

DOI 10.31509/2658-607x-2020-3-2-1-13

УДК 631.42

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ГЛАВНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИМЕНИ Н.В. ЦИЦИНА РАН

© 2020 г. О.В. Мартыненко^{1*}, В.Н. Карминов^{1,2,3}, П.В. Онтиков⁴

¹ ФАУ ДПО Всероссийский институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов лесного хозяйства

Россия, 141200, Московская область, Пушкино, ул. Институтская, д. 20

² ФГБУН Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук
Россия, 117997, Москва, ул. Профсоюзная, 84/32, стр. 14

³ ФГОУ ВО Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана

Россия, 141005, Московская область, Мытищи, ул. 1-ая Институтская, д. 1

⁴ ФГБУ Центральный филиал Федерального государственного бюджетного учреждения
«Рослесинфорг»

Россия, 141280, Московская область, Ивантеевка, ул. Заводская, д. 10

*E-mail: martinen75@yandex.ru

Поступила в редакцию: 03.03.2020 г.

Принята к печати: 03.06.2020 г.

Территория Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина Российской академии наук подвергается значительной антропогенной нагрузке, что негативно сказывается на состоянии ценных коллекций древесных и кустарниковых пород. Одним из наиболее опасных следствий антропогенного влияния, выражающегося в усилении рекреационной нагрузки, является уплотнение почв. В этой ситуации сильную обеспокоенность сотрудников ботанического сада вызвало ухудшение состояния коллекции лохов. Поэтому почвы, на которых произрастают данные растения, были выбраны в качестве объекта исследования. На этой территории были заложены три пробные площади, различающиеся степенью антропогенной нагрузки. Пробная площадь № 1 характеризовала зону максимальной антропогенной нагрузки. Зона умеренной антропогенной нагрузки была представлена пробной площадью № 2. Пробная площадь № 3 выступала в качестве контроля, где антропогенная нагрузка была минимальной. Все исследованные почвы были отнесены к дерново-слабоподзолистым среднесуглинистым почвам. Принципиальные различия в морфологических свойствах исследованных почв заключались в том, что в почвах, находящихся в зоне максимальной антропогенной нагрузки, с глубины 40 см отмечались пятна оглеения, которые в остальных почвах не встречались. Увеличение значений плотности почвы в ненарушенном сложении соответствовало увеличению степени антропогенной нагрузки. Указанное явление приводило к снижению общей порозности почвы. Уплотнение почвы способствовало заметному снижению влажности в верхних горизонтах. При этом ухудшение внутрипочвенного стока способствовало возникновению глеевых процессов в иллювиальной части профиля. Использование методов кластер-анализа показало хорошую группировку зависимости исследованных показателей от величины антропогенной нагрузки. Произошло разделение исследованных показателей в зависимости от их типа и положения в профиле. Проведённое исследование позволило оценить важнейшие физические и водно-физические свойства почв части территории Главного ботанического сада РАН, занятой ценной коллекцией лохов. По результатам исследования предложен комплекс мероприятий, позволяющих существенно снизить выявленные негативные эффекты и в целом улучшить состояние исследованных почв и произрастающих на них насаждений.

Ключевые слова: плотность почвы, антропогенное уплотнение, почвы ботанических садов, ГБС РАН

Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН) по праву входит в список наиболее интересных и известных ботанических садов в мире. Открыв свои двери посетителям в 1945 году, он стал местом компактного размещения уникальных коллекций древесных и кустарниковых пород со всего света (Демидов и др., 2016). Постановлением Президиума Академии наук СССР 2 декабря 1991 г. Главному ботаническому саду присвоено имя академика Николая Васильевича Цицина.

ГБС РАН является крупнейшим ботаническим садом в Европе. Для удобства перемещения посетителей и сотрудников, ботанический сад имеет разветвлённую сеть асфальтовых и грунтовых дорожек. Наличие развитой дорожно-тропиночной сети позволяет совершать как спокойные пешие прогулки, так и заниматься активными видами спорта, бегом, велопогулками. Огромная популярность ботанического сада среди москвичей и гостей столицы оборачивается сильнейшей антропогенной нагрузкой на его насаждения и почвы (Гревцова, Рысин, 2020).

Основной проблемой почв рекреационных зон является их уплотнение, вызванное интенсивным движением по ней транспортных средств, людей и животных. Уплотнение почвы способствует уменьшению её порозности на 30–50% прежде всего за счёт микропор, которые играют важную роль в движении влаги и воздуха, распространении и развитии корней растений. Это непосредственно влияет на основные водно-физические свойства почвы: с одной стороны, снижается водопроницаемость, и, как следствие создаются условия, благоприятствующие застою влаги, что наиболее сильно заметно в иллювиальных горизонтах; с другой стороны, уплотнение верхнего гумусового горизонта снижает способность почвы поглощать и удерживать в себе влагу. Негативное влияние антропогенного уплотнения на важнейшие свойства почв отмечают многие исследователи (Смагин и др., 2006;

Лысиков, 2006, 2008, 2011; Яковлев, Евдокимова, 2011; Меланхолин, Лысиков, 2014; Стома, 2016; Захаров, Кулик, 2017; Мурачёва, 2018). Как правило, проблему представляет не столько переуплотнение почв на тропинках, сколько сохранение уникальных парковых ценозов, где представлена разнообразная растительность (Мосина, 2003).

Необходимо отметить, что некоторые авторы предлагают рассматривать почвы ботанических садов как некое уникальное образование, отличающееся как от природных, так и от почв городских озеленённых территорий, сформировавшееся в результате постоянного привноса почвенной фауны и микроорганизмов на корнях растений и с грунтами, длительное (на протяжении десятилетий и даже столетий) антропогенное (урбаногенное) воздействие (Раппопорт и др., 2013). Таким образом, городские ботанические сады представляют собой уникальные искусственно созданные экосистемы, где отчасти компенсируется негативное воздействие городской среды и формируется высокий уровень биоразнообразия. Данное исследование выполнено в рамках этой концепции с целью выявления и оценки возможного влияния комплекса почвенных факторов на состояние насаждений (коллекция лохов) ГСБ РАН.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследования проводились в рамках комплексного почвенного и гидротехнического обследования территории ГБС РАН, проведённого силами сотрудников и студентов Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана. Особое внимание было уделено изучению влияния антропогенных факторов на свойства почв, которые, в свою очередь, во многом определяют условия роста и развития древесных и кустарниковых пород, произрастающих в ботаническом саду (Рысин, Гревцова, 2018). По предварительной гипотезе именно антропогенное уплотнение могло стать причиной гибели коллекции лохов (лат. *Elaeagnus*). Вероятнее всего, проложенные дорожки

ухудшили отток грунтовых вод и привели к переувлажнению почвы в весенний период.

Программа исследований предусматривала заложение трёх пробных площадей размером 20×20 м. Две пробные площади располагались непосредственно на территории коллекции лохов. Пробная площадь № 1 была заложена на удалении около 10 метров от оживлённой центральной пешеходной дороги. Эта пробная площадь характеризовала ту часть территории, занятой коллекцией лохов, где антропогенная нагрузка была максимальной. Для этой зоны была диагностирована IV стадия рекреационной дигрессии. Пробная площадь № 2 находилась на удалении около 20 метров от центральной аллеи, рядом с небольшой тропинкой, где антропогенная нагрузка была умеренной. В этой зоне рекреационная дигрессия достигла III стадии. В качестве контроля была заложена пробная площадь № 3, расположенная в относительно труднодоступном месте, куда посетители сада практически попадают не очень часто. Расстояние от центральной пешеходной дороги составляло около 50 метров. Для этой зоны была установлена II стадия рекреационной дигрессии.

Во время полевого этапа исследований на каждой пробной площади было заложено 5–6 прикопок. Для каждой пробной площади одна наиболее типичная прикопка была углублена до разреза. Таким образом, в зоне максимальной антропогенной нагрузки располагался разрез В3 (N55.842984, E37.598317). Зону с умеренной антропогенной нагрузкой характеризовал разрез В2 (N55.84282, E37.59879). На контроле, в зоне с низкой антропогенной нагрузкой был заложен разрез В1 (N55.842588, E37.598169). Все координаты приведены в системе WGS84.

Для почвенных разрезов и прикопок было выполнено полное морфологическое описание согласно методикам, принятым в почвоведении. Из всех разрезов по генетическим горизонтам были отобраны образцы для определения общих физических, водно-физических свойств почв в почвенной лаборатории кафедры Мытищинского филиала МГТУ им.

Н.Э. Баумана. В частности, была определена плотность в ненарушенном естественном сложении (по Н.А. Качинскому), полевая влажность весовым методом и общая порозность. Результаты определений почвенных показателей обеспечили получение результатов в пределах 5% для значений точности выполнения опыта при уровне значимости 0.05 (Вадюнина, Корчагина, 1986).

Выбор точек почвенного опробования, привязка выкопанных разрезов, ориентирование на местности осуществлялось с помощью современных геоинформационных систем. Для работы было выбрано сочетание мобильного приложения NextGIS, работающего в среде Android и настольного приложения Quantum GIS, в котором осуществлялось объединение и систематизация всех полученных геоданных. В классе свободного программного обеспечения система QGIS в последние годы обладает практически абсолютным лидерством (Шокин, Потапов, 2015).

Обработка полученных экспериментальных данных осуществлялась с помощью многомерных статистических методов, в частности, с помощью кластер-анализа. Для исследованных объектов построены дендрограммы, на которых по вертикальной оси представлены значения сходства (или различия), а по горизонтальной – номера объектов с равными интервалами. В качестве меры различия выбрано нормированное евклидово расстояние: геометрическое расстояние между объектами в многомерном пространстве признаков. В качестве метода кластеризации использовался метод Уорда (англ. Ward's method). Для оценки расстояний между кластерами здесь используются методы дисперсионного анализа. В качестве расстояния между кластерами берётся прирост суммы квадратов расстояний объектов до центра кластера, получаемого в результате их объединения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам полевых исследований было установлено, что все обследованные почвы относятся к дерново-

слабоподзолистым среднесуглинистым почвам (Umbric Albeluvisols Abruptic) (WRB, 2015). Гранулометрический состав по профилю существенно не изменялся. Утяжеление гранулометрического состава обнаруживалось только в самой нижней части профиля в переходных к материнской породе горизонтах.

Основная разница в морфологических свойствах исследованных почв заключалась в том, что в почвах, находящихся в зоне максимальной антропогенной нагрузки с глубины 40 см отмечались пятна оглеения, которые в почвах с низкой и умеренной антропогенной нагрузкой не встречались.

Таблица 1. Плотность, общая и полевая влажность почв

№ п/п	Степень антропогенного воздействия	Горизонт	Границы горизонта (мощность), см	Глубина взятия образца, см	Плотность почвы, г/см ³	Порозность общая, %	Влажность полевая, %
1	максимальная	A ₁	2...14 (12)	5...15	1.29±0.05	52.16±2.59	36.34±1.88
		A ₁ A ₂	14...29 (15)	18...28	1.60±0.04	40.94±1.76	25.40±1.17
		A ₂	29...43 (14)	31...41	1.76±0.05	35.28±0.99	20.48±0.90
		A ₂ B	43...62 (19)	47...57	1.77±0.05	35.40±1.16	15.94±0.45
		B _g	62...	63...73	2.02±0.05	26.16±1.03	16.66±0.77
2	умеренная	A ₁	1...18 (17)	4...14	1.15±0.04	57.44±1.57	34.24±0.68
		A ₁ A ₂	18...35 (17)	22...32	1.33±0.06	51.10±2.13	28.20±1.38
		A ₂	35...43 (8)	35...43	1.61±0.06	40.88±1.22	20.66±1.00
		A ₂ B	43...61 (18)	48...58	1.66±0.06	38.86±1.38	16.88±0.78
		B	61...	62...72	1.74±0.05	36.02±1.50	18.10±0.90
3	низкая	A ₁	1...24 (23)	5...15	0.97±0.03	64.24±1.68	42.62±1.32
		A ₁ A ₂	24...34 (10)	24...34	1.10±0.05	60.07±1.61	33.12±1.38
		A ₂	34...44 (10)	34...44	1.38±0.06	48.98±1.50	22.16±0.99
		A ₂ B	44...54 (10)	44...54	1.18±0.05	57.23±1.11	22.72±0.89
		B	54...	55...65	1.48±0.06	46.04±1.88	11.78±0.55

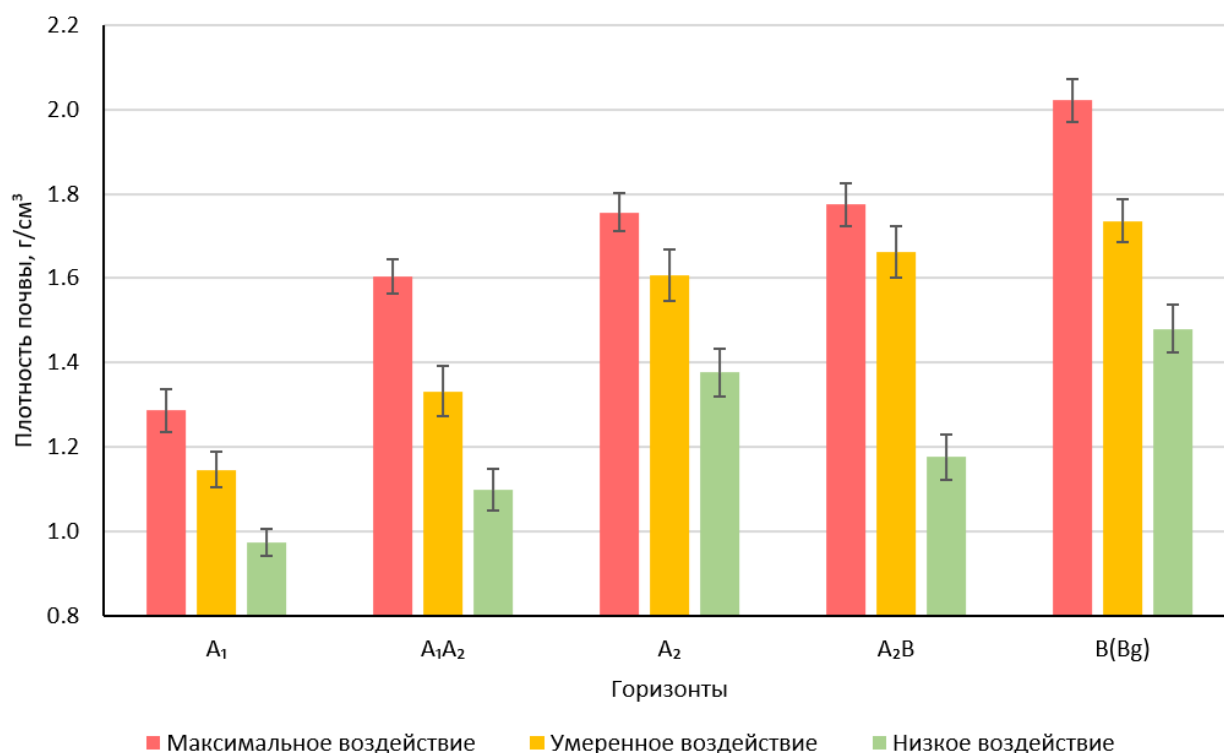


Рисунок 1. Изменение плотности почвы в зависимости от антропогенной нагрузки

Наименьшая плотность почвы в ненарушенном сложении наблюдается в зоне минимальной антропогенной нагрузки (рис. 1). Указанная тенденция характерна для глубины обследованного почвенного профиля. Естественная растительность с преобладанием берёзы и разнотравьем в напочвенном покрове обеспечила достаточно благоприятную плотность верхнего горизонта A₁, соответствующую значению 0.97 г/см³. С глубиной плотность закономерно возрастает, достигая максимума в 1.48 г/см³ в горизонте В. Для двух других разрезов, находящихся в зоне выраженной антропогенной нагрузки, плотность верхнего горизонта A₁ заметно выше (1.29 г/см³ и 1.25 г/см³) рядом с дорогой и тропинкой соответственно. Несмотря на наличие дороги с качественным асфальтовым покрытием часть посетителей все же сходит с регулярных маршрутов, что приводит к

уплотнению почвы, причём, уплотняющее действие распространяется на значительную глубину и отмечается до иллювиального горизонта В включительно.

Безусловно, отмеченные значения плотности негативно сказываются как на состоянии самой почвы, так и растительности, но для сравнения следует отметить, что в аналогичных исследованиях показатели плотности почвы на середине тропы достигали 1.8 г/см³ (Лыников, 2008, 2017). Таким образом, регулярная сеть благоустроенных дорожек ГБС все же принимает на себя основную нагрузку.

Отмеченное выше увеличение плотности почвы в зонах с высокой и умеренной антропогенной нагрузкой приводит к снижению её общей порозности (рис. 2), прежде всего это касается порозности аэрации, однако и капиллярная порозность также уменьшается.

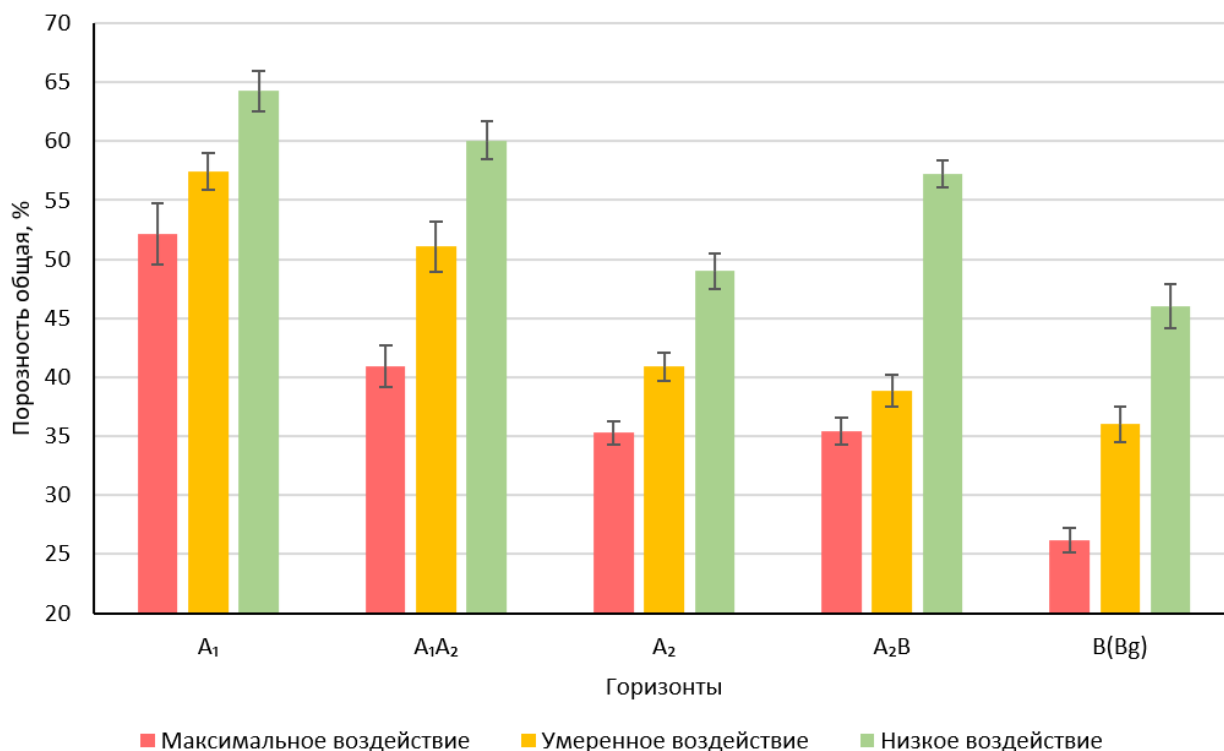


Рисунок 2. Изменение общей порозности почвы в зависимости от антропогенной нагрузки

Всё это приводит к тому, что полевая влажность уплотнённых горизонтов оказывается существенно ниже (рис. 3).

Особенно это хорошо заметно в разрезе, расположенном около центральной дороги.

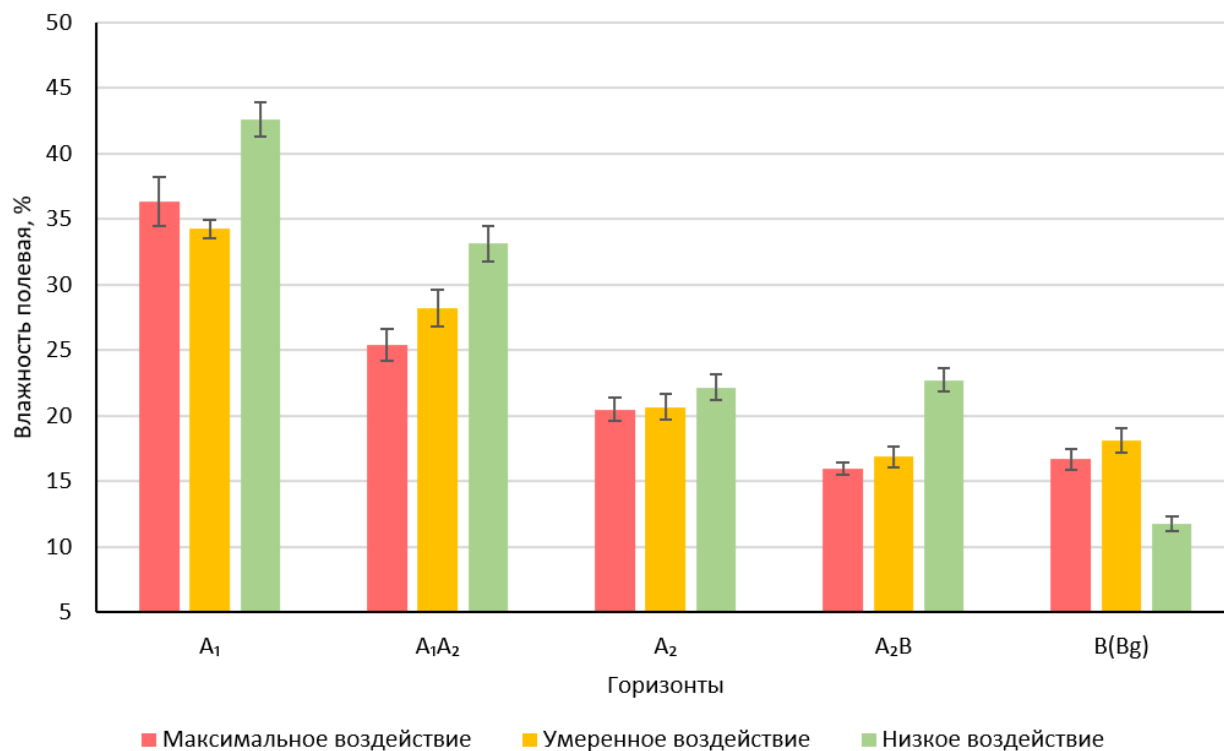


Рисунок 3. Изменение влажности почвы в зависимости от антропогенной нагрузки

Анализируя полученные данные, сложно не согласиться с мнением С.Г. Захарова (2107), который указывал, что на лесопокрытых ландшафтах тропа из невинного элемента превращается в своеобразную «удушающую сеть», разбивая исходный лесной массив на все более изолированные участки пульсирующими и расширяющимися пятнами дигрессии почвенно-растительного покрова.

Вероятно, повышенным потерям влаги из верхнего горизонта также способствует страдающий от вытаптывания живой напочвенный покров, видовой состав которого беднее, а проективное покрытие ниже, нежели в зоне, труднодоступной для посетителей.

Низкая водопроницаемость негативно воздействует на рост и развитие растений, что повышает риск их гибели от вымокания. Вероятнее всего, именно это и стало причиной потери коллекции лохов на территории ГБС РАН им. Н.В. Цицина. Все это можно было избежать, проведя вовремя соответствующие мелиоративные мероприятия.

Согласно результатам кластерного анализа, по совокупности всех полученных почвенных показателей произошла группировка зон с максимальным и умеренным антропогенным воздействием, тогда как территория с низким уровнем такого воздействия “отпочковалась” довольно рано (рис. 4).

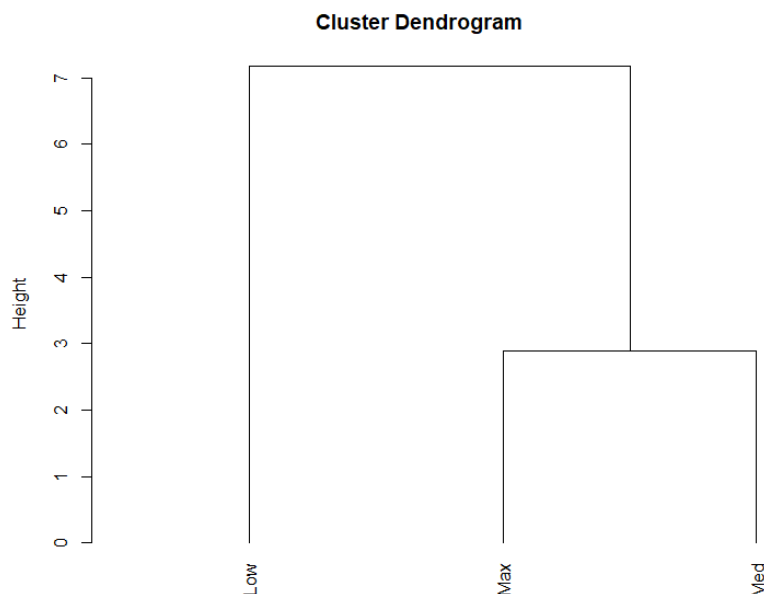


Рисунок 4. Дендрограмма обследованных объектов (“Low” – зона низкого воздействия, “Med” – зона умеренного воздействия, “Max” – зона максимального воздействия)

Таким образом, по изменению почвенных показателей можно констатировать, что даже присутствие умеренного антропогенного воздействия заметно сказывается на состоянии почвы.

На рис. 5 показано распределение почвенных показателей (свойств) в многомерном пространстве. На рисунке выделены три области кластеризации показателей. Первая – самая большая,

включила в себя значения порозности и влажности верхних генетических горизонтов. Вторая область группировки по центру дендрограммы вобрала в себя только значения плотности почвы в ненарушенном сложении. Причём, уже внутри этой группы заметно разделение на условно “верхние”, “средние” и “нижние” горизонты.

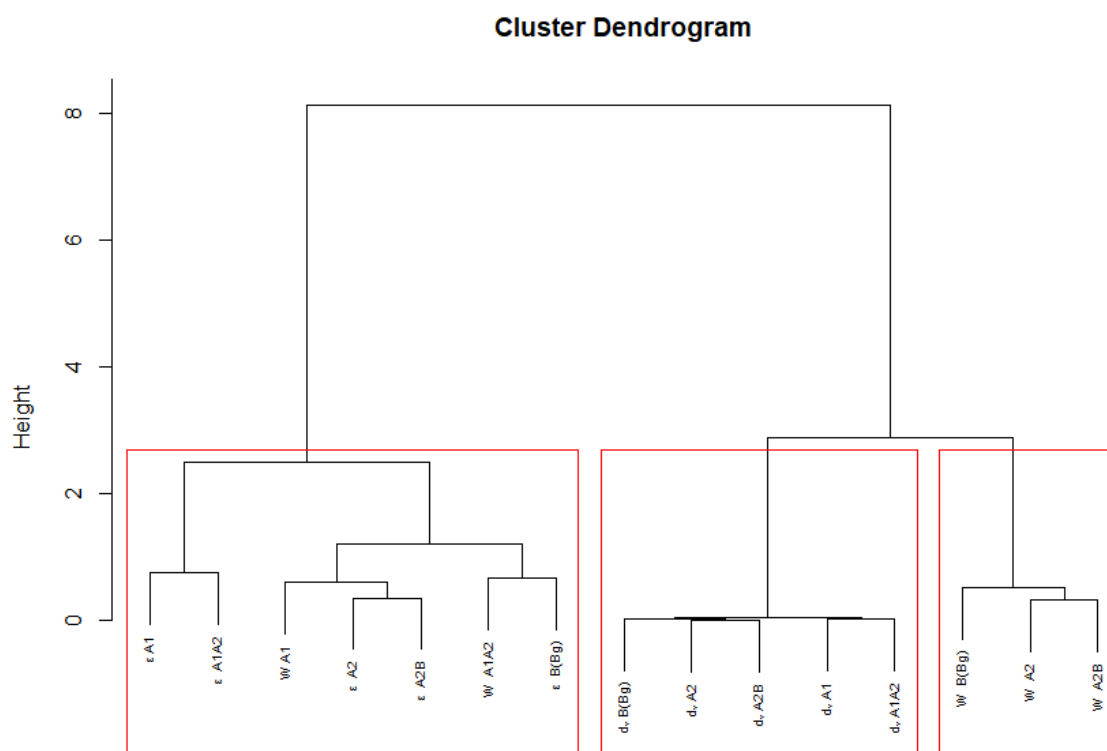


Рисунок 5. Дендрограмма свойств генетических горизонтов обследованных объектов (“ε” – общая порозность, “d_v” – плотность в ненарушенном сложении, “W” – полевая влажность)

Последняя, третья, самая малочисленная группа включила в себя показатели влажности элювиальных и иллювиальных горизонтов, что может свидетельствовать о том, что тут существенную роль начинает играть влияние грунтовых вод и верховодки.

Следует отметить, что применение этого метода позволило наглядно структурировать связи исследованных показателей с величиной антропогенной нагрузки, а результаты вполне объяснимы с точки зрения научной теории.

На основании полученных результатов исследования можно сформулировать ряд практических рекомендаций по снижению наблюдаемых негативных последствий. К числу первоочередных и наиболее радикальных мер по борьбе с застоем влаги (вызванным переуплотнением и нарушением внутрипочвенного стока) можно рекомендовать реконструкцию дорожного полотна и его дополнение элементами выборочного закрытого материального дренажа. В зонах наиболее критического уплотнения следует

использовать материальный или нематериальный аэрационный дренаж. Кроме того, большое внимание следует уделить регулированию потоков посетителей с помощью живых изгородей и активизации информационной работы с гостями ботанического сада.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненного исследования удалось оценить важнейшие физические и водно-физические свойства почв территории Главного ботанического сада РАН, занятой коллекцией лохов и находящейся под антропогенным воздействием различной интенсивности. Установлено заметное повышение плотности почвы в ненарушенном сложении в зоне умеренной и максимальной антропогенной нагрузки. В соответствии с уменьшением плотности было отмечено снижение общей порозности и влажности исследованных почв. Применение методов кластерного анализа показало, что по совокупности исследованных показателей зоны с максимальным и умеренным антропо-

погенным воздействием более близки друг к другу, нежели они соотносятся с зоной со слабым антропогенным воздействием. Даже условно "умеренное" антропогенное воздействие заметно сказывается на совокупности важнейших общих физических и водно-физических свойств почв.

Результаты исследования лягут в основу разработки детальных практических рекомендаций по снижению негативных

последствий антропогенного воздействия на почвы ГБС РАН и войдут в единую геоинформационную систему ГБС РАН в блок почвенной информации и могут быть использованы в дальнейшем для оценки состояния и мониторинга почв и растений в дендрологических коллекциях и повышения рекреационного потенциала территории ботанического сада.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
- Гревцова В.В., Рысин С.Л. О необходимости создания центра по изучению дубрав на урбанизированных территориях в Главном ботаническом саду РАН // Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН. 2020. № 15. С. 120-122.
- Демидов А.С., Рысин С.Л., Кобяков А.В. Возможности использования ГИС-технологий в работе ботанических садов // Лесохозяйственная информация. 2014. № 4. С. 68-72.
- Демидов А.С., Шустов М.В., Потапова С.А. Сохранение разнообразия растительного Мира России в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина // В сборнике: Сохранение разнообразия растительного мира в ботанических садах: традиции, современность, перспективы Материалы Международной конференции, посвящённой 70-летию Центрального сибирского ботанического сада. 2016. С. 96-98.
- Захаров С.Г., Кулик И.В. Тропа и рекреационная нагрузка: новый метод определения уплотнения почв на тропах // Географический вестник. 2017. № 2 (41). С. 109-117
- Лысиков А.Б. Влияние рекреации на состояние почв в городских лиственных лесах // Лесоведение. 2011. № 4. С. 11-20
- Лысиков А.Б. Изменение плотности лесных почв при рекреации // Лесоведение. 2008. № 4. С. 44-49
- Лысиков А.Б. Изменения почвенно-экологических условий в лесных биогеоценозах под влиянием рекреации // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2006. № 13. С. 79-82
- Меланхолин П.Н., Лысиков А.Б. Влияние дорожно-тропиночной сети на травяную растительность и почвы дубовых лесов Москвы и ближнего Подмосковья // Лесоведение. 2014. № 2. С. 38-45
- Мосина Л.В. Антропогенное изменение лесных экосистем в условиях мегаполиса Москва // автореферат дис. ... доктора биологических наук / Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева. Москва, 2003. 38 с.
- Мурачёва Л.С. Уплотнение почвы как фактор экологических проблем парковых экосистем // В сборнике: Экологические проблемы природных и урбанизированных территорий Материалы IX Международной научно-практической конференции. Составитель Т.В. Дымова. 2018. С. 85-89
- Раппопорт А.В., Лысак Л.В., Марфенина О.Е., Рахлеева А.А., Строганова М.Н., Терехова В.А., Макарова Н.В. Актуальность проведения почвенно-экологических исследований в ботанических садах (на примере Москвы и Санкт-Петербурга) // Бюл. общества испытателей природы (МОИП). 2013. Т. 118. Вып. 5. С. 45-56.
- Рысин С.Л., Гревцова В.В. Проблемы сохранения заповедной дубравы на территории ГБС РАН // В сборнике: Сборник материалов XX Международного научно-практического

форума "Проблемы озеленения крупных городов" Сборник материалов форума в рамках Международной выставки "Цветы – 2018". 2018. С. 123-126.

Рысин С.Л., Плотникова Л.С., Трусев Н.А., Яценко И.О. Новые подходы к организации мониторинга состояния растений в дендрологических коллекциях // Бюллетень Главного ботанического сада. 2015а. № 2. С. 15-22.

Рысин С.Л., Трусев Н.А., Яценко И.О. Особенности организации мониторинга ценных древесных растений на урбанизированных территориях // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2015b. Т. 19. № 5. С. 140-144.

Смагин А.В., Азовцева Н.А., Смагина М.В., Степанов А.Л., Мяжкова 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

Стома Г.В. Экологическое состояние почв и древесных насаждений селитебных ландшафтов г. Москвы // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2016. № 1. С. 41-48

Шокин Ю.И., Потапов В.П. ГИС сегодня: состояние, перспективы, решения // Вычислительные технологии. 2015. № 5. С. 175-213.

Яковлев А.С., Евдокимова М.В. Экологическое нормирование почв и управление их качеством // Почвоведение. 2011. № 5. С. 582-596.

World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports. IUSS Working Group. Rome: FAO, 2015. 203 p.

REFERENCES

Demidov A.S., Rysin S.L., Kobayakov A.V., Vozmozhnosti ispol'zovaniya GIS-tehnologii v rabote botanicheskikh sadov (Possibilities of using GIS technologies in the work of Botanical gardens), *Lesokhozyaistvennaya informatsiya*, 2014, No. 4, pp. 68-72.

Demidov A.S., Shustov M.V., Potapova S.A., Sokhranenie raznoobraziya rastitel'nogo

mira Rossii v Glavnom botanicheskom sadu im. N.V. Tsitsina (Preserving the diversity of the Russian flora in the main Botanical garden named after N.V. Tsitsin), *Sokhranenie raznoobraziya rastitel'nogo mira v botanicheskikh sadakh: traditsii, sovremennost', perspektivy. Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii, posvyashchennoi 70-letiyu Tsentral'nogo sibirskogo botanicheskogo sada* (Preserving the Diversity of the Plant World in Botanical Gardens: Traditions, Modernity, Prospects, Proceedings of the International Conference Dedicated to the 70th Anniversary of Central Siberian Botanical Garden), 2016, pp. 96-98.

Grevtsova V.V., Rysin S.L., O neobkhodimosti sozdaniya tsentra po izucheniyu dubrav na urbanizirovannykh territoriyakh v Glavnom botanicheskom sadu RAN (About the need to create a center for the study of oak forests in urban areas in the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences), *Nauchnye trudy Cheboksarskogo filiala Glavnogo botanicheskogo sada im. N.V. Tsitsina RAN*, 2020, No.15, pp. 120-122.

Lysikov A.B., Izmenenie plotnosti lesnykh pochv pri rekreatsii (Change in forest soil density during recreation), *Lesovedenie*, 2008, No. 4, pp. 44-49.

Lysikov A.B., Izmeneniya pochvenno-ekologicheskikh uslovii v lesnykh biogeotsenozakh pod vliyaniem rekreatsii (Changes in soil and environmental conditions in forest biogeocenoses under the influence of recreation), *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2006, No. 13, pp. 79-82.

Lysikov A.B., Vliyanie rekreatsii na sostoyanie pochv v gorodskikh listvennykh lesakh (The effect of recreation on the state of soils in urban deciduous forests), *Lesovedenie*, 2011, No. 4, pp. 11-20.

Melankholin P.N., Lysikov A.B., Vliyanie dorozhno-tropinochnoi seti na travyanuyu rastitel'nost' i pochvy dubovykh lesov Moskvyy i blizhnego Podmoskov'ya (The influence of the road-path network on the grassy vegetation and soils of the oak forests of Moscow and the near Moscow

- region), *Lesovedenie*, 2014, No. 2, pp. 38-45.
- Mosina L.V., *Antropogennoe izmenenie lesnykh ekosistem v usloviyakh megapolisa Moskva, avtoreferat dis. ... doktora biologicheskikh nauk (Anthropogenic change of forest ecosystems under the conditions of the Moscow megacity)*, Moscow, Moskovskaya sel'skhozyaistvennaya akademiya imeni K.A. Timiryazeva, 2003, 38 p.
- Murashova L.S., Uplotnenie pochvy kak faktor ekologicheskikh problem parkovykh ekosistem (Soil compaction as a factor in the environmental problems of park ecosystems). *Ekologicheskie problemy prirodnikh i urbanizirovannykh territorii. Materialy IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* (Ecological Problems of Natural and Urbanised Territories. Proceedings of the 19th International Scientific and Practical Conference), 2018, pp. 85-89.
- Rappoport A.V., Lysak L.V., Marfenina O.E., Rakhleeva A.A., Stroganova M.N., Terekhova V.A., Makarova N.V., Aktual'nost' provedeniya pochvenno-ekologicheskikh issledovaniy v botanicheskikh sadakh (na primere Moskvy i Sankt-Peterburga) (Relevance of soil and environmental research in Botanical gardens (on the example of Moscow and St. Petersburg), *Byulleten' Oobshchestva ispytatelei prirody (MOIP)*, 2013, Vol. 118, Issue 5, pp. 45-56.
- Rysin S.L., Grevtsova V.V., Problemy sohraneniya zapovednoi dubravy na territorii GBS RAN (Problems of conservation of protected oak grove on the territory of the GBS RAS). *Sbornik materialov XX Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma "Problemy ozeleneniya krupnykh gorodov"* *Sbornik materialov foruma v ramkah Mezhdunarodnoj vystavki "Tsvey – 2018"* (Proc. of the XX International scientific and practical forum "Problems of Greening of Large Cities"), 2018, pp. 123-126.
- Rysin S.L., Plotnikova L.S., Trusov N.A., Yatsenko I.O., Novye podkhody k organizatsii monitoringa sostoyaniya rastenii v dendrologicheskikh kollektsiyakh (New approaches to monitoring the state of plants in dendrological collections), *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada*, 2015, No. 2, pp. 15-22.
- Rysin S.L., Trusov N.A., Yatsenko I.O., Osobennosti organizatsii monitoringa tsennykh drevesnykh rastenii na urbanizirovannykh territoriyakh (Features of monitoring valuable woody plants in urban areas), *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoi vestnik*, 2015, Vol. 19, No. 5, pp. 140-144.
- Shokin Yu.I., Potapov V.P., GIS segodnya: sostoyanie, perspektivy, resheniya (GIS today: state, prospects, solutions), *Vychislitel'nye tekhnologii*, 2015, No. 5, pp. 175-213.
- Smagin A.V., Azovtseva N.A., Smagina M.V., Stepanov A.L., Myagkova A.D., Kurbatova A.S., Nekotorye kriterii i metody otsenki ekologicheskogo sostoyaniya pochv v svyazi s ozeleneniem gorodskikh territorii (Some criteria and methods for assessing the ecological state of soils in connection with the greening of urban areas), *Pochvovedenie*, 2006, No. 5, pp. 603-615.
- Stoma G.V., Ekologicheskoe sostoyanie pochv i drevesnykh nasazhdenii selitebnykh landshaftov g. Moskvy (The ecological state of soils and tree plantings of residential landscapes in Moscow), *Vestnik Moskovskogo universiteta*, 17: *Pochvovedenie*, 2016, No. 1, pp. 41-48.
- Vaduynina A.F., Korchagina Z.A., *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* (Methods for studying the physical properties of soils), Moscow: Agropromizdat, 1986, 416 p.
- Yakovlev A.S., Evdokimova M.V., Ekologicheskoe normirovanie pochv i upravlenie ikh kachestvom (Environmental regulation of soils and their quality management), *Pochvovedenie*, 2011, No. 5, pp. 582-596.
- Zakharov S.G., Kulik I.V., Tropa i rekreatsionnaya nagruzka: novyi metod opredeleniya uplotneniya pochv na tropakh (Trail and recreational impact: a new method for determining soil compaction on trails), *Geograficheskii vestnik*, 2017, No. 2, pp. 109-117.

World Reference Base for Soil Resources,
International soil classification system for
naming soils and creating legends for soil

maps. World Soil Resources Reports, IUSS
Working Group. Rome: FAO, 2015, 203 p.

INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS ON THE SOIL CONDITION OF THE

N.V. TSITSIN MAIN BOTANICAL GARDEN, RAS

O.V. Martynenko^{1*}, V.N. Karminov^{1,2,3}, P.V. Ontikov⁴

¹ All-Russian Institute of Continuous Education in Forestry (ARICEF)
Institutskaya st. 20, Pushkino, Moscow region, 141200, Russian

² Center for Forest Ecology and Productivity of the Russian Academy of Sciences
Profsoyuznaya st. 84/32 bldg. 14, Moscow, 117997, Russia

³ Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University
1st Institutskaya street, 1, Mytischki, Moscow region, 141005, Russia

⁴ Federal forestry agency FSBI «ROSLESINFORG» «CENTRLESPROEKT»
Zavodskaya st. 10, Ivanteevka, Moscow region, 141200, Russia

*E-mail: martinen75@yandex.ru

Received 03.03.2020

Accepted 03.06.2020

Territory of N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences is subjected to significant anthropogenic stress, which affects the state of valuable collections of tree and shrub species. The state of the collection of suckers is of particular concern, since the territory where they are located is exposed to anthropogenic effects of various intensities. One of the most dangerous consequences of anthropogenic impact is soil compaction. To study these negative phenomena, three sampling areas were laid, differing in the degree of anthropogenic impact. Sampling area No. 1 characterized the zone of maximum anthropogenic impact. The zone of moderate anthropogenic impact was represented by the sampling area No. 2. Sampling area No. 3 acted as a control, where the anthropogenic impact was the smallest. All studied soils were assigned to soddy-slightly podzolic medium loamy soils. Fundamental differences in the morphological properties of the studied soils consisted in the fact that gley spots were observed from a depth of 40 cm in soils located in the zone of maximum anthropogenic impact, unlike other soils. An increase in the values of soil density in undisturbed state corresponded to an increase in the degree of anthropogenic impact. This phenomenon led to a decrease in the total soil porosity. Soil compaction contributed to a marked decrease in moisture content in the upper horizons. At the same time, the deterioration of subsoil runoff contributed to the emergence of gley-forming processes in the illuvial part of the profile. The use of cluster analysis methods showed a good grouping of the dependence of the studied indicators on the degree of anthropogenic impact. There was a separation of the studied indicators depending on their type and position in the profile. The study made it possible to evaluate the most important physical and water-physical properties of soils of a part of the territory of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, occupied by a valuable collection of suckers. Based on the results of the study, a set of measures is proposed that can significantly reduce the revealed negative effects and generally improve the condition of the studied soils and plantings growing on them.

Key words: soil density, anthropogenic compaction, soils of botanical gardens, Main Botanical Garden RAS

Рецензент: к.б.н., доцент Киселева В.В.