
**ОРИГИНАЛЬНЫЕ
СТАТЬИ**

УДК 630*502.65:630*182.47:631*431.7

**ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИИ НА СОСТОЯНИЕ ПОЧВ
В ГОРОДСКИХ ЛИСТВЕННЫХ ЛЕСАХ**

© 2011 г. А. Б. Лысиков

*Институт лесоведения РАН
143030 Успенское, Одинцовский р-н, Московская обл.*

E-mail: root@ilan.msk.ru

Поступила в редакцию 30.12.2010 г.

В ходе исследования лиственных насаждений городской части Серебряноборского опытного лесничества получены результаты, позволяющие оценить интенсивность и масштабы антропогенного влияния на почвенный покров рекреационных лесов. Установлено, что под влиянием рекреации происходят существенные изменения физического и химического состояния супесчаных почв. Мощность толщи почвы, вовлеченной в рекреационную трансформацию, на некоторых участках составляет 40–50 см. Негативные преобразования затрагивают значительную долю территории насаждений, оцениваемую в 15–20%, что соответствует площади деградации или даже несколько ее превышает. Делается вывод о том, что тропы со сбитыми почвами, объединенные в транзитную полигональную сетевую структуру, при высоких антропогенных нагрузках становятся очагами развития деградации почвенного покрова в лесах рекреационного пользования.

Рекреация, городские леса, лесная почва, твердость почвы, объемный вес, экосистема, дигрессия.

Возрастающая урбанизация приводит к увеличению площади городских лесов, находящихся в рекреационном пользовании. Угроза обеднения флористического состава, повреждения насаждений и деградации лесных биогеоценозов обуславливает актуальность изучения последствий рекреационного влияния на городские леса и лесопарки.

Лесные насаждения, формирующиеся в урбанизированной среде, значительно отличающейся от естественных природных условий, подвержены многим неблагоприятным экологическим факторам. Среди других компонентов лесного биогеоценоза почвенный покров одним из первых испытывает повышенные нагрузки и подвергается деградации под воздействием рекреации. Это определяет важность всестороннего изучения характера, особенностей и последствий рекреационного нарушения лесных почв. Такие исследования лежат в основе анализа емкости рекреационного потенциала городских лесных экосистем и разработки мер по их сохранению.

Особенно сильные и продолжительные рекреационные нагрузки испытывают природные территории в границах г. Москвы. Наши исследования

проводились в городских лиственных насаждениях Серебряноборского опытного лесничества Института лесоведения РАН, непосредственно примыкающих к густонаселенным районам жилой застройки (район “Крылатское” Западного административного округа г. Москвы). Целью работы было изучение масштабов нарушения почвенного покрова в лиственных насаждениях разного состава и изменения некоторых физических и химических показателей лесной почвы при длительном рекреационном воздействии.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

На протяжении 5 лет изучали проявления рекреационного воздействия на почвенный покров березняков волосистоосоковых разной степени рекреационной дигрессии и дубняка с осинкой зеленчуково-волосистоосокового того же возраста, находящихся в сходных экотопических условиях и удаленных на расстояние нескольких сотен метров друг от друга. Исследуемые пробные площади (пр. пл.) размером 50 × 50 м расположены на высоком коренном берегу р. Москвы в кв. 34 Серебряноборского лесничества. В соответствии со схемой физико-географического районирования

Московской области, территория Серебряноборского лесничества относится к Татаровской холмистой возвышенности, находящейся в пределах Верейско-Звенигородской наклонной вторичной моренно-эрозионной равнины, которая входит в Смоленско-Московскую провинцию [12].

Исследуемые пр. пл. характеризуются слабоклонной поверхностью с микронеоднородностями рельефа: выбросами землероев, следами педотурбаций и приствольными повышениями. Здесь развиты дерново-подзолистые супесчаные почвы. Материнские породы представлены моренными суглинками разной тяжести, местами щебнистыми и с прослоями супесей, которые перекрыты толщей супесчаных отложений [6].

Березняк лещиновый волосистоосоковый имеет возраст около 110 лет (пр. пл. 16). Подрост практически отсутствует, подлесок из лещины угнетен. Ярус трав имеет проективное покрытие 70%, вдоль троп и в рекреационных окнах широко распространены сорные виды: недотрога многоцветковая, черноголовка, подорожник большой, различные виды клевера. Почва среднедерновая слабоподзолистая супесчаная иллювиально-железистая двучленная. Набор почвенных горизонтов следующий: О (0–1 см) – А1 (1–15 см) – А1А2 (15–27 см) – А2В1 (27–40 см) – В1f (40–65 см) – В2f (65–100 см) – В3f (100–145 см) – ВС (145–190 см).

Второй участок березняка (пр. пл. 16Р), сходный с первым по типу леса и почвенному покрову, более сильно нарушенный, с обширными рекреационными полянами и разреженным древостоем (полнота 0.2). Подрост и подлесок практически отсутствуют, напочвенный покров бедный по составу, вдоль троп и прогулочных дорог преобладают луговые и сорные виды.

Дубняк с осинкой лещиновый зеленчуково-волосистоосоковый возрастом около 100 лет (пр. пл. 17). В составе древостоя преобладает дуб, в примеси осина. Подрост редкий, в подлеске преобладает лещина. В составе яруса трав доминирует осока волосистая. Почва слабодерновая слабоподзолистая супесчаная иллювиально-железистая, двучленная со слабодифференцированным профилем. Набор почвенных горизонтов следующий: О (0–3 см) – А1 (3–11 см)-А1А2 (11–35 см) – А2В1 (35–65 см) – В1f (65–90 см) – В2f (90–135 см) – В3f (135–170 см) – ВС (170–190 см).

Исследуемые насаждения испытывают постоянную значительную антропогенную нагрузку, особенно интенсивную в течение последних 20 лет, в течение которых урбанизация прилегающих территорий значительно возросла. Состоя-

ние насаждений соответствует II–III (пр. пл. 16, пр. пл. 17) и IV (пр. пл. 16Р) стадиям рекреационной дигрессии. Отмечается наличие пикниковых точек, троп разной ширины (от 0.3 до 3 м) и степени сбитости, образующих полигональную сетку. Подстилка на узких тропах фрагментарная, на широких тропах обычно отсутствует, сложение верхнего минерального горизонта нарушено, местами почва сбита до горизонта А1А2. На пр. пл. 16Р тропиновая сеть развита гораздо сильнее, разбиты стихийные спортивные и детские площадки. На участках с выраженным склоном почва эродирована. Более подробно пробные площади и почвенный покров в их пределах описаны в работе [9].

В березовом и дубовом насаждениях проводили детальное картирование дорожно-тропиночной сети и определение площади деградации (отношение площади, лишенной напочвенной растительности, к общей площади участка). Выполняли измерение объемного веса (по методу Качинского) и твердости почвы (с помощью динамического пенетromетра Д-51А) по микротрансектам, пересекающим тропы и заходящим на ненарушенные участки (в верхних горизонтах). Кроме того, в дубовом насаждении эти же показатели измеряли в почве послойно, до глубины 60 см (в 5-кратной повторности). Параллельно на этой пр. пл. 17 определяли различия химических показателей по горизонтам профилей рекреационно-нарушенной и контрольной почвы.

Для оценки изменения химических свойств почвы под влиянием рекреационной нагрузки в дубовом насаждении в средней части тропы шириной около 2.5 м и на ненарушенном (контрольном) участке в 3 м от тропы отбирали послойно, через каждые 10 см, почвенные образцы из горизонтов А1, А1А2, А2В. В образцах в 3-кратной повторности проводили потенциметрическое определение кислотности водной и солевой (КСl) вытяжек, содержания органического углерода по методу Тюрина, поглощенных Са и Mg (в вытяжке однонормального раствора КСl), аммиачного и нитратного азота – колориметрически, подвижных фосфора и калия (по методу Кирсанова, в вытяжке 0.2-нормального раствора НСl).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Избыточные рекреационные нагрузки на городской лес и лесопарки приводят к деградации и уничтожению лесной подстилки и растительного напочвенного покрова, подроста и подлеска. Лесные растения по-разному реагируют на вытаптывание. Нарушение почвы и изменение условий

освещенности в урбанизированных лесах нередко приводят к рудерализации ценозов и внедрению под полог сорных луговых видов. Существующая парцеллярная структура лесных биогеоценозов разрушается и формируется “сетевая” структура с чередованием нарушенных и ненарушенных участков леса.

Наиболее масштабные повреждения почвенного покрова и растительности в лесу отмечаются на тропах и вдоль них. В рекреационных лесных насаждениях постепенно формируется полигональная дорожно-тропиночная сеть, состоящая из троп шириной 0,3–3,5 м. Лесная подстилка на них частично или полностью отсутствует, в ряде случаев отмечаются нарушения сложения почвы и утраты верхнего минерального горизонта.

В местах постоянного проведения пикников, а особенно на детских и спортивных площадках и тропах, происходит существенное изменение морфологических свойств почвы, не только в поверхностном, но и в нижележащих горизонтах профиля. В качестве примера можно сравнить морфологические характеристики профилей, заложенных в дубовом насаждении на тропе шириной около 2 м и на ненарушенном участке в 3 м от тропы.

На контрольном участке на поверхности почвы развита лесная подстилка мощностью 2–3 см (до листопада), темно-бурая, состоящая из остатков листьев деревьев и травянистых растений, фрагментов веток, коры, трухи. Диагностируются подгоризонты F и H. Гумусово-аккумулятивный горизонт мощностью около 8 см буровато-серый, комковатый, рыхлый, супесчаный, пронизан корнями. Ниже залегает переходный горизонт A1A2 мощностью около 20 см, желтовато-бурый, светлый, с палевым оттенком. Коричневатые гумусовые потеки и отдельные более темные морфоны прослеживаются в профиле до глубины более 25 см. Материал горизонта рыхлый, комковато-порошистый, супесчаный, опесчаненный, с отдельными отбеленными зернами кварца. Встречается много корней разной толщины. Еще ниже, до глубины 60 см, залегает супесчаный, буровато-желтый, почти бесструктурный горизонт A2B1.

На тропе в средней ее части подстилка отсутствует полностью. Опадающие листья в значительной степени удаляются с поверхности почвы вследствие прохождения рекреантов и действия ветра, а частично вдавливаются в верхний горизонт почвы. С поверхности залегает неоднородный по цвету горизонт A1A2g мощностью 13–15 см, состоящий из морфонов серовато-сизого, палевого и бурого цвета, что свидетельствует о раз-

витии процессов поверхностного оглеения. Сизые пятна и разводы чаще встречаются в верхней части горизонта. Отмечаются ржавые примазки и темно-коричневые, твердые марганцево-железистые конкреции, располагающиеся спорадически, а также слоями. Супесчаный материал горизонта сильно уплотнен, что вызывает сжатие порового пространства почвы. Структура глыбистая, грани отдельностей сглаженные, корни практически отсутствуют. Переход к нижележащему неоднородно окрашенному, супесчаному, комковато-глыбистому, рыжевато-светло-бурому горизонту A2B постепенный. В верхней части горизонта отмечаются отдельные ржавые и сизоватые пятна и темные примазки. Корни встречаются редко, мелких корней практически нет. В нижней части горизонта, с глубины около 50 см, почва в профиле приобретает морфологические черты, сходные с контрольной почвой.

Морфологические изменения почвы, отмеченные, главным образом, в верхней части профиля, указывают на признаки деградационного оглеения, процесса, проявляющегося при постоянной смене переувлажнения и высыхания почвы [10]. Под действием периодически изменяющихся окислительно-восстановительных условий в почве постепенно происходит разрушение минералов и вынос продуктов с внутритпочвенным 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.

При избытке влаги, поступающей на поверхность почвы, тропы превращаются во временные русла поверхностного стока, свидетельством этому является образование на тропах после выпадения осадков неоднократно диагностированных нами мини-перекатов из веточек, фрагментов коры, листьев и других 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.

Установлено, что на всех пробных площадях собой почвы на тропах, дорожках и площадках приводит к возрастанию объемного веса верхних горизонтов до величин, предельных для корневых систем растений. Поставленные ранее модельные опыты, в ходе которых на пробных площадях были организованы новые обходные тропы, пока-

зали высокую динамику уплотнения почв на них [7].

В исследуемых насаждениях значительно изменяются физические свойства почвы на тропях. Наши ранее проведенные исследования показали, что плотность верхнего минерального горизонта почвы рассматриваемых пр. пл. достигала 1.8 г см^{-3} , что оказалось выше так называемого порога плотности, после которого физические и лесорастительные свойства почвы резко ухудшаются. В березняке, дубняке и разреженном березняке объемный вес почвы превышал значения вне троп, соответственно, на 66, 52 и 69% [9]. Известно, что уже при значениях объемного веса супесчаной почвы более 1.4 г см^{-3} нарушается развитие корневой системы растений. Свыше 1.6 г см^{-3} почва считается переуплотненной и рост корней приостанавливается [4, 11].

Аналогичные результаты получены на исследуемых пробных площадях при измерении динамического сопротивления почвы вдоль трансект, заложенных через тропы. Твердость почвы слоев 0–10 и 10–20 см в средней части тропы в березняке достигала значений, соответственно, 4.2 и 2.8

МПа, а в дубняке – 4.3 и 3.3 МПа (рис. 1а–б). Это означает, что в верхнем слое твердость почвы на тропе превышает критические значения для роста корней, а в слое 10–20 см приближается к ним [14]. Данный вывод подтверждается приведенными результатами изучения морфологических характеристик почвы на тропе. Известно, что сильное уплотнение почвы вызывает резкое уменьшение ее воздухоемкости и водопроницаемости, приводит к снижению числа активных всасывающих корней и, как следствие, поглощающей поверхности корневой системы растений.

Увеличение ширины троп и усиление сбоя почвы, связанное с ростом посещаемости лесов рекреантами, сопровождается соответствующим увеличением динамического сопротивления почвы под тропами, что хорошо отслеживается при сравнении их с контрольными участками (рис. 1а, 2а). Повышение твердости почвы на основных тропях шириной более 2 м превышало фоновые значения в березняке на 250, а в дубняке – на 223%.

Наибольшие изменения данного показателя в результате рекреации происходят в верхнем

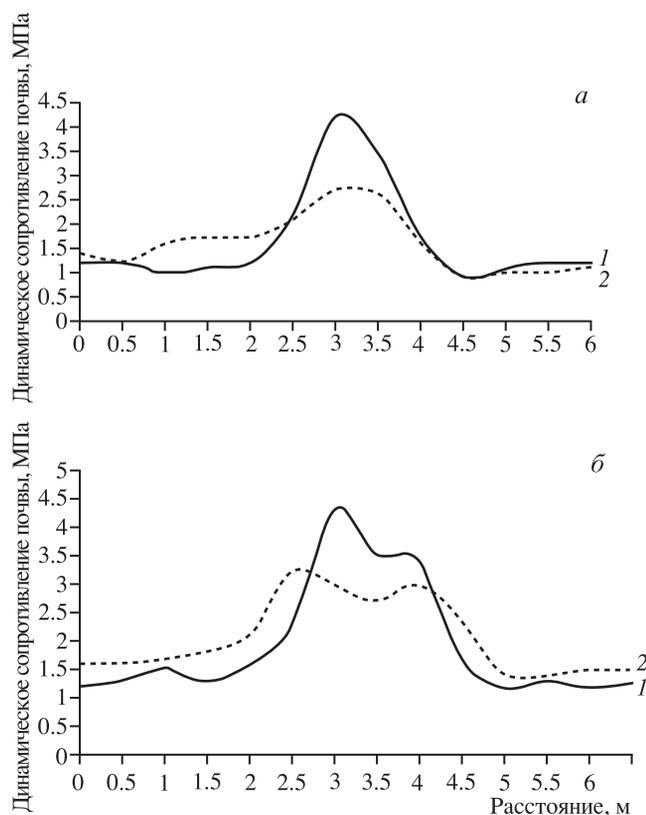


Рис. 1. Динамическое сопротивление почвы: а – березняк (пр. пл. 16), тропы 2 м; б – дубняк (пр. пл. 17), тропы 2.5 м; 1 – 0–10 см, 2 – 10–20 см.

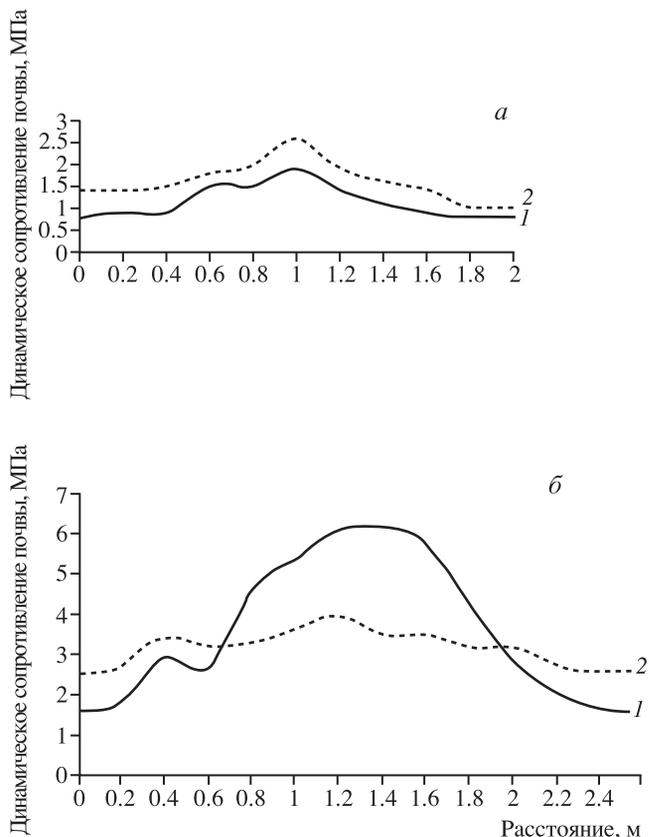


Рис. 2. Динамическое сопротивление почвы: а – березняк (пр. пл. 16), тропы 0.7 м; б – березняк (пр. пл. 16), тропы 1 м; 1 – 0–10 см, 2 – 10–20 см.

органо-минеральном горизонте почвы, где отмечено увеличение динамического сопротивления на величину от 137% (на узких, мало сбитых тропах в березняке) до 265% (на сильно сбитой тропе в разреженном березняке, находящемся на IV стадии рекреационной дигрессии) (рис. 2б). В этом насаждении (пр. пл. 16Р) абсолютные значения твердости почвы в слое 10–20 см на тропах составляли 4.0 МПа, а в слое 0–10 см достигали очень высоких величин – более 6.2 МПа, что почти в полтора раза превышает предельные значения для функционирования корневой системы растений [14].

Принято считать, что под действием рекреационной нагрузки морфологические и иные показатели почвы изменяются тем сильнее, чем тяжелее ее гранулометрический состав. Есть данные, что на глинистых дерново-подзолистых почвах изменения затрагивают толщу мощностью до 40 см, на сушливых – до 25 см, в то время, как на супесчаных почвах уплотнению подвергается поверхностный слой мощностью не более 3–10 см [3, 5, 13]. Известно также, что легкие, песчаные почвы обладают буферной способностью по отношению к уплотняющему действию в результате рекреационных нагрузок. Эффект буферности в этом случае – следствие структурно-текстурных особенностей песков, обусловленных низкой сжимаемостью их скелетной части и отсутствием гидратных оболочек [1].

Наши исследования показали, что в случае сильных и продолжительных рекреационных нагрузок изменения физических показателей легких супесчаных почв могут проследиваться до глубины полуметра. Именно такие результаты были получены в ходе послойного измерения значений динамического сопротивления почвы на наиболее сильно сбитой тропе шириной 2.5–3 м в исследуемом дубовом насаждении.

Оказалось, что значения твердости почвы в верхнем 10-сантиметровом слое почвы на контрольном участке и на тропе различаются почти в 3 раза, достигая в последнем случае 5.8 МПа (рис. 3). Значения динамического сопротивления почвы на тропе убывают вниз по профилю, однако выравниваются по сравнению с ненарушенной почвой только в слое 40–50 см, соответствующем средней части горизонта А2В1. Глубже твердость почвы начинает увеличиваться. На контрольном участке, наоборот, верхний 10-сантиметровый слой почвы имеет наименьшую твердость, а с глубиной ее значения начинают возрастать, с еще одним локальным минимумом в слое 30–40 см. Максимальных величин динамическое сопро-

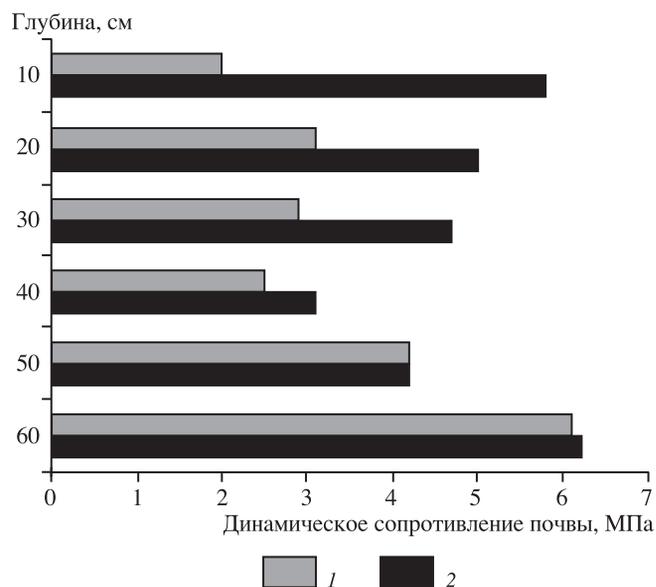


Рис. 3. Твердость почвы по горизонтам в дубняке (пр. пл. 17): 1 – контроль, 2 – тропа.

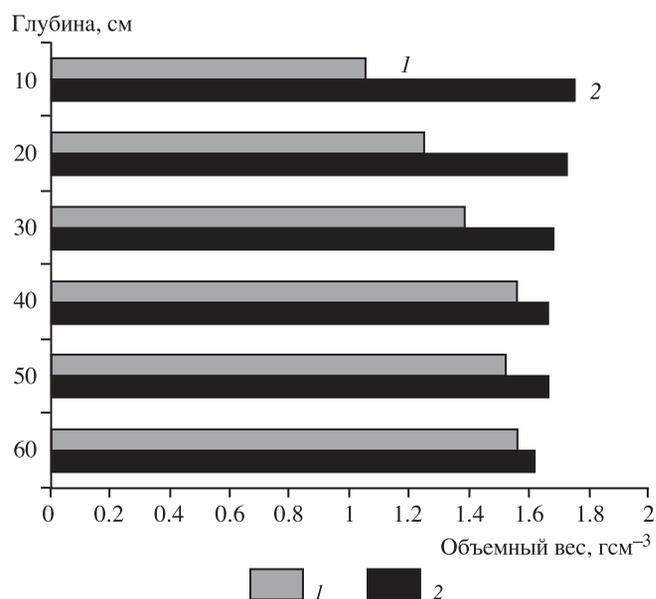


Рис. 4. Объемный вес почвы по горизонтам в дубняке (пр. пл. 17): 1 – контроль, 2 – тропа.

тивление почвы достигает на глубине 50–60 см, как на тропе, так и в контроле, где эти значения весьма схожи.

Данные по оценке твердости слоев почвы разного залегания подтвердились при измерении значений объемного веса почвы в тех же точках пробоотбора. На тропе в дубняке величина плотности почвы в верхнем слое составляла более 1.7 г см⁻³ и незначительно уменьшалась вниз по профилю до 1.6 г см⁻³ на глубине 50–60 см (рис. 4). Объемный вес почвы в контроле, напротив,

Кислотность, содержание и запасы некоторых элементов в почве дубняка лещинового зеленчуково-волосисто-осокового

Слой, см	pH _{KCl}	pH _{водн.}	C _{орг} *	NH ₄ **	NO ₃ **	P ₂ O ₅ **	K ₂ O**	Mg ²⁺ ***	Ca ²⁺ ***
Контрольный участок									
0–10	3.9	5.2	<u>7.2</u> 7.6	<u>0.11</u> 0.12	<u>1.3</u> 1.4	<u>3.7</u> 3.9	<u>11.6</u> 12.2	<u>0.8</u> 0.8	<u>2.0</u> 2.1
10–20	3.7	5.1	<u>2.7</u> 3.4	<u>0.11</u> 0.14	<u>0.8</u> 1.0	<u>2.2</u> 2.8	<u>4.0</u> 5.0	<u>0.5</u> 0.6	<u>0.5</u> 0.6
20–30	3.7	5.2	<u>2.9</u> 4.0	<u>0.05</u> 0.07	<u>0.7</u> 1.0	<u>2.2</u> 3.0	<u>2.8</u> 3.8	<u>0.3</u> 0.4	<u>0.5</u> 0.7
30–40	3.8	5.1	<u>1.3</u> 2.0	<u>0.18</u> 0.28	<u>0.8</u> 1.2	<u>3.9</u> 6.0	<u>2.4</u> 3.7	<u>0.3</u> 0.5	<u>0.5</u> 0.8
40–50	3.8	5.2	<u>1.6</u> 2.4	<u>0.05</u> 0.08	<u>0.7</u> 1.1	<u>2.8</u> 4.3	<u>2.4</u> 3.6	<u>0.4</u> 0.6	<u>0.7</u> 1.1
50–60	3.8	5.3	<u>0.8</u> 1.2	<u>0.04</u> 0.06	<u>0.7</u> 1.1	<u>3.4</u> 5.3	<u>2.4</u> 3.7	<u>0.4</u> 0.6	<u>0.9</u> 1.4
Тропа									
0–10	4.9	6.2	<u>4.0</u> 7.0	<u>0.06</u> 0.11	<u>1.2</u> 2.1	<u>8.6</u> 15.1	<u>17.2</u> 30.1	<u>0.9</u> 1.6	<u>3.2</u> 5.6
10–20	4.2	5.9	<u>1.3</u> 2.2	<u>0.15</u> 0.26	<u>0.8</u> 1.4	<u>1.7</u> 2.9	<u>8.4</u> 14.3	<u>0.6</u> 1.0	<u>0.8</u> 1.4
20–30	4.0	5.4	<u>0.6</u> 1.0	<u>0.07</u> 0.12	<u>0.5</u> 0.8	<u>3.0</u> 5.0	<u>5.6</u> 9.3	<u>0.4</u> 0.7	<u>0.7</u> 1.2
30–40	4.1	5.4	<u>0.3</u> 0.5	<u>0.05</u> 0.08	<u>0.5</u> 0.8	<u>4.3</u> 7.0	<u>2.8</u> 4.6	<u>0.4</u> 0.7	<u>0.7</u> 1.1
40–50	4.0	5.4	<u>0.5</u> 0.8	<u>0.05</u> 0.08	<u>0.5</u> 0.8	<u>3.9</u> 6.4	<u>4.0</u> 6.5	<u>0.4</u> 0.7	<u>1.1</u> 1.8
50–60	3.9	5.2	<u>0.7</u> 1.1	<u>0.08</u> 0.13	<u>0.5</u> 0.8	<u>5.5</u> 8.9	<u>6.4</u> 10.3	<u>0.8</u> 1.3	<u>2.2</u> 3.5

* В числителе %, в знаменателе кг м⁻².

** В числителе мг 100 г⁻¹, в знаменателе г м⁻².

*** В числителе мг-экв 100 г⁻¹, в знаменателе г-экв. м⁻².

увеличивался с глубиной от 1.0 г см⁻³ на поверхности почвы до 1.6 г см⁻³ в слое 50–60 см, где сравнился со значениями плотности почвы на тропе. Эти данные свидетельствуют, что рекреационные нагрузки по линиям полигональной транзитной сети в лесу могут оказывать негативное воздействие на весьма мощную толщу почвы, в которой находится преобладающая часть корневых систем растений, уменьшая, таким образом, потенциал почвенного плодородия лесной экосистемы.

Оценка результатов анализа химических свойств почвы на тропе и на контрольных участках показала существенное различие по ряду параметров. В ненарушенной почве дубняка (контроль) отмечаются достаточно стабильные значения реакции почвенного раствора по всей толще

почвы до глубины 60 см, соответствующей нижней части горизонта A2B1 (таблица). Согласно нашим более ранним исследованиям в нижележащих горизонтах почвы этого дубняка B2, B3 и BC отмечалось повышение кислотности. Наиболее низкие значения pH водной и солевой вытяжек были отмечены не в верхней части профиля, в зоне оподзоливания, а в нижних, иллювиальных горизонтах почвы, что в целом может свидетельствовать об относительно слабой выраженности подзолообразовательного процесса в исследуемой почве под насаждением дуба. Это подтверждается и морфологическими характеристиками почвы [9]. Определенную роль в таком характере кислотности почвы, очевидно, может играть и двучленный характер отложений – нижняя часть профиля с глубины около 90 см имеет более тяже-

лый гранулометрический состав, супесь сменяет суглинки.

Из приведенной таблицы видно, что на тропе были зарегистрированы более низкие значения кислотности, однако различия практически стираются уже в слое 30–40 см и глубже. Самая низкая кислотность отмечается на тропе в верхнем минеральном слое 0–10 см, который соответствует горизонту A1 и верхней части горизонта A1A2. Подщелачивание почвы в результате рекреации ранее уже неоднократно отмечалось [2, 9]. В качестве основных причин этого рассматривают частичное или практически полное удаление опада с поверхности почвы на тропе, отсутствие лесной подстилки и связанное с этим резкое ограничение или полное прекращение воздействия на почву органических кислот при ее разложении, что, в свою очередь, тормозит выщелачивание катионов из почвенного поглощающего комплекса. Вполне вероятно, что проявление процессов деградационного оглеения почвы также вносит свой вклад в смещение реакции почвенного раствора в щелочную сторону.

Содержание органического углерода в исследуемых почвах относительно высокое, максимальных значений оно достигает в гумусово-аккумулятивном горизонте почвы и довольно резко снижается с глубиной. Сравнивая количество органического вещества в почве на тропе и контрольном участке, можно свидетельствовать, что под влиянием рекреационного воздействия оно уменьшается в два раза и более, при этом различия нивелируются только на глубине 50–60 см. Аналогичная картина наблюдается и при анализе послойных запасов углерода в почве, исключая, разве что, самый верхний горизонт.

Основные причины, по всей очевидности, те же, что и объясняющие подщелачивание почвы на тропе – отсутствие напочвенного покрова, дефицит листовного опада, поступающего на тропу, и скудное вовлечение органики в почвенную толщу, в том числе из-за отсутствия в ней корней и вследствие резко ограниченной деятельности почвенной мезофауны в зоне тропы.

Среди наиболее лабильных почвенных параметров, зависящих от температуры и влажности почвы, типа и стадии вегетации фитоценоза, можно назвать содержание элементов питания в подвижной форме, в особенности, соединений азота. В почве дубового насаждения количество подвижных форм основных биодоступных элементов в целом можно охарактеризовать как невысокое. Количество подвижного азота, фосфора и калия, более высокое в верхней толще почвы с ак-

кумуляцией гумуса, заметно снижается в нижележащих горизонтах с признаками оподзоливания (A1A2 и A2B). В исследуемой почве повышенное содержание фосфатов отмечали также и в нижней части профиля, в горизонтах B3f и BC, что может объясняться присутствием фосфорсодержащих минералов в почвообразующей породе [9].

На тропе и на контрольном участке содержание форм подвижного азота в почве по слоям оказалось весьма низким, особенно это касается аммиачного азота. Статистически достоверных различий между тропой и участками на удалении от нее диагностировано не было. Оценка содержания и запасов фосфора и калия в почве показала, что на тропе почти по всей ее толще до глубины 60 см их количество было выше по сравнению с ненарушенным участком. Учитывая, что отбор образцов почвы производился в начале вегетационного периода, это, скорее всего, объясняется более высоким потреблением биодоступных элементов растениями из почвы на контрольном участке по сравнению с тропой, где в переуплотненной почве если и встречаются корни, то главным образом, скелетные.

В почве на тропе в почвенно-поглощающем комплексе сохраняется более высокое количество обменного кальция, особенно это отмечается в верхней и нижней частях вскрытой толщи, где выше содержание, соответственно, органических и минеральных коллоидов (напомним, что исследуемые почвы двучленные). Различия особенно заметны, если оценивать запасы этого элемента в 10-сантиметровых слоях почвы. Наиболее объективной причиной, как и в случае с реакцией почвы, может быть более слабое проявление кислотного гидролиза и, соответственно, ослабление выщелачивания кальция из поглощающего комплекса в почве под тропой. Количество поглощенного магния в почве на тропе и на удалении от нее различается менее существенно.

В генезисе указанных различий химических показателей почвы на тропе и на контрольном участке существенную роль могут также играть разные режимы увлажнения и дыхания почвы. По многим признакам в почве под тропой, как уже было указано, можно диагностировать периодическое проявление анаэробных восстановительных процессов. Следует отметить, что при отображении величин содержания элементов в форме их запасов в почве с учетом ее разной плотности, выводы о характере инверсии отдельных химических показателей почвы под действием рекреации могут несколько изменяться, но общая картина различий между вариантами сохраняется.

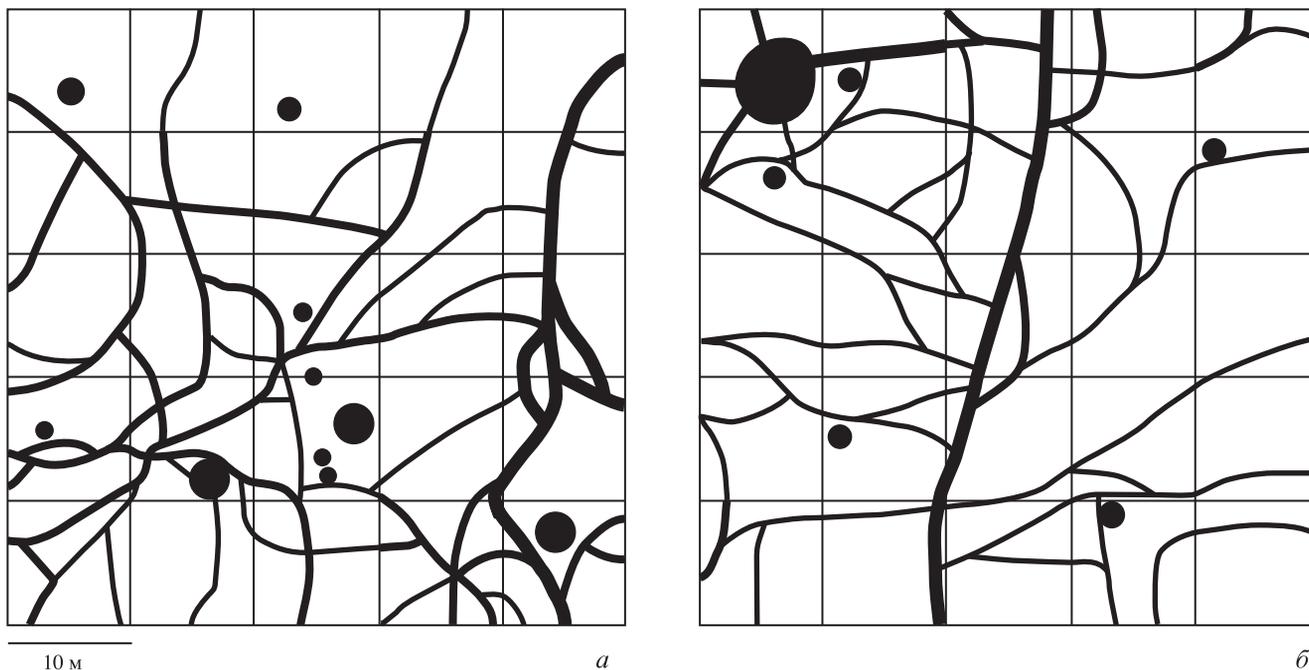


Рис. 5. Схема тропиной сети с обозначением кострищ и рекреационных площадок в березняке (пр. пл. 16) (а) и дубняке (пр. пл. 17) (б)

Оценка масштабов рекреационных нарушений в исследуемых насаждениях показала, что на заложенных пр. пл. размерами 2500 м² общая протяженность всех троп и занимаемая ими площадь составили, соответственно, в березняке – 553 м и 413 м², в дубовом лесу – 502 м и 343 м². Представление о конфигурации и масштабах тропиной сети на изучаемых пр. пл. дает рис. 5. Тропы разной ширины (менее 0.5 м, 0.5–1.0 м, более 1 м) показаны на рисунке линиями разной толщины.

В березняках, наряду с сохраняющейся более высокой, чем в дубняке, интенсивностью транзитной рекреации, за последние годы нарастает выраженность стационарной рекреации (кострища, прикостровые поляны, пикниковые точки). По этому показателю сопоставляемые лиственные насаждения практически сравнялись – площадь, занимаемая кострищами и пикниковыми точками, оценивается, соответственно, в 48 и 46 м², т. е. нарушения занимают около 2% площади. В целом, за счет усиления рекреации общая площадь деградации в исследуемых насаждениях достигла весьма высоких значений: в березняке – 18.4%, в дубовом лесу – 15.6%. В результате продолжающихся рекреационных нагрузок можно прогнозировать дальнейшее увеличение площади рекреационно-трансформированного почвенного покрова.

Заключение. Изучение последствий длительного воздействия рекреационных нагрузок на

почвенный покров 100-летних березняков волосяноосоковых и дубняка с осинной зеленуково-волосяноосокового выявило существенные изменения ряда морфологических, физических и химических показателей почвы нарушенных участков по сравнению с контролем. Установлено, что наибольшие повреждения почвенного покрова и растительности в насаждениях происходят по линиям полигональной тропиной сети, сформировавшейся в течение многих лет. Лесная подстилка на тропах, ширина которых изменяется от 0.3 до 3.5 м, отсутствует или проявляется фрагментарно, отмечаются нарушения сложения почвы, особенно в верхней части профиля.

Морфологические изменения нарушенной почвы, в соответствии с вектором приложения действующего фактора, наиболее отчетливо заметные в верхней части профиля, указывают также на проявление процесса деградационного оглеения, развивающегося под влиянием рекреационных нагрузок и являющегося следствием специфического изменения окислительно-восстановительных условий в почве.

При интенсивной рекреации профиль тропы приобретает форму лотка. В условиях даже незначительно уклона тропиной сеть становится системой быстрого сброса ливневых вод, при этом часть внутритропоченного стока заменяется поверхностным (в объеме площади деградации). Кроме того, увеличение поверхностного стока по

заглубленному и переуплотненному ложу троп приводит к механическому разрушению верхнего горизонта почвы, удалению почвенного материала и развитию эрозионных явлений.

Вытаптывание почвы на тропах, дорожках и площадках обуславливает возрастание объемного веса верхних горизонтов почвы до 1.8 г см^{-3} и более, препятствующих развитию корневой системы растений. Расширение троп и усиление сроя почвы сопровождается повышением динамического сопротивления почвы. На самых сбитых тропах на исследуемых пр. пл. твердость верхнего слоя почвы превышала 4.0–6.0 Мпа, что выше контрольных значений для дубового насаждения на 223%, а для березового – на 250%. Такие показатели объемного веса и твердости почвы свидетельствуют о снижении объема ее порового пространства, негативном изменении водного и воздушного режимов почвы; происходит ухудшение условий вегетации растений, корневая система которых находится в зоне рекреационных нагрузок.

Воздействие рекреации на городские лесные экосистемы отражается также на химических показателях почвы. На примере дубового насаждения можно отметить, что сбой и уплотнение почвы на тропах на фоне снижения поступления опада и отсутствия подстилки приводят к снижению содержания органического вещества в верхних горизонтах, что существенно ухудшает лесорастительные свойства почвы. В результате рекреации вследствие более слабого проявления кислотного гидролиза, а также развития процессов оглеения происходит существенное смещение кислотности почвы на тропах в сторону подщелачивания. Кроме того, в составе почвенно-поглощающего комплекса верхнего горизонта почвы на тропах отмечается более высокое количество обменного кальция.

Содержание подвижных соединений фосфора и калия в почве на тропе заметно превышало их содержание в контрольной почве, причем не только в верхнем горизонте, но и по всему профилю до горизонта В1f. Это, скорее всего, объясняется низким потреблением растительностью элементов питания из почвы в зоне тропы, где встречаемость тонких корней резко снижена.

Результаты работы показывают, что в случае сильных и продолжительных рекреационных нагрузок негативные изменения химических показателей легких супесчаных почв могут прослеживаться до глубины не менее 30 см, а физических показателей – до 50 см. Эти данные свидетельствуют, что рекреационные нагрузки по

линиям полигональной транзитной сети в лесу могут оказывать негативное воздействие на весьма мощную толщу почвы, в которой находится преобладающая часть корневых систем растений, уменьшая, таким образом, потенциал почвенного плодородия лесной экосистемы.

Значительными оказались и размеры нарушений почвенного и травяного покровов в рекреационных лесах. Исследования показали, что на пр. пл. размером $50 * 50$ м общая площадь всех троп, кострищ и пикниковых площадок со сбитой почвой и отсутствующей напочвенной растительностью (площадь деградации) составляла в дубовом насаждении 15.6, а в березняке – 18.4%.

Увеличивающееся влияние рекреации на основные почвенные процессы и режимы приводит в итоге к ослаблению устойчивости и гибели лесной растительности, что позволяет считать ее одним из самых негативных антропогенных факторов для городских природных территорий. Полученные результаты дают возможность по-новому оценить интенсивность и масштабы рекреационного воздействия на почвенный покров лесных урбозкосистем.

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. *Васильева И.Н.* Влияние вытаптывания на физические свойства почвы и корневые системы растений // Лесоводственные исследования в Серебряноборском опытном лесничестве. М.: Наука, 1973. С. 36–45.
4. *Калинин М.И.* Корневедение. М.: Экология. 1991. 173 с.
5. *Карпачевский Л.О.* Лес и лесные почвы. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 264 с.
6. *Карпачевский Л.О., Киселева Н.К.* Почвы Серебряноборского лесничества // Леса Подмосковья (материалы к биологическому изучению). М.: Наука, 1965. С. 28–42.
7. *Лысиков А.Б.* Изменение плотности лесных почв при рекреации лесов // Лесоведение. 2008. № 4. С. 44–49.
8. *Лысиков А.Б., Судницына Т.Н.* Влияние рекреации на почву лиственных насаждений Серебрянобор-

- ского опытного лесничества // Лесоведение, 2008, № 3, С. 47–56.
9. *Лысиков А.Б., Судницына Т.Н.* Воздействие рекреации на состояние почвенного покрова лиственных биогеоценозов Московского региона // Структура и функции лесов Европейской России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. С. 280–323.
 10. *Розанов Б.Г.* Морфология почв. М.: Академический проект, 2004. 432 с.
 11. *Смагин А.В., Азовцева Н.А., Смагина М.В., Степанов А.Л., Мягкова А.Д., Курбатова А.С.* Некоторые критерии и методы оценки экологического состояния почв в связи с озеленением городских территорий // Почвоведение. 2006. № 5. С. 603–615.
 12. *Смирнова Е.Д.* Физико-географическое районирование Московской области // Землеведение. 1963. Вып. 6. С. 82–90.
 13. *Стиридонов В.Н.* Влияние уплотнения почвы на прирост деревьев в лесопарках Новосибирского научного центра // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. 1973. № 10. Вып. 2. С. 160–162.
 14. *Шейн Е.В.* Курс физики почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. 432 с.

The Influence of Recreation on the Soil Cover State in Urban Deciduous Forests

A. B. Lysikov

The intensity and scope of anthropogenic influence on the soil cover of recreation forests were assessed on the basis of the results obtained in studying the deciduous plantations in the urban part of the Serebryanoborskii Experimental Forestry. Significant changes in the physical and chemical properties of the loamy sandy soils were found to take place under the influence of recreation. In some areas, the thickness of the soil transformed by recreation is 40–50 cm. The adversely transformed stands occupy a considerable part (15–20%) of the forested territory that exceeds or corresponds to the area of degradation. Under intense anthropogenic loads, paths with disturbed or destroyed soils forming a transit polygonal network become centers of developing degradation of the soil cover in recreation forests.