

ОРИГИНАЛЬНЫЕ
СТАТЬИ

УДК 630*502.65:630*182.47:631.431.7

**ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИИ НА ПОЧВУ ЛИСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ
СЕРЕБРЯНОБОРСКОГО ОПЫТНОГО ЛЕСНИЧЕСТВА**

© 2008 г. А. Б. Лысиков, Т. Н. Судницына

*Институт лесоведения РАН
143030 Успенское, Одинцовский р-н, Московская обл.
e-mail: root@elan.msk.ru*

Поступила в редакцию 08.11.2006 г.

На основе исследований, проведенных в березовых и дубовых лесах в черте г. Москвы (Серебряноборское опытное лесничество), установлена существенная деградация насаждений под влиянием интенсивной рекреационной нагрузки. Результаты работы свидетельствуют о неблагоприятных изменениях морфологических, физических и химических свойств верхних горизонтов почвы и особенно лесной подстилки, теряющей свою структуру и запасы. Обнаружено, что под воздействием рекреации почва уплотняется до значений, превышающих критические для корневых систем растений. Приводится ряд мероприятий, направленных на снижение отрицательных последствий рекреационного лесопользования.

Рекреация, городские леса, лесная подстилка, уплотнение почвы, рекреационная дигрессия.

Рост численности населения, развитие промышленности и транспорта приводят к прогрессирующей урбанизации природных ландшафтов, ухудшению санитарного состояния городских и пригородных лесов, лесопарков и зеленых зон. Одним из важнейших последствий возрастающих антропогенных нагрузок становится существенное увеличение площадей лесов рекреационного пользования. В ряде случаев на рекреационный фон накладывается отрицательное воздействие техногенных факторов (выхлопы автотранспорта, солевые антифризы, выбросы промышленных производств и др.). Опасность деградации лесных биогеоценозов и разрушения почвенного покрова вызывает необходимость всестороннего изучения последствий рекреационного нарушения лесных почв. Такие исследования начали проводить с 60-х годов прошлого века в нашей стране и за рубежом, сейчас актуальность их только возрастает [6, 7, 21, 22].

Леса, расположенные в черте г. Москвы и ее ближайших окрестностях, в последнее время испытывают особенно сильные рекреационные нагрузки. Не являются исключением и леса Серебряноборского опытного лесничества Института лесоведения РАН, непосредственно примыкающие к густонаселенному жилому району Крылатское. Значительную часть лесных насаждений на территории лесничества, в том числе и его городской части, составляют лиственные леса, занимающие, как правило, плоские водораздельные территории и верхние части их склонов [12].

Основная форма рекреации в данных условиях – прогулочная, в несколько меньшей степени, но

также существенно развиты пикниковая и спортивная рекреации. Учитывая высокую плотность населения района и местоположение изучаемых лесов, весьма важно проанализировать состояние, рекреационный потенциал и пути сохранения лесных экосистем и их отдельных компонентов.

Данные об устойчивости тех или иных почв в условиях рекреации противоречивы. Имеются сведения, что плодородные суглинистые почвы с хорошо развитым гумусовым горизонтом обладают высокой устойчивостью к рекреационному влиянию [17]. С другой стороны, есть данные, что при рекреационном влиянии на почвы легкого гранулометрического состава проявление процессов их деградации выражено в существенно меньшей степени и проявляется в более длительные сроки, при этом структура нижних горизонтов почвы практически не меняется [1].

В условиях максимальной рекреационной нагрузки лесной биогеоценоз может быть практически полностью разрушен, травяной и кустарниковый ярусы уничтожены, древесный ярус подвержен заболеваниям и заселению вредителями, а почвенный покров нарушен на всей площади. Изучение характера и степени антропогенного воздействия, а также факторов и условий устойчивости рекреационных лесных биогеоценозов – важная задача, позволяющая прогнозировать допустимые нагрузки на лес, а также эффективно осуществлять восстановление поврежденных биогеоценозов. Целью данной работы является оценка изменения свойств почвы и лесной подстилки под влиянием сильной и продолжительной

рекреации в некоторых лиственных насаждениях Серебряноборского лесничества.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Объекты исследования – березовые и дубовые насаждения, находящиеся в непосредственной близости от жилого района Крылатское (Западный административный округ Москвы). На заложенных в этих насаждениях постоянных пробных площадях (пр.пл.) в 2004–2005 гг. проводили изучение строения почвенной толщи, запасов, скорости разложения и свойств лесных подстилок, оценку влияния рекреационных нагрузок на химические и физические показатели почвы.

Исследуемый район принадлежит к подзоне елово-широколиственных лесов, в соответствии с физико-географическим районированием он относится к Татаровской холмистой возвышенности, находящейся на территории Верейско-Звенигородской наклонной вторичной моренно-эрозионной равнины, входящей в Смоленско-Московскую провинцию [12, 16]. Экспериментальные пр.пл. 16 и 17, на которых проводили исследования, находятся в городской части лесов (кв. 34) Серебряноборского опытного лесничества. Они расположены на верхней водораздельной части пологого склона коренного плато, обращенного к долине р. Москвы, сложенного главным образом краснобурыми моренными суглинками, часто перекрытыми супесями флювиогляциального происхождения с включениями гравия. Под лесными насаждениями на этих формах рельефа развиты дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные почвы [8, 12].

Тип насаждения, в котором заложена пр.пл. 16, характеризуется как березняк лещиновый волосистоосоковый. Он занимает верхнюю часть склона к оврагу, дренированному ручьем. В первом ярусе береза возрастом около 110 лет, средний диаметр 39.6 см, средняя высота 31.4 м. Полнота древостоя невысокая, число стволов 208 экз.га⁻¹. Во втором ярусе редко встречается дуб возрастом около 70 лет, средний диаметр 24.2 см, средняя высота 16 м. Подрост практически отсутствует, подлесок разреженный из лещины, встречаются также бузина, яблоня, черемуха, рябина, жимолость, крушина, калина и бересклет. Нижний ярус подлеска угнетен, имеются следы повреждений. Проективное покрытие травяного яруса 70%, в нем преобладают осока волосистая, копытень европейский, встречаются зеленчук, ландыш, гравилат, живучка. Вдоль троп и в рекреационных окнах широко распространены сорные виды: клевер ползучий, недотрога многоцветковая, черноголовка, подожник.

Тип насаждения, в котором заложена пр.пл. 17, определяется как дубняк с осиной лещиновый зеленчуково-волосистоосоковый. Насаждение рас-

положено в верхней части склона к оврагу, в составе древостоя преобладает дуб (188 экз.га⁻¹), в первом ярусе средний диаметр его составляет 36.1 см, во втором – 16.1 см., единично встречается сосна. Осина в примеси 28 экз.га⁻¹, местами она угнетена под пологом дуба. В подросте отмечается редко липа, дуб, береза, осина, клен, яблоня. В сомкнутом подлеске преобладает лещина, реже – рябина, калина, жимолость, черемуха. В составе травяного яруса доминирует осока волосистая, в меньшей степени участвуют зеленчук желтый, лютик кашубский, звездчатка жестколистная, копытень, орляк.

На пробных площадях закладывали почвенные разрезы и несколько почвенных прикопов. Проводилось их описание, диагностирование набора почвенных генетических горизонтов и отбор проб на анализы из каждого горизонта, дополнительно отбирались образцы верхних горизонтов почвы в трехкратной повторности.

Исследуемые пр.пл. 16 и 17 характеризуются наклонной поверхностью (3–5°) с микронеоднородностями рельефа: отдельными кочками, вывалами, выбросами землероев, приствольными повышениями, следами прежних и свежих нарушений (педотурбаций). Такой рельеф местности обуславливает достаточно высокую пестроту почвенного покрова, выражающуюся в разной мощности почвенных горизонтов и степени их морфологического проявления в основном разрезе и неглубоких прикопах. Почвообразующие породы представлены моренными суглинками, иногда щебнистыми и с прослоями супесей, перекрытыми более поздними супесчаными отложениями. На них развиты достаточно хорошо дренированные, супесчаные дерново-слабоподзолистые, часто двучленные почвы (диагностируемые некоторыми авторами как бурые лесные ненасыщенные [19]), со слабой дифференцированностью профиля и неяркой выраженностью подзолистого процесса.

Подстилку и опад на каждой пробной площади отбирали в июле и октябре с помощью бура ($d = 16$ см) в 10-кратной повторности в местах с низкой рекреационной нагрузкой и на тропах. Пробы высушивали до воздушно-сухого состояния, взвешивали и по средней величине рассчитывали запасы подстилки и опада.

С целью оценки характера рекреационной нагрузки на исследуемые насаждения по микро-трансектам, заложенным поперек троп, изучали степень вытаптывания и уплотнения почвы. Для определения объемного веса почвы (по методу Качинского) в непосредственной близости от пробных площадей выбирали тропы, разные по ширине и интенсивности использования. Ширина первой, сильно выбитой тропы, проложенной в березняке, составляла около 2.6 м, второй, проло-

женной в дубняке – около 2 м. Кроме того, вне исследуемых насаждений в разреженном березняке лециновом волосистоосоковом с высокой рекреационной нагрузкой (IV–V степень дигрессии) была выбрана интенсивно используемая тропа шириной около 2 м.

По микротрансектам отбирали образцы почвы из верхнего минерального горизонта через 0.4 м по всей ширине тропы, от центра до ненарушенного участка на обочине. Отбор проводили буром ($d = 8$ см) в трехкратной повторности, не нарушая сложение почвы. В лабораторных условиях определяли объемный вес почвы, взвешивая высушенные образцы известного объема.

В образцах из почвенных разрезов выполняли анализ гранулометрического состава почвы, определяли комплекс химических и физико-химических показателей. Среди них определение кислотности водной и солевой (KCl) вытяжек из почвы потенциметрически, поглощенных кальция и магния в составе почвенного комплекса (в вытяжке 1 н. KCl на спектрофотометре AAS –1-N), гумуса (по Тюрину), содержания подвижных соединений биофильных элементов: нитратного азота – фотометрически (в вытяжке 1н. KCl), фосфора и калия по методу Кирсанова (в вытяжке 0.2 н. HCl). Кроме того, изучали изменения рН водной и солевой вытяжек, содержание обменных кальция и магния, а также гумуса в смешанных образцах почвы с участков, нарушенных в результате рекреации (тропы).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рекреационное состояние исследуемых биогеоценозов. Насаждения березы и дуба, в которых были заложены пр.пл. 16 и 17, расположены недалеко друг от друга, на расстоянии около 500–600 м от границы леса с массовой жилой застройкой. В сторону леса от проезжей магистрали ведет дорога, разделяющаяся в глубине лесного массива на несколько грунтовых пешеходных троп разной ширины и степени вытоптанности. Судя по следам, в лесу кроме отдыхающих, передвигающихся пешком, отмечается движение велосипедного и мотоциклетного транспорта, а также верховых лошадей. На изучаемых пробных площадях тропы занимают в целом около 10%, ширина их варьирует от 0.5 до 4 м. Территория засорена бытовым мусором, напочвенный покров и лесная подстилка на тропях сильно угнетены или уничтожены в результате вытаптывания, поверхностные горизонты почвы значительно уплотнены. В обоих изучаемых насаждениях отмечаются случаи самовольных порубок, механических повреждений древесных и кустарниковых растений (обламывание ветвей, задиры, порезы и проколы коры, ошмыгивание стволов деревьев), ожогов растительности вокруг кострищ.

В 200 м от заложённых пробных площадей находится балка, по дну которой протекает ручей. Подходы к балке и склоны заняты березовым насаждением с высокой степенью рекреационной нарушенности (не ниже IV стадии дигрессии). Эта территория, площадью более 1 га, представляет собой пересеченный сетью тропинок сильно разреженный березняк, принадлежащий к тому же типу леса, что и насаждение на пр.пл. 16, но с обширными полянами и довольно редко стоящими деревьями березы. Подрост и подлесок практически отсутствуют, напочвенный покров бедный по составу, встречаются гравилат городской, купырь лесной, зеленчук желтый, буквица лекарственная, крапива двудомная, злаки (щучка, мятлики). Вдоль троп и прогулочных дорог преобладают луговые и сорные виды: подорожник большой, одуванчик лекарственный, клевер ползучий, клевер гибридный, мать-и-мачеха, недотрога мелкоцветковая. Около многих поваленных стволов березы имеются стихийные места отдыха и пикников. Склоны балки местами сильно эродированы, первоначально, очевидно, по тропам. Отмечаются несколько вытоптаных спортивных площадок и многочисленные кострища. Судя по всем признакам, рекреационное пользование лесным массивом имеет давнюю историю.

Березняк, в котором заложена пр.пл. 16, характеризуется повышенной антропогенной нагрузкой, соответствующей II–III стадиям рекреационной дигрессии. Состояние деревьев первого яруса ослабленное, кроны берез значительно изрежены, дуб во втором ярусе угнетен, почти все деревья повреждены стволовыми и корневыми вредителями. Подрост и подлесок сильно изрежены, травяной покров имеет обедненный состав. Отмечаются повреждения древесных стволов, пикниковые места, наличие троп разной ширины и степени выбитости, образующих полигональную сетку. Из-за вытаптывания подстилки на тропях, сложение верхнего минерального горизонта сильно нарушено.

Рекреационную нагрузку в дубняке с осинкой (пр.пл. 17) также можно охарактеризовать как довольно высокую (II–III стадия рекреационной дигрессии). Здесь отмечается полигональная сеть троп и дорожек, несколько кострищ со скоплениями мусора, вдоль троп повышена встречаемость сорной растительности. Однако лесная подстилка в этом насаждении имеет более высокую мощность, и на узких тропях повреждения почвенного покрова незначительные.

Почвы исследуемых биогеоценозов и изменение их химических показателей под влиянием рекреации. Почвы на обеих пробных площадях имеют сходный морфологический облик, они относятся к близким разностям одного генетического

Таблица 1. Результаты гранулометрического анализа почвы березняка (пр.пл. 16)

Горизонт, глубина, см	Размер механических элементов (мм) и их содержание (%)							Название почвы по гранулометрическому составу
	1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001	<0.01	
A1 (1–15)	28.49	30.55	21.88	6.92	7.28	4.88	19.08	Супесь мелкопесчаная
A1A2 (15–27)	30.49	35.55	15.52	6.80	8.40	3.24	18.44	
A2B1 (27–40)	26.09	35.99	18.52	4.84	7.60	6.96	19.40	»
B1 (40–65)	15.11	42.29	10.28	3.88	6.96	21.48	32.32	Суглинок средний мелкопесчаный
B2f (65–100)	20.25	31.34	8.44	5.12	8.08	26.76	39.96	То же
B3f (100–145)	31.58	54.55	2.00	0.40	0.80	10.68	11.88	Супесь мелкопесчаная
BCf (145–190)	11.18	36.42	13.64	3.44	6.76	28.56	38.76	Суглинок средний мелкопесчаный

подтипа дерново-подзолистых почв. Березняк отличается от дубняка пониженными мощностью и запасами лесной подстилки, но большей выраженностью дернового горизонта, что свидетельствует о более высокой интенсивности процессов минерализации органического вещества в березняке. Кроме того, в почвах березняка диагностируется меньшая мощность верхнего супесчаного слоя, большая тяжесть гранулометрического состава суглинков в нижней части профиля и присутствие там супесчаных прослоев. В целом почвы типичны для климатописических и биотопических условий своего формирования, имеют близкую морфологическую характеристику с ранее описываемыми почвами в районе исследований [12] и обладают достаточно благоприятными лесорастительными свойствами.

Ниже приводятся характеристики почвенных профилей разрезов, заложенных на пр. пл. 16 и 17. Диагностическая характеристика почв осуществлялась согласно изданию “Классификация и диагностика почв СССР” [11].

Пр.пл. 16 (березняк волосистоосоковый с лещиной). Профиль А0-А1-А1А2-А2В1-В1-В2f-В3f-BCf. Почва среднедерновая слабоподзолистая супесчаная иллювиально-железистая двучленная.

Пр.пл. 17 (дубняк с осинкой). Профиль А0-А1-А1А2-А2В1-В1f-В2f-В3f-BC. Почва слабодерновая слабоподзолистая супесчаная иллювиально-железистая двучленная.

В соответствии с гранулометрическим составом верхнего минерального горизонта почва на обеих пробных площадях относится к песчаной супеси (табл. 1, 2). Обращает на себя внимание несколько более легкий гранулометрический состав всего профиля почвы на пр.пл. 17 по сравне-

нию с пр.пл. 16. Нижние вскрытые иллювиальные горизонты почвы на участках отличаются наиболее существенно, поскольку в березняке в толще средних суглинков залегают достаточно мощные прослои опесчаненной супеси. Они имеют существенное значение для регулирования режимов аэрации и влажности почв, от чего в большой мере зависит потенциал почвенного плодородия и способность насаждений противостоять влиянию антропогенных факторов.

Анализ почв на исследуемых пробных площадях показал некоторые различия, свидетельствующие о том, что с точки зрения трофности и лесорастительных свойств, почва березняка отличается от почвы дубняка в лучшую сторону (табл. 3). Отмечается более кислая реакция среды по всему профилю в почве дубняка. Наиболее низкие значения рН водной и солевой вытяжек зарегистрированы не в верхней части профиля, в зоне оподзоливания, а в нижних, иллювиальных горизонтах почвы обоих насаждений. Это свидетельствует о слабом проявлении подзолообразовательного процесса в исследуемых почвах под листовыми насаждениями, что подтверждается и ее морфологическими характеристиками. Кроме того, определенную роль, очевидно, играет и двучленный характер отложений.

Анализ водной и солевой вытяжек показал некоторое уменьшение кислотности верхнего слоя почвы на тропе в березняке, тогда как в дубняке изменений по сравнению с ненарушенной почвой практически не было. Подщелачивание почв в результате рекреационного воздействия ранее отмечалось в литературе [2, 5]. Основной причиной этого считается снижение поступления опада на поверхность почвы, отсутствие лесной под-

Таблица 2. Результаты гранулометрического анализа почвы дубняка с осиной (пр.пл. 17)

Горизонт, глубина, см	Размер механических элементов (мм) и их содержание (%)							Название почвы по гранулометрическому составу
	1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001	<0.01	
A1 (3–11)	31.95	32.37	19.12	4.76	7.32	4.48	16.56	Супесь мелкопесчаная
A1A2 (11–35)	36.65	31.67	16.72	5.32	6.00	4.64	15.96	
A2B1 (35–65)	37.17	44.11	8.64	2.12	3.84	4.12	10.08	мелкопесчаная
B1f (65–90)	42.45	37.75	4.12	2.00	3.60	12.08	17.68	гравелистая
B2f (90–135)	23.08	38.16	8.48	3.96	4.88	21.08	29.92	Суглинок легкий мелкопесчаный
B3f (135–170)	21.99	42.97	10.56	3.72	3.84	16.92	24.48	
BCf (170–190)	22.86	52.50	4.04	3.32	3.64	13.64	20.60	»

стилки и прекращение воздействия на почву органических кислот при ее разложении, что тормозит выщелачивание катионов из почвенного поглощающего комплекса.

Содержание гумуса в исследуемых почвах относительно высокое, максимальных значений оно достигает в гумусово-аккумулятивном горизонте почвы березняка. В образцах почвы из средней части троп в березняке и дубняке содержание гумуса несколько уменьшалось, что объясняется теми же обстоятельствами, что и подщелачивание почв на тропах, где выбитость подстилки ведет к уплотнению горизонта A1 почвы. Его мощность в результате вытаптывания уменьшена, поэтому в анализ могут попадать его нижняя часть и верхняя часть горизонта A1A2, гумусированность которого более низкая.

Величина содержания подвижных элементов питания – весьма лабильный показатель, зависящий от температуры и влажности почвы, типа и стадии вегетации фитоценоза, особенно это касается нитратного азота. В целом в изучаемых почвах количество подвижных форм основных элементов-биофилов нельзя назвать высоким, его можно охарактеризовать как среднее и пониженное. Содержание подвижных фосфора и калия снижается в горизонтах с признаками оподзоливания (A1A2 и A2B) обеих почв. Повышенное содержание фосфатов отмечается в почве березняка в нижнем иллювиальном горизонте B3f, а в дубняке, где в целом его содержание по профилю более низкое, также в нижней части профиля, в переходном к материнской породе горизонте BC. Это может быть связано с присутствием фосфорсодержащих минералов в почвообразующей породе.

Количество нитратного азота в лесных почвах обычно очень низкое, особенно в период роста

растений, активно потребляющих азот, и исследуемые почвы подтверждают эту особенность. Содержание нитратного азота в верхних горизонтах почвы березняка оказалось более высоким по сравнению с дубняком. Это, очевидно, объясняется меньшим потреблением азота травяным ярусом и повышенной интенсивностью минерализации органического вещества в березняке, здесь менее мощная подстилка и хорошо развит гумусово-аккумулятивный горизонт.

Почва березняка по сравнению с почвой дубового насаждения более богата также подвижным калием, при этом пики его высокого содержания отмечаются в горизонтах A1, B2f и BCf. В относительно богатом органическим веществом гумусово-аккумулятивном горизонте почвы березняка подвижный калий в повышенном количестве может находиться в органо-минеральных коллоидах, а указанные иллювиальные горизонты имеют самое высокое в профиле содержание физической глины (40 и 39% соответственно). Почвы, богатые глинистой фракцией, обычно бывают богаче калием. Примечательно, что в почве дубняка наименьшее содержание подвижного калия отмечается в горизонте A2B1, самом легком по гранулометрическому составу.

Содержание обменных катионов кальция и магния несколько уменьшается в горизонтах с признаками оподзоливания обеих почв, но почва березняка относительно богаче обменными основаниями. Следует отметить, что как и в случае с содержанием подвижного калия, обменные основания в почве березняка находятся в максимальном количестве в самых тяжелых по механическому составу иллювиальных почвенных горизонтах. В образцах почвы, взятой с троп, отмечается заметное увеличение содержания по-

Таблица 3. Химические свойства почвы березняка и дубняка

Образец	Агрохимические показатели							
	Кислотность		Гумус	P ₂ O ₅	K ₂ O	NO ₃	Ca	Mg
	PH _{водн}	PH _{солев}	%	мг кг ⁻¹			мг-экв 100 г ⁻¹	
Пр.пл. 16. Березняк								
Разрез, горизонт (глубина, см)								
A1 (1–15)	6.04	5.02	3.05	55	139	3.9	5.4	1.2
A1A2 (15–27)	5.84	4.55	1.80	26	82	1.15	4.3	0.8
A2B1 (27–40)	5.54	4.11	0.69	15	43	1.0	2.7	0.4
B1 (40–65)	5.54	3.81	0.52	34	98	0.8	8.0	1.5
B2f (65–100)	5.47	3.78	0.66	57	120	0.8	11.0	2.1
B3f (100–145)	5.42	3.72	0.18	120	43	0.75	4.5	0.8
BCf (145–190)	5.31	3.65	0.11	74	131	0.8	10.4	2.2
Тропа (1–10)	6.12	5.21	2.28	–	–	–	7.4	1.0
Пр.пл. 17. Дубняк с осиной								
Разрез, горизонт (глубина, см)								
A1 (3–11)	5.30	4.04	2.13	25	68	0.9	2.6	0.3
A1A2 (11–35)	5.25	4.03	1.53	13	30	0.8	1.5	0.2
A2B1 (35–65)	5.69	4.12	0.83	17	17	0.78	1.8	0.2
B1f (65–90)	5.38	3.82	0.60	25	68	0.78	4.2	0.8
B2f (90–135)	5.12	3.60	0.35	26	70	1.55	7.5	1.8
B3 (135–170)	5.02	3.47	0.09	87	53	0.9	6.5	1.5
BC (170–190)	5.00	3.58	0.08	105	44	0.8	6.0	1.2
Тропа (1–10)	5.28	4.00	1.78	–	–	–	4.0	0.4

глощенного кальция, содержание обменного магния не изменяется. В литературе встречаются и противоположные данные, свидетельствующие об уменьшении в рекреационных дерново-подзолистых почвах количества обменного кальция [10], однако это может существенно зависеть от степени нарушенности почв и стадии рекреационной дигрессии.

Рекреационные изменения почвенного покрова и физических показателей почвы. Сравнивая степень нарушенности изучаемых насаждений березы и дуба, следует отметить, что в дубняке площадь деградации (отношение площади, лишенной напочвенной растительности, к общей площади участка) представляется более высокой. Несмотря на довольно высокий уровень рекреационной нарушенности березняка, его почвенный покров в целом не несет признаков прогрессирующей деградации. Обнажения минеральной части почвы носят локальный характер и отмечаются только на выбитых тропах и редких кострищах. Определенную роль в этом могут играть повышенная по сравнению с дубняком мощность дернового горизонта почв березняка, их значительная буфер-

ность, обогащенность гумусом и утяжеленный гранулометрический состав всего профиля. В то же время в березняке ярче выражена прогулочная, т.е. транзитная рекреация, а в дубняке – пикниковая или стационарная. Результатом этого стала более сильная вытоптанность троп в березняке, находящемся в непосредственной близости от маршрутов отдыхающих (рекреантов), и более интенсивное уплотнение почвы на тропах.

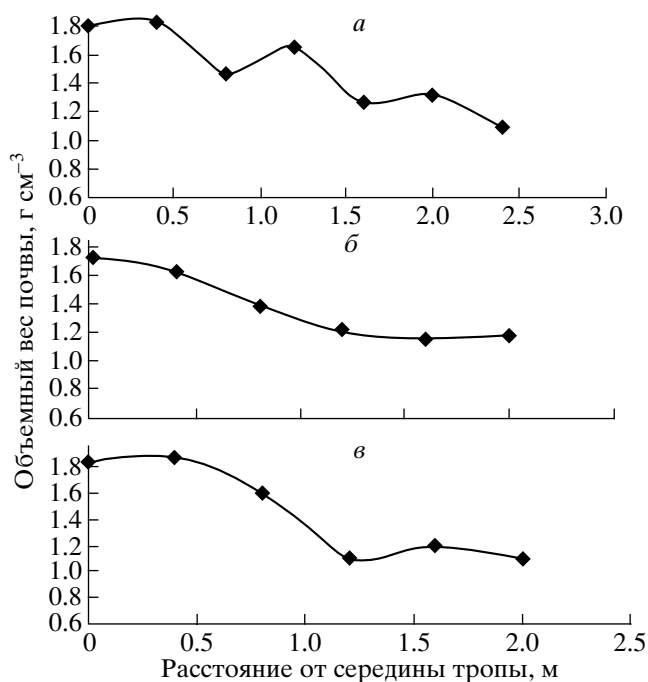
Дорожно-тропиночная сеть в лесу – основное следствие проявления рекреационного воздействия, наиболее масштабные повреждения растительности и почвенного покрова отмечаются вдоль ее протяжения. Во время сильных дождей интенсивно выбитые тропы превращаются во временные водотоки, что служит косвенным признаком переуплотнения почвы на тропах. При интенсивной рекреации профиль тропы приобретает форму лотка. В условиях даже незначительного уклона тропиночная сеть становится системой быстрого сброса ливневых вод, при этом часть внутритропочвенного стока заменяется поверхностным (в объеме площади деградации того или иного участка).

Свидетельством этого процесса являются остатки на тропах миниатюрных запруд и перекастов, образованных из остатков сучьев, веточек, листьев, появившихся вследствие прохождения по тропам потоков воды во время ливневых дождей. Подобное явление отмечали и в сложных сосняках Серебряноборского лесничества, на более легких почвах. 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 почвы, приводит к развитию эрозионных процессов.

Увеличение плотности почвы на тропах, подтверждающееся определением объемного веса почвы, в основном отмечено в их центральной части, в меньшей степени – в периферийной, где нагрузка существенно уменьшается. Естественная структура и сложение почвы нарушено, в центральной части интенсивно используемых троп на дневную поверхность выходит переходный горизонт А1А2. Уплотнение почвы обычно сопровождается уменьшением мощности поверхностных горизонтов, обнажением и повреждением поверхностных корней растений.

Повышение плотности почв на интенсивно используемых тропах приводит к переорганизации естественного сложения материала верхних горизонтов, что выражается в деформации и укрупнении почвенных агрегатов, слоистости, уменьшении общей порозности и водопроницаемости почвы, а также возникновении на тропах признаков поверхностного оглеения. Воздействие рекреационных нагрузок на почву приводит к изменению многих ее физических и физико-химических показателей, в том числе к снижению кислотности и гумусированности верхних почвенных горизонтов, а в ряде случаев – к обеднению их биофильными элементами [1, 3].

Согласно результатам наших исследований в сосняках, посещаемых отдыхающими, по мере увеличения рекреационного лесопользования плотность почвы может увеличиваться в слое 0–10 см более чем в 1.5 раза [3]. В серебряноборских сосняках лещиновых волосистоосоковых на сильно выбитой тропе шириной около 2.5 м ранее было выявлено увеличение объемного веса верхнего почвенного горизонта на 30–35 % по сравнению с условно ненарушенной почвой вне тропы. Уплотнение приводит к ухудшению условий аэрации корнеобитаемого слоя, изменениям водного и температурного режима почвы. Лишенные лесной подстилки, уплотненные почвы в несколько раз глубже промерзают в зимний период, сильнее прогреваются летом. Это ведет к снижению лесорастительного потенциала почвы, ухудшению водно-ми-



Изменение объемного веса почвы по трасекте через тропу: а – березняк (пр.пл.16), б – дубняк (пр.пл.17), в – разреженный рекреационный березняк.

нерального питания растений, общему угнетению корневых систем, деградации ассимиляционного аппарата, снижению приростов и в конечном итоге падению бонитета насаждения [13, 14].

На рисунке показано изменение объемного веса верхнего горизонта почвы по микротрансектам, заложенным в березняке через тропу шириной около 2.6 м, в дубняке через тропу шириной 2 м и в разреженном березняке через тропу шириной около 2 м. Во всех случаях отмечается существенное уплотнение почвы на тропах, которое превышает значения вне их соответственно на 66, 52 и 69%.

Как оказалось, в этих условиях верхний слой почвы на тропах имеет значительно более высокую плотность, чем в сосновых насаждениях. Причиной этого, очевидно, являются более интенсивные рекреационные нагрузки на пр.пл. 16 и 17 по сравнению с сосняками. Как мы уже указывали, есть сведения, что проявление процессов деградации почвенного покрова (в том числе и уплотнение почвы) в меньшей степени бывает выражено в условиях почв легкого гранулометрического состава, однако исследованные ранее сосновые биогеоценозы и лиственные, о которых идет речь, по этому признаку отличаются незначительно.

Абсолютные значения объемного веса почвы поверхностного горизонта на тропе в березняке превышают величину 1.8 г см⁻³. При такой плотности почвы затрудняется вегетация растений. Развитие их корневых систем обычно подавляется или совсем прекращается, если достигается так

Таблица 4. Запасы подстилки и опад в сосняке, дубняке и березняке средней степени рекреационной нарушенности, т га⁻¹

Тип леса	Подстилка (П)	Опад (О)	П : О
Сосняк, пр.пл. 2	21.30	4.5	4.7
Дубняк, пр.пл. 17	17.22	5.63	3.1
Березняк, пр.пл. 16	15.94	7.37	2.2

Примечание. П – подстилка, О – опад.

называемый порог плотности. Считается, что для супесчаных почв оптимальный диапазон плотности составляет 1.2 – 1.45 г см⁻³, а при значениях объемного веса почвы свыше 1.6 г см⁻³ степень ее уплотнения диагностируется как сильная [15]. Волнистый характер кривой плотности на периферии тропы в березняке объясняется, очевидно, намечающимися обходами основной тропы, на которой в дождливый период образуются лужи и места с вязким грунтом.

В центральной части тропы в разреженном березняке, находящемся на IV стадии рекреационной дигрессии, значения объемного веса почвы составляли более 1.85 г см⁻³, при средних значениях вне тропы 1.1–1.2 г см⁻³, которые близки к фоновым в данном типе леса. Максимальные значения плотности почвы были зафиксированы нами на грунтовой спортивной площадке в разреженном березовом насаждении. Там они достигали величины 2.05 ± 0.15 г см⁻³, что сопоставимо с плотностью бетона. Столь высокие значения объемного веса почвы, превышающие цифры, приводимые для сходных почв в литературе [1, 9, 18], объясняются, по всей видимости, высокой интенсивностью спортивной рекреации в исследуемом березняке и длительностью рекреационного воздействия.

В дубовом насаждении (пр.пл. 17) диапазон значений плотности на тропе и вне ее оказался несколько меньше, чем в березняке, и составлял 1.2–1.7 г см⁻³, хотя такие значения объемного веса почвы на тропе также свидетельствуют о ее существенном переуплотнении. Кроме того, наблюдали еще одну, реже используемую, тропу в дубняке шириной около 0.6 м. Она испытывает значительно меньшую антропогенную нагрузку, поскольку сложение верхнего минерального горизонта почвы на ней нарушено не было. Соответственно величина плотности почвы на тропе не превышала значения 1.4 ± 0.2 г см⁻³, т.е. оказалась выше, чем вне тропы, только на 15%.

Рекреационные изменения лесной подстилки. Исключительно важную роль во всех почвенных процессах играет лесная подстилка, являясь ярусом аккумуляции энергии и биогенных элементов в биогеоценозе. Она регулирует водно-воздуш-

ный и температурный режимы почв, влияет на состав, качество и передвижение почвенных растворов, на эффективное плодородие почвы. Лесная подстилка – особый почвенный горизонт, первым и в наиболее сильной степени испытывающий воздействие рекреационных нагрузок. При этом в лесу происходит уменьшение запасов мертвого органического вещества, снижение емкости круговорота вещества и энергии, нарушение многих почвенных процессов. В итоге это отражается на снижении биохимической активности почв и продуктивности лесного сообщества [4, 20].

Эти изменения наблюдаются главным образом под влиянием вытаптывания на тропинках и прогалинах. В условиях высокой напряженности антропогенного воздействия площадь деградации в лесу может достигать значительных величин, на таких участках подстилка почти полностью отсутствует. Состояние подстилки (ее запасы, фракционный состав) – один из основных признаков для определения стадии рекреационной дигрессии.

В зонах активного отдыха горожан на территории Серебряноборского опытного лесничества подстилки подвержены существенной рекреационной нагрузке. Но и на всей остальной территории, где не происходит интенсивного вытаптывания, наблюдается сокращение запаса и изменение фракционного состава подстилок. Наибольшие запасы подстилки обнаружены в лесах с наименьшей антропогенной нагрузкой. Известно, что состав подстилок в большой степени зависит от состава, плотности, возраста древостоя, подлеска и наземного растительного покрова. Сравнение запасов подстилок в разных типах леса с одинаковой рекреационной нагрузкой (дубняк, березняк, сосняк лещиновый волосистоосоковый) показало, что большую роль в изменениях играет основной состав древостоя и тип эдификатора: лиственный тип леса имеет существенно более низкие величины запасов подстилки, чем сосновый (табл. 4).

Большую роль в накоплении запасов подстилки играет не только и не столько масса опада, сколько его способность к разрушению и скорость деструкции и минерализации. Медленнее всего в течение года минерализуется сосновый опад. Из лиственного опада скорость минерализации наибольшая у березового, наименьшая у дубового и осинового опада. Это является одной из причин различий в массе подстилок на площадях, что в свою очередь отражается на общих запасах органического вещества и биогенных элементов в биогеоценозе.

Данные табл. 4 свидетельствуют о значительных различиях и в массе опада на пробных площадях. Если наибольшая масса подстилки собирается в сосняке, то масса опада оказалась существенно выше в березняке. В результате отношение запасов подстилки к массе опада наименьшее в

березняке, что свидетельствует о различиях в степени разложения опада в изучаемых типах леса. Быстрее всего этот процесс протекает в березняке, за счет чего у него и оказались наименьшие запасы подстилки. По всей видимости, в этом процессе заметную роль играет и антропогенный фактор. Кроме того, на процесс накопления подстилки может влиять и характер рельефа, поскольку пр.пл. 16 характеризуется наиболее выраженным уклоном в сторону ручья, и в случаях сильных ливней по тропам происходит смыв и перенос мелких фракций опада и органического вещества подстилки.

На всех пробных площадях подстилка отличается большей гетерогенностью. При вытаптывании опад разрушается, в результате чего он быстрее минерализуется. В наибольшей степени это происходит с фракциями листьев. В лиственных типах леса к середине лета эти фракции почти исчезают и остаются более грубые фракции (ветки, черешки листьев). На тропинках такой опад распределяется неравномерно, в основном он приурочен к локальным понижениям.

Таким образом, полученные данные говорят о том, что подстилки лиственных типов леса маломощны и могут быстрее и в большей мере, чем хвойные, разрушаться в результате рекреационного воздействия. Это особенно относится к березовому типу леса. Изменения в подстилке отражаются на состоянии и сохранности верхнего органико-минерального слоя почвы – гумусово-аккумулятивного горизонта. Прежде всего это приводит к его уплотнению, нарушению водно-воздушного и температурного режимов, обеднению его химического состава.

Для улучшения почвенно-экологических условий лесных и лесопарковых насаждений, поврежденных рекреационной нагрузкой, повышения их устойчивости и привлекательности могут быть предложены специальные мероприятия, включающие:

1) регламентирование посещения насаждений, сильно поврежденных в результате рекреации, ограничение доступа к насаждениям, находящимся на критических стадиях рекреационной дигрессии, путем создания защитных посадок и огораживания участков леса;

2) организацию дорожно-тропиночной сети с твердым или грунтовым покрытием, а также благоустроенных мест отдыха на участках леса, активно используемых для отдыха, с целью сохранения в остальной части леса естественного растительного и почвенного покровов;

3) рыхление и культивацию сильно уплотненных троп, площадок и кострищ на глубину гумусового горизонта, мульчирование органическими материалами (опад, технологическая щепка, раз-

мельченная кора, стружка, скорлупа кедрового ореха и т.д.) поверхности троп и площадок;

4) уход за деревьями и кустарниками в рекреационной зоне леса (лесопарка), включающий обрезку сучьев, лечение повреждений, обработку специальными препаратами против насекомых-фитофагов и грибных заболеваний, удаление валежа, прикорневой поросли, регулирование густоты и породного состава подлеска;

5) проведение агротехнических и агрохимических мероприятий для повышения плодородия рекреационно-нарушенной почвы, в том числе внесение необходимого комплекса минеральных удобрений для компенсации недостатка в почве элементов – биофилов и микроэлементов и приведения лесорастительных свойств почвы к оптимальным;

6) проведение внекорневой обработки поврежденных насаждений стимуляторами роста, развития и корнеобразования с целью повышения естественного иммунитета растений. Особое внимание следует уделять обработкам древесно-кустарниковой и напочвенной растительности вдоль утоптаных троп и вокруг площадок.

Заключение. Исследования лиственных насаждений Серебряноборского лесничества, подверженных влиянию рекреации, показали, что антропогенное воздействие наиболее заметно проявляется в неблагоприятном изменении морфологических, физических и химических свойств верхних горизонтов почвы и особенно лесной подстилки, со временем теряющей свою структуру и запасы.

Сравнение березовых и дубовых биогеоценозов, находящихся на II-III стадиях рекреационной дигрессии, выявило сходный характер повреждений фитоценоза и почвенного покрова. Почвы березняка обладают несколько более благоприятными лесорастительными свойствами, выгодно отличаясь от почв дубняка по показателям трофности, кислотности, содержанию гумуса и выраженности дернового горизонта. Под влиянием рекреации в верхнем почвенном горизонте обоих насаждений отмечается некоторое подщелачивание, уменьшение содержания гумуса и увеличение количества обменного кальция. Подстилки изученных лиственных типов леса маломощны, они быстрее и в большей мере по сравнению с хвойными разрушаются в результате рекреационного воздействия.

В дубняке и особенно в березняке вытаптывание почвы на тропах и площадках приводит к увеличению ее объемного веса до величин, критических для корневых систем растений. Это вызывает уменьшение водопроницаемости, аэрированности, дифференциальной и общей порозности почвы, возрастание поверхностного стока под пологом леса, вынос из почвы органических соединений и минеральных элементов. Можно в целом

свидетельствовать, что на внутригородской территории Серебряноборского опытного лесничества березовые и дубовые биогеоценозы испытывают значительный ущерб от рекреационного воздействия. Они имеют ограниченную устойчивость, формируют маломощную и быстро разлагающуюся подстилку, часто развиты на транзитных формах рельефа, вследствие чего подвержены опасности эрозионных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бганцова В.А., Бганцов В.Н., Соколов Л.А. Влияние рекреационного лесопользования на почву // Природные аспекты рекреационного использования леса. М.: Наука, 1987. С. 70–95.
2. Бондарь В.И. Химические свойства темно-серых лесных почв в рекреационных дубравах южной левобережной лесостепи УССР // Лесоводство и агролесомелиорация. Киев: Урожай, 1984. Вып. 68. С. 15–18.
3. Быков А.В., Лысиков А.Б. Влияние эдафических и антропогенных факторов на норную сеть мелких млекопитающих в рекреационных лесах Подмосковья // Лесоведение. 2004. № 4. С. 72–77.
4. Влияние рекреации на лесные экосистемы и их компоненты. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2004. 302 с.
5. Зеликов В.Д. Некоторые материалы к характеристике почв лесопарков, скверов и улиц Москвы // Лесн. журн. 1964. Вып. 3. С. 28–32.
6. Зеликов В.Д., Пионнова В.Г. Влияние уплотнения почвы на насаждения в лесопарках // Лесное хозяйство. 1961. № 12. С. 34–36.
7. Ишин Ю.Д. О плотности почв в сосняках лесопарков Подмосковья // Докл. ТСХА, 1965. Ч. 2. Вып. 115. С. 195–199.
8. Казанская Н.С., Ланина В.В., Марфенин Н.Н. Рекреационные леса (Состояние, охрана, перспективы использования). М.: Лесн. пром-сть, 1977. 96 с.
9. Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 264 с.
10. Карпачевский Л.О., Морозова Г.В., Зубкова Т.А. Структура почвенного покрова в лесных биогеоценозах с высокой рекреационной нагрузкой // Структура почвенного покрова и использование почвенных ресурсов. М.: Наука, 1978. С. 47–52.
11. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
12. Природа Серебряноборского лесничества в биогеоценологическом освещении. М.: Наука, 1974. 392 с.
13. Рысин Л.П., Полякова Г.А. Влияние рекреационного лесопользования на растительность // Природные аспекты рекреационного использования леса. М.: Наука, 1987. С. 14–20.
14. Рысин Л.П., Савельева Л.И., Рысин С.Л. Мониторинг лесов на урбанизированных территориях // Экология. 2004. № 4. С. 243–248.
15. Сабо Е.Д., Кормилицина О.В., Бондаренко В.В. Гидротехнические мелиорации ландшафта. М.: МГУЛ, 2004. 124 с.
16. Смирнова Е.Д. Физико-географическое районирование Московской области // Землеведение. 1963. Вып. 6. С. 82–90.
17. Соколов Л.А. Изменение физических свойств почв и роста насаждений под влиянием рекреационных нагрузок в парках и лесопарках Подмосковья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. 06.01.03. М.: МГУ, 1983. 25 с.
18. Спиридонов В.Н. Влияние уплотнения почвы на прирост деревьев в лесопарках Новосибирского научного центра // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. 1975. № 10. Вып. 2. С. 3–8.
19. Судницын И.И. Динамика лесорастительных условий и свойства почвы в различных типах лесов Серебряноборского опытного лесничества // Стационарные биогеоценологические исследования в подзоне южной тайги. М.: Наука, 1964. С. 53–73.
20. Шугалей Л.С. Трансформация лесных почв под влиянием рекреации и техногенеза // Тез. докл. Междунар. конф. “Экологические функции лесных почв в естественных и антропогенно нарушенных ландшафтах”, 6–10.09.2005 г., Петрозаводск, 2005. С. 328–329.
21. Шумаков В.С., Аршинова Т.И. Почвенная характеристика лесопаркового пояса и установление связи между почвенными условиями, состоянием и жизненустойчивостью насаждений // Состояние насаждений лесопаркового пояса Москвы и меры по их улучшению. М.: Лесн. пром-сть, 1966. С. 87–139.
22. Dotzenko A.D., Papamichos N.T., Romine P.S. Effect of recreational use on soil and moisture conditions in Rocky Mountain National Park // J. Soil and Water Conserv. 1967. V. 22. № 22. P. 196–197.

The Influence of Recreation of Soils under Deciduous Stands of the Serebryanoborskii Forestry

A. B. Lysikov, T. N. Sudnitsyna

At the Serebryanoborskii Forestry (Institute of Forestry, Russian Academy of Sciences, Krylatskoe district, Moscow) a high degradation of tree stands under the influence of intense recreation loads was revealed on the basis of the studies conducted in birch and oak forests. Under these conditions, the main kinds of recreation are pleasure, picnic, and sport ones. All the components of forest biogeocenoses (the first and second tree layers, regrowth and undergrowth, and ground (grass) cover are exposed to adverse changes. The results obtained testify to unfavorable changes in morphological, physical, and chemical properties of the upper soil horizons, especially of forest litters that lose their structure and reserves. Under the action of recreation, the soil becomes compact, and the values of compactness may exceed those critical for plant root systems. Measures directed to a decrease in negative consequences of recreation use of forests are recommended.