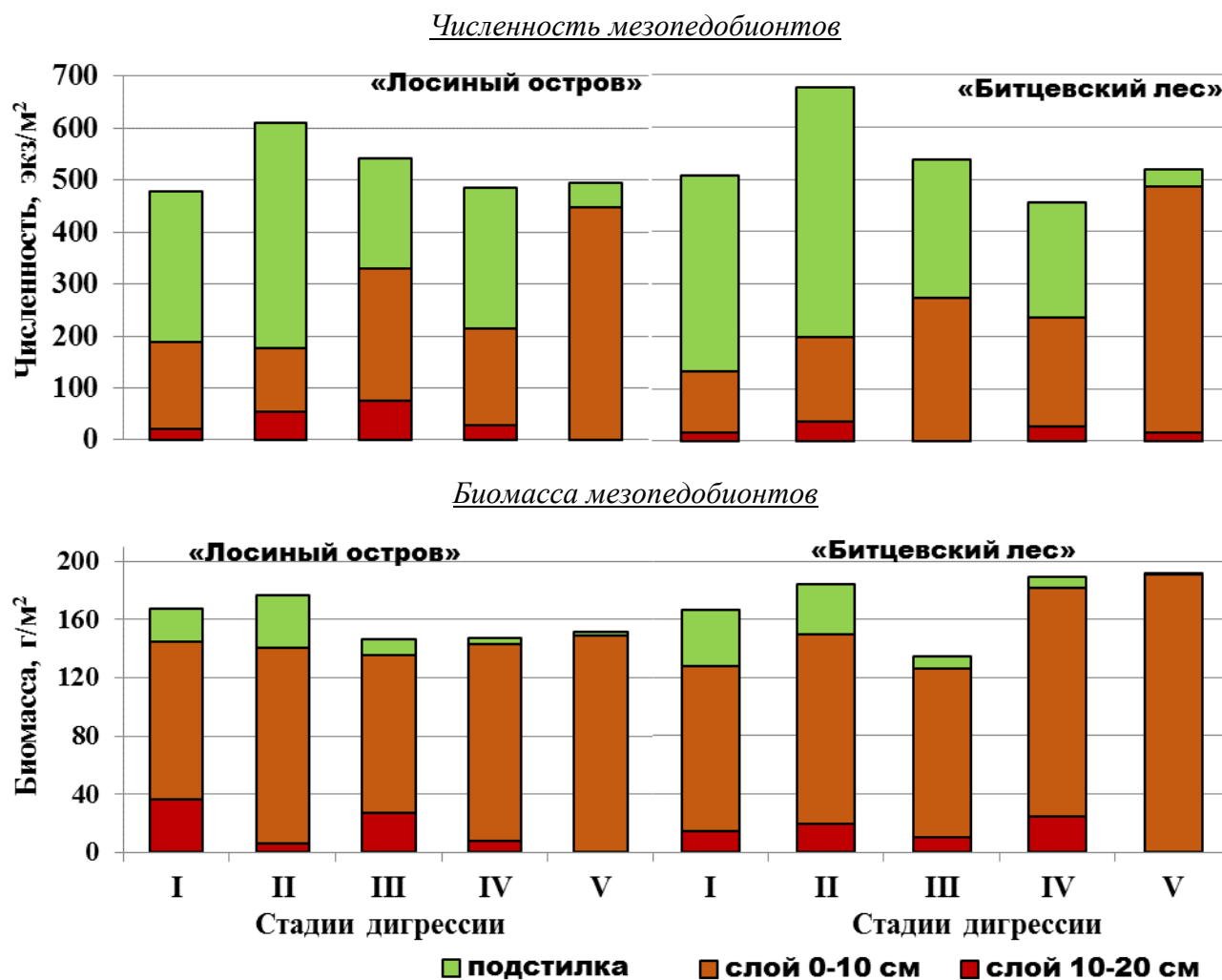


Рис.3.40. Численность [экз./м²] и биомасса мезопедобионтов [г/м²] (n=3) на участках вне тропиной сети

В подстилке при переходе к III стадии дигрессии численность мезопедобионтов уменьшается в 1,5-2 раза, а биомасса в 2-4 раза. При максимальной рекреационной нагрузке (V стадия дигрессии) в подстилке «Лосиного острова» и «Битцевского леса» эти показатели снижаются, соответственно, в 6-13 и 13-35 раз, а в минеральной толще почвы эти показатели, напротив, увеличиваются.

Сведения об уменьшении численности, биомассы и изменению распределения мезофауны по профилю почвы в рекреационных лесах приводятся многими авторами (Захаров и др., 1989; Грюнталь, 2004; Рахлеева, Строганова, 2008; Середюк, 2010).

Под влиянием рекреации происходит не только изменение количественных показателей состояния мезопедобионтов, но и перестройка в их комплексе на качественном уровне, что

выражается в изменении их группового состава и долевого участия различных групп.

На изучаемых объектах обнаружены представители 6 классов мезопедобионтов, среди которых определены особи 18 систематических групп и представители всех типов питания (табл.3.12; приложение 2). Доминантами выступают малощетинковые (дождевые) черви (20-70%), насекомые (10-45%) и многоножки (10-30%).

На I-III стадиях дигрессии во всей исследуемой толще почв определено 13-15 систематических групп беспозвоночных. По мере усиления рекреационной нагрузки (IV-V стадии дигрессии) их число уменьшается на 3-4 группы. Однако в разных горизонтах закономерности изменения количества групп неодинаковы: в подстилке их число снижается с 10-12 до 4-5, а в минеральных слоях почв, наоборот, увеличивается с 3 до 8-10.

По мере усиления рекреационной нагрузки меняется долевое участие различных классов мезопедобионтов (табл. 3.13).

Таблица 3.13. Доля [%; n=3] классов мезопедобионтов на участках вне тропинок

Объект	«Лосиный остров»					«Битцевский лес»				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Малощетинковые черви	17	22	32	40	53	22	25	23	27	77
Паукообразные	10	17	5	2	2	14	9	23	29	7
Многоножки	32	11	10	27	15	16	13	15	7	5
Насекомые	33	46	46	31	25	13	25	25	25	6
Ракообразные	6	4	5	0	5	28	15	10	7	4
Брюхоногие	2	0	2	0	0	6	13	5	5	0

Прослеживается общая тенденция увеличения доли малощетинковых червей и снижение доли остальных классов почвенных беспозвоночных. Весьма существенное изменение по сравнению с I стадией дигрессии наблюдается на V стадии, на которой доля дождевых червей возрастает с 17-22 % до 53-77 %, а паукообразных, насекомых и многоножек уменьшается в 2-3 раза. Интересно отметить, что увеличение доли малощетинковых червей в почвах «Лосинового острова» при переходе к каждой последующей стадии дигрессии происходит постепенно, а в «Битцевском лесу» резкое увеличение их доли в 3 раза выявлено лишь к V стадии. Связано это тем, что дождевые черви являются наиболее устойчивой популяцией, приспособленной к меняющимся условиям среды (Захаров и др., 1989; Грюнталь, 2004; Рахлеева, Строганова, 2008; Середюк, 2010; Стома, Ахадова, 2015).

Важным критерием оценки состояния почвенных беспозвоночных является разнообразие, оцененное по индексам Шеннона-Уивера и Симпсона (География и мониторинг биоразнообразия, 2002).

Результаты оценки разнообразия комплекса мезопедобионтов исследуемых лесопарков

представлены в таблице 3.14.

Они свидетельствуют об уменьшении разнообразия по мере увеличения уровня рекреационной нагрузки. На участках с I-III стадиями дигрессии величина исследуемых показателей примерно одинакова, их изменение отмечено в «Лосином острове» на IV, а в «Битцевском лесу» только на V стадии дигрессии. На уменьшение разнообразия мезопедобионтов под влиянием рекреации указывают и другие работы (Захаров и др., 1989; Стриганова, 1997; Грюнталь, 2004; Рахлеева, Строганова, 2008).

Таблица 3.14. Разнообразие (индекс Шеннона) и доминирование (индекс Симпсона) комплекса почвенных беспозвоночных на участках разных стадий дигрессии

Лесопарк	«Лосиный остров»					«Битцевский лес»				
Стадии дигрессии	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
индекс Шеннона-Уивера	2.2	2.33	2.07	1.67	1.74	2.17	2.26	2.28	1.98	0.99
индекс Симпсона	0.13	0.12	0.17	0.27	0.31	0.16	0.13	0.13	0.18	0.61

Таким образом, на участках вне прямого влияния тропинок суммарная численность и биомасса почвенных беспозвоночных в подстилке и почве меняется мало, а отклик в комплексе мезопедобионтов, связанный с миграцией и с таксономическим составом, проявляется более заметно.

Состояние комплекса почвенных беспозвоночных на дорожно-тропиночной сети

Как свидетельствуют литературные данные, наибольшие изменения в сообществе мезопедобионтов в рекреационных лесах отмечены на тропинках (Юрьева и др., 1976; Захаров и др., 1989; Грюнталь, 2004; Рахлеева, Строганова, 2008).

Результаты нашего исследования на тропинках и в притропиночной зоне на расстоянии 20, 50 и 100 см от них представлены на рис. 3.41-3.44, табл. 3.15-3.16 и в приложении 2. За условный фон были приняты участки вне тропиночной сети I стадии дигрессии.

Закономерности изменения обилия и биомассы почвенных беспозвоночных в исследуемых лесопарках одинаковы: чем шире и лучше выражена тропинка, тем сильнее снижаются эти показатели на тропинке по отношению к фону (рис.3.41-3.44). В лесопарке «Лосиный остров» по сравнению с «Битцевским лесом» численность мезопедобионтов на тропинках снижается заметнее (рис. 3.41). Если на слабовыраженных тропинках в исследуемых лесопарках она уменьшается в 1.5-1.6 раза, то на средневыраженных в «Лосином острове» в 7 раз и в «Битцевском лесу» в 3 раза, а на хорошо выраженных, соответственно, в 18 и 8 раз. Особенно негативно на воздействие человека реагируют мезопедобионты подстилочного комплекса: их численность или снижается в 7-10 раз или они исчезают практически полностью

в «Лосином острове» уже на средне-выраженных, а «Битцевском лесу» только на хорошо выраженных тропинках.

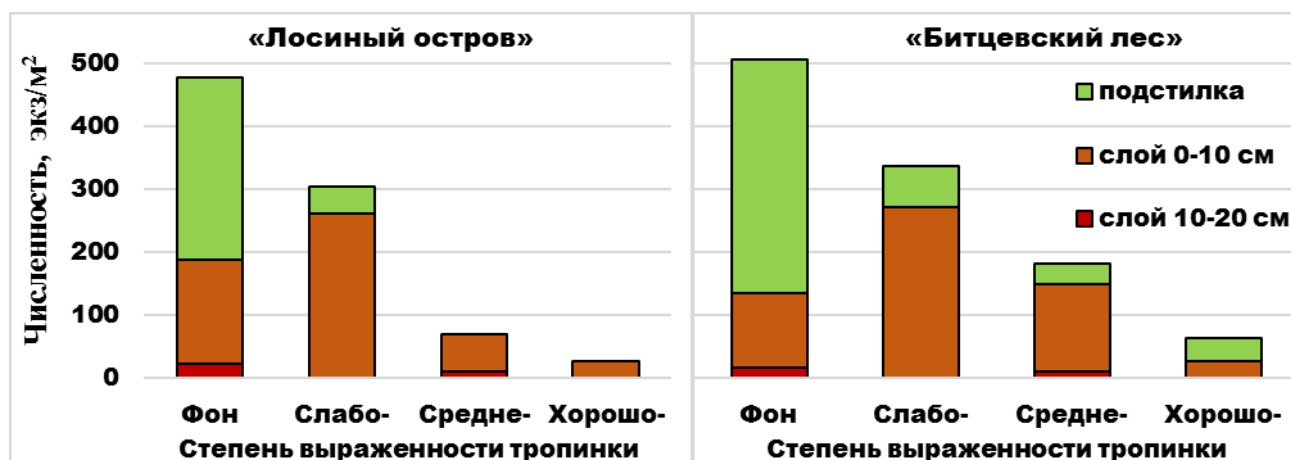


Рис.3.41. Численность мезопедобионтов [экз./м²] (n=3) на тропинках разного типа

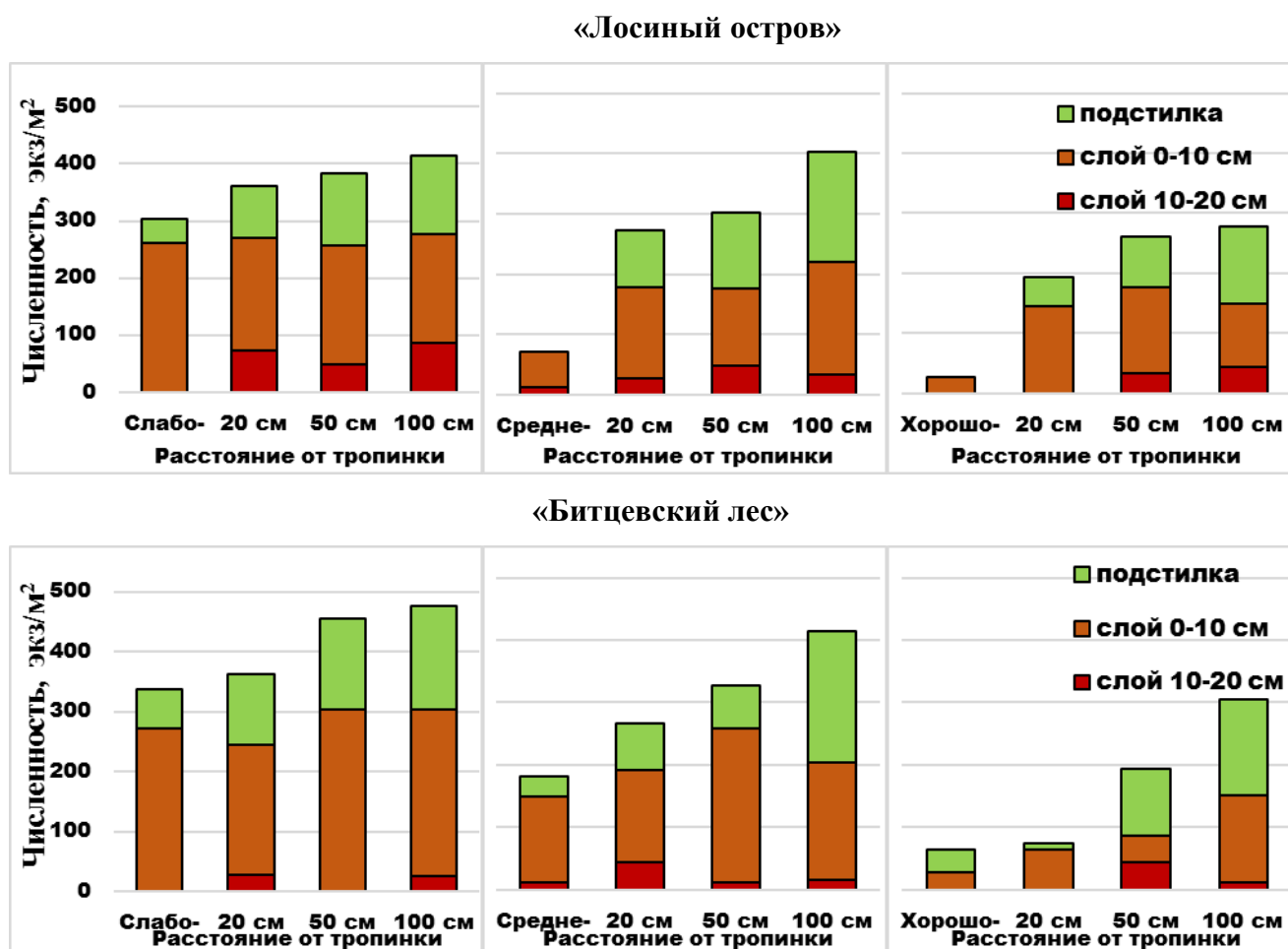


Рис.3.42. Изменение численности мезопедобионтов [экз./м²] (n=3) в зависимости от расстояния от тропинок разных типов

Изменение численности мезопедобионтов на разном расстоянии от тропинок характеризует рис.3.42. Ширина притропиночной зоны, в которой прослежено угнетение почвенной мезофауны, зависит от типа тропинки. Вдоль слабовыраженных тропинок снижение численности беспозвоночных ограничивается в основном 20 см, средневывраженных расширяется до 50 см, а хорошо выраженных - распространяется до 100 см и более.

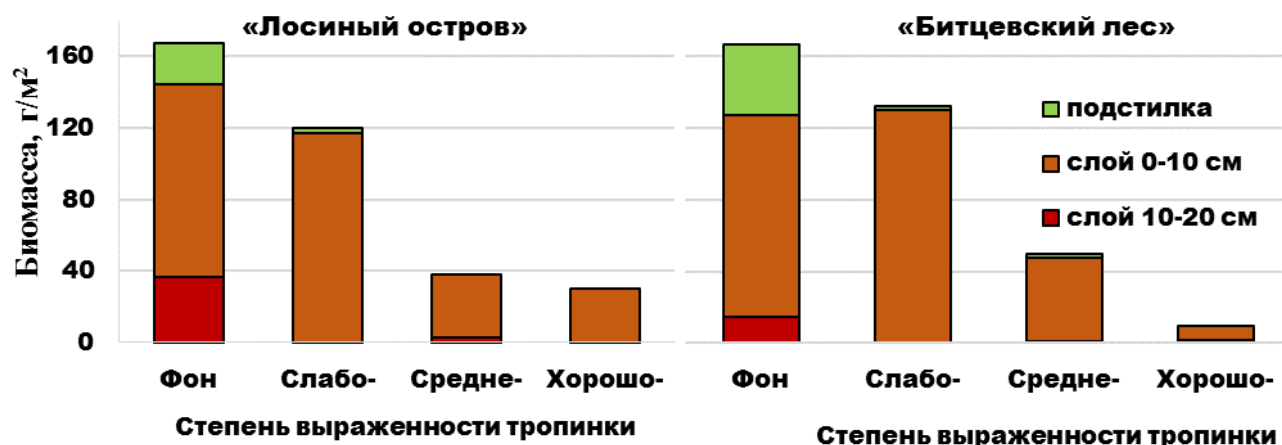


Рис. 3.43. Биомасса мезопедобионтов [г/м²] (n=3) на тропинках разного типа

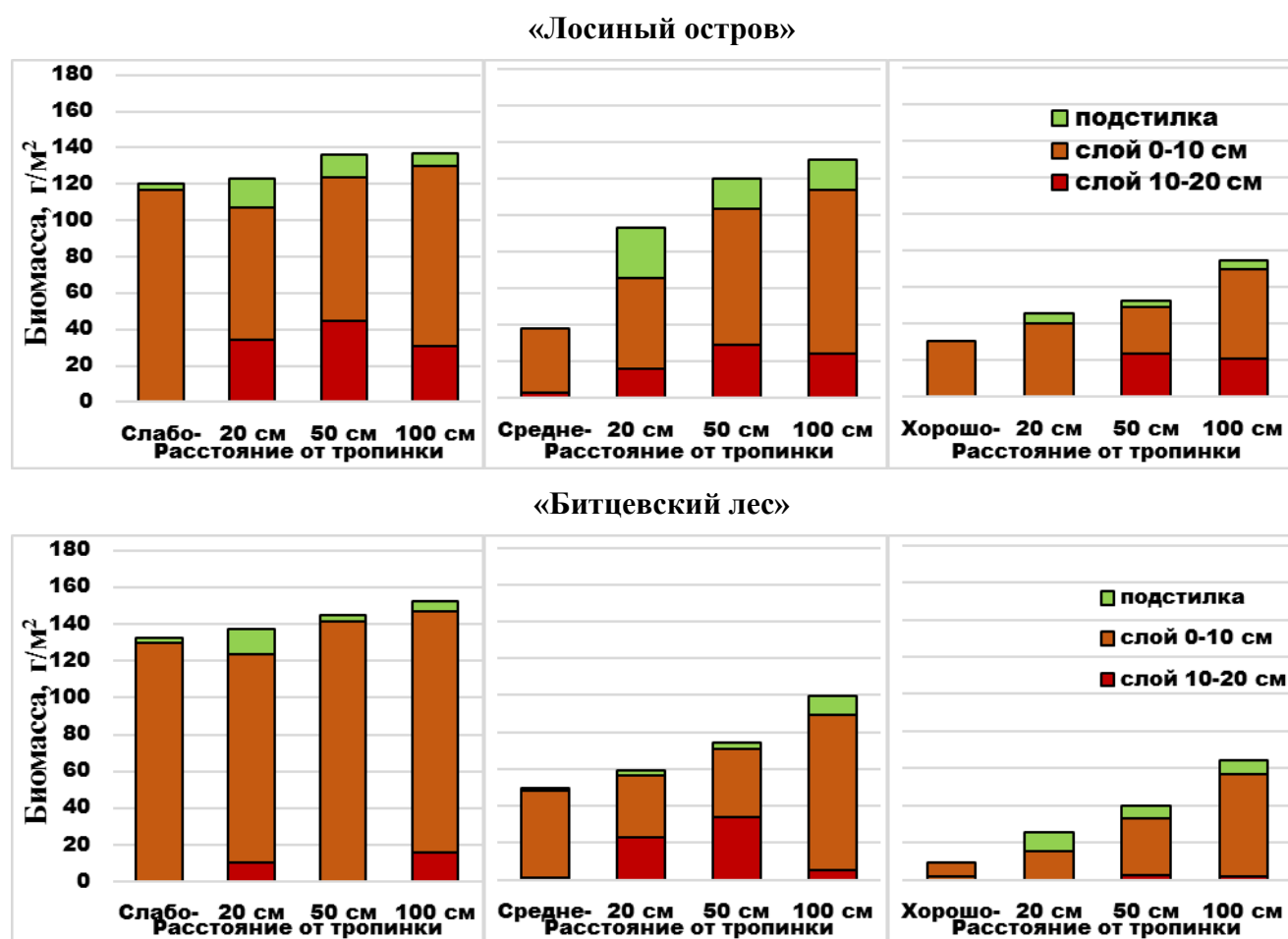


Рис. 3.44. Изменение биомассы [г/м²] (n=3) мезопедобионтов в зависимости от расстояния от тропинок разных типов

Величина биомассы обитающих в почве беспозвоночных также зависит от типа тропинки (рис.3.43-3.44). На участках со слабовыраженными тропинками прослежен лишь слабый тренд ее уменьшения (в 1.3-1.4 раза по сравнению с фоном), затрагивающий, в основном, подстилочный комплекс, и выраженный на удалении до 20 см от нее. В зонах со средне-выраженными тропинками закономерности более ясные и проявляются как в подстилке, так и в минеральных слоях почвы. В «Лосином острове» величина биомассы мезопедобионтов по сравнению с фоном на тропинке снижается в 4.4 раза и в 1.4 раза на удалении 50 см от нее. В «Битцевском лесу», соответственно, в 3.3 раза и лишь в 1.6 раза на расстоянии в 100 см. На хорошо выраженных тропинках биомасса снижается в 18 раз, а на расстоянии 100 см от них в 2 раза.

В почвах тропинок изучаемых лесопарков снижается разнообразие мезофауны, изменяется соотношение особей, выполняющих различные локомоторные и трофические функции и, как следствие, преобразуется структурно-функциональная организация сообщества мезопедобионтов (табл. 3.15, приложение 2).

Таблица 3.15. Доля [%; n=3] разных классов мезопедобионтов на тропинках

Степень выраженности тропинки	«Лосиный остров»											
	Слабовыраженная				Средневыраженная				Хорошо выраженная			
Расстояние от тропинки (см)	тропинка	20	50	100	тропинка	20	50	100	тропинка	20	50	100
Малощетинковые черви	86	47	38	34	77	49	37	33	100	39	49	23
Паукообразные	0	0	10	8	0	6	16	9	0	0	16	4
Многоножки	0	10	27	18	23	6	10	9	0	14	14	23
Насекомые	14	38	23	26	0	35	37	40	0	42	16	38
Ракообразные	0	0	0	9	0	0	0	8	0	6	4	12
Брюхоногие	0	4	3	5	0	4	0	0	0	0	0	0
	«Битцевский лес»											
Малощетинковые черви	55	46	46	28	50	40	34	23	25	85	22	4
Паукообразные	3	4	2	13	20	4	15	32	0	0	11	31
Многоножки	16	7	15	16	24	8	18	7	0	0	6	0
Насекомые	26	28	19	34	6	36	28	23	75	15	45	49
Ракообразные	0	12	14	7	0	8	3	9	0	0	11	5
Брюхоногие	0	3	4	2	0	4	2	7	0	0	6	10

В почвах дорожно-тропиночной сети снижается разнообразие мезофауны. На тропинках количество систематических групп уменьшается с 13-14 на фоновых участках до 1-4 на тропинках в «Лосином острове» и 3-8 групп в «Битцевском лесу», а величина индекса Шеннона-Уивера с 2.2 до 0-0.4 и 0.55-1.5, соответственно (табл. 3.16). С увеличением

выраженности тропинки уменьшается разнообразие мезопедобионтов, а преобразование в комплексе почвенной мезофауны тропинок связано в основном с увеличением долевого участия малощетинковых червей, что обусловлено их высокой адаптацией к меняющимся условиям среды (Грюнталь, 2004; Середюк, 2010). При этом индекс Симпсона на тропинках по сравнению с фоном возрастает в «Лосином острове» в 6-8 и в «Битцевском лесу» в 1.5-3 раза (табл. 3.16). На тропинках в «Лосином острове» доля дождевых червей достигает 86-100%, а в «Битцевском лесу» почвенные беспозвоночные более разнообразны: доля дождевых червей составляет 25-55%, многоножек - 16-24%, насекомых - 6-85%.

Об увеличении доли сапрофагов (в частности, дождевых червей) в почвах при усилении рекреационной нагрузки свидетельствуют литературные данные (Грюнталь, 2004; Захаров и др., 1989; Юрьева и др., 1974). Присутствие этой группы беспозвоночных (см. таблица приложения 2) обусловлено наличием на тропинках фрагментарного влажного рыхлого слоя, состоящего из плохо разложившегося вдавленного органического материала подстилки мощностью 0.5-1 см, служащего благоприятным субстратом для их питания (Курчева, 1973). Медленное передвижение и существенная связь с субстратом личинок насекомых не позволяют им мигрировать с тропинок (Грюнталь, 2004; Захаров и др., 1989). Поэтому они, например, были отмечены на хорошо выраженных тропинках в «Битцевском лесу».

Таблица 3.16. Индекс Шеннона-Уивера и индекс Симпсона комплекса почвенных беспозвоночных на тропинках разных типов и в их притропиночных зонах

Тип тропинки	Слабовыраженная				Средневыраженная				Хорошо выраженная				Фон
Расстояние от тропинки	тропа	20	50	100	тропа	20	50	100	тропа	20	50	100	
Индекс Шеннона-Уивера													
«Лосиный остров»	0.49	1.73	1.91	2	0.39	1.58	1.88	2.01	0	1.77	1.52	1.95	2.2
«Битцевский лес»	1.39	1.74	1.71	2.23	1.47	1.73	1.96	2.11	0.55	0.65	1.6	1.42	2.17
Индекс Симпсона													
«Лосиный остров»	0.75	0.27	0.2	0.19	0.73	0.29	0.21	0.18	1	0.22	0.31	0.17	0.1
«Битцевский лес»	0.37	0.27	0.29	0.14	0.32	0.24	0.19	0.15	0.65	0.91	0.24	0.32	0.16

В притропиночных зонах также прослежен тренд снижения разнообразия почвенных животных. Наиболее заметное снижение прослежено между тропинкой и участком 20 см от нее. Снижение количества групп мезопедобионтов зависит от типа тропинки и составляет от 4 на слабораженных до 10 на хорошо выраженных. Значение индекса Шеннона-Уивера в почвах притропиночных зон снижается с 2.2 до 1.5-2.0 в «Лосином острове», а в «Битцевском лесу» с 2.1 до 0.7-1.7. Данная закономерность подтверждается и величиной индекса Симпсона, который на этих участках увеличивается в 1.3-4.3 раза. Максимальное изменение этих показателей прослежено вдоль хорошо выраженных тропинок в «Лосином острове». В притропиночной

зонах изменяется соотношение разных классов мезопедобионтов. В почвах «Лосиног острова» доля дождевых червей по сравнению с фоном увеличивается с 17 до 35-50%, а в «Битцевском лесу» - с 22 до 30-85%. Снижение разнообразия почвенных беспозвоночных подстилочного комплекса по сравнению с комплексом беспозвоночных в минеральных горизонтах более существенно. Закономерность уменьшения разнообразия и увеличения доли дождевых червей отмечена для всех типов тропинок.

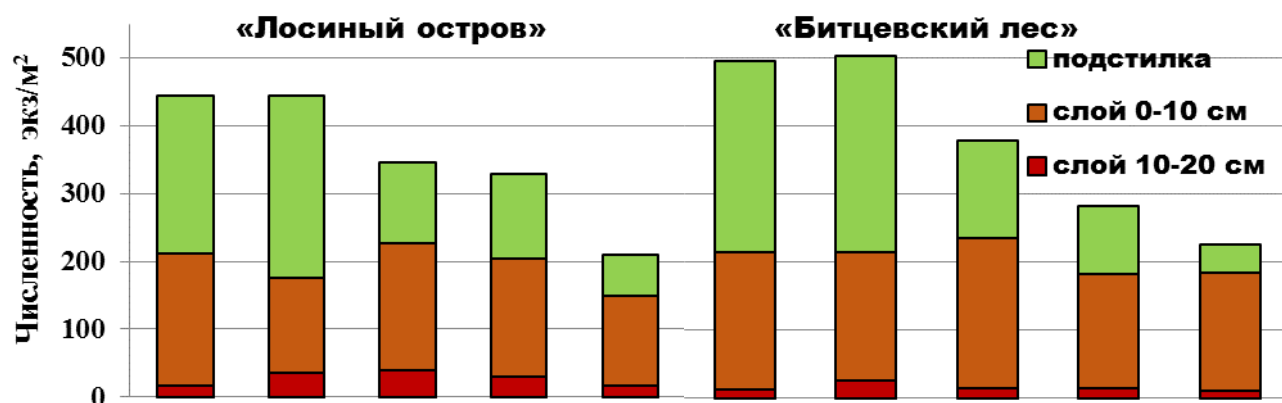
Изменение состояния комплекса мезопедобионтов является следствием преобразования условий их местообитания, во многом обусловленное изменением почвенных свойств на тропинках и в притропиночной зоне (глава 3.2).

Зависимость состояния комплекса почвенных беспозвоночных от уровня рекреационной нагрузки

Принимая во внимание различия в состоянии почвенных беспозвоночных на тропинках и на территории вне тропинок, а также различную долю площади дорожно-тропиночной сети на разных стадиях дигрессии, для количественной характеристики зависимости численности и биомассы почвенных беспозвоночных от уровня рекреационной нагрузки были проанализированы послойные выборки. Они были составлены с учетом доли тропинок, ширины притропиночных зон. Сравнение данных диаграмм, представленных на рисунках 3.40 (без учета «вклада» тропинок) и 3.45 (с учетом «вклада» тропинок) свидетельствует о большей информативности анализа послойных выборок.

Представленные данные свидетельствуют о четко выраженном снижении суммарной численности и биомассы мезопедобионтов в подстилке и почве по мере усиления рекреационной нагрузки, к V стадии дигрессии эти показатели снижаются в 2-2,5 раза (рис. 3.45). Снижение этих показателей обусловлено, прежде всего, угнетением почвенных беспозвоночных подстилочного комплекса: уже на III стадии дигрессии их численность и биомасса уменьшается в 2 раза, а при максимальной рекреационной нагрузке (V стадия дигрессии) в «Лосином острове» и «Битцевском лесу», соответственно, в 4 и 6-7 раз.

Численность мезопедобионтов



Биомасса мезопедобионтов

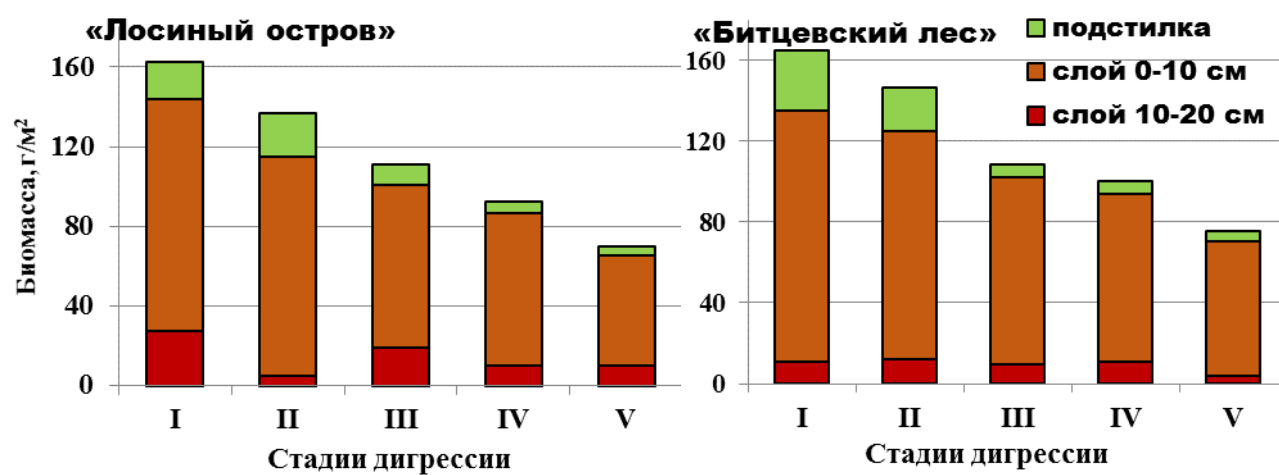


Рис.3.45. Численность [экз./м²] и биомасса [г/м²] (n=3) почвенной мезофауны на участках разных стадий дигрессии

ГЛАВА 4

ИЗУЧЕНИЕ РАЗЛИЧИЙ (ДИСКРИМИНАЦИИ) МЕЖДУ СОСТОЯНИЕМ ПОЧВ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДИГРЕССИИ, НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ОБ ИХ СВОЙСТВАХ

На основе полученных данных, характеризующих свойства почв на разных стадиях рекреационной дигрессии, нами был проведен пошаговый дискриминантный анализ, позволяющий определить, какие свойства различают (дискриминируют) изучаемые объекты и оценить их вклад в дискриминацию. В табл. 4.1 приведены доверительные интервалы средних значений свойств, использованных для проведения дискриминантного анализа. Рассматривались свойства подстилки и верхнего минерального слоя (0-5 см), так как на них приходится наибольшая рекреационная нагрузка.

Таблица 4.1. Доверительные интервалы средних значений почвенных свойств, характеризующих каждую из пяти стадий рекреационной дигрессии.

«Лосиный остров»					
Стадии дигрессии	I	II	III	IV	V
N	18	22	24	29	54
Запасы подстилки, кг/м²	1,3±0,19	1,7±0,45	1,5±0,42	0,9±0,20	0,9±0,08
pH подстилки	5,49±0,08	5,65±0,07	5,70±0,07	5,70±0,1	5,90±0,07
pHвод	4,26±0,16	4,66±0,15	4,66±0,14	4,95±0,14	5,05±0,11
Ес, мСм/см	0,28±0,03	0,35±0,04	0,37±0,07	0,46±0,08	0,56±0,1
Сорг, %	1,77±0,25	1,92±0,29	2,56±0,39	2,62±0,26	2,92±0,38
Коэффициент структурности	3,9±0,38	2,7±0,43	1,5±0,29	1,1±0,24	1,0±0,22
Твердость, МПа	1,1±0,33	1,8±0,36	2,5±0,28	2,6±0,29	2,9±0,23
Плотность, г/см³	0,97±0,05	1,02±0,05	1,07±0,07	1,18±0,06	1,25±0,05
«Битцевский лес»					
N	17	21	22	31	42
Запасы подстилки, кг/м²	1,1±0,15	1,2±0,29	1,2±0,18	1,0±0,15	0,8±0,1
pH подстилки	5,75±0,09	5,77±0,12	5,78±0,09	5,90±0,09	6,00±0,08
pHвод	5,2±0,09	5,26±0,1	5,33±0,12	5,37±0,1	5,62±0,1
Ес, мСм/см	0,2±0,02	0,22±0,03	0,23±0,03	0,33±0,12	0,48±0,12
Сорг, %	2,01±0,25	2,45±0,3	2,73±0,22	3,1±0,4	3,29±0,41
Коэффициент структурности	4,9±0,45	3,3±0,44	3,1±0,43	2,1±0,24	1,0±0,22
Твердость, МПа	1,8±0,37	2,5±0,33	2,7±0,38	2,9±0,32	3,8±0,31
Плотность, г/см³	1,08±0,05	1,09±0,06	1,11±0,06	1,16±0,05	1,29±0,05

Результаты пошагового дискриминантного анализа (табл.4.2) свидетельствуют о статистической значимости дискриминации. Дискриминационную способность моделей характеризует критерий Уилкса, который изменяется от 0 (полная дискриминация) до 1 (нет никакой дискриминации). Дискриминационная способность полученных моделей не очень

высока. Статистика Уилкса лямбда составляет для моделей, характеризующих почвы «Лосинового острова» и «Битцевского леса», соответственно 0.20 и 0.17. Одиночный вклад каждой переменной в дискриминацию характеризует частный критерий Уилкса: чем меньше его значение, тем большую роль играет соответствующая переменная в дискриминации.

**Таблица 4.2. Результаты пошагового дискриминантного анализа данных
«Лосиный остров»**

Критерий (лямбда) Уилкса: 0.20. F (28.491) =9.88. p <0.0000

Переменные в модели	Критерий Уилкса*	Частный критерий Уилкса**	F - критерий	P -уровень значимости	Толерантность***
Коэффициент структурности	0.356	0.560	26.616	0.000000	0.633
pH подстилки	0.233	0.857	5.637	0.000314	0.415
Запасы подстилки	0.217	0.918	3.027	0.019859	0.739
pH почвы	0.227	0.879	4.670	0.001455	0.389
Твердость почвы	0.222	0.898	3.838	0.005476	0.321
Плотность почвы	0.218	0.916	3.088	0.018015	0.367
Содержание Сорг в почве	0.211	0.9460	1.926	0.109535	0.573

Переменные вне модели**:** электропроводность почв (Ес)

Битцевский лесопарк

Критерий (лямбда) Уилкса: 0.17. F (24.430) =11.74. p <0.0000

Переменные в модели	Критерий Уилкса*	Частный критерий Уилкса**	F- критерий	P-уровень значимости	Толерантность***
Коэффициент структурности	0.469	0.367	52.863	0.000000	0.521
Твердость почвы	0.203	0.849	5.454	0.000447	0.267
Плотность почвы	0.192	0.894	3.619	0.007971	0.472
Запасы подстилки	0.185	0.929	2.323	0.060275	0.660
Содержание Сорг в почве	0.205	0.837	5.975	0.000199	0.298
Ес почвы	0.198	0.870	4.574	0.001771	0.316

Переменные вне модели**:** pH подстилки; pH почвы

Примечание:

***Критерий Уилкса** - статистика для оценки статистической значимости дискриминационной способности данной модели. Ее значение меняется от 1.0 (нет никакой дискриминации) до 0.0 (полная дискриминация). Каждое значение в первой колонке таблицы

является значением статистики Уилкса лямбда после того, как соответствующая переменная вводится в модель.

**** Частный критерий Уилкса** - это статистика для одиночного вклада соответствующей переменной в дискриминацию между совокупностями за вычетом влияния других переменных. Это значение можно рассматривать как аналог частного коэффициента корреляции. Чем меньше его значение, тем больше одиночный вклад соответствующей переменной в дискриминацию.

*****Толерантность** - статистика, показывающая степень избыточности переменной, вводимой на каждом шаге в модель. Чем ближе эта статистика к единице, тем обоснованнее ввод новой переменной. В качестве пороговой толерантности была выбрана величина 0.01. В качестве порогового F-критерия при вводе новой переменной выбрана величина 1.0.

******Переменные вне модели** - переменные неиспользуемые в предсказании их принадлежности к той или иной совокупности.

Полученные данные убедительно свидетельствуют о том, что коэффициент структурности почв является ведущей переменной. Его вклад в дискриминацию проявляется сильнее в случае среднесуглинистых почв «Битцевского леса» (значение частной лямбды Уилкса составляет 0.367) по сравнению с легкосуглинистыми почвами «Лосинового острова» (частная лямбда Уилкса равна 0.560). Одиночные вклады остальных переменных малы (значения частной лямбды Уилкса для них > 0.8). Для дискриминации почв по стадиям рекреационной дигрессии имеет значение их совокупный вклад.

Другой важной задачей дискриминантного анализа является классификация. Полученные модели позволяют построить классификационные функции, предназначенные для определения того, к какой совокупности наиболее вероятно может быть отнесен каждый объект. Классификация действует лучшим образом для выборки, по которой была получена дискриминирующая функция (обучающая выборка), чем для новой выборки. Поэтому степень дискриминации (качество классификации) оценивают по новой выборке.

Мы попытались оценить качество классификации почв, подверженных рекреационному воздействию, в основе которой лежит выделение 5 стадий рекреационной дигрессии лесных биогеоценозов, соответствующих разным уровням рекреационной нагрузки (табл.4.3).

Таблица 4.3 Оценка качества классификации почв (пять стадий дигрессии)

Стадии дигрессии	Процент правильной классификации	
	«Лосиный остров» (обучающая выборка)	«Битцевский лес» (независимая выборка)
1	83.3	58.8
2	63.6	85.7
3	54.2	0.0
4	41.4	12.9
5	75.9	61.9
всего	64.6	43.6

Полученные результаты указывают на то, что пятистадийная схема является неудачной для характеристики изменений почвенных свойств в зависимости от уровня рекреационной нагрузки, так как при проверке по независимой выборке доля правильной классификации составляет менее 50%.

Это легко объяснимо, так как при разработке этой схемы во внимания принимались только доля вытоптанной площади и изменения растительности. Почвы - более инерционный компонент биогеоценоза, чем растительность. Кроме того, свойства лесных почв характеризуются высокой внутрибиогеоценозной пространственной вариабельностью (Карпачевский, 1977, 2009; Дмитриев и др., 1999), поэтому изменения в результате рекреации должны быть достаточно существенными, чтобы их можно было обнаружить.

Рассмотрим, как повлияет на качество классификации переход к трехстадийной схеме. Для этого объединим данные, характеризующие свойства почв второй и третьей стадий в один массив. Теперь он будет характеризовать вторую стадию дигрессии. А третью стадию будут представлять сгруппированные почвенные данные четвертой и пятой стадий. Полученные результаты представлены в табл.4.

Таблица 4.4 Оценка качества классификации почв (три стадий дигрессии)

Стадии дигрессии	Процент правильной классификации	
	«Лосиный остров» (обучающая выборка)	«Битцевский лес» (независимая выборка)
1	88,3	82.35
2	74.7	74.42
3	66.6	73.97
всего	72.8	75.19

Они демонстрируют заметное улучшение качества классификации. Таким образом, для характеристики изменений свойств лесных почв под влиянием рекреационной нагрузки больше подходит трехстадийная схема.

ВЫВОДЫ

1. В изучаемых лесопарках города Москвы («Битцевский лес» и «Лосиный остров») зависимость показателей состояния растительности, почв и мезофауны от уровня рекреационного воздействия имеет однотипный характер. Некоторые различия природных условий (характер растительности, гранулометрический состав почв) проявляются в степени изменений показателей состояния рекреационных лесов.

2. Рекреация оказывает влияние на все ярусы растительного покрова. К V стадии дигрессии в 4-5 раз снижается доля деревьев в хорошем состоянии. Чувствительность к рекреационному воздействию зависит от видового состава древостоя. В дубово-липовом лесу «Битцевского парка» больше половины деревьев находятся в хорошем состоянии до IV стадии дигрессии, а в елово-липовом лесу «Лосиного острова» уже на III стадии на их долю приходится только 44%. Это связано с меньшей устойчивостью к рекреации хвойных пород, чем лиственных.

3. Высокочувствительным индикатором изменения условий среды при рекреации является интегральный показатель стабильности развития липы мелколистной. Статистически значимые различия средних значений этого показателя, обнаружены на всех стадиях дигрессии.

4. В результате ухудшения состояния древостоя сомкнутость крон деревьев снижается с 70-80% до 30%, что приводит к увеличению освещенности. К пятой стадии дигрессии освещенность (по отношению к открытой поверхности) увеличивается более чем в 30 раз. Изменение освещенности оказывает большое влияние на количество подроста и видовое разнообразие трав.

5. Под влиянием рекреации изменяется видовой состав травяного яруса. Анализ сходства видового состава травяных сообществ на разных стадиях дигрессии показал, что резкое уменьшение мер сходства происходит при переходе к стадии, характеризующейся максимальным видовым разнообразием (23 вида). В елово-широколиственном лесу («Лосиный остров») это III, а в широколиственном («Битцевский парк») - IV стадия дигрессии.

6. Наибольшие изменения отмечены в почвах дорожно-тропиночной сети. Их степень зависит от вида тропинки, увеличиваясь в ряду от слабо к хорошо выраженным тропинкам.

7. В изучаемых лесопарках с усилением рекреационного воздействия изменяется тип подстилок. На первых двух стадиях дигрессии они гумифицированные, на более поздних стадиях - деструктивные. Уменьшение запасов подстилки сопровождается увеличением их пространственной вариабельности. В результате измельчения и перетирания подстилки при вытаптывании в ее фракционном составе значительно возрастает доля измельченной фракции в

елово-широколиственном лесу «Лосиног острова» в 3, а в широколиственном «Битцевском лесу» в 8 раз.

8. В верхнем минеральном слое (0-5 см) изучаемых дерново-подзолистых почв с увеличением рекреационного воздействия статистически значимо увеличиваются плотность, твердость, содержание органического углерода, рНвод и электропроводность, а коэффициент структурности, водопрочность агрегатов и сумма агрономически ценных агрегатов уменьшаются. Величина этих изменений снижается с глубиной.

9. Под влиянием рекреации прослежены преобразования в комплексе мезопедобионтов. Их численность и биомасса к V стадии дигрессии снижаются в 2-2,5 раза. Это уменьшение связано, прежде всего, с угнетением почвенных беспозвоночных подстилки: уже на третьей стадии дигрессии их численность и биомасса в подстилке уменьшаются в 2 раза, а при максимальной нагрузке в 4-7 раз. По мере усиления рекреационной нагрузки снижается разнообразие почвенных беспозвоночных, а в их составе увеличивается доля малощетинковых червей.

10. Результаты пошагового дискриминантного анализа на основе полученных данных, характеризующих свойства почв на разных стадиях рекреационной дигрессии, свидетельствуют о статистической значимости дискриминации. Они показали, что наибольший вклад в дискриминацию вносит коэффициент структурности почв. Одиночные вклады остальных переменных малы. Для дискриминации почв по стадиям рекреационной дигрессии имеет значение только их совокупный вклад.

11. Для характеристики изменений свойств лесных почв под влиянием рекреационной нагрузки подходит трехстадийная схема. В этом случае доля правильной классификации для независимых данных составляет 75%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абатуров А.В. Клен в «Лосином острове» // Научные труды национального парка «Лосиный остров», выпуск 1 (к 20-летию со дня организации национального парка) / Под ред. В.В. Киселевой. М.: «Кру-Престиж». 2003. С. 52 - 63.
2. Абрамова М.И., Игнатов М.С. Мохообразные в условиях рекреационного лесопользования // Влияние рекреации на лесные экосистемы и их компоненты. М., 2004. С. 177-215.
3. Агаркова М.Г. Эколого-генетические особенности почв городских экосистем (на примере Ленинского района г. Москвы) // Автореф. дис. на с.у.с. к.б.н. // М., 1991.
4. Алексеев Ю.Е. Адвентивная флора и закон зональности растительного покрова // “Экополис-2000”. М., 2000. С. 144-146.
5. Амиров Ф.А., Канзафарова В.К., Балабекова З.А. Изменение почв и растительности под влиянием рекреационного лесопользования // Лесоведение. 1982. № 6. С.21 - 25.
6. Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А., Рыжова И.М., Бочарникова Е.О., Стольников Е. В. Углерод микробной биомассы и микробное продуцирование двуокиси углерода дерново-подзолистыми почвами постагрогенных биогеоценозов и коренных ельников Южной тайги (Костромская область) // Почвоведение № 9. 2009. С. 1108-1116.
7. Байчибаева А.В. Рекреационное воздействие на лесные насаждения природного парка «Оленьи ручьи» (подзона южной тайги Урала) и рекомендации по повышению их устойчивости: автореферат дис. канд. с.-х. наук; Урал. Гос. Лесотехн. Ун-т. Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. 21 с.
8. Байчибаева А.В., Соболев Н.В. Оценка рекреационного влияния на почвы природного парка «Оленьи ручьи» // Аграрный вестник Урала. 2011. № 4 (83). С.55 - 56.
9. Бачура Ю. М., Храмченкова О. М. Почвенные водоросли некоторых антропогенно-нарушенных территорий // Экологический вестник. Минск, 2010. № 4(14). С.21 - 28.
10. Бганцова В.А. Влияние рекреационного пользования на некоторые свойства почв сложных сосняков и березняков // Природные аспекты рекреационного использования леса. М.: Наука. 1987. С.102-108.
11. Бганцова В.А., Бганцов В.Н., Соколов Л.А. Влияние рекреационного лесопользования на почву // Природные аспекты рекреационного использования леса. М.: Наука. 1987. С.71-85.
12. Бех И.А., Данченко А.М. Проблема устойчивости в лесоведении // Вестник ТГУ. 2007. Томск : Изд-во Том. ун-та. № 295. С. 215-219.
13. Богатырев Л.Г. О классификации лесных подстилок // Почвоведение. №3. 1990. С.

14. Болдырев В.А. Влияние рекреационного выпасывания на некоторые лесные фитоценозы в Саратовском Правобережье // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах. Самара, 1995. С. 155-160

15. Буренина Т.А., Кривобоков Л.В. Экологические последствия рекреационного лесопользования в лесах Прибайкалья // Мат. Междунар. Науч. Конф. «Актуальные проблемы рекреационного лесопользования». М.: Т-во научн. Изд. КМК, 2007. С. 70-73.

16. Бурова Н.В. Трансформация лесной подстилки в ельниках под воздействием антропогенных нагрузок // Вестник Краснояр. Гос. Аграр. Ун-та. 2011. Вып. 1. С. 85-88

17. Бурова, Н.В., Феклистов П.А. Антропогенная трансформация пригородных лесов. Архангельск: Изд-во Арханг. Гос. Ун-та, 2007. 264 с

18. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.

19. Васенев И.И. Влияние ветровала на развитие таежных подзолистых почв. Автореферат к.б.н. 1987. Москва. 35 с.

20. Васильева И.Н. Влияние выпасывания на физические свойства почвы и корневые системы растений // Лесоводственные исследования в Серебряноборском опыном лесничестве. М.: Наука, 1973. С. 36-44.

21. Воробейчик Е.Л., Козлов М.В. Воздействие точечных источников эмиссии поллютантов на наземные экосистемы: методология исследований, экспериментальные схемы, распространенные ошибки // Экология. 2012. № 2. С.83-91.

22. Гаврицкова Н.Н., Гордеева Т.Х. Биоиндикационные возможности микобиоты для оценки состояния лесных экосистем в зонах рекреации // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия «Лес. Экология. Природопользование». Йошкар-Ола, 2007. Т. 1. С. 67 - 75.

23. Ганжа Д. Морфологическая реакция листьев тополя в различных условиях урботехногенной нагрузки // Вестн. Львов. ун-та. Л., 2012. Вып. 60. С. 163-170.

24. Гелашвили Д.Б., Лобанова И.В., Ерофеева Е.Я., Наумова М.М. Влияние лесопатологического состояния березы повислой на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки // Поволжский экол. журн. 2007. № 6. С. 106-115.

25. География и мониторинг биоразнообразия. М., Изд-во НУМЦ, 2002. 432 с.

26. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / под ред. Г. В. Добровольского. М., 2003.

27. Гиляров М.С. Учет крупных почвенных беспозвоночных (мезофауны) // Методы почвенно-зоологических исследований. М., 1975. С.12-29.

28. Гиляров М.С., Шарова И.Х. Почвенная фауна ельников района Павловской Слободы как показатель почвенных и лесорастительных условий // Материалы по фауне и экологии животных. М., 1964. С. 501-520.
29. Гласова Н.В., Феклистов П.А. Состояние древостоя рекреационных ельников-черничников // Вестник Поморского университета. Серия. Естественные и точные науки. 2005. Т. 1(7). С.61 - 65.
30. Голованова Е.В. Влияние рекреации на население дождевых червей лесных экосистем лесостепи Омской области // Мат. Междунар. Науч. Конф. «Актуальные проблемы рекреационного лесопользования». М.: Т-во научн. Изд. КМК, 2007. С. 92 - 94.
31. Голубева Е.И., Жаринов С.Н. // Экологическое состояние природно-исторического парка «Битцевский лес» // Леса России в XXI веке Материалы восьмой международной научно-технической конференции. Санкт-Петербург, 2011. 50-53 с.
32. Горбунов А.С., Цветков П.А. Естественное возобновление в рекреационных сосняках зеленой зоны г. Красноярск // Хвойные бореальной зоны. 2009. № 2. С.244-248.
33. Горячкина И.С.; Рахлеева А.А.; Строганова М.Н.; Раппопорт А.В. Мезофауна почв ботанических садов (на примере Москвы и Санкт-Петербурга) // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2003. № 4. С. 33-40.
34. ГОСТ 3351-74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности. М. ИПК Изд-во стандартов, 2003. 7 с.
35. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая: общие требования к организации и методам контроля качества. М.: ИПК Издательство стандартов. 1998. 15 с.
36. Григорьев А.Ю. Влияние отмерших стволов ели на некоторые свойства песчаных скрытоподзолистых почв // Организация экосистем ельников южной тайги. Москва. 1980. С. 177-184.
37. Грюнталь, С. Ю. Влияние рекреационного лесопользования на почвенное население сосняков // Природные аспекты рекреационного использования леса. М., 1987. С. 137-141.
38. Грюнталь, С. Ю. Почвенные беспозвоночные в условиях рекреационного лесопользования // Влияние рекреации на лесные экосистемы и их компоненты. РАН. ОБН. Институт лесоведения. М., 2004. С. 215-248.
39. Данчева А. В. Влияние рекреационной нагрузки на естественное возобновление сосновых насаждений Казахского мелкосопочника/А. В. Данчева // Аграрный вестник Урала. 2011. № 11 (90). С.22-23
40. Данченко А.М., Данченко М.А., Мясников А.Г. Современное состояние городских лесов и их использование (на примере г. Томска) Вестник Томского государственного университета. Биология. 2010. Вып. 3. С. 90-104

41. Демаков Ю. П., Медведкова Е. А. Изменение радиального прироста деревьев сосны под влиянием рекреационных нагрузок и техногенного загрязнения // Современное состояние окружающей среды в республике Марий Эл и здоровье населения: матер. 2-й научно-практ. конф. Йошкар-Ола, 2004. С. 33-34.
42. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. Изд-во: Книжный дом Либроком. 2009. 327 с.
43. Дмитриев Е.А., Рекубратский И.В., Горелова Ю.В., Витязев В.Г. К организации свойств почвенного покрова под елями // Структурно-функциональная роль почвы в биосфере. М.: ГЕОС. 1999. С. 59-69.
44. Добрушин Ю.В., Насимович Ю.А., Румянцева Т.А. Методология изучения рекреационного воздействия на городские леса и подходы к проектированию рекреационных объектов. 2006. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://temnyjles.narod.ru/Rekr-ek.htm>.
45. Добрынин А.П. Закономерности рекреации деградации лесов Сибири и Дальнего Востока // Проблемы лесоведения и лесной экологии. 1990. Ч.2. С. 521-523.
46. Догель В.А. Зоология беспозвоночных. М.: Высш. Школа, 1981. 606 с.
47. Дробышев Ю.И. Исследование изменений состава фитоценозов Салтыковского лесопарка под влиянием рекреации (Московская обл.) // Сб.тр.науч.конф.молодых ученых и специалистов/Моск.с.-х.акад.им.Тимирязева. М., 1999. С. 131-137
48. Дробышев Ю.И. Устойчивость рекреационных лесных фитоценозов в связи с их структурными особенностями: автореферат диссертации на соискание ученой степени к.б.н.: специальность 03.00.16 / (Моск. с.-х. акад. Им. К.А. Тимирязева). Москва, 2000. 17 с.
49. Дыренков, С.А. Изменение лесных биогеоценозов под влиянием рекреационных нагрузок и возможности их регулирования // Рекреационное лесопользование в СССР. М.: Наука, 1983. С. 20-35.
50. Егоров А.Г. Изменение твердости почв прибрежной территории среднего течения реки Томи в условиях рекреационного воздействия // Современные проблемы науки и образования. 2010. №2. С. 9 - 14.
51. Егорова С.В., Лаврова В.А. Влияние рекреационного лесопользования на микрофлору и азотфиксирующую активность почв в сосняках // Природные аспекты рекреационного использования леса. М.: Наука, 1987. С. 108-126.
52. Емец В.М. Пространственно-временная динамика разнообразия животного населения почв на рекреационно используемых и заповедных лесных территориях (на примере крупных почвенных беспозвоночных Усманского бора). Воронеж: Изд-во ВГУ, 2002. 151 с.
53. Ерохина З.В., Пшеничникова Л.С. Влияние рекреации на нижние ярусы сосновых лесов заповедника «Столбы» // Хвойные бореальной зоны. 2011. № 3-4. С. 317-323.

54. Ефремов А. Л., Новикова Н. В. Биологические особенности почв хвойных насаждений рекреационной зоны г. Могилев // Почвоведение. 2003. № 10. С. 1228-1234.
55. Жевелева Е.М. Офицера О.В. Влияние рекреационной нагрузки на некоторые химические свойства почв // Вестник МГУ, сер. Почвоведение. 1985. № 2. С. 63-65.
56. Жижин Н.П., Зеленский Н.Н. Рекреативные изменения в лесах Прикарпатья // Роль подстилки в лесных биогеоценозах. М.: Наука, 1983. С.71 - 73.
57. Журавков А.Ф., Добрынин А. П. Естественное возобновление в рекреационных дубовых лесах южного Приморья // Бюлл. Гл.БС. 1987. Вып. 146. С. 65 - 69.
58. Захаров А.А., Бызова Ю.Б., Уваров А.В., Залеская Н.Т. и др. Почвенные беспозвоночные рекреационных ельников Подмосковья. М., 1989. 233 с.
59. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. М. ЦЭПР. 2000. 65 с.
60. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т. Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях. Центр экологической политики России. Центр здоровья среды. Москва. 2001. 148 с.
61. Захаров В.М., Шкиль Ф.Н., Кряжева Н.Г. 2005. Оценка стабильности развития березы в разных частях ареала // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия Биология. 2005. Вып.1(9). Материалы 8-го Всероссийского популяционного семинара «Популяции в пространстве и времени». с. 77 - 84.
62. Заяц М.С. Влияние антропогенной деятельности на устойчивость деревьев и кустарников городских парков: На прим. г.Львова // Автореф. дис. канд. с.-х. наук Беларус. Технол. Ин-т им. С.М.Кирова. Минск, 1984. 16 с.
63. Зеленский Н.Н., Жижин Н.П. Влияние рекреации на сосняки свежей грабовой судубравы Ростоцья // Лесоводство и агролесомелиорации. 1974(а). Вып. 36. С. 119-124.
64. Зеленский Н.Н., Жижин Н.П. Изменение лесов Прикарпатья под влиянием рекреационных нагрузок // Повышение эффективности лесохозяйственного производства на основе достижений науки. Иваново - Франковск. 1974(б). С. 89-92.
65. Зеленский Н.Н., Жижин Н.П. Об изменении подроста под влиянием рекреационных нагрузок// Лесной журнал. 1975. № 4. С.34-36
66. Зеленский, Н.Н. Исследование рекреационной дигрессии курортных лесов Предкарпатья и природоохранные принципы организации и ведения хозяйств в них: Автореф. Дис. Канд. с.-х. наук. Львов, 1979. 20с.
67. Зеликов В.Д. Некоторые материалы характеристики почв лесопарков, скверов и улиц // Изв. ВУЗов, Лесной журнал. 1964. № 3. С. 28-32.
68. Зеликов В.Д. Пшоннова В.Г. Влияние уплотнения почвы на насаждения в лесопарках

// Лесн. хоз-во. 1961. № 12. С. 34-37.

69. Иванов Б.Н. Влияние уплотнения на физические свойства серой лесной почвы в лесу при рекреации. Лесоведение. 1990. №3. С. 58 - 62.

70. Иванов Б.Н. Влияние ходовой системы автомобиля на физические свойства почв под лесом // Почвоведение. 1992. №7. С.46 - 54.

71. Казаков Л.К., Чиждова В.П. Устойчивость ландшафтов и оптимизация природно-хозяйственных систем. Статья в научном сборнике. География, общество, окружающая среда. Т.3: Природные ресурсы, их использование и охрана. М.: Изд. Дом «Городец», 2004. С. 95-100.

72. Казанская Н.С., Ланина В.В., Марфенин Н.Н. Рекреационные леса. Изд-во: Лесная промышленность. М.,1977. 96 с.

73. Карманова И. В., Рысина Г. П. Поведение некоторых лесных видов растений в нарушенных лесных сообществах // Изв. РАН. Сер. Биологическая. 1995. № 2. С. 231-239.

74. Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы. Изд-во Лесная промышленность. 1981. 264 с.

75. Карпачевский Л.О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. М.: Изд-во МГУ, 1977. 312 с.

76. Карпачевский Л.О., Ашинов Ю.Н., Березин Л.В. Курс лесного почвоведения. Майкоп: Изд-во «Аякс». 2009. 345 с.

77. Карпачевский Л.О., Строганова М.Н. Микрорельеф - функция лесного биогеоценоза // Почвоведение. 1981. № 5. С. 83 - 93.

78. Карпинослова Р.А. Дубравы лесопарковой зоны Москвы. М.: Наука, 1967. 104 с.

79. Касимов Н.С., Перельман А.И. Геохимическая систематика городских ландшафтов // Экогеохимия городских ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1995. С. 13-20.

80. Киселева В.В. Роль почвы в устойчивости лесных экосистем НП «Лосиный остров» к рекреационному воздействию // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям: тезисы докладов Всероссийской конференции, М, 2002 с.449-450.

81. Киселева В.В. Состояние насаждений разных пород НП «Лосиный остров» в условиях комплексного воздействия городской среды // Лесные экосистемы и урбанизация. Под ред. Л.П. Рысина. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. С. 40-68.

82. Киселева В.В., Ломов В.Д., Обыденников В.И., Титов А.П. История развития и современное состояние сосняков Алексеевской Роши // Лесоведение. 2010. № 3. С. 42-52.

83. Киселева В.В., Насимович Ю.А. Влияние рекреации на распространение и численность осю охраняемых видов растений в городской части национального парка «Лосиный остров» // Тез. Докл. Межд. Нучн. Конф. «Актуальные проблемы рекреационного лесопользования». М.: 2007. С. 62 - 64.

84. Киселева В.В., Сырямкина О.В. Состояние почв национального парка «Лосиный

остров» // Состояние природной среды национального парка «Лосиный остров» (по данным мониторинга за 2003-2005 гг.). Под ред. А.И. Янгутов, Киселева В.В. Пушкино, 2006(а). С. 35 - 43.

85. Киселева В.В., Сырямкина О.В., Никитин В.Ф. Состояние лесов «Лосиного острова» по данным мониторинга на постоянных пробных площадях // Состояние природной среды национального парка «Лосиный остров» (по данным мониторинга за 2003-2005 гг.) / Под ред. А.И. Янгутов, В.В. Киселева. Пушкино, 2006(б). С. 59 - 74.

86. Киселева В.В., Сырямкина О.В., Никитин В.Ф. Состояние насаждений в интенсивно посещаемых кварталах рекреационной зоны // Состояние природной среды национального парка «Лосиный остров» (по данным мониторинга за 2003-2005 гг.) / Под ред. А.И. Янгутов, Киселева В.В. Пушкино, 2006(в). С. 74 - 87.

87. Киселева В.В., Чуенков В.С. Факторы, определяющие состояние насаждений НП «Лосиный остров» // Научные труды национального парка «Лосиный остров», выпуск 1 (к 20-летию со дня организации национального парка) / Под ред. В.В. Киселевой. М.: «Кру-Престиж», 2003. С. 29 - 44.

88. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

89. Кобяков А.В. Этапы развития лесопаркового дела в России // Город. Лес. Отдых. Рекреационное использование лесов на урбанизированных территориях. Научная конференция. Тезисы докладов. Т-во научных изданий КМК. 2009. С.170-172.

90. Коломыц Э.Г., Керженцев А.С., Глебова О.В. Механизмы трансформации лесных экосистем в высокоурбанизированной среде // В кн.: «Экополис –2000», М., 2000. С.110-113.

91. Конашова С.И. Эколого-лесоводственные основы формирования и повышения устойчивости рекреационных лесов. Автореф. дис. д-ра с.-х. наук. Екатеринбург, 2000. 36 с.

92. Край наш Московский: история, природа, современность: учеб. пособие по москвоведению. М. : Экопрос, 1997. 240 с.

93. Крестьяшина Л.В., Арно Г.И., Савицкий С.С., Кавин А.А., Соловьева Е.Н. Рекреационное лесопользование в пригородных лесах Ленинграда // Оптимизация рекреационного лесопользования. М.: Наука, 1990. С. 38-44.

94. Кругляк В.В., Карташова Н.П. Рекреационное использование лесов зеленой зоны города Воронежа // Вестник ВГУ. Серия. Химия. Биология. 2005. №2. С. 140-143.

95. Крутов В.И., Синькевич С.М., Федорец Н.Г. Рекреационная дигрессия лесных экосистем Валаама и пути ее ограничения // Лесоведение. № 4. 2010. С. 34-42.

96. Кузнецов В.А., Стома Г.В. Влияние рекреации на лесные городские ландшафты (на примере национального парка «Лосиный остров» г. Москвы) // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2013. №3. С. 27 - 33.

97. Куйбышев С.В. Влияние рекреации на дерново-подзолистую почву ельника - кисличника // Лесоведение. 1985. № 2. С. 85-87.
98. Куйбышев С.В. Изменение биохимических свойств почвы под влиянием рекреационных нагрузок в условиях лесопаркового пояса Подмоскovie // Автореф. дис. канд. с.-х. наук. Почв. Ин-т им. В.В.Докучаева М., 1987(а). 24 с.
99. Куйбышев С.В. Пространственная изменчивость свойств почвы в рекреационном лесу // Почвоведение. 1987(б). № 9. С. 96-100.
100. Куйбышев С.В., Сергеев В. К. Изменение биологической активности почвы при внесении азотных удобрений и под влиянием рекреационных нагрузок в ельниках Клиньско-Дмитровской гряды / Научный совет по проблемам почвоведения АН СССР // Дегрaдация и восстановление лесных почв. Сборник научных трудов. Москва: Наука, 1991. С. 225-234.
101. Куликова Г.Г. Летняя учебно-производственная практика по ботанике. Часть 2. Основные геоботанические методы изучения растительности / Под ред. А.К. Тимонина. М.: Изд. Каф. Высших растений биол. Ф-та Моск. Ун-та, 2006. 152 с.
102. Курчева Г.Ф. Роль животных в почвообразовании. М.: Знание, 1973. 64 с.
103. Лазарева И.П.; Морозова Р.М. Особенности рекреационной дегрaдации почв в Карелии. Науч. Докл. / АН СССР. Карел. Фил. Ин-т леса, Петрозаводск, 1987. 24 с.
104. Леса Москвы. Опыт организации мониторинга / Под ред. Л.П. Рысин, Г.А. Полякова, Л.И. Савельева и др. М.: Ин-т лесоведения РАН, 2001. 148 с.
105. Ломов В.Д., Титов А.П. Основные результаты изучения возобновления хвойных насаждений «Алексеевской роши» НП «Лосиный остров» // Научные труды национального парка «Лосиный остров». Под ред. В.В. Киселевой. - М.: «Кру-Престиж», 2003. Выпуск 1. С. 44 - 52.
106. Лубкова Т. Н., Николаев Ю. Н., Шестакова Т. В., Яникиева О.Е. Солевое загрязнение от автотранспортных магистралей в нп «лосиный остров»: динамика и балансовая оценка // Научные труды национального парка «Лосиный остров. Под ред. В.В. Киселевой. - М.: «Кру-Престиж», 2003. Вып. 1. С. 148-169
107. Лукьянова Ю. А., Чижикова Н. А. Влияние рекреационных нагрузок на изменение растительного покрова лесных ценозов национального парка «Нижняя Кама» в условиях дифференцированного режима охраны территории // Самарская Лука, 2009. т. 18. № 3. С. 74-83.
108. Лысиков А. Б. Влияние рекреации на состояние почвенного покрова в городских лиственных лесах // Лесоведение. 2011. № 4. С.11-20.
109. Лысиков А.Б. Изменение плотности лесных почв при рекреации лесов // Лесоведение. 2008. № 4. С. 44-49.
110. Лысиков А.Б., Судницына Т. Н. // Влияние рекреации на почву лиственных

насаждений Серебряноборского опытного лесничества // Лесоведение. 2008. № 3. С. 47-56.

111. Мартыненко И.А., Прокофьева Т.В., Строганова М.Н. Состав и строение почвенного покрова, лесных, лесопарковых и парковых территорий г. Москвы // Лесные экосистемы и урбанизация. Тов-во научных изданий КМК. Москва, 2008. С. 69-90.

112. Марфенина О.Е., Гончарова Н.И., Розина М.С. Последствия рекреационного воздействия на подстилку лесных (еловых) биогеоценозов // Экология. 1988. №2. С. 19-23.

113. Марфенина О.Е., Жевелева Е.М., Офицерова О.В., Розина М.С., Зарифова З.А. Влияние нормированных рекреационных нагрузок на свойства бурых лесных почв // Вестник МГУ. Сер. Почвоведение. 1984. № 3. С. 52-58.

114. Матвеев С.М. Динамика состояния сосновых насаждений под воздействием рекреации. // Вестник Самарского Государственного Университета. Серия «География, Геоэкология». 2005. № 2. С. 97 - 103.

115. Матюк И.С. Устойчивость лесонасаждений. М.: Лесная промышленность, 1983. 133 с.

116. Машинский Л.О. Некоторые исследования устойчивости лесных насаждений в условиях Подмосковья к рекреационным нагрузкам // В сб.: Географические проблемы организации туризма и отдыха. М., 1975. вып. №2. С. 72 - 77.

117. Меланхолин П.Н. Влияние дорожно-тропиночной сети на видовой состав напочвенного покрова лесов // Тез. Докл. Межд. Нучн. Конф. «Актуальные проблемы рекреационного лесопользования». М.: 2007. С.64-66.

118. Меланхолин П.Н., Полякова Г.А. Рекреагенная динамика структуры нижних ярусов леса // Динамика и устойчивость рекреационных лесов. М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. С. 119-141.

119. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ: оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур. Утверждено Распоряжением Росэкологии от 16.10.2003 №460-р. М., 2003. 25 с.

120. Методы газовой хроматографии в почвенной микробиологии: Учеб.-метод. пособие / А.Л. Степанов, Л.В. Лысак / Отв. Ред. Д.Г. Звягинцев. М.: МАКС Пресс, 2002. 88 с.

121. Мина В.Н. Влияние осадков, стекающих по стволам деревьев, на почву // Почвоведение. 1967. № 10. С. 44-52.

122. Мозолевская Е. Г., Соколова Э. С., Жеребцова Г. П., Белов Д. А., Белова Н. К. Оценка жизнеспособности деревьев и правила их отбора и назначения к вырубке и пересадке. Учебно-методическое пособие. 2-е изд. Изд. МГУЛ. 2007. 40 с.

123. Мозолевская, Е.Г. Факторы нарушения устойчивости лесов Москвы и ближнего Подмосковья и их значение // Влияние рекреации на лесные экосистемы и их компоненты.

РАН. ОБН. Институт лесоведения. М., 2004. С. 4-37.

124. Мосина Л.В. Изменение плотности почвы в лесных экосистемах под воздействием рекреационных нагрузок // Ученые записки орловского государственного университета. Серия: естественные, технические и медицинские науки. 2012. № 3. С. 122 - 127.

125. Мятлев В.Д., Панченко Л.А., Ризниченко Г.Ю., Терехин А.Т. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели. Издательский центр «Академия» Москва, 2009. 315 с.

126. Набиуллин Р. Б., Гусманов У. Г., Хайретдинов А. Ф. Воспроизводство и использование лесов Акад. Республики Башкортостан, Отд-ние биологических и с.-х. наук. Уфа: Гилем, 2011. 424 с.

127. Надеждина, Е.С. Рекреационная дигрессия лесных биогеоценозов // Влияние массового туризма на биоценозы леса. М., 1987. С. 35-44.

128. Насимович Ю.А. Использование закономерностей стихийного формирования дорожно-тропиночной сети при её проектировании в рекреационных лесах. М., 1989. 6 с.

129. Николаев В.А., Авессаломова И.А., Чижова В.П. Природно-антропогенные ландшафты: городские, рекреационные, садово-парковые: Учебное пособие. - М.: Географический факультет МГУ, 2011. 112 с.

130. Николаев Ю. Н., Шестакова Т.В., Нефедьев В.В. и др. Оценка геохимического загрязнения национального парка «Лосиный остров» / Под ред. Н.В. Солодовникова. - М.: Прима-Пресс-М, 2000. 111 с.

131. Ниценко А.А. Об изучении экологической структуры растительного покрова. Бот. журн. 1969. Том 54. № 7. С. 1002-1014.

132. Оборин М.С. Особенности анализа рекреационной и антропогенной нагрузки вследствие санаторно-курортной и туристской деятельности // Географический вестник. 2010. № 2. С. 19 - 24.

133. Обухов А.И., Лепнева О.М. Биогеохимия тяжелых металлов в городской среде // Почвоведение. 1989. № 5. С. 610-615.

134. Общесоюзные нормативы для таксации лесов: Справочник / Под ред. Загребина В. В., М. Колос 1992. 494 с.

135. Общие сведения о природе национального парка «Лосиный остров» // Состояние природной среды национального парка «Лосиный остров» (по данным мониторинга за 2003-2005 гг.). Под ред. А.И. Янгутова, В.В. Киселева. Пушкино, 2006. С. 6 - 9.

136. Обидённых В.И., Ломов В.Д., Титов А.П. Современное состояние рекреационных лесов национального парка «Лосиный Остров» // Тез. Докл. Межд. Нучн. Конф. «Актуальные проблемы рекреационного лесопользования». М.: 2007. С. 25-27.

137. Орловский Г.М.; Остроумов Е.М.; Сванидзе М.А. Влияние рекреации на лесопарковые насаждения зеленой зоны г. Брянска // Природный потенциал Брянского агропромышленного комплекса, 1988. С. 51 - 58.
138. ОСТ 56-100-95. Методы и единицы рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. М., 1995. 14 с.
139. ОСТ 56-84-85. Стандарт отрасли. Использование лесов в рекреационных целях. Термины и определения. М., 1985. 12 с.
140. Отчет. По договору №23 от 25. 07.2002 г. На выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ: «Внедрение нового метода раннего предупреждения в систему мониторинга зеленых насаждений» (заключительный). Руководитель проекта В.М. Захаров. М., 2003. 34 с.
141. Пастернак П.С., Бондарь В.И. Изменение физических свойств темно-серых лесных почв под влиянием рекреационных нагрузок // Лесоводство и агромелиорация. Киев: Урожай. 1983. Вып. 67. С. 18-23.
142. Пастернак П.С., Бондарь В.И., Смольянинов И.И. Особенности рекреационного воздействия на легкие почвы лесных экосистем в условиях засушливого юго-востока УССР / Лесоведение. 1987. №2. С. 12-18.
143. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв: Методическое руководство. Под ред. Е.В. Шеина. М.: Изд-во МГУ, 2001. 200 с.
144. Поляков А.Ф., Каплюк Л.Ф., Савич Е.И., Рудь А.Г. Рекреационное лесопользование в Горном Крыму // Рекреационное лесопользование в СССР. М.: Наука, 1983. С. 75-89.
145. Полякова Г.А. Рекреация и деградация лесных биогеоценозов // Лесоведение. 1979. № 3. С. 70-80.
146. Полякова Г.А., Малышева Т. В., Флеров А. А. Антропогенные изменения широколиственных лесов Подмосквья. М.: Наука, 1983. 120 с.
147. Полякова Г.А., Малышева Т.В., Флеров А.А. Антропогенное влияние на сосновые леса Москвы и Подмосквья. М.: Наука, 1981. 144 с.
148. Попутников В.О. Тенденции антропогенной трансформации автоморфных почв территорий городских парков и прилегающих жилых кварталов // Дисс. на с. у. с. к. б. н. М., 2011. 191 с.
149. Почва, город, экология. Япод ред. Акад. РАН Г.В. Добровольского. М., 1997. 320 с.
150. Преловский В.И., Бакланов П.Я., Банников Л.С. и др. Рекреация и туризм в Приморском крае (ресурсно-экологические аспекты). Учеб. Пособие. Владивосток, 1998. 140 с.
151. Прикладовская Т.Р. Изменение основных компонентов буковых биогеоценозов зеленой зоны г. Львова в результате рекреационного воздействия. Автореф. Дис. канд. с.-х.

наук. Укр. НИИ лесн. Хоз-ва и агролесомелиорации им. Г.Н.Высоцкого. Харьков, 1986. 15 с.

152. Природа национального парка «Лосиный остров» [Электронный ресурс]. 2015. Режим доступа: <http://elkisland.ru/index/priroda/0-18>

153. Прокофьева Т.В., Мартыненко И.А., Попутников В.О. Трансформация почв рекреационных территорий г. Москвы (на примере природно-исторических парков Тушинский, Покровское-Стрешнево и старых рекреационных садов). Лесные экосистемы и урбанизация. Сборник статей. // Лесные экосистемы и урбанизация. Тов-во научных изданий КМК. Москва, 2008. С. 125-152.

154. Прокофьева Т.В., Попутников В.О. Антропогенная трансформация почв парка покровское- стрешнево (г.Москва) и прилегающих жилых кварталов // Почвоведение. 2010. № 6. С. 748-758.

155. Прокошева К. Ю. Особенности влияния рекреации на состояние сосновых насаждений особо охраняемых природных территорий Прикамья: (на примере НП «Нечкинский и ПП «Усть-Бельск»). автореферат дисс. на с. у. с. к.с.-х. н. / Моск. Гос. Ун-т леса. Москва: 2009. 19 с.

156. Пронин М.И. Влияние рекреации на насаждения. М., 1979 186 с.

157. Радюкина А. Ю. Влияние валежа на лесные почвы: дис...канд. биол.наук / Моск.гос.ун-т им. М.В.Ломоносова М., 2007. 119 с.

158. Раппопорт А.В., Антропогенные почвы городских ботанических садов (на примере Москвы и Санкт-Петербурга) // диссертация на с. у. с. канд. биол. наук. Москва, 2004. 160 с.

159. Рахлеева А.А. Почвенная мезофауна лесопарковых территорий г. Москвы // Город. Лес. Отдых. Рекреационное использование лесов на урбанизированных территориях. — Товарищество научных изданий КМК Москва, 2009. С. 129-131.

160. Рахлеева А.А., Иванова А.Е., Марфенина О.Е., Прокофьева Т.В. Сукцессионная динамика сообществ почвенной биоты в мегаполисе (на примере г. Москва) // Материалы XV Всеросс. Совещ. По почвенной зоологии 17-21 нояб. 2008. Товарищество научных изданий КМК Москва, 2008. С. 304-304.

161. Рахлеева А.А., Казанцева М., Прокофьева Т.В. Сукцессионная динамика мезофауны в городских почвах, нарушенных при строительстве (на примере парка Москворецкий) // Биogeография почв. Москва, 2009. С. 70.

162. Рахлеева А.А., Строганова М.Н. Состав и структура почвенной мезофауны парковых территорий г. Москвы // Лесные экосистемы и урбанизация. Под ред. Л.П. Рысина. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. С. 152-172.

163. Рекомендации по оценке последствий рекреационного лесопользования в лесопарках Москвы // Состояние зеленых насаждений и городских лесов в Москве. Аналитический доклад

по данным мониторинга 1999. М., 2000.-С. 213-226.

164.Репшас Э.А. Оптимизация рекреационного лесопользования (на примере Литвы) М.: Наука, 1994. 240 с.

165.Рожков Л.Н. Лесоводственно-экологические основы устойчивого функционирования лесов Беларуси в условиях рекреационного использования). автореф. дисс. на с. у. с. д-ра с.-х. наук Национальная академия наук Беларуси, Институт леса. Гомель, 2001. 42 с.

166.Розенберг Г.С. Введение в теоретическую экологию. Тольятти: Кассандра, 2013. Т. 2. 445 с.

167.Рунова Е.М., Гнаткович П.С. Экологическая оценка рекреационных зон города Братска методом флуктуирующей асимметрии березы повислой. Фундаментальные исследования. 2013. № 11. С. 223-227.

168.Рысин Л. П. Оптимизация рекреационного лесопользования - М.: Наука, 1990. - 119 с.

169.Рысин Л.П. Лесные экосистемы на урбанизированных территориях // Лесные экосистемы и урбанизация. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008(а). с. 6-23.

170.Рысин Л.П. Природные и социальные аспекты рекреационного использования лесов // Лесохозяйственная информация. 2008(б). № 6-7. С. 37 - 49.

171.Рысин Л.П. Рекреационное лесопользование; научные и практические аспекты. // Лесобиологические исследования на Северо-Западе таежной зоны России: итоги и перспективы. Материалы научной конференции. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 83-94.

172.Рысин Л.П. Рекреационные леса и проблема: оптимизации рекреационного лесопользования // Рекреационное лесопользование: в СССР: М., 1983. С. 5-20.

173.Рысин Л.П., Абатуров А.В., Савельева Л.И., Меланхолин П.Н., Полякова Г.А., Рысин С.Л. Динамика и устойчивость рекреационных лесов. М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. 165 с.

174.Рысин Л.П., Мозолевская Е.Г., Савельева Л.И. и др. // Влияние рекреации на лесные экосистемы и их компоненты. Пушино: Изд-во ОНТИ ПНЦ РАН, 2004. 302 с.

175.Рысин Л.П., Полякова Г.А. Влияние рекреационного лесопользования на растительность // Природные аспекты рекреационного использования леса. М.: Наука, 1987. С. 4 - 26.

176.Рысин Л.П., Рысин С.Л., Урболесоведение. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2012. 240 с.

177.Рысин Л.П., Савельева Л.И., Полякова Г.А., Рысин С.Л., Беднова О.В., Маслов А.А. Мониторинг рекреационных лесов. М.: ОНТИ ПНЦ РАН, 2003. 168 с.

178.Рысин С.Л., Лепешкин Е.А. Опыт оценки рекреационного потенциала лесов на урбанизированных территориях // Сборник: Лесные экосистемы и урбанизация. М.:

Товарищество научных изданий КМК. 2008. С. 183-208.

179.Рысина Г.П., Рысин Л.П. Оценка антропопотолерантности лесных травянистых растений // Природные аспекты рекреационного использования леса. М.: Наука, 1987. С.26-35.

180.Савельева Л.И. Динамика и устойчивость древостоев сложных сообществ в рекреационных лесах ближнего Подмосковья// Мат. Междунар. Науч. Конф. «Актуальные проблемы рекреационного лесопользования». М.: Т-во научн. Изд. КМК, 2007. С. 22-24

181.Савельева Л.И. Формы динамики лесных сообществ на урбанизированных территориях // Лесные экосистемы и урбанизация. Под ред. Л.П. Рысина. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. С. 23-39.

182.Савицкая С.Н. Влияние высоких рекреационных нагрузок на лесную растительность пригородной зоны Ленинграда: Автореф. дис. к.с.-х.н. Л., 1979. 20 с.

183.Самсонова В.П., Мешалкина Ю.Л., Дядькина С.Е. Компьютерный практикум по курсу: математическая статистика в почвоведении. М., 2005. 36 с.

184.Серебряноборское опытное лесничество: 65 лет лесного мониторинга / Л. П. Рысин, Т. И. Алексахина, А. В. Быков и др.; отв. Ред.: Б. Р. Стриганова, А. А. Сирин; Рос. Акад. Наук, Отд-ние биол. Наук РАН, Ин-т лесоведения РАН. Москва: КМК, 2010. 260 с.

185.Середин, В.И., Маркив П.Д. Возможности многофункционального использования особо охраняемых природных территорий Карпат // Современное состояние и перспективы рекреационного лесопользования: Тезисы докладов на Всесоюзном совещании 10-12 сентября 1990 г., Ленинград / Ленинградский научно-исследовательский институт лесного хозяйства ; отв. ред. С. О. Григорьева. Л. 1990. С. 71-72.

186.Середюк С.Д. Структура почвенной мезофауны в урбоценозах // Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития: мат. V научно-практической конференции, Ишим: Изд-во ИГПИ им. П.П. Ершова. 2010. С. 165-167.

187.Сериков М.Т.; Карташова Н.П. Оперативные методы диагностики предельной стадии рекреационной дигрессии по физическим свойствам почв (В дубравах зеленой зоны г.Воронежа) // Динамика лесистости в малолесных р-нах европ.части России. - Воронеж, 2003. С. 109-114

188.Скворцова И.Н. Микробиологические и некоторые санитарно-гигиенические свойства городских почв // в кн. Почва. Город. Экология // М., Фонд «За экономическую грамотность». 1997. С. 111-124.

189.Смаглюк К.К., Середин В.И., Питикин А.И., Парпан В.И. Исследование рекреационного лесопользования в Карпатах // Рекреационное лесопользование в СССР. М.: Наука, 1983. С. 81-95.

190.Смирнова Н.С., Маракаев О.А. Влияние выбросов промышленных предприятий на

функциональное состояние листьев древесных растений // Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия. Астрахань, 2002. С. 173-174.

191.Собчак Р. О., Афанасьева Т. Г., Копылов М. А. Оценка экологического состояния рекреационных зон методом флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth. // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 368. С. 195-199.

192.Соколов Л.А. Зеликов В.Д. Изменение свойств почв в лесных биогеоценозах с высокой рекреационной нагрузкой // Лесоведение. 1982. № 3. С. 16-23.

193.Соколов Л.А. Изменение физических свойств почв и роста насаждений под влиянием рекреационных нагрузок в парках и лесопарках Подмоскovie. Диссертация канд. биол. наук. Изд. МГУ, 1983. 168 с.

194.Солдатова В.Ю. Флуктуирующая асимметрия березы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.) как критерий качества городской среды и территорий, подверженных антропогенному воздействию (на примере Якутии). дис. канд. биол. наук. Якутск, 2006. 139 с.

195.Солдатова В.Ю., Шадрина Е.Г. Показатели флуктуирующей асимметрии *Betula platyphylla* Sukacz. В условиях антропогенного воздействия (на примере г. Якутска) // Экологический мониторинг. 2007. №5. С. 70-74.

196.Состояние зеленых насаждений в Москве. Аналитический доклад; рук. Проекта и работ Якубов Х. Г. М.: Прима-М, 2004. 224 с.

197.Состояние зеленых насаждений и городских лесов в Москве. Аналитический доклад; рук. Проекта и работ Якубов Х. Г. М.: Прима-Пресс-М, 2000.-276 с.

198.Спиридонов В.Н. Влияние уплотнения почвы на прирост деревьев в лесопарках Новосибирского научного центра // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. 1975. - Вып. 2. -№10. - С. 3-8.

199.Спиридонов В.Н. О тропиной сети в рекреационных лесах // Центр. Сиб. ботан. сад СО РАН. Новосибирск, 1997. 16 с.

200.Стома Г.В. Гумусное состояние почв городских территорий// в кн. Гуминовые вещества в биосфере. М., С-Пб., 2004. С. 173-174.

201.Стома Г.В., Коржова Е.А. Пространственная неоднородность кислотно-основных свойств почв под липовыми насаждениями на территории г. Москвы // Вестник Московского университета. Сер. 17, Почвоведение. 2004. № 3. С. 15-22.

202.Стома Г.В., Ахадова Е.В. Характеристика и экологическое состояние почв территории МГУ имени М.В.Ломоносова // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2015. № 1. С. 35-41.

203.Стороженко В. Г. Древесный отпад в структурах лесного биогеоценоза // Хвойные бореальной зоны. 2010. № 3-4. С. 279-283

- 204.Стороженко В.Г. Некоторые аспекты устойчивости лесов рекреационного пользования // Актуальные проблемы рекреационного лесопользования, 2004. С.14-17
- 205.Стриганова Б.Р. Животное население городских почв // В кн.: Почва, город, экология города, 1997. С.111-124.
- 206.Строганова М.Н. Городские почвы: генезис, систематика и экологическое значение (на примере города Москвы) Автореф. докторской диссертации. М., МГУ, 1998. 71с.
- 207.Строганова М.Н., Мартыненко И.Л., Прокофьева Т.В., Рахлеева А.Л.. Физико-химические и физико-механические свойства урбанизированных лесных почв // Лесные экосистемы и урбанизация. Под ред. Л.П. Рысина. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. С. 90-124.
- 208.Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В. Городские почвы: генезис, классификация, функции // Почва, город, экология. М,1997. С. 15 - 108.
- 209.Тарабин А.Д. К вопросу о влиянии рекреационных нагрузок на лесной напочвенный покров. Научные труды. Московский лесотехнический ин-т. М., 1989. Вып. 221. С. 77-80.
- 210.Таран И.В. Рекреационные леса Западной Сибири. Новосибирск, Наука, 1985. 230 с.
- 211.Таран И.В., Спиридонов В.Н. Устойчивость рекреационных лесов. Новосибирск: Наука, 1977. 180 с.
- 212.Таран И.В., Спиридонов В.Н., Беликова Н.Д. Леса города. Центральный Сибирский ботанический сад. - Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. 196 с.
- 213.Теория и практика химического анализа почв. Под ред. Л.А. Воробьевой. М., 2006. 400 с.
- 214.Хайретдинов А.Ф. Конашова С.И. Рекреационное лесоводство. МГУЛ. М. 2002. 308 с.
- 215.Хлуденцов Ж.Г. Влияние рекреации на почвы городского лесничества (Алтайский край) // Вестн. Алт. Гос. Аграр. Ун-та, 2010. Т.№ 7. С.30 - 35
- 216.Цареградская С. Ю. Лесоводственные мероприятия в пригородных лесах Подмосковья // В сб. науч.тр. ВНИИЛМ "Повышение продуктивности лесов лесоводственными приемами", Гослесхоз СССР, М., 1977, с. 112-127.
- 217.Цветков П.А., Киришева Д.А. Влияние рекреации на естественное возобновление сосны обыкновенной // Хвойные бореальной зоны. 2004. Вып. 2. С. 61-65.
- 218.Черников В.А., Милащенко Н.З., Соколов О.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 3. Устойчивость почв к антропогенному воздействию. Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. 203 с.
- 219.Чижова В.П. Рекреационные ландшафты: устойчивость, нормирование, управление. - Смоленск: Ойкумена. 2011. 176 с.
- 220.Чижова В.П. Рекреационные нагрузки в зонах отдыха М., «Лесная промышленность»,

1977. 48 с.

221. Чицова В.П., Прыгунова И.Л. Рекреация и заповедное дело: Итоги и перспективы взаимодействия: Учеб. Пособие / Моск. Гос. Ун-т им.М.В.Ломоносова. Геогр.фак. Черномор. Фил. Минск: ДОЛ-принт, 2004. 120 с.

222. Шапочкин М.С. Класс совершенства и его применение в рекреационных зонах национальных парков при ландшафтной оценке насаждений / М. С. Шапочкин, Н. А. Владимировна // Состояние природных комплексов на особо охраняемых природных территориях: матер. Науч.-практич. конф. Пушкино, 2008. С. 62 - 67.

223. Шапочкин М.С., Киселева В.В., Обыденников В.И., Ломов В.Д., Лямеборшай С.Х., Кураев В.Н. Комплексная методика изучения влияния на экосистемы городских и пригородных лесов // Научные труды национального парка «Лосиный остров». Под ред. В.В. Киселевой. М.: «Кру-Престиж», 2003. Вып. 1. С. 12 - 29.

224. Шевелина И.В.; Коростелев И.Ф.; Плотникова О.А.; Росляков А.Н.; Григорьев В.В. Таксационные особенности сосновых древостоев различных стадий рекреационной дигрессии // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2010. № 5. С. 30-35

225. Шеин Е.В. Курс физики почв. М.:Изд-во МГУ, 2005. 432 с.

226. Шержукова Л.В. Кривцова А.Н., Мелузова М.И., Мишаленкова Ю.Н. Оценка стабильности развития липы мелколиственной на заповедной и урбанизированных территориях. // Онтогенез, 2002. том 33. № 1. С. 16-18.

227. Шоба С.А., Соколов Л.Л. Изменение микростроения дерново-подзолистых почв в зонах рекреационных нагрузок // Почвоведение. 1982. №5. С. 96-102.

228. Шугалей Л.С. Устойчивость почв лесостепи и южной тайги Средней Сибири к экзогенным воздействиям // Вестн. КрасГАУ. 2009. № 9. С. 66-77.

229. Шудря Ю.В. Влияние рекреационных нагрузок на основные компоненты дубовых насаждений Западной лесостепи: Автореф. дис. канд. с.-х. наук / Укр. НИИ лесн. Хоз-ва и агролесомелиорации им. Г.Н.Высоцкого. Харьков, 1985. 24 с.

230. Щербина В.Г. Водопроницаемости почвы при рекреационном уплотнении // КАУ. 2006. №6. С. 1-10.

231. Экологические функции городских почв. Смоленск: Маджента, 2004. 232 с.

232. Экология города. Под ред. Курбатовой А.С., Башкина В.Н., Касимова Н.С. М., 2004. 620 с.

233. Юзбеков А.К., Тимошенко В.В. Влияние рекреации на эмиссию CO₂ с поверхности почвы в лесных экосистемах национального парка “Валдайский” // Вестник РУДН. 2011. № 4. С. 72-77.

234. Юзбеков А.К., Мазина С.Е., Тимошенко В.В. Влияние рекреации на экосистемы

южных ельников // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. том 14. № 1(8). С. 2024-2027.

235.Юрьева Н.Д., Матвеева В.Г., Трапидо И.Л. Рекреационное воздействие на комплексы почвенных беспозвоночных в березняках Подмосковья // Лесоведение. 1976. №2. С. 27-35.

236.Яковлев А.С. Биологическая диагностика городских почв // в книге Почва, город, экология. М.,1997. С. 150 - 178.

237.Якубов Х. Г. Экологический мониторинг зеленых насаждений в Москве. М., 2005. 264 с.

238.Янгутов И. А. Из истории развития природных комплексов НП «Лосиный остров» // Научные труды национального парка «Лосиный остров. Под ред. В.В. Киселевой. М.: «Кру-Престиж»,2003. Вып. 1. С. 3-7.

239.Янгутов И. А., Филипчук А. Н. История рекреационного лесопользования в Московской области // Тез. Докл. Междунар. науч. конф. «Актуальные проблемы рекреационного лесопользования». М.: Т-во науч. Изд. КМК, 2007. С. 17-22.

240.Ясенево: История и современность. Под ред. П.Д. Алексеев, М.А. Филин, А.Г. Четвериков. М., 1997. 144 с.

241.Alessa L., Earnhart C.G. Effects of soil compaction on root and root hair morphology: implications for campsite rehabilitation // Cole D.N., McCool S.F., Borrie W.T., O'Loughlin J. Wilderness science in a time of change conference. Wilderness ecosystems threats and management. Proceedings RMRS. Vol 5. USDA Forest Service Rocky Mountain Research Station, Ogden, UT. 2000. P. 99 - 104.

242.Allen D.E., Singh B.P., Dalal R.C. Soil health indicators under climate change: A review of current knowledge // Singh B.P. Soil Health and Climate Change. Soil Biology. Springer-Verlag, Berlin. 2011. V. 29. P. 25 - 45.

243.Amrein D., Rusterholz H.P., Baur B. Disturbance of suburban Fagus forests by recreational activities: Effects on soil characteristics, above-ground vegetation and seed bank // Applied Vegetation Science. 2005. V. 8. P. 175-182

244.Anderson J.P.E., Domish K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. Biochem. 1978. V. 10. №3. P.215 - 221

245.Andres-Abellan M., Del Alamo J.B., Landete-Castillejos T., Lopez-Serrano F.R., Garcia-Morote F.A., Del Cerro-Barja A. Impacts of visitors on soil and vegetation of the recreational area “Nacimiento del Rio Mundo” (Castilla-La Mancha, Spain) // Environmental Monitoring And Assessment. 2003. V. 101. P. 55-67

246.Bardgett R.D. The biology of soil a community and ecosystem approach. Oxford University Press Inc. New York. 2005. 256 p.

247. Bartlett M., Ritz K. The Zoological Generation of Soil Structure // The Architecture and biology of Soils: life in inner space. Cranfield University. UK. I Young, School of Environmental and Rural Science, Armidale, Australia, 2011. P. 71-85
248. Belnap J.: Choosing indicators of natural resource condition: A case study in Arches National Park, Utah, USA // Environ. Manage. 1998. № 22. P. 635 - 642.
249. Belsky A.J., Blumenthal D.M. Effects of livestock grazing on stand dynamics and soils in upland forests of the Interior West // Conservation Biology. 1997. V. 11. P. 315-327.
250. Beyer L., Blume H.-P. Soil organic matter composition and microbial activity in urban soils // The science of the total environment // 168, 1995, P. 267-268.
251. Brown J.H., Kalisz S.P., Wright W.R. Effects of recreational use on forested sites // Environ. Geol. 1977. V. 1. P. 425 - 431.
252. Buckley R. Environmental impacts of ecotourism. Cambridge. USA.: CABI Pub. 2004. 389 p.
253. Burden R.F., Randerson P.F. Quantitative studies of effects of human trampling on vegetation as an aid to the management of seminatural areas // J. Appl. Ecol. 1972. . V. 9. P. 439-457
254. Cakir M., Makineci E., Kumbasli M. Comparative study on soil properties in a picnic and undisturbed area of Belgrad Forest, Istanbul. Journal of Environmental Biology. 2010. V. 31. P. 125 - 128.
255. Cole D.N. Changing conditions on wilderness campsites: Seven case studies of trends over 13 to 32 years // Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-300. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 2013. 99 p.
256. Cole D.N. Disturbance of natural vegetation by camping: experimental applications of low-level stress // Environmental Management. 1995(a). V. 19. P. 405-416.
257. Cole D.N. Effects of three seasons of experimental trampling on five montane forest communities and a grassland in western Montana, USA // Biological Conservation. 1987. V.40. P. 219-244
258. Cole D.N. Environmental Impacts of Outdoor Recreation in Wildlands // Manfredo M., Vaske J., Field D., Brown P., Bruyere B. Society and Resource Management: A Summary of Knowledge, Jefferson City. 2004(a). p 107-116.
259. Cole D.N. Experimental trampling of vegetation. I. Relationship between trampling intensity and vegetation response // Journal of Applied Ecology. 1995(6). V. 32. P. 203 - 214
260. Cole D.N. Experimental trampling of vegetation. II. Prediction of resistance and resilience // Journal of Applied Ecology. 1995(b). V. 32. P. 215 - 224.
261. Cole D.N. Impacts of hiking and camping on soils and vegetation // Environmental Impacts of Ecotourism (ed Buckley R.). CABI Publishing, New York. 2004(6). P. 41-60.

- 262.Cole D.N. Recreational impacts on backcountry campsites in Grand Canyon National. Park, Arizona, USA // Environmental Management. 1986(a). V. 10(5). P. 651 - 659.
- 263.Cole D.N. Recreational Trampling Effects on Six Habitat Types in Western Montana // USDA Forest Service Research Paper INT-350, Intermountain Research Station, Ogden, Utah, 1985. 43 p.
- 264.Cole D.N. Recreational trampling experiments: effects of trample weight and shoe type. // Research Note INT-RN-425. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. 1995(r). 4p.
- 265.Cole D.N. Reducing the impact of hikers on vegetation: an application of analytical research methods // Proceedings of the Recreational Impacts on Wildlands (eds Ittner R., Potter D.R., Agee J.K. and Anschell S.). USDA Forest Service. 1979. P. 71-78.
- 266.Cole D.N. Resource impacts caused by recreation // The President's Commission on Americans Outdoors (U.S.): a literature review. Washington, D.C.: The Commission: Management. 1986(6). P. 1 - 11.
- 267.Cole D.N. Trampling disturbance and recovery of cryptogamic soil crusts in Grand Canyon National Park // Great Basin Naturalist. 1990. V. 20. P. 321-326.
- 268.Cole D.N. Wilderness Campsite Impacts: Effect of Amount of Use // USDA Forest Service Research Paper INT-284, Intermountain Research Station, Ogden, Utah. 1982. 34 p.
- 269.Cole D.N., Bayfield N.G. Recreational trampling of vegetation: standard experimental procedures // Biological Conservation. 1993. V. 63. P. 209 - 215.
- 270.Cole D.N., Fichtler R.K. Campsite impact in three western wilderness areas // Environ. Manage. 1983. № 7. P. 275-288
- 271.Cole D.N., Landres P.B. Indirect effects of recreation on wildlife // Knight R.L., Gutzwiller K.J. Wildlife and Recreationists. Coexistence through Management and Research. Washington, DC: Island Press Chapter 11. 1995. P. 183 - 202.
- 272.Cole D.N., Marion J.L. Recreation impacts in some riparian forests of the eastern United States // Environ. Manage. 1988. №12. P. 99 - 107.
- 273.Cole D.N., Monz C.A. Impacts of camping on vegetation: response and recovery following acute and chronic disturbance // Environ Manage. 2003. V. 32, Issue 6. P. 693-705
- 274.Diane L.L., Patrick J.A., Newton W. Alien plant invasion in mixed-grass prairie: effects of vegetation type and anthropogenic disturbance // Ecological Applications. 2001. V. 11 P.128 - 141.
- 275.Dotzenko A.D., Papamichos N.T., Romine D.S. Effect of recreational use on soil and moisture conditions in rocky mountain national park // Journal of Soil and Water Conservation. 1967. P. 196 - 197.
- 276.Franiel I. Fluctuating asymmetry of *Betula pendula* Roth. Leaves - an index of environment

quality // Biodiv. Res. Conserv. 2008. V. 9-10. P. 7 - 10.

277.Gómez-Limón J., De Lucio J.V. Recreational activities and loss of diversity in grassland in Alta Manzanares Natural Park // Spain, Biol. Conserv. 1995. 74. P. 99 - 105.

278.Graham J.H., Freeman D.C., Emlen J.M. Antisymmetry, directional asymmetry, and chaotic morphogenesis // Markow T.A. (ed.), Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implications, Kluwer Academic Publication. 1994. P. 9123 - 9140.

279.Graham J.H., Shmuel R., Hagit H.-O., Eviatar N. Fluctuating Asymmetry: Methods, Theory, and Application // Symmetry 2010, V. 2. P. 466 - 540.

280.Hamberg L. The effects of habitat edges and trampling intensity on vegetation in urban forests. Academic dissertation. Doctoral thesis. Department of Biological and Environmental Sciences, Faculty of Biosciences, University of Helsinki. 2009. 32 p.

281.Hammit W.E., Cole D.N. Wildland Recreation. Ecology and Management. John Wiley and Sons, New York. 1998. 361 p.

282.Hart J.B. Ecological effects of recreation use on campsites // Guiding Land Use Decisions: Planning and management for forests and recreation (eds. Countryman D.W., Sofranko D.M.). The John Hopkins University Press, Baltimore. 1982. P. 150 - 182.

283.Hollis J.M. The classification of soils in urban areas // in "Soils in the Urban Environment". Oxford. 1991. P.5-27.

284.Hylgaard T., Liddle M.J. The effect of human trampling on a sand dune ecosystem dominated by *Empetrum nigrum* // Journal of Applied Ecology. 1981. V. 18. P. 559-569

285.Janzen H.H. Soluble salts // Carter M.R. (ed.) Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publ., Boca Raton. 1993. P. 161-166

286.Johnson D., Clark A. A review of ecology and camping requirements in the ancient woodlands of the New Forest, England // Font X., Tribe J. Forest tourism and recreation: case studies in environmental management. CAB International, Wallingford. 2000. P.93-102.

287.Killham K. A physiological determination of the impact of environmental stress on microbial biomass // Environmental Pollution. 1985. V. 38. P. 283 - 294.

288.Killham K. Soil Ecology. Cambridge University Press, Cambridge. 1994. 242 p.

289.Kissling M., Hegetschweiler K.T., Rusterholz H.-P., Baur B. Short-term and long-term effects of human trampling on above-ground vegetation, soil density, soil organic matter and soil microbial processes in suburban beech forests // Applied Soil Ecology. 2009. V. 42. P. 303-314.

290.Kozłowski T.T. Soil compaction and growth of woody plants // Scandinavian Journal of Forest Research 14. 1999. P. 596-619.

291.Kuss F. R. A review, of major factors influencing plant responses to recreation impacts // Environmental Management 1986. V. 10(5). P. 637 - 650.

- 292.Kuss F.R., Hall, C.N. Ground flora trampling studies: five years after closure // Environmental Management. 1991. V. 15(5). P. 715-727.
- 293.Kutiel P., Zhevelev Y. Recreational use impact on soil and vegetation at picnic sites in Aleppo pine forests on Mount Carmel, Israel // Israel Journal of Plant Sciences. 2001. V. 49. P. 49-56.
- 294.LaPage W.F. Some Observations on Campground Trampling and Ground Cover Response, USDA Forest Service Research Paper NE-68, Northeastern Forest Experiment Station, Upper Darby, Pennsylvania. 1967. 11 p.
- 295.Lavelle P., Bignell D.E., Lepage M., Volters V., Roger P., Ineson P. et al. Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers // European Journal of Soil Biology. 1997. V. 33. P. 159-193.
- 296.Leamy J.L., Klingenberg C.P. The genetics and evolution of fluctuation asymmetry // Annu. Rev. Ecol. EV. Syst. 2005. V. 36. P.1-21
- 297.Liddle M.J. Recreation ecology: Effects of trampling on plants and corals // Trends Ecol. EV. 1991. V. 6. P. 13-17.
- 298.Liddle M.J., Greig-Smith P., A survey of tracks and paths in a sand dune ecosystem. II. Vegetation // J. Appl. Ecol. 1975. V. 12. P. 893 - 940.
- 299.Liddle M.J., Thyer N.C. Trampling and fire in a subtropical dry sclerophyll forest // Environ. Conserv. 1986. V. 13. P. 33-39.
- 300.Liddle M.J.: A selective review of the ecological effects of human trampling on natural ecosystems // Biol. Conserv. 1975. V. 7. P. 17 - 36.
- 301.Liddle, M. Recreation Ecology: The Ecological Impact of Outdoor Recreation and Ecotourism, London: Chapman & Hall. 1997. 639 p.
- 302.Liu B.L., Su J.B., Chen J.W., Cui G.F., Ma J.Z. Anthropogenic halo disturbances alter landscape and plant richness: a ripple effect. PloS ONE 8(2). 2013. P.56-109.
- 303.Lockaby B.G., Dunn B.A. Camping effects on selected soil and vegetative properties // J.Soil Water Conserv. 1984. V. 39. p. 215-216.
- 304.Luckenbach R.A., Bury R.B. Effects of off-road vehicles on the biota of the Algodones Dunes, Imperial County, California // Journal of Applied Ecology. V.20. 1983. P. 265-286.
- 305.Malmivaara-Lämsä M. Effects of recreational use and fragmentation on the understory vegetation and soil microbial communities of urban forests in southern Finland (Doctoral dissertation. Doctoral thesis.). Univ. of Hels., Fac. Of Biosci. 2008. 39 p.
- 306.Manning R.E. Impacts of recreation on riparian soils and vegetation // Water Resour. Bull. 1979. V. 15. p. 30-43.
- 307.Mariella M., Norman D. Recreational use of forests and disturbance of wildlife - A literature review, Edinburgh, Silvan House. 2012(a). 52 p.

- 308.Mariella M., Norman D., Recreationist behaviour in forests and the disturbance of wildlife // Biodiversity and Conservation. 2012(6). V. 21. P. 2967-2986.
- 309.Marion J.L., Cole D.N. Spatial and temporal variation in soil and vegetation impacts on campsites // Ecological Applications. 1996. № 6. P. 520 - 530.
- 310.Monti P.W., Mackintosh E.E. Effect of camping on surface soil properties in Boreal Forest Region of North-western Ontario, Canada. // Soil Sci. Soc. Of Amer. Journ. 1979. V. 43. № 5. P. 1024 - 1029.
- 311.Mortensen C.O. Visitor use impacts within the Knobstone Trail Corridor' // J. Soil Water. Conserv. 1989. V. 4. P. 156 - 159.
- 312.Muderrisoglu H., Sarginci M., Toprak B., Uzun S.. Effects Of Recreational Usage-Type And Density On Forest Floor Organic Matter In Abant Nature Park // 1st International Turkey & Japan Environment and Forestry Symposium, Prof.Dr. Osman Turan Congress and Culture Center Trabzon. 2010. P. 1562 - 1574.
- 313.Palmer A.R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: implications of nonnormal distributions and power of statistical tests // Acta Zool. Fenn. 1992. V. 191. P. 57-72.
- 314.Roovers P. Impact of outdoor recreation on ecosystems: towards an integrated approach. PhD, Katholieke Universiteit Leuven. 2005. 188 p.
- 315.Roovers, P., Verheyen, K., Hermy, M. and Gulinck, H. Experimental trampling and vegetation recovery in some forest and healthland communities // Applied Vegetation Science. 2004. V. 7. 111-118.
- 316.Rusterholz H.; Verhoustraeten C.; Baur B. Effects of Long-Term Trampling on the Above-Ground Forest Vegetation and Soil Seed Bank at the Base of Limestone Cliffs // Environmental Management. 2011. V. 48. P. 1024 - 1032.
- 317.Soil Survey Division Staff. Soil survey manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. U.S. Gov. Printing Office, Washington, DC. 1993. 25 p.
- 318.Stohlgren T.J.,Parsons D.J. Vegetation and soil recovery in wilderness campsites closed to visitor use // Environmental Management. 1986. V. 10(3). P. 375 - 380.
- 319.Sun D., Liddle M.J. A survey of trampling effects on vegetation and soil in eight tropical and subtropical sites // Environmental Management. 1993(a). V. 17. P. 497 - 510.
- 320.Sun D., Liddle M.J. Plant morphological characteristics and resistance to simulated trampling // Environmental Management. 1993(6). V. 17. P. 511 - 521.
- 321.Thurston E., Reader R.J. Impacts of experimentally applied mountain biking and hiking on vegetation and soil of a deciduous forest // Environmental Management. 2001. V. 27, № 3. P. 397-409.
- 322.Torn A., Tolvanen A., Norokorpi Y., Tervo R. and Siikamaki P. Comparing the impacts of

hiking, skiing and horse riding on trail and vegetation in different types of forest // Journal of Environmental Management. 2009. V. 90. P. 1427-1434.

323.Valkama J, Kozlov M. Impact of climatic factors on the developmental stability of mountain birch growing in a contaminated area // Journal of Applied Ecology. 2001. № 3. P. 665-673.

324.Waltert B. V., Wiemken H.-P., Rusterholz T. B., Baur B. Disturbance of forest by trampling: Effects on mycorrhizal roots of seedlings and mature trees of *Fagus sylvatica* // Plant and Soil. 2002. V. 243. P. 143 - 154.

325.Weaver T., Dale D. Trampling effects of hikers, motorcycles and horses in meadows and forests // J. Appl. Ecol. 1978. V. 15. P. 451 - 458.

326.Wilsey B.J., Haukoja E., Koricheva J., Sulkinoja M. Leaf fluctuating asymmetry increases with hybridization and elevation tree - line birches // Ecology. 1998. V. 79 (6). P.2092-2099

327.Wimpey, J.F. and Marion, J.L. The influence of use, environmental and managerial factors on the width of recreational trails // Journal of Environmental Management. 2010. V. 91. P. 2028-2037.

328.Wright J.P., Jones C.G. The concept of organisms as ecosystem engineers ten years on: progress, limitations, and challenges // BioScience. 2006. V. 56. P. 203 - 209.

329.Zabinski C.A., Gannon J.E. Effects of recreational impacts on soil microbial communities // Environmental Management. 1997. V. 21(2). P. 233 - 238.

330.Zabinski C.A.; DeLuca T. H; Cole D. N. Moynahan, October Seastone. Restoration of highly impacted subalpine campsites in the Eagle Cap Wilderness, Oregon // Restoration Ecology. 2002. V. 10(2). P. 275 - 281.

331.Zhevelev H., Pariente S. The effect of visitors' pressure on the spatial variability of sandy soil in an urban parks in Tel Aviv // Environmental Monitoring and Assessment. 2008. V. 142(1-3). P. 35 - 46.

332.Zhongdong W.U. The Study on Impact of Soil Physicochemical Properties and Vegetation by Tourism - The Case of Lushan Forest Park in Shandong Province Zibo City // Proceedings of 2010 International Symposium on Tourism Resources and Management, 2010. P. 250 - 255.

П Р И Л О Ж Е Н И Е

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Описание растительности на исследуемых пробных площадях Национального парка «Лосиный остров»

I стадия дигрессии

❖ **Ассоциация:** Елово-липовый разнотравно-волосистоосоковый лес

❖ **Формула состава древостоя:**

• **Первый ярус**-5Л4Е1К

1. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)
2. Ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) H.Karst.)
3. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)

• **Второй ярус** - 6К4Е

1. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)
2. Ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) H.Karst.)

Степень сомкнутости крон - 0,7-0,75

❖ **Подлесок** (выражен слабо, проективное покрытие-0,15):

1. Лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.)-2 экз./100м²
2. Бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosus* Scop.)-1 экз./100м²

❖ **Подрост** (обилён, хорошо выражен, проективное покрытие-0,5):

1. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)-3 экз./100м²
2. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)-13 экз./100м²

❖ **Травяно-кустарничковый ярус** (хорошо выражен, тропиной сетью не расчленен, общее проективное покрытие - 0,7):

1. Осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.)-30%; вегетация
2. Зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum* Huds.)-15%; цветение, отцветание
3. Сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.)-10%; вегетация
4. Звездчатка жестколистная (*Stellaria holostea* L.)-4%; отцветание
5. Чистяк весенний (*Ranunculus ficaria* L.)-4 (куртины)%; отмирание
6. Пролесник многолетний (*Mercurialis perennis* L.)-4%; бутонизация
7. Вороний глаз четырехлистный (*Paris quadrifolia* L.)-<1%; вегетация
8. Лютик кашубский (*Ranunculus cassubicus* L.)-<1%; плодоношение
9. Копытень европейский (*Asarum europaeum* L.) - <1%; цветение

II стадия дигрессии

❖ **Ассоциация:** Елово-липовый разнотравно-волосистоосоковый лес

❖ **Формула состава древостоя:** 4Л2Е2К2Д

1. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)
2. Ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) H.Karst.)
3. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)
4. Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.)

Степень сомкнутости крон - 0,65-0,7

❖ **Подлесок** (обильно, хорошо выражен, проективное покрытие - 0,5):

1. Лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.)-22 экз./100м²
2. Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.)-1 экз./100м²

❖ **Подрост** (хорошо выражен, проективное покрытие - 0,35-0,4):

1. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)-2 экз./100м²
2. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)-3 экз./100м²
3. Ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) H.Karst.)-2 экз./100м²
4. Осина обыкновенная (*Populus tremula* L.)-1 экз./100м²

❖ **Травяно-кустарничковый ярус** (хорошо выражен, слабозаметной тропиной сетью не расчленен, общее проективное покрытие 0,6-0,65):

1. Осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.) - 20%; вегетация
2. Ландыш майский (*Convallaria majalis* L.)-15%; цветение
3. Сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.) - 10%; вегетация
4. Зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum* Huds.)-7%; цветение
5. Копытень европейский (*Asarum europaeum* L.) - 7 (куртины)%; цветение
6. Щитовник игольчатый (*Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P.Fuchs)-1%; вегетация
7. Щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott)-1%; вегетация
8. Вороний глаз четырехлистный (*Paris quadrifolia* L.)-<1%; вегетация
9. Майник двулистный (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W.Schmidt)-<1%; вегетация
10. Бор развесистый (*Milium effusum* L.)-<1%; вегетация
11. Овсяница гигантская (*Festuca gigantea* (L.) Vill.)-<1%; зацветает

❖ **Моховой ярус** (общее проективное покрытие 5-7%)

III стадия дигрессии

❖ **Ассоциация: Елово-липовый разнотравный лес**

❖ **Формула состава древостоя:**

• **Первый ярус** - 10Л

1. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)

• **Второй ярус** - 10Е

1. Ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) H.Karst.)

Степень сомкнутости крон - 0,3-0,35

❖ **Подлесок** (фрагментарно около стволов деревьев и опушек (вытоптанные поляны), проективное покрытие - 0,25):

1. Крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill. *Rhamnus frangula* L.)-2 экз./100м²
2. Смородина чёрная (*Ribes nigrum* L.)-2 экз./100м²
3. Малина (*Rubus idaeus* L.) - 4 экз./100м²
4. Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.)-3 экз./100м²

❖ **Подрост** (хорошо выражен, проективное покрытие - 0,3):

1. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)-5 экз./100м²
2. Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.)-2 экз./100м²
3. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)-2 экз./100м²

❖ **Травяно-кустарничковый ярус** (расчленен выраженной тропиной сетью на плохо заметные «вазоны» большой площади, наибольшее видовое разнообразие отмечено около тропинок и полей, общее проективное покрытие-0,45-0,5):

1. Сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.)-5%; вегетация
2. Осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.)-1%; вегетация
3. Зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum* Huds.)-3%; вегетация
4. Крапива двудомная (*Urtica dioica* L.)-15 (куртины)%; вегетация
5. Недотрога обыкновенная (*Impatiens noli-tangere* L.)-7 (куртины)%; вегетация
6. Живучка ползучая (*Ajuga reptans* L.)-5%; цветение

7. Ландыш майский (*Convallaria majalis* L.)-5 (куртины)%; цветение
8. Мятлик однолетний (*Poa annua* L.)-4 (куртины)%; зацветание
9. Ожика волосистая (*Luzula pilosa* (L.) Willd.)-2%; зацветание
10. Земляника лесная (*Fragaria vesca* L.)-1%; цветение
11. Гравилат городской (*Geum urbanum* L.)-<1%; цветение
12. Щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott)-<1%; вегетация
13. Майник двулистный (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W.Schmidt)-<1%; вегетация
14. Мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.)-<1%; вегетация после цветения
15. Бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.)-<1%; вегетация
16. Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Webb.)-<1%; вегетация
17. Подорожник большой (*Plantago major* L.)-<1%; вегетация
18. Вероника дубравная (*Veronica chamaedrys* L.)-<1%; вегетация
19. Фиалка удивительная (*Viola mirabilis* L.)-<1%; зацветание
20. Кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.)-<1%; вегетация
21. Звездчатка средняя (*Stellaria media* (L.) Vill.)-<1%; вегетация
22. Ортилия однобокая (*Orthilia secunda* (L.) House)-<1%; вегетация
23. Звездчатка жестколистная (*Stellaria holostea* L.)-<1%; зацветание

❖ **Моховой ярус** (общее проективное покрытие 5-7%)

IV стадия дигрессии

❖ **Ассоциация: Елово-липовый разнотравный лес**

❖ **Формула состава древостоя:**

• **Первый ярус** - 3Л2Е2Б1Д

1. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)
2. Ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) H.Karst.)
3. Берёза повислая (*Betula pendula* Roth)
4. Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.)

• **Второй ярус** - 4Е4К1Л1Р

1. Ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) H.Karst.)
2. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)
3. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)
4. Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.)

Степень сомкнутости крон - 0,25-0,3

❖ **Подлесок** (фрагментарно, куртинами на полянах, приствольных участках, проективное покрытие 0,1-0,15):

1. Малина (*Rubus idaeus* L.)-6 экз./100м²
2. Лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.)-1 экз./100м²
3. Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.)-2 экз./100м²

❖ **Подрост** (фрагментарно, около стволов деревьев и внутри «вазонов», проективное покрытие - 0,3-0,35):

1. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)-4 экз./100м²
2. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)-7 экз./100м²
3. Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.)-2 экз./100м²

❖ **Травяно-кустарничковый ярус** (травяной покров расчленен хорошо выраженными тропинками на сформированные «вазоны», общее проективное покрытие 0,35-0,4):

1. Сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.)-10%; вегетация
2. Недотрога мелкоцветковая (*Impatiens parviflora* DC.)-7%; вегетация
3. Зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum* Huds.)-5%; вегетация

4. Живучка ползучая (*Ajuga reptans* L.)-4 (куртины)%; цветение
5. Ландыш майский (*Convallaria majalis* L.)-4 (куртины)%; цветение
6. Гравилат городской (*Geum urbanum* L.)-3%; зацветание
7. Звездчатка жестколистная (*Stellaria holostea* L.)-2 (куртины)%; зацветание
8. Осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.)-1%; вегетация
9. Бор развесистый (*Milium effusum* L.)-1%; зацветание
10. Щитовник игольчатый (*Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P.Fuchs)-<1%; вегетация
11. Лютик кашубский (*Ranunculus cassubicus* L.)-<1%; отцветание, плодоношение
12. Крапива двудомная (*Urtica dioica* L.)-<1%; вегетация

V стадия дигрессии

❖ Ассоциация: Елово-липовый разнотравный лес

❖ Формула состава древостоя:

- Первый ярус -5ЛЗЕ1С1Д
 1. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)
 2. Ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) H.Karst.)
 3. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.)
 4. Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.)
- Второй ярус - 3К7Е
 1. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)
 2. Ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) H.Karst.)

Степень сомкнутости крон - 0,2-0,25

❖ Подлесок (практически полностью отсутствует, приурочен к приствольным участкам, проективное покрытие-0,04):

1. Лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.)-1 экз./100м²

❖ Подрост (фрагментарно, около стволов деревьев, проективное покрытие - 0,05):

1. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)-2 экз./100м²

❖ Травяно-кустарничковый ярус (сильно изрежен, наличие единичных представителей приурочено к околоствольным участкам и хорошо выраженным «вазонам», общее проективное покрытие 0,05-0,1):

1. Гравилат городской (*Geum urbanum* L.)-4%; бутанизация
2. Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Webb.)-1%; вегетация
3. Щитовник игольчатый (*Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P.Fuchs)-1%; вегетация
4. Мятлик сплюснутый (*Poa compressa* L.)-<1%; зацветание
5. Подорожник большой (*Plantago major* L.)-<1% вегетация
6. Осока пальчатая (*Carex digitata* L.)-<1%; зацветание
7. Щитовник гребенчатый (*Dryopteris cristata* (L.) A.Gray)-<1%; вегетация
8. Недотрога обыкновенная (*Impatiens noli-tangere* L.)-<1%; вегетация
9. Копытень европейский (*Asarum europaeum* L.)-<1%; цветение

❖ Моховой ярус (общее проективное покрытие 1-3%)

Описание растительности на исследуемых пробных площадях Природно-исторического парка «Битцевский лес»

I стадия дигрессии

❖ **Ассоциация:** Дубово-липовый волосистоосоково-снытьевый лес

❖ **Формула состава древостоя:** 4Л2Д2О2Б

1. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)
2. Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.)
3. Осина обыкновенная (*Populus tremula* L.)
4. Берёза повислая (*Betula pendula* Roth)

Степень сомкнутости крон - 0,75-0,8

❖ **Подрост** (хорошо выражен, проективное покрытие - 0,45):

1. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)-7 экз./100м²
2. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)-1 экз./100м²

❖ **Подлесок** (обилён, хорошо выражен, проективное покрытие- 0,55):

1. Лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.)-9 экз./100м²
2. Калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.)-2 экз./100м²
3. Жимолость лесная (*Lonicera xylosteum* L.)-2 экз./100м²

❖ **Травяно-кустарничковый ярус** (обилён, хорошо выражен, общее проективное покрытие - 0,7-0,75):

1. Сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.)-30%; вегетация
2. Осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.)-20%; вегетация
3. Зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum* Huds.)-10%; цветение
4. Лютик кашубский (*Ranunculus cassubicus* L.)-7%; плодоношение
5. Медуница неясная (*Pulmonaria obscura* (L.) Dumort.) -5%; вегетация после цветения
6. Сочевичник весенний (*Lathyrus vernus* L.)-3%; плодоношение
7. Кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth ex Mert.)-3%; вегетация
8. Звездчатка жестколистная (*Stellaria holostea* L.)-2%; цветение
9. Чистяк весенний (*Ranunculus ficaria* L.)-<1%; отмирание
10. Щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott)-<1%; вегетация
11. Вороний глаз четырехлистный (*Paris quadrifolia* L.)-<1%; вегетация после цветения

❖ **Моховой ярус** (общее проективное покрытие 3-5%)

II стадия дигрессии

❖ **Ассоциация:** Дубово-липовый снытьево-волосистоосоковый лес

❖ **Формула состава древостоя:**

- Первый ярус: 4Л3Д2Б1О
 1. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)\
 2. Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.)
 3. Берёза повислая (*Betula pendula* Roth)
 4. Осина обыкновенная (*Populus tremula* L.)
- Второй ярус: 6Л2К2Р
 1. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)
 2. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)
 3. Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.)

Степень сомкнутости крон - 0,6-0,65

❖ **Подрост** (хорошо выражен, проективное покрытие - 0,55):

1. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)-3 экз./100м²
2. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.) - 7 экз./100м²
3. Осина обыкновенная (*Populus tremula* L.)-1 экз./100м²

❖ **Подлесок** (обильно, хорошо выражен, проективное покрытие - 0,3):

1. Лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.)-5 экз./100м²
2. Калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.)-1 экз./100м²
3. Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.)-1 экз./100м²

❖ **Травяно-кустарничковый ярус** (хорошо выражен, слабовыраженной тропиной сетью не расчленен, общее проективное покрытие - 0,65-0,7):

1. Осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.)-25%; цветение
2. Сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.)-20 (куртины)%; вегетация
3. Зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum* Huds.)-10%; цветение
4. Кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth ex Mert.)-4 (куртины)%; вегетация
5. Вороний глаз четырехлистный (*Paris quadrifolia* L.)-3%; отцветание
6. Звездчатка жестколистная (*Stellaria holostea* L.)-2%; цветение
7. Чистяк весенний (*Ranunculus ficaria* L.)-<1%; отмирание
8. Медуница неясная (*Pulmonaria obscura* (L.) Dumort.)-<1%; отцветание
9. Майник двулистный (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W.Schmidt)-<1%; вегетация
10. Недотрога мелкоцветковая (*Impatiens parviflora* DC.)-<1%; вегетация

❖ **Моховой ярус** (общее проективное покрытие 5-7%)

III стадия дигрессии

❖ **Ассоциация: Дубово-липовый волосистоосоково-разнотравный лес**

❖ **Формула состава древостоя:**

• **Первый ярус** - 4ДЗЛ2Б1Т

1. Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.)
2. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)
3. Берёза повислая (*Betula pendula* Roth)
4. Тополь черный (*Populus nigra* L.)

• **Второй ярус** - 5ЛЗК2Р

1. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)
2. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)
3. Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.)

Степень сомкнутости крон - 0,55-0,6

❖ **Подрост** (обильно, хорошо выражен, проективное покрытие - 0,45-0,5):

1. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)-18 экз./100м²
2. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)-5 экз./100м²

❖ **Подлесок:** (обильно, хорошо выражен, проективное покрытие - 0,45):

1. Лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.)-8 экз./100м²
2. Калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.)-1 экз./100м²
3. Жимолость лесная (*Lonicera xylosteum* L.)-2 экз./100м²
4. Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.)-3 экз./100м²

❖ **Травяно-кустарничковый ярус** (изрежен, расчленен слабовыраженными тропинками на плохо заметные «вазоны», общее проективное покрытие - 0,45-0,5):

1. Сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.)-10%; вегетация
2. Ветреница лютиковая (*Anemone ranunculoides* L.)-10%; отмирание
3. Лютик кашубский (*Ranunculus cassubicus* L.)-5%; плодоношение,отцветание
4. Осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.)-5%; вегетация
5. Копытень европейский (*Asarum europaeum* L.)-5 (куртины)%; цветение
6. Кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth ex Mert.)-4%; вегетация
7. Вороний глаз четырехлистный (*Paris quadrifolia* L.)-2%; отцветание
8. Зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum* Huds.)-2%; цветение
9. Ясменник душистый (*Asperula odorata* L.)-1%; отцветание
10. Чистяк весенний (*Ranunculus ficaria* L.)-1%; отмирание
11. Пролесник многолетний (*Mercurialis perennis* L.)-<1%; вегетация
12. Ветреница дубравная (*Anemone nemorosa* L.)-<1%; отмирание
13. Медуница неясная (*Pulmonaria obscura* (L.) Dumort.)-<1%; вегетация
14. Сочевичник весенний (*Lathyrus vernus* L.)-<1%; плодоношение

❖ **Моховой ярус** (общее проективное покрытие 5-10%)

IV стадия дигрессии

❖ **Ассоциация: Липово-дубовый разнотравный лес**

❖ **Формула состава древостоя:**

- Первый ярус - 5ДЗЛ2Б
 1. Дуб черешчатый (*Quercus robur* L).
 2. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)
 3. Берёза повислая (*Betula pendula* Roth)
- Второй ярус - 5ЛЗК2Р
 1. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)
 2. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)
 3. Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.)

Степень сомкнутости крон - 0,45-0,5

❖ **Подрост:** (хорошо выражен, проективное покрытие - 0,4-0,45):

1. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)-3 экз./100м²
2. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)-9 экз./100м²
3. Конский каштан обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L.)-2 экз./100м²

❖ **Подлесок:** (хорошо выражен, приурочен к приствольным участкам, проективное покрытие - 0,2):

1. Лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.)-7 экз./100м²
2. Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.)-5 экз./100м²

❖ **Травяно-кустарничковый ярус** (фрагментарно, расчленен хорошо выраженными тропинками, приурочен к «вазонам» и приствольным участкам, наибольшее биоразнообразие и обилие сорно-рудеральной растительности около тропинок, общее проективное покрытие - 0,3-0,35):

1. Ландыш майский (*Convallaria majalis* L.)-5%; вегетация после цветения
2. Осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.)-5%; вегетация
3. Сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.)-5%; вегетация
4. Недотрога мелкоцветковая (*Impatiens parviflora* DC.)-3, куртины%; вегетация
5. Гравилат городской (*Geum urbanum* L.)-2%; бутанизация
6. Зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum* Huds.)-2%; цветение
7. Лютик ползучий (*Ranunculus repens* L.)-1%; вегетация

8. Герань лесная (*Geranium sylvaticum* L.)-1%; цветение
9. Крапива двудомная (*Urtica dioica* L.)-1%; вегетация
10. Овсяница гигантская (*Festuca gigantea* (L.) Vill.)-1%; вегетация
11. Мятлик однолетний (*Poa annua* L.)-1%; вегетация
12. Лютик кашубский (*Ranunculus cassubicus* L.)-1%; плодоношение,отцветание
13. Живучка ползучая (*Ajuga reptans* L.)-<1%; цветение
14. Буквица лекарственная (*Stachys officinalis* (L.) Trevis.) <1%; вегетация
15. Ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.)-<1%; вегетация
16. Вербейник монетчатый (*Lysimachia nummularia* L.)-<1%; вегетация
17. Подорожник большой (*Plantago major* L.)-<1%; вегетация
18. Купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.)-<1%; вегетация
19. Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Webb.)-<1%; отцветание
20. Щавель конский (*Rumex confertus* Willd.)-<1%; вегетация
21. Медуница неясная (*Pulmonaria obscura* (L.) Dumort.)-<1%; вегетация
22. Ветреница лютиковая (*Anemone ranunculoides* L.)-<1%; отмирание
23. Звездчатка жестколистная (*Stellaria holostea* L.)-<1%; вегетация

V стадия дигрессии

❖ **Ассоциация: Дубово-липовый разнотравный лес**

❖ **Формула состава древостоя:4Л2Д2Р1Б1К**

1. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)
2. Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.)
3. Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.)
4. Берёза повислая (*Betula pendula* Roth)
5. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)

Степень сомкнутости крон - 0,35-0,4

❖ **Подрост** (изрежен, приурочен к приствольным участкам, проективное покрытие - 0,2):

1. Ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.)-4 экз./100м²
2. Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)-2 экз./100м²
3. Клён остролистный (*Acer platanoides* L.)-2 экз./100м²

❖ **Подлесок** (приурочен к приствольным участкам, проективное покрытие - 0,05-0,07):

1. Лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.)-3 экз./100м²

Травяно-кустарничковый ярус (изрежен, фрагментарен, присутствует только в «вазонах» и по краям тропинок, общее проективное покрытие-0,1-0,15):

1. Недотрога мелкоцветковая (*Impatiens parviflora* DC.)-3%; вегетация
2. Осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.)-2%; вегетация
3. Лютик кашубский (*Ranunculus cassubicus* L.)-1%; плодоношение
4. Щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott)-1%; вегетация
5. Чистяк весенний (*Ranunculus ficaria* L.)-1%; вегетация
6. Гравилат городской (*Geum urbanum* L.)-1%; бутанизация
7. Живучка ползучая (*Ajuga reptans* L.)-1%; цветение
8. Ландыш майский (*Convallaria majalis* L.)-1%; вегетация после цветения
9. Подорожник большой (*Plantago major* L.)-<1%; вегетация
10. Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Webb.)-<1%; отцветание
11. Крапива двудомная (*Urtica dioica* L.)-<1%; вегетация

❖ **Моховой ярус** (общее проективное покрытие 1-2%)

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Групповой состав и обилие [экз./м²] почвенных беспозвоночных (средние значения из n=3) на разных типах тропинок и в их притропинных зонах в почвах «Лосинового острова»

«Лосинный остров»													
Тип тропинки		Слабовыраженная				Средневыраженная				Хорошо выраженная			
Положение по градиенту		тропа	20	50	100	тропа	20	50	100	тропа	20	50	100
Групповой состав		Подстилка											
2 Aranea (пауки)	z	-	-	21	5	-	16	11	16	-	-	16	-
2 Opiliones (сенокосец)	z	-	-	16	5	-	-	37	11	-	-	5	11
3 Diplopoda (двупарноногие)	s	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	5	11
3 Geophilidae (геофилиды)	z	-	-	32	-	-	-	-	-	-	11	-	-
3 Litobiidae (костянки)	z	-	21	16	32	-	5	-	21	-	16	32	21
4 Coleoptera (прочие жуки)	z	-	-	-	5	-	-	11	11	-	-	-	-
4 Carabidae (жужелица)	zs	-	-	-	5	-	16	16	11	-	-	11	32
4 Curculionidae (долгоносики)	fs	-	-	-	16	-	5	21	27	-	-	-	-
4 Diptera (двукрылые; личинки)	fs	11	11	21	-	-	11	-	32	-	-	-	5
4 Elateridae (жук-щелкун)	fz	21	-	-	-	-	5	21	32	-	11	-	5
4 Homoptera (равнокрылые)	f	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-
4 Lepidoptera (чешуекрылые)	fs	-	11	-	11	-	11	-	11	-	-	-	5
4 Staphilinidae (стафилиниды)	zns	11	21	11	11	-	16	-	11	-	-	5	5
4 Symphyta (сидячебрюхие)	f	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Oniscoidae (мокрицы)	s	-	-	-	16	-	-	-	-	-	11	11	32
6 Gastropoda (брюхоногие)	sf	-	16	11	21	-	11	-	-	-	-	-	-
Итого:		43	91	128	138	-	96	128	183	-	49	85	127
Слой 0-10 см													
1 Lumbricidae (дождевые черви)	s	261	149	117	107	43	107	64	112	27	75	107	21
2 Aranea (пауки)	z	-	-	-	11	-	-	-	11	-	-	21	-
2 Opiliones (сенокосец)	z	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-
3 Diplopoda (двупарноногие)	s	-	-	16	-	-	11	21	-	-	-	-	11
3 Geophilidae (геофилиды)	z	-	-	16	11	-	-	5	-	-	-	-	21
3 Litobiidae (костянки)	z	-	-	-	-	16	-	5	16	-	-	-	-
4 Coleoptera (прочие жуки)	z	-	11	11	-	-	-	-	-	-	21	-	-
4 Carabidae (жужелица)	zs	-	16	37	-	-	-	-	16	-	27	-	32
4 Curculionidae (долгоносики)	fs	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Diptera (двукрылые; личинки)	fs	-	16	-	-	-	-	11	-	-	11	11	11
4 Elateridae (жук-щелкун)	fz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Lepidoptera (чешуекрылые)	fs	-	-	5	11	-	-	-	-	-	11	5	-
4 Scarabaeidae (пластинчатоусые)	fns	-	5	5	-	-	32	-	-	-	-	-	-
4 Staphilinidae (стафилиниды)	zns	-	-	-	11	-	-	21	-	-	-	-	11
5 Oniscoidae (мокрицы)	s	-	-	-	11	-	-	-	32	-	-	-	-
Итого:		261	197	207	189	59	150	127	187	27	145	144	107
Слой 10-20 см													
1 Lumbricidae (дождевые черви)	s	-	21	27	32	11	27	48	21	-	-	21	43
3 Diplopoda (двупарноногие)	s	-	5	11	11	-	-	-	-	-	-	-	-
3 Geophilidae (геофилиды)	z	-	11	11	11	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Carabidae (жужелица)	zs	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Curculionidae (долгоносики)	fs	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Diptera (двукрылые; личинки)	fs	-	5	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Scarabaeidae (пластинчатоусые)	fns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-
4 Staphilinidae (стафилиниды)	zns	-	5	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-
5 Oniscoidae (мокрицы)	s	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого:		-	74	49	87	11	27	48	32	-	-	32	43

Примечание: Арабские цифры-классы почвенных беспозвоночных: 1-малощетинковые черви (Oligochaeta); 2-паукообразные (Arachnida); 3-многоножки (Myriapoda); 4-насекомые (Insecta); 5-ракообразные (Crustacea); 6-брюхоногие (Gastropoda). Латинские буквы - мезопедобионты по типу питания: f-фитофаги; n-некрофаги; s-сапрофаги; z-зоофаги.

Групповой состав и обилие [экз./м²] почвенных беспозвоночных (средние значения из n=3) на разных типах тропинок и в их притропиночных зонах в почвах «Битцевского леса»

«Битцевский лес»													
Тип тропинки		Слабовыраженная				Средневыраженная				Хорошо выраженная			
Положение по градиенту		тропа	20	50	100	тропа	20	50	100	тропа	20	50	100
Групповой состав		Подстилка											
2 Aranea (пауки)	z	-	11	-	27	11	-	-	48	-	-	-	11
2 Opiliones (сенокосец)	z	-	-	11	-	-	-	16	37	-	-	21	85
3 Diplopoda (двупарноногие)	s	-	-	16	11	-	11	5	-	-	-	-	-
3 Geophilidae (геофилы)	z	-	-	-	-	11	-	-	5	-	-	11	-
3 Litobiidae (костянки)	z	11	-	16	21	-	5	-	11	-	-	-	-
4 Coleoptera (прочие жуки)	z	-	11	11	21	-	-	11	16	-	-	-	11
4 Carabidae (жужелица)	zs	11	-	-	16	-	-	11	-	-	11	16	-
4 Curculionidae (долгоносики)	fs	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Diptera (двукрылые; личинки)	fs	11	16	16	11	11	5	11	21	37	-	27	-
4 Elateridae (жук-щелкун)	fz	-	-	-	11	-	-	-	5	-	-	-	-
4 Homoptera (равнокрылые)	f	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Lepidoptera (чешуекрылые)	fs	-	11	11	-	-	-	-	5	-	-	-	-
4 Staphilinidae (стафилиниды)	zns	32	21	-	11	-	21	-	-	-	-	-	-
4 Symphyta (сидячебрюхие)	f	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Oniscoidae (мокрицы)	s	-	37	53	27	-	21	11	37	-	-	21	16
6 Gastropoda (брюхоногие)	sf	-	11	16	11	-	11	5	27	-	-	11	32
Итого:		65	118	150	172	33	74	70	212	37	11	107	155
Слой 0-10 см													
1 Lumbricidae (дождевые черви)	s	187	139	208	117	80	64	101	80	16	64	-	-
2 Aranea (пауки)	z	-	-	-	21	5	11	21	37	-	-	-	-
2 Opiliones (сенокосец)	z	11	5	-	16	21	-	11	11	-	-	-	-
3 Diplopoda (двупарноногие)	s	21	21	16	16	5	5	32	11	-	-	-	-
3 Geophilidae (геофилы)	z	21	5	21	11	16	-	11	-	-	-	-	-
3 Litobiidae (костянки)	z	-	-	-	11	11	-	11	-	-	-	-	-
4 Coleoptera (прочие жуки)	z	16	5	-	5	-	16	11	5	-	-	-	11
4 Carabidae (жужелица)	zs	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-
4 Curculionidae (долгоносики)	fs	-	-	-	16	-	-	11	-	-	-	32	128
4 Diptera (двукрылые; личинки)	fs	-	16	-	16	-	5	11	16	-	-	-	-
4 Elateridae (жук-щелкун)	fz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Lepidoptera (чешуекрылые)	fs	16	-	-	11	-	11	-	-	-	-	-	-
4 Scarabaeidae (пластинчатосые)	fns	-	-	48	11	-	21	11	16	11	-	11	-
4 Staphilinidae (стафилиниды)	zns	-	21	-	21	-	16	16	-	-	-	-	-
5 Oniscoidae (мокрицы)	s	-	5	11	5	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого:		272	217	304	277	138	149	247	187	27	64	43	139
Слой 10-20 см													
1 Lumbricidae (дождевые черви)	s	-	27	-	16	11	43	11	16	-	-	43	11
3 Diplopoda (двупарноногие)	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 Geophilidae (геофилы)	z	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Carabidae (жужелица)	zs	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Curculionidae (долгоносики)	fs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Diptera (двукрылые; личинки)	fs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Scarabaeidae (пластинчатосые)	fns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Staphilinidae (стафилиниды)	zns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Oniscoidae (мокрицы)	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого:		-	27	-	26	11	43	11	16	-	-	43	11

Примечание: Арабские цифры-классы почвенных беспозвоночных: 1-малощетинковые черви (Oligochaeta); 2-паукообразные (Arachnida); 3-многоножки (Myriapoda); 4-насекомые (Insecta); 5-ракообразные (Crustacea); 6-брюхоногие (Gastropoda). Латинские буквы - мезопедобионты по типу питания: f-фитофаги; n-некрофаги; s-сапрофаги; z-зоофаги.

**Групповой состав и обилие [экз./м²] почвенных беспозвоночных (средние значения из n=3)
на участках разных стадий рекреационной дигрессии**

Объект		«Лосинный остров»					«Битцевский лес»				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Стадии дигрессии											
		Подстилка									
2 Aranea (пауки)	z	32	43	16	11	-	43	21	37	27	-
2 Opiliones (сенокосец)	z	11	48	-	-	-	27	32	27	75	-
3 Diplopoda (двупарноногие)	s	32	16	-	21	16	22	53	16	11	5
3 Geophilidae (геофилы)	z	32	11	21	-	-	11	21	5	-	-
3 Litobiidae (костянки)	z	64	37	21	112	21	16	16	21	-	-
4 Coleoptera (прочие жуки)	z	-	43	32	-	-	11	21	21	27	-
4 Carabidae (жужелица)	zs	11	80	16	11	5	5	16	11	16	5
4 Curculionidae (долгоносики)	fs	-	32	27	21	-	5	11	5	5	-
4 Diptera (двукрылые; личинки)	fs	-	11	16	21	-	5	21	16	-	-
4 Elateridae (жук-щелкун)	fz	16	32	32	32	-	5	-	5	11	5
4 Homoptera (равнокрылые)	f	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Lepidoptera (чешуекрылые)	fs	59	21	16	21	-	5	21	16	-	-
4 Staphilinidae (стафилиниды)	zns	21	21	16	21	5	32	59	21	11	5
5 Oniscoidae (мокрицы)	s	-	27	-	-	-	144	101	43	16	11
6 Gastropoda (брюхоногие)	sf	11	-	-	-	-	32	85	21	21	-
Итого:		289	433	213	271	47	373	478	265	220	32
		Слой 0-10 см									
1 Lumbricidae (дождевые черви)	s	69	101	144	165	261	96	139	123	96	384
2 Aranea (пауки)	z	5	11	11	-	-	-	11	43	16	27
2 Opiliones (сенокосец)	z	-	-	-	-	11	-	-	16	16	11
3 Diplopoda (двупарноногие)	s	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-
3 Geophilidae (геофилы)	z	11	-	-	-	21	11	-	11	11	5
3 Litobiidae (костянки)	z	16	-	11	-	16	11	-	16	11	11
4 Coleoptera (прочие жуки):	z	-	-	11	-	21	-	-	11	5	-
4 Carabidae (жужелица)	zs	-	-	-	-	-	-	-	5	5	-
4 Curculionidae (долгоносики)	fs	11	-	-	-	11	-	-	-	-	-
4 Diptera (двукрылые; личинки)	fs	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-
4 Elateridae (жук-щелкун)	fz	11	11	27	11	21	-	11	16	27	16
4 Lepidoptera (чешуекрылые)	fs	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-
4 Staphilinidae (стафилиниды)	zns	16	-	11	-	48	-	-	5	5	5
5 Oniscoidae (мокрицы)	s	27	-	27	-	27	-	-	11	16	11
6 Gastropoda (брюхоногие)	sf	-	-	11	-	-	-	-	5	-	-
Итого:		166	123	253	187	448	118	161	273	208	470
		Слой 10-20 см									
1 Lumbricidae (дождевые черви)	s	11	32	32	27	-	16	27	-	27	16
4 Carabidae (жужелица)	zs	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-
4 Curculionidae (долгоносики)	fs	-	21	11	-	-	-	-	-	-	-
4 Elateridae (жук-щелкун)	fz	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-
4 Staphilinidae (стафилиниды)	zns	11	-	11	-	-	-	11	-	-	-
Итого:		22	53	76	27	-	16	38	-	27	16

Примечание: Арабские цифры-классы почвенных беспозвоночных: 1-малощетинковые черви (Oligochaeta); 2-паукообразные (Arachnida); 3-многоножки (Myriapoda); 4-насекомые (Insecta); 5-ракообразные (Crustacea); 6-брюхоногие (Gastropoda). Латинские буквы - мезопедобионты по типу питания: f-фитофаги; n-некрофаги; s-сапрофаги; z-зоофаги.