



Озеленение населенных пунктов Landscaping of settlements

DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-331-349

УДК 712:631.42(47+57–25)

Научная статья / Research article

Комплексный анализ почв и зеленых насаждений в парках Новой Москвы, образованных на месте бывших сельскохозяйственных территорий и леса

С.А. Демина  , В.И. Васенев , К.И. Махиня , О.Н. Ромзайкина ,
И.И. Истомина , М.Е. Павлова , Э.А. Довлетярова 

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

 ibatulina_sa@pfur.ru

Аннотация. Рекреационные зоны выполняют значимую роль в формировании устойчивой и комфортной городской среды. Зеленые насаждения и почвы рекреационных зон обеспечивают важные экологические функции и экосистемные сервисы, реализация которых зависит от сочетания естественных и антропогенных факторов, определяемых во многом историей землепользования. В рекреационных зонах Новой Москвы проведен сравнительный анализ древесных насаждений ($n = 1909$) и почв ($n = 39$, слой 0—10 см) парков, созданных на месте лесных и залежных территорий. Показано, что для лесопарков видовое разнообразие было выше, а балл состояния ниже, чем для парков, созданных на месте залежей, для которых в целом отмечен более высокий уровень благоустройства. Для почв таких парков характерна нейтральная реакция ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} 7,2 \pm 0,8$) и высокое содержание органического вещества ($8,5 \pm 2,5 \%$), в то время как почвы лесопарков были ближе к фоновой дерново-подзолистой почве лесного участка — $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} 6,4 \pm 0,2$ и $5,1 \pm 0,2$; органическое вещество $5,9 \pm 0,2$ и $3,5 \pm 0 \%$ соответственно. Для почв парков, созданных на месте залежей, выявлен более высокий уровень загрязнения как по отдельным тяжелым металлам, так и по интегральному индексу загрязнения. Таким образом, более высокий уровень благоустройства парков на месте залежных земель сопряжен с более значительной антропогенной нагрузкой

© Демина С.А., Васенев В.И., Махиня К.И., Ромзайкина О.Н., Истомина И.И., Павлова М.Е., Довлетярова Э.А., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

и изменением экосистемы, в то время как реорганизация лесов в лесопарки позволяет частично сохранить естественные экосистемы, что необходимо принимать во внимание при планировании развитии новых урбанизированных территорий Москвы.

Ключевые слова: урбанизация, городские почвы, парки, антропогенная нагрузка, тяжелые металлы, устойчивое развитие

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 21 июля 2022 г., принята к публикации 15 августа 2022 г.

Финансирование. Благодарности. Исследования, включающие полевые работы и анализ химических и физических свойств почв, выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-34-90133). Анализ состояния зеленых насаждений и оценка загрязнения почв с использованием экспресс-методов выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (проект № 19-77-30012). Анализ и обработка данных, а также подготовка статьи были выполнены при поддержке Программы стратегического академического лидерства РУДН.

Для цитирования: Демина С.А., Васенев В.И., Махиня К.И., Ромзайкина О.Н., Истомина И.И., Павлова М.Е., Довлетярова Э.А. Комплексный анализ почв и зеленых насаждений в парках Новой Москвы, образованных на месте бывших сельскохозяйственных территорий и леса // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 3. С. 341—349. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-331-349

Assessment of soils and green stands in the recreational areas with different land-use history in New Moscow

Sofiya A. Demina ✉, Vyacheslav I. Vasenev ,
Ksenia I. Makhinya , Olga N. Romzaykina , Irina I. Istomina ,
Marina E. Pavlova , Elvira A. Dovletyarova 

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

✉ ibatulina_sa@pfur.ru

Abstract. Recreational areas contribute considerably to the establishment of sustainable and comfortable urban environment. Green stands and soils of recreational areas provide important environmental functions and ecosystem services, their utilization depends on natural and anthropogenic factors distinguished by land-use history. For the case of the recreational areas of New Moscow, a comparative analysis of trees ($n=1909$) and soils ($n=39$, 0—10 cm layer) of the parks, established on former forested and fallow lands, was performed. It was shown that the species diversity was higher although the tree condition score was lower in the forest-parks, compared to the parks established on former fallow lands, which were generally characterized by a higher level of maintenance. Soils of these parks had a neutral pH_{H_2O} (7.2 ± 0.8) and high content of organic matter ($8.5\pm 2.5\%$), whereas the forest-parks soils were similar to the natural Retisols of the forest area with pH_{H_2O} 6.4 ± 0.2 and 5.1 ± 0.2 , organic matter content 5.9 ± 0.2 and $3.5\pm 0.2\%$, respectively. Soils of the parks, established on the former fallow lands, had also a higher pollution level by particular heavy metals as well as considering the integral pollution index. Thus, a higher level of maintenance of the parks established on former fallow lands coincided with a higher anthropogenic pressure and ecosystem alteration. However, reorganization of forests into forest-parks allowed partial preservation of the natural ecosystems. That is necessary to consider for planning the new urbanized areas in Moscow.

Keywords: urbanization, urban soils, parks, anthropogenic pressure, heavy metals, sustainable development

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

Acknowledgements. The research, including field work and analysis of chemical and physical properties of soils, was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 19-34-90133). Assessment of green stands and soil pollution using express methods was supported by the Russian Science Foundation (project No. 19-77-30012). Data analysis and processing, and preparation of the article were supported by the RUDN Strategic Academic Leadership Program.

Article history: Received 21 June 2022. Accepted 15 August 2022

For citation: Demina SA, Vasenev VI, Makhinya KI, Romzaykina ON, Istomina II, Pavlova ME, Dovletyarova EA. Assessment of soils and green stands in the recreational areas with different land-use history in New Moscow. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(3):341—349. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-331-349

Введение

Зеленая инфраструктура — неотъемлемый компонент современного города, определяющий его экологическую устойчивость и качество жизни [1—3]. Городские зеленые насаждения обеспечивают наиболее важные экосистемные услуги: формирование микроклимата, депонирование углерода, поддержание водного баланса, очищение атмосферного воздуха, сохранение биоразнообразия [4, 5]. Генеральные планы и стратегии устойчивого развития городских территорий традиционно уделяют большое внимание рекреационным зонам [6, 7]. При этом рекреационные зоны могут заметно отличаться по размеру, форме, состоянию, растительности, почвам, выполняемым экологическим функциям и экосистемным сервисам [8—10]. Особенно заметны эти отличия становятся на новых урбанизированных территориях, где свойства и функции почв и зеленых насаждений рекреационных зоны определяются не только мероприятиями по благоустройству, содержанию и уходу, но и в значительной степени зависят от истории землепользования.

Город может развиваться по двум направлениям. Во-первых, может происходить расширение урбанизированной территории за счет преобразования сельскохозяйственных земель, во-вторых, могут создаваться более плотные застройки или увеличиваться площади запечатанных территорий в старых районах. Второй способ применяется в целях преобразования сельскохозяйственных земель, сокращения энергопотребления и уменьшения загрязнения [11]. Однако, данный путь развития городов имеет ряд возможных последствий, связанных с сохранением биоразнообразия и сложности оказания экосистемных услуг [12], а уменьшение зеленых зон может привести к негативным последствиям, связанным с уровнем и комфортом жизни человека и состоянием его здоровья [13].

Современная тенденция устойчивого развития городов и запрос на комфортную городскую среду приводит к появлению рекреационных зон с различной историей землепользования. Например, большую популярность приобретают, активно внедряются проекты реорганизации промышленных территорий в городские парки [8, 14, 15] и рекультивированных полигонов коммунальных отходов [16, 17]. В то же время, чаще всего в процессе урбанизации рекреационные зоны создаются на месте бывших сельско-

хозяйственных лесных территорий [18], при этом ожидаемые закономерности динамики состояния и свойств почв и зеленых насаждений заметно отличаются. Преобразование леса в рекреационную зону подразумевает сохранение основных растительных ассоциаций, хотя и может быть сопряжено со значительными изменениями: упрощением вертикальной структуры, интродукцией новых видов, созданием дорожно-тропиночной сети и малых архитектурных форм [19]. В таких рекреационных зонах преобладают естественные почвы, хотя повышенная антропогенная нагрузка, связанная с переуплотнением, загрязнением или засолением из-за применения противогололедных средств может привести к изменению отдельных свойств [20—22]. Создание рекреационной зоны на месте сельскохозяйственных, чаще всего, залежных земель, приводит к радикальной смене растительных сообществ, высадке новых зеленых насаждений, как правило, с доминированием интродуцированных видов [23], а также значительной долей рудеральных видов, особенно в случае недостаточного ухода [24]. Для таких рекреационных зон характерно преобладание антропогенных почв и почвенных конструкций, создаваемых при посадке декоративных растений, газонов и клумб. Их свойства и функции могут значительно отличаться от естественных почв [25—27].

Таким образом, история землепользования становится одним из основных факторов, влияющих на физико-химические и микробиологические почвенные свойства, а также состояние растительности рекреационных зон урбанизированных территорий, что особенно заметно для одного из крупнейших современных проектов урбанизации — Новой Москвы [28—33]. Разнообразие и структура растительного покрова являются важными элементом города для изучения, так как влияют на функции и свойства экосистемы [34—37].

Новая Москва является примером преобразования сельскохозяйственных и природных земель в городские районы, которое мы можем наблюдать. В структуре Московского мегаполиса Новая Москва позиционируется как наиболее зеленая территория с доминированием рекреационных зон. Новая Москва является ярким примером современного преобразования сельскохозяйственных и лесных земель, при этом более половины из них преобразованы в рекреационные зоны [32, 38]. Последствия таких преобразований для почв и зеленых насаждений пока остаются недостаточно изученными. Все это показывает важность такого фактора, как «история землепользования», который влияет на изменение городских территорий. Серьезные изменения данная территория претерпела за последние 40 лет. Самые сильные изменения произошли с естественными пастбищами и пахотные земли, которые потеряли 87 и 18 % своей площади соответственно, а лесные массивы уменьшили свою площадь на 9 % [32]. Однако не только жилыми комплексами стали заняты эти территории, за этот период в Москве (в современных границах) обустроено большое количество рекреационных зон, в основном образованных на месте леса, пашни и лугов, 53, 8 и 5 % соответственно. Остальные парковые зоны устраивались на усадебных территориях или в зонах жилых застроек, которые уже существовали с 1981 г. и ранее.

Основываясь на вышесказанном, для дальнейшего изучения выбрали 2 типа землепользования (лесные насаждения и пашни), на которых сформированы рекреационные зоны.

Цель исследования — проанализировать влияние истории землепользования (лесные или сельскохозяйственные земли) на физико-химические свойства почвы и оценить состояние зеленых насаждений на примере четырех парков, расположенных на территории Новой Москвы.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования — это почвы и древесная растительность четырех парков на территории, присоединенной к Москве в 2012 г. для снижения нагрузки на транспортную систему и перераспределения потока людей [29]. Новая Москва (Троицкий и Новомосковский административные округа (ТиНАО)) расположена в центральной части Восточно-Европейской равнины и занимает общую площадь более 1500 км² на юго-запад от Москвы в границах до 2012 г. (рис. 1). Климат на данной территории умеренно-континентальный, среднегодовая температура 4—5 °С, снежный покров обычно держится с конца декабря до середины апреля.

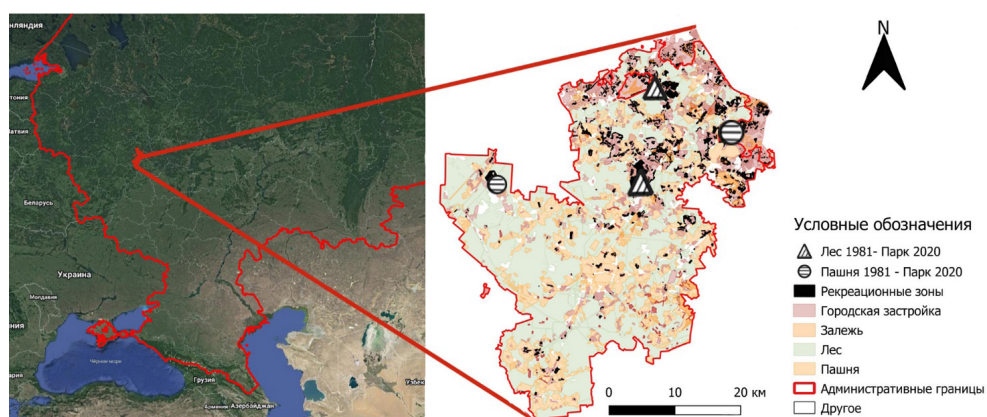


Рис. 1. Расположение объектов исследования в Новой Москве

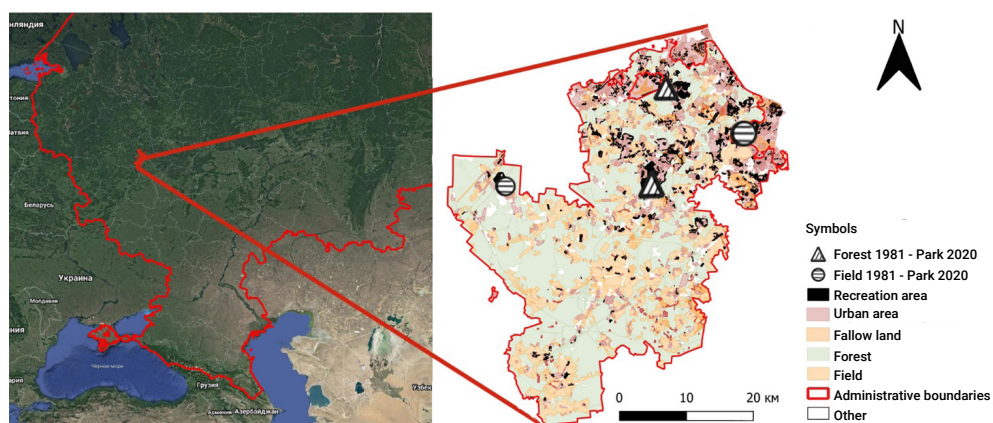


Fig. 1. Location of research objects in New Moscow

Растительный покров ТиНАО достаточно разнообразен и представляет собой как отдельные участки с сохранившимися естественными насаждениями (сосновые боры, хвойно-широколиственные леса, березово-осиновые мелколиственные леса, черно- и сероольшаники), так и искусственные насаждения, состоящие из пород, используемых в озеленении и ландшафтной архитектуре: тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), клен остролистный (*Aser platanoides* L.), конский каштан обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth), различные виды ив (*Salix* sp.) и др. [39].

Присоединение территории Новой Москвы увеличило площадь Московского мегаполиса в два с половиной раза. В 2012—2020 гг. на территории Новой Москвы было построено более 12 млн м² жилой площади, а население увеличилось вдвое — с 250 тысяч до 554 тысяч человек¹, что привело к созданию комфортной городской среды и парков на новой территории.

Рекреационные зоны. Для комплексного анализа состояния почв и древесной растительности парков с различной историей землепользования выбрали четыре парка. При выборе учли историю их формирования (два парка образованы на лесной территории и два — на бывшей пашне) и удаленность от Москвы в границах до 2012 г. (табл. 1).

Таблица 1

Общая характеристика объектов исследования

Название парка (район)	Год основания/реконструкции	История землепользования	Функции	Площадь, га
Парк «Сосны», (п. Новоедоровское)	2013	Залежь	Спортивная, рекреационная, транзитная	15,1
Парк «Южное Бутово» (р-н Южное Бутово)	2018	Залежь	Спортивная, рекреационная, транзитная	18,6
Парк 3-го микрорайона Московского (п. Московский)	1935/2017	Лес	Рекреационная, транзитная коммунальная	16,8
ООПТ «Троицкая роща» (г. Троицк)	2008/2011	Лес	Рекреационная, транзитная, защитная	15,0

Table 1

General characteristics of the research objects

Name of park (district)	Year of foundation / reconstruction	History of land use	Functions	Area, ha
'Sosny' Park (Novofedorovskoye village)	2013	Fallow land	Sports, recreational, transit	15.1
'South Butovo' Park (South Butovo district)	2018	Fallow land	Sports, recreational, transit	18.6

¹ Численность населения Новой Москвы превысила 550 тысяч человек // Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы. Режим доступа: https://stroimsk.ru/press_releases/chisliennost-nasieleniia-novoi-moskvy-prievysila-550-tysiach-chieloviek?from=cl Дата обращения: 20.03.2022.

Ending table 1

Name of park (district)	Year of foundation / reconstruction	History of land use	Functions	Area, ha
Park of the 3rd microdistrict of Moskovsky (Moskovsky settlement)	1935/2017	Forest	Recreational, transit, communal	16.8
PA 'Troitskaya Grove' (Troitsk)	2008/2011	Forest	Recreational, transit, protective	15.0

Парк 3-го микрорайона Московского входит в состав Валуевского лесопарка. В парке преобладают широколиственные растительные ассоциации (липняки, дубравы), встречаются ельники и сероольшаники. В растительном покрове парка «Троицкая роща» осиново-березовый мелколистственный лес с участием дуба чередуется с посадками ели. Территория представляет собой лесной массив, защищающий жителей Центральной улицы г. Троицк от шума Калужского шоссе. Парк «Южное Бутово» создан на территории, где ранее находились сельскохозяйственные угодья села Чернево и деревни Гавриково. В процессе создания парка было высажено более 2 тысяч деревьев и более 25,5 тысяч кустарников с преобладанием декоративных видов и форм. Значительную площадь занимают газоны и клумбы. Парк «Сосны» также создан на территории старопахотных земель и окружен старым сосново-еловым лесом с включениями лиственных видов, в основном березы, осины и рябины.

Оценка состояния древесных насаждений. В каждом парке было заложено по 9—10 пробных площадок площадью около 0,13 га (деревья изучались вокруг точек отбора почвенных образцов в радиусе 20 м вокруг). На исследовательских площадках определяли биологический возраст (онтогенез) и проводили оценку жизненного состояния по стандартным методикам [40, 41]. Жизненное состояние определялось в соответствии с биологическим возрастом дерева. Для подростов и взрослых деревьев выделяли следующие категории: имматурные (полувзрослые) особи (im), виргинильные (взрослые вегетативные) растения (v), молодые генеративные особи (g1), средневозрастные (зрелые) генеративные деревья (g2) и старые генеративные особи (g3) [41]. Проростки и ювенильные растения не рассматривались.

Для оценки жизненного состояния деревьев применялась 6-балльная шкала В.А. Алексеева (1989), основанная на визуальной фиксации состояния кроны (степень усыхания ветвей, облиственность кроны, трещиноватость коры и пр.). Выделялись следующие балльные категории состояния: 1 — здоровое дерево; 2 — поврежденное (ослабленное) дерево; 3 — сильно поврежденное (сильно ослабленное) дерево; 4 — отмирающее дерево; 5 — свежий сухостой (деревья, погибшие менее года назад, иногда с сухой листвой или хвоей); 6 — сухостой прошлых лет (деревья, погибшие год и более лет назад, теряющие остатки ветвей и кору) [41]².

Изучение состояния почв. Для каждого парка в 9—10 точках проводили бурение почвенным буром для суглинистой почвы (Eijkkelkamp, Нидерланды) до глубины 50 см (в отдельных точках — до 100 см) для описания профиля. В каждой точке методом конверта отбирался смешанный образец для определения физико-хими-

² Постановление Правительства Москвы от 10 сентября 2002 года № 743-ПП «Об утверждении правил создания, содержания и охраны зеленых насаждений и природных сообществ города Москвы» (ред. от 25.11.2019) // Деп. природ. и охр. окр. среды г. Москвы. Режим доступа: <https://www.mos.ru/eco/documents/control-activity/view/62960220/> Дата обращения: 21.03.2022.

ческих свойств почв рекреационных зон (рис. 2). В качестве фоновых объектов были изучены лесные и залежные участки, расположенные вблизи парков с соответствующей историей землепользования.

Анализ физико-химических свойств почвы. Плотность почвы была рассчитана весовым методом как масса единицы объема почвы, высушенной при 105 °С³. Кислотность водной суспензии 1: 2.5 (рН_{Н2О}) определяли с помощью рН-метра («Эконикс», Москва, Россия) по ГОСТ 26423—85. Валовое содержание тяжелых металлов определяли с использованием портативного рентген-флуоресцентного анализатора (РФА) Vanta C (Olympus, США) — метод, основанный на регистрации и последующем анализе спектра, полученного при облучении исследуемого образца рентгеновским излучением [42]. Для каждого образца измерения производили в трех повторностях, время экспозиции — 120 секунд.

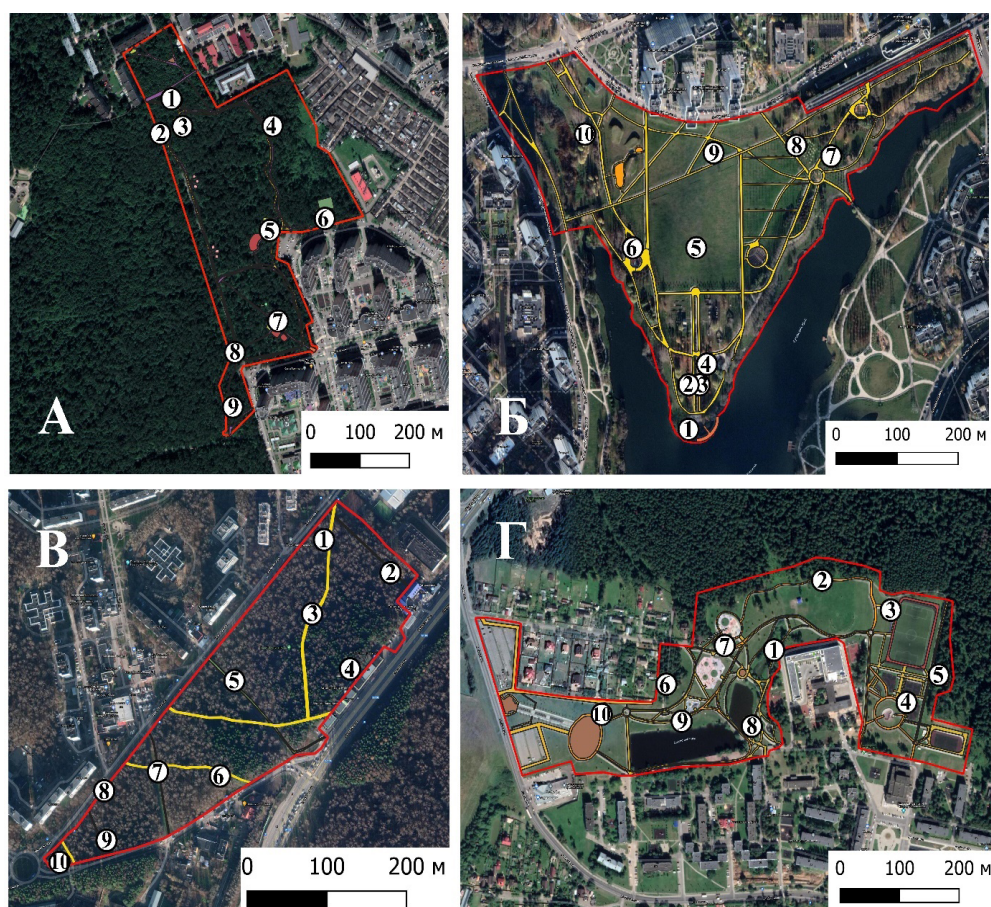


Рис. 2. Схема отбора почвенных проб в структуре рекреационных зон: парк 3-го микрорайона Московского (А); парк Южное Бутово (Б); Троицкая роща (В); парк «Сосны» (Г)

Fig. 2. Scheme of soil sampling in the structure of recreational zones: park of the 3rd microdistrict of Moskovsky (A); 'South Butovo' Park (Б); 'Troitskaya Grove' (В); 'Sosny' Park (Г)

³ Guidelines for soil description // Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, 2006. Режим доступа: <https://www.fao.org/3/a0541e/a0541e.pdf> Дата обращения: 21.03.2022.

Для оценки комплексного загрязнения почвы тяжелыми металлами рассчитывали суммарный индекс загрязнения почвы Z_c по формуле

$$Z_c = \sum(Kci + \dots + Kcn) - (n - 1), \quad (1)$$

где n — число определяемых суммируемых веществ; Kci — коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения.

Данные по результатам анализа свойств почв и состояния деревьев обрабатывались с использованием инструментов описательной статистики. Значимость различия показателей между парками проверяли с использованием однофакторного дисперсионного анализа, а различия для парков с разной историей землепользования определялись по t -критерию Стьюдента для независимых групп. Зависимость между свойствами почв и параметрами состояния зеленых насаждения изучали с использованием регрессионного анализа. Статистическую обработку и анализ данных проводили с использованием программного обеспечения Statistica 8.0 [43].

Результаты исследования и обсуждение

Состояние древесных насаждений. Парки с различной историей землепользования заметно отличались как по видовому разнообразию, так и по состоянию зеленых насаждений. Для лесопарка «Троицкая роща» показано наиболее высокое разнообразие — 21 вид древесных растений в сравнении с 11—13 для других парков. Древесные насаждения лесопарков похожи по видовому составу, преобладающая порода в них — клен платановидный (*Acer platanoides*), который растет во втором ярусе. В парке «Сосны» доминирующей породой является Ель обыкновенная (*Picea abies*), а в парке «Южное Бутово» — Ива ломкая (*Salix fragilis*).

При том что общая площадь древесных насаждений и их видовое разнообразие было выше в лесопарках, состояние зеленых насаждений было лучше в парках, созданных на месте залежей. Так наиболее ослаблены были деревья в Троицкой роще; средний балл в парке 3-го микрорайона Московского также был выше, чем в парках «Сосны» и «Южное Бутово» (рис. 3).



Рис. 3. Распределение древесных насаждений по баллу состояния

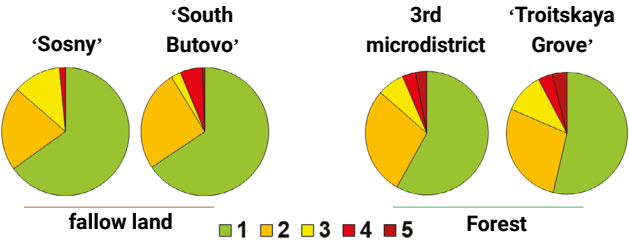


Fig. 3. Distribution of tree plantations by state score

Средний балл для пробных площадок внутри парков варьировал от 1,0 до 2,3 в Соснах, от 1,0 до 2,2 в Южном Бутово, от 1,3 до 2,1 в парке 3-го микрорайона Московского и от 1,5 до 2,4 в Троицкой роще, что подтверждает выявленную закономерность. Как правило, внутренняя неоднородность состояния зеленых насаждений объясняется зонированием парка и степенью антропогенной нагрузки. Так, самые низкие значения характерны для участков, расположенных близко к дороге (площадка № 10, парк «Южное Бутово») или парковке (площадка № 5, парк 3-го микрорайона Московского) (табл. 2).

Таблица 2

Состояние древесной растительности на площадках

Название парка	№ площадки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сосны	1,3	1,7	1	1,6	1,1	1,4	2,3	1	—	1
Южное Бутово	1,6	1,2	1,1	1	—	1,2	1,5	1,3	—	2,2
Парк 3-го микрорайона Московского	1,7	1,4	1,8	1,7	2,1	1,8	1,9	1,7	1,3	—
Троицкая роща	1,6	1,5	1,8	2,0	1,5	1,7	1,7	1,8	1,8	2,4

Table 2

State of woody vegetation on the sites

Park	Site									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
'Sosny'	1.3	1.7	1	1.6	1.1	1.4	2.3	1	—	1
'South Butovo'	1.6	1.2	1.1	1	—	1.2	1.5	1.3	—	2.2
Park of the 3rd microdistrict of Moskovsky	1.7	1.4	1.8	1.7	2.1	1.8	1.9	1.7	1.3	—
'Troitskaya Grove'	1.6	1.5	1.8	2.0	1.5	1.7	1.7	1.8	1.8	2.4

По-видимому, лучшее состояние деревьев в парках, созданных на месте залежей, в сравнении с лесопарками объясняется как меньшей сомкнутостью и конкуренций за ресурсы, так и качеством посадочного материала [44]. Косвенно это подтверждается анализом возрастного состава деревьев. Например, в парке «Южное Бутово» преобладают молодые генеративные растения, а имматурные растения в пределах

изученных территорий отсутствуют (рис. 4), поскольку для задач озеленения и благоустройства новых рекреационных зон используют посадочный материал, соответствующий виргинильному или молодому генеративному возрастным состояниям [45]. В лесопарках возрастные категории более выравнены, так как посадки имеют единичный характер, а естественная растительность представляет все этапы естественного жизненного цикла [46]. Для парка «Сосны» показан необычно высокий процент старых генеративных растений. Предположительно, это связано с тем, что часть парка прилегает к старому лесному массиву, деревья которого были включены в отдельные экспериментальные площадки (рис. 4).

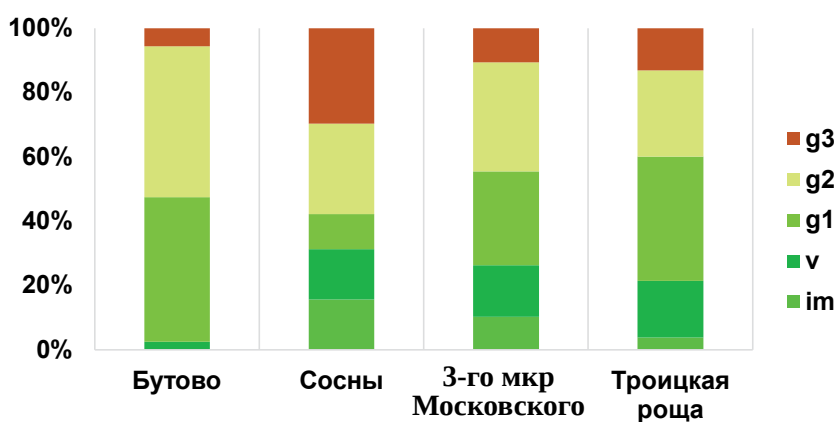


Рис. 4. Распределение деревьев по возрастным группам

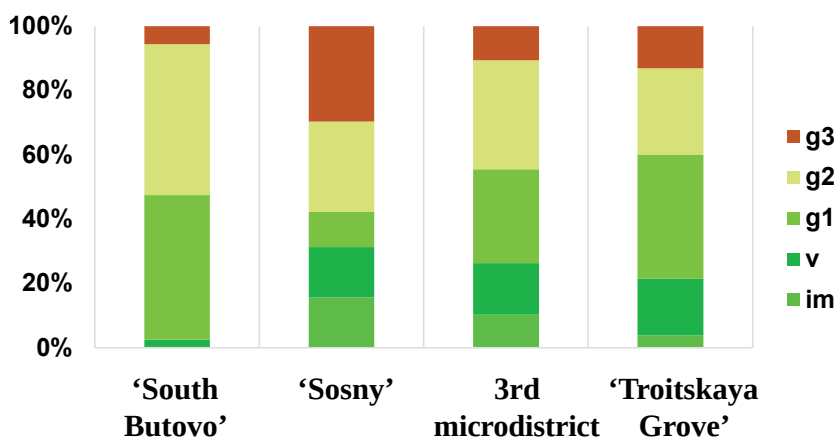


Fig. 4. Distribution of trees by age groups

Анализ свойств почв. Результаты полевого описания почв парков также позволяют выделить характерные признаки, отличающиеся в зависимости от истории землепользования. В лесопарках преобладают естественные дерново-слабо

и среднеподзолистые почвы, иногда с признаками оглеения в нижних горизонтах. Признаки антропогенного воздействия заметны только в верхних горизонтах — для них характерны изменение окраски на более темную, появление включений кирпича, стекла, угля, строительного и бытового мусора. Наиболее заметно антропогенное воздействие проявляется на участках, где для создания газонов формировался насыпной горизонт RAT [47, 21], однако таких участков в лесопарках практически не встречается. В парках, созданных на месте залежей, наоборот, газоны занимают значительную часть площади (до 80 %). Кроме формирования одного или нескольких насыпных горизонтов в профиле почв можно отметить и характерные признаки агрогенных изменений, таких как ровная граница старопашотного горизонта. Подстилающие иллювиальные горизонты в меньшей степени подвержены воздействию землепользования [48], и несмотря на высокую неоднородность по цвету, гранулометрическому составу и наличию включений, характерных отличий между парками на месте залежей и лесопарками для них выявлено не было.

По химическим свойствам отличия почв парков с разной историей землепользования были еще более заметны. Реакция среды в почвах парков, образованных на месте залежей, была в среднем на 0,5...0,7 выше, чем для парков, образованных не месте леса. Общее увеличение pH_{H_2O} от фоновой лесной территории к парку «Южное Бутово» (рис. 5А) иллюстрирует известную закономерность подщелачивания городских почв, показанную в т. ч. для почв Новой Москвы [32] и связанную с регулярным поступлением известь-содержащей пыли от строительства и транспорта [20, 49]. Другой причиной повышения pH_{H_2O} может быть мелиорация и известкование почв сельскохозяйственного назначения, неоднократно проводившиеся на территории современного ТиНАО [50, 51]. Содержание $C_{орг}$ также было значимо (t-критерий, $p < 0,05$) выше для парков на месте залежей. В данном случае основным фактором, по-видимому, является привнос органических субстратов при создании газонов и проведении других работ по озеленению и благоустройству [52, 53], так как фоновые почвы залежей содержали меньше $C_{орг}$ в сравнении с лесными почвами (рис. 5Б). При этом в результате работ по озеленению и благоустройству заметно увеличивалась и пространственная неоднородность содержания $C_{орг}$ — коэффициент вариации (CV%) в парке «Южное Бутово» достигал 80 %, в то время как для фоновых территорий от не превышал 10 %. Высокая пространственная неоднородность — одна из типичных характеристик городских почв, связанная с различным (частно, контрастным) типом функционального использования и антропогенной нагрузкой [54, 55]. Плотность почв не превышала $1,0 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ с минимальными значениями $0,8 \pm 0,1$ для парка 3-го микрорайона и фонового лесного участка. Таким образом, создание рекреационных зон привело к смещению реакции среды в сторону нейтральной и увеличению содержания органического углерода, что соответствует результатам исследований почв реконструированных парков в Москве [27] и Сеуле [34], Люблине [56] и Тель-Авиве [57]. При этом для более измененных и благоустроенных парков не месте залежи выявленное воздействие проявлялось в большей степени.

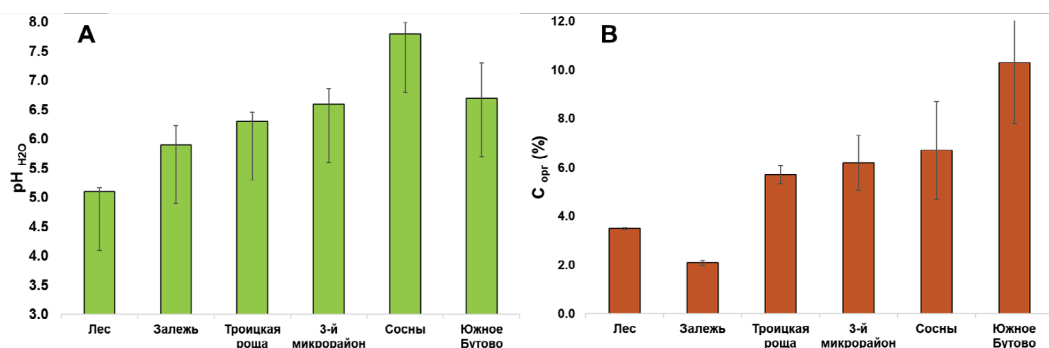


Рис. 5. Свойства почв парков в сравнении с лесом и залежью

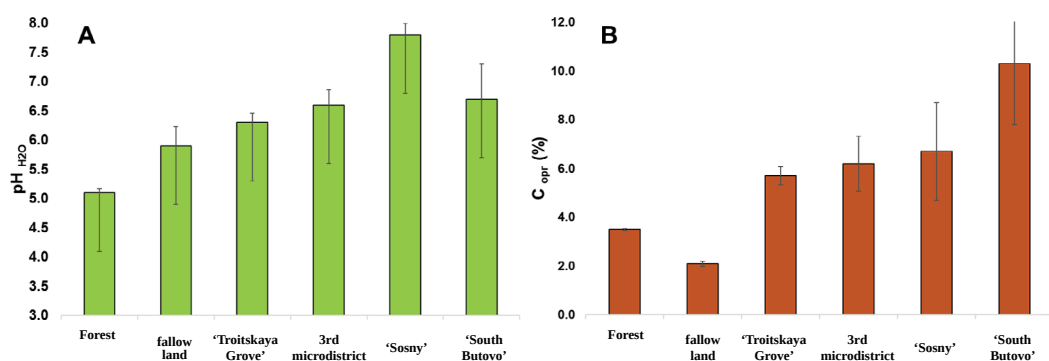


Fig. 5. Soil properties of parks in comparison with forest and fallow land

Загрязнение почв тяжелыми металлами — одна из наиболее распространенных проблем городской экологии [58—60]. Как правило, рекреационные зоны в меньшей степени подвержены загрязнению, чем промышленные или селитебные зоны, но и для них концентрации тяжелых металлов могут превышать нормативные значения, как это, например, было показано для некоторых парков Пекина [61], Белграда [62], Нью-Йорка [63] и Москвы [22]. В изученных парках Новой Москвы отмечены отдельные превышения ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) по никелю, цинку, мышьяку и кадмию. В парке «Сосны» для половины точек показаны превышения по всем четырем металлам, в парке «Южное Бутово» — содержание мышьяка и кадмия превышали ОДК в 80 % случаев. Повышенное содержание тяжелых металлов выявлено и в парках, образованных на месте леса, но, как правило, незначительное. Для фоновых залежных и лесных участков превышение зафиксировано только в 10 % случаев. По интегральному показателю загрязнения Z_c фоновые почвы относятся к низкому уровню загрязнения ($Z_c < 12$), а парки — к среднему и высокому. Загрязнение почв Новой Москвы тяжелыми металлами ранее отмечалось в отдельных публикациях [64, 65], однако полученные высокие значения для кадмия и мышьяка могут также быть связаны с методом исследования, основанным на применении портативного рентген-флуоресцентного анализатора. Данный метод считается полуколичественным и в за-

висимости от условий измерения (влажность почвы, содержание органического вещества, гомогенизация образца) абсолютные значения могут как занижаться, так и завышаться [66—68].

Заключение

Рекреационные зоны играют определяющую роль в устойчивом развитии современных городов. Зеленые насаждения и почвы рекреационных зон обеспечивают важные экосистемные услуги, направленные на формирование экологически устойчивой и комфортной среды. Анализ состояния зеленых насаждений и почв парков Новой Москвы — наиболее «зеленого», но стремительно урбанизируемого округа Московского мегаполиса, — показал разные пути развития рекреационных зон в зависимости от истории землепользования. Лесопарки, сформированные на месте бывших лесных угодий, отличались более высоким видовым разнообразием, но худшим состоянием древесных насаждений в сравнении с более благоустроенными парками, созданными на месте залежей. Почвы лесопарков более кислые и содержат меньше органического вещества, при этом в меньшей степени загрязнены тяжелыми металлами. Таким образом, более высокий уровень благоустройства парков на месте залежных земель скорее способствует созданию новых урбанизированных экосистем, в то время как реорганизация лесов в лесопарки позволяет частично сохранить естественные экосистемы, устойчивость которых выше. По-видимому, поиск компромисса между интенсивным благоустройством и сохранением природного каркаса и станет основным вызовом, который определит внешний облик и экологическое состояние зеленых насаждений и почв Новой Москвы.

Библиографический список/ References

1. Klimanova OA, Kolbovsky EY, Illarionova OA. The ecological framework of Russian major cities: spatial structure, territorial planning and main problems of development. *Vestnik of Saint Petersburg university. Earth sciences*. 2018; 63(2):127—146. (In Russ.). doi: 10.21638/11701/spbu07.2018.201
- Климанова О.А., Колбовский Е.Ю., Илларионова О.А. Экологический каркас крупнейших городов Российской Федерации: современная структура, территориальное планирование и проблемы развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. № 63 (2). С. 127—146. doi: 10.21638/11701/spbu07.2018.201
2. Andersson E, Barthel S, Borgstro S, Colding J, Elmqvist T, Folke C, et al. Reconnecting cities to the biosphere: Stewardship of green infrastructure and urban ecosystem services. *AMBIO*. 2014; 43(4):445—453. doi: 10.1007/s13280-014-0506-y
3. Liu OY, Russo A. Assessing the contribution of urban green spaces in green infrastructure strategy planning for urban ecosystem conditions and services. *Sustainable Cities and Society*. 2021; 68:102772. doi:10.1016/j.scs.2021.102772
4. Manuel B, Méndez-Fernández L, Peña L, Ametzaga-Arregi I. A new indicator of the effectiveness of urban green infrastructure based on ecosystem services assessment. *Basic and Applied Ecology*. 2021; 53:12—25. doi: 10.1016/j.baae.2021.02.012
5. Zhang S, Muñoz Ramírez F. Assessing and mapping ecosystem services to support urban green infrastructure: The case of Barcelona, Spain. *Cities*. 2019; 92:59—70. doi: 10.1016/j.cities.2019.03.016
6. Bush J, Ashley G, Foster B, Hall G. Integrating green infrastructure into urban planning: Developing Melbourne's green factor tool. *Urban Planning*. 2021; 6(1):20—31. doi: 10.17645/up.v6i1.3515
7. Davies C, Laforteza R. Urban green infrastructure in Europe: Is greenspace planning and policy compliant? *Land Use Policy*. 2017; 69:93—101. doi: 10.1016/j.landusepol.2017.08.018

8. Bell S, Montarzino A, Travlou P. Mapping research priorities for green and public urban space in the UK. *Urban Forestry and Urban Greening*. 2007; 6(2):103–115. doi: 10.1016/j.ufug.2007.03.005
9. Klimanova OA, Illarionova OI. Green infrastructure indicators for urban planning: Applying the integrated approach for russian largest cities. *Geography, Environment, Sustainability*. 2020; 13(1)251–259. doi: 10.24057/2071-9388-2019-123
10. Klimanova O, Kolbowski E, Illarionova O. Impacts of urbanization on green infrastructure ecosystem services: the case study of post-soviet Moscow. *Belgeo*. 2018; (4). doi: 10.4000/belgeo.30889
12. Tratalos J, Fuller R, Warren P, Davies R, Gaston K. Urban form, biodiversity potential and ecosystem services. *Landscape and Urban Planning*. 2007; 83(4):308–317. doi: 10.1016/j.landurbplan.2007.05.003
13. Dye C. Health and urban living. *Science*. 2008; 319(5864):766–769. doi: 10.1126/science.1150198
14. Pytel S, Sitek S, Chmielewska M, Zuzanska-Żyśko E, Runge A, Markiewicz-Patkowska J. Transformation directions of brownfields: The case of the górnośląsko-zagłębiowska metropolis. *Sustainability (Switzerland)*. 2021; 13(4)2075. doi: 10.3390/su13042075
15. Rodina E, Filatov V, Zaitseva N, Larionova A, Makarova L, Bereznikovskii V, et al. Revitalization of depressed industrial areas based on ecological industrial parks. *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*. 2018; 13(1): em88.
16. Artuso A, Cossu E, He L, She Q. Rehabilitation of landfills. New functions and new shapes for the landfill of Guiyang, China. *Detritus*. 2020; 11:57–67. doi: 10.31025/2611-4135/2020.13971
17. Długoński A, Dushkova D. The hidden potential of informal urban greenspace: An example of two former landfills in post-socialist cities (Central Poland). *Sustainability (Switzerland)*. 2021;13(7):3691. doi: 10.3390/su13073691
18. Bae J, Ryu Y. Land use and land cover changes explain spatial and temporal variations of the soil organic carbon stocks in a constructed urban park. *Landscape and Urban Planning*. 2015; 136:57–67. doi: 10.1016/j.landurbplan.2014.11.015
19. Kuznetsov VA, Ryzhova IM, Stoma GV. Transformation of forest ecosystems in Moscow megapolis under recreational impacts. *Eurasian Soil Science*. 2019; (5):633–642. (In Russ.). doi:10.1134/S0032180X1905006X
Кузнецов В.А., Рыжова И.М., Стома Г.В. Изменение лесных экосистем мегаполиса под влиянием рекреационного воздействия // Почвоведение. 2019. № 5. С. 633–642. doi: 10.1134/S0032180X1905006X
20. Kuznetsov VA, Ryzhova IM, Stoma GV. Changes in the properties of soils of Moscow forest parks under the impact of high recreation loads. *Eurasian Soil Science*. 2017; (10):1270–1280. (In Russ.). doi:10.7868/S0032180X17100057
Кузнецов В.А., Рыжова И.М., Стома Г.В. Изменение свойств почв лесопарков Москвы при высоком уровне рекреационной нагрузки, «Почвоведение» // Почвоведение. 2017. № 10. С. 1270–1280. doi: 10.7868/S0032180X17100057
21. Prokofieva TV, Poputnikov VO. Anthropogenic transformation of soils in the Pokrovskoye-Streshnevo park (Moscow) and adjacent residential areas. *Eurasian Soil Science*. 2010; (6):748–758. (In Russ.).
Прокофьева Т.В., Попутников В.О. Антропогенная трансформация почв парка Покровское-Стрешнево (г. Москва) и прилегающих жилых кварталов // Почвоведение. 2010. № 6. С. 748–758.
22. Romzaykina O, Vasenev V, Paltseva A, Kuzyakov Y, Neaman A, Dovletyarova E. Assessing and mapping urban soils as geochemical barriers for contamination by heavy metal(loid)s in Moscow megapolis. *Journal of Environmental Quality*. 2021; 50(1):22–37. doi: 10.1002/jeq2.20142
23. Lemoine-Rodríguez R, MacGregor-Fors I, Muñoz-Robles C. Six decades of urban green change in a neotropical city: a case study of Xalapa, Veracruz, Mexico. *Urban Ecosystems*. 2019; 22(3):609–618. doi: 10.1007/s11252-019-00839-9
24. Czortek P, Pielech R. Surrounding landscape influences functional diversity of plant species in urban parks. *Urban Forestry and Urban Greening*. 2020; 47:126525. doi: 10.1016/j.ufug.2019.126525
25. Smagin AV. Dynamics of chernozems: reconstruction of development and forecast of agro-degradation. *Agrochemistry and ecology problems*. 2012; (3):31–39. (In Russ.).
Смагин А.В. Динамика черноземов: реконструкция развития и прогноз агродеградации // Проблемы экологии и агрохимии. 2012. № 3. С. 31–39.
26. Deeb M, Groffman PM, Blouin M, Egendorf SP, Vergnes A, Vasenev V, et al. Using constructed soils for green infrastructure — challenges and limitations. *SOIL*. 2020; 6(2)413–434. doi: 10.5194/soil-6-413-2020
27. Romzaykina ON, Vasenev VI, Khakimova RR, Hajiaghayeva R, Stoorvogel JJ, Dovletyarova EA. Spatial variability of soil properties in the urban park before and after reconstruction. *Soil and Environment*. 2017; 36(2):155–165. doi: 10.25252/se/17/51219

28. Tetior AN. Greater «New Moscow»: city development. *Sciences of Europe*. 2020; (47—1): 56—63. (In Russ.).
- Тетуор А.Н. Большая Москва «Новая Москва»: Развитие города // *Sciences of Europe*. 2020. № 47. С. 56–63.
29. Argenbright R. Moscow on the rise: From primate city to megaregion. *Geographical Review*. 2013; 103(1):20—36. doi: 10.1111/j.1931-0846.2013.00184.x
30. Argenbright R. The evolution of New Moscow: from panacea to polycentricity. *Eurasian Geography and Economics*. 2018; 59(3—4):408—435. doi: 10.1080/15387216.2019.1573693
31. Argenbright R, Bitukova VR, Kirillov PL, Makhrova AG, Makhrova AG, Nefedova TG. Directed suburbanization in a changing context: «New Moscow» today. *Eurasian Geography and Economics*. 2020; 61(3):211—239. doi: 10.1080/15387216.2019.1707700
32. Demina S, Vasenev V, Ivashchenko K, Ananyeva N, Plyushchikov V, Hajiaghayeva R, et al. Microbial properties of urban soils with different land-use history in New Moscow. *Soil Science*. 2018; 183(4):132—140. doi: 10.1097/SS.0000000000000240
33. Schulp CJE, Verburg PH. Effect of land use history and site factors on spatial variation of soil organic carbon across a physiographic region. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2009; 133(1—2):86—97. doi: 10.1016/j.agee.2009.05.005
34. Bae J, Ryu Y. Land use and land cover changes explain spatial and temporal variations of the soil organic carbon stocks in a constructed urban park. *Landscape and Urban Planning*. 2015; 136:57—67. doi: 10.1016/j.landurbplan.2014.11.015
35. Ermakov V, Perelomov L, Khushvakhtova S, Tyutikov S, Danilova V, Safonov V. Biogeochemical assessment of the urban area in Moscow. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2017; 189(12):641. doi: 10.1007/s10661-017-6363-y
36. Dobrovolsky GV, Nikitin ED. *Funktsii pochv v biosfere i eko-sistemakh (ekologicheskoe znachenie pochv)* [Functions of soils in the biosphere and eco-systems (ecological significance of soils)]. Moscow: Nauka publ.; 1990. (In Russ.).
- Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука, 1990. 261 с.
37. Doran JW. Soil health and global sustainability: Translating science into practice. 2002;88(2):119—127. doi: 10.1016/S0167-8809(01)00246-8
38. Vasenev VI, Cheng Z, Dovletyarova EA, Morel JL, Prokofeva TV, Hajiaghayeva RA, et al. SUITMA 9: Urbanization as a challenge and an opportunity for soils functions and ecosystem services. In: *Urbanization: Challenge and Opportunity for Soil Functions and Ecosystem Services. SUITMA 2017. Springer Geography*. 2019. Cham: Springer; 2019. p.1—3. doi: 10.1007/978-3-319-89602-1_1
39. Kiseleva V, Stonozhenko L, Korotkov S. The dynamics of forest species composition in the Eastern Moscow Region. *Folia Forestalia Polonica, Series A*. 2020; 62(2):53—67. doi: 10.2478/ffp-2020-0007
40. Chistyakova AA, Zaigolnova LB, Poltinkina IV, Kutina IS, Lashchinsky NN. *Diagnozy i klyuchi vrazrastnykh sostoyanii lesnykh rastenii. Derev'ya i kustarniki* [Diagnoses and keys of the age conditions of forest plants. Trees and shrubs]. Moscow: Prometei publ.; 1989. (In Russ.).
- Чистякова А.А., Заугольнова Л.Б., Полтинкина И.В., Кутьина И.С., Лащинский Н.Н. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники: методические разработки для студентов биологических специальностей. М.: Прометей, 1989. 106 с.
41. Alekseev VA. Diagnostics of the vital state of trees and tree stands. *Russian Journal of Forest Science*. 1989; (4):51—57. (In Russ.).
- Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // *Лесоведение*. 1989. № 4. С. 51—57.
42. Ravansari R, Wilson SC, Tighe M. Portable X-ray fluorescence for environmental assessment of soils: Not just a point and shoot method. *Environment International*. 2020; 134:105250. doi: 10.1016/j.envint.2019.105250
43. Papa I, Pentek T, Janeš D, Šerić T, Vusić D, Đuka A. Usporedba podataka prikupljenih različitim metodama terenske izmjere pri rekonstrukciji šumske ceste. *Nova Mehanizacija Sumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva*. 2017; 38(1):1—14.
44. Hwang YH, See SC, Patil MA. Short-term vegetation changes in tropical urban parks: Patterns and design-management implications. *Urban Forestry and Urban Greening*. 2021; 64:127240. doi: 10.1016/j.ufug.2021.127240
45. Meerow S, Newell JP. Spatial planning for multifunctional green infrastructure: Growing resilience in Detroit. *Landscape and Urban Planning*. 2017; 159:62—75. doi: 10.1016/j.landurbplan.2016.10.005

46. Rudl A, Machar I, Uradnicek L, Praus L, Pechanec V. Young urban trees as important structures in the cultural heritage of cities—A case study from Prague. *Environmental and Socio-Economic Studies*. 2019; 7(3):14—23. doi: 10.2478/environ-2019-0014
47. Prokofieva TV, Gerasimova MI, Bezuglova OS, Bakhmatova KA, Golyeva AA, Gorbov SN, et al. Inclusion of soils and soil-like bodies of urban territories into the Russian soil classification system. *Eurasian Soil Science*. 2014;(10):1155—1164. (In Russ.). doi: 10.7868/S0032180X14100104
Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матинян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.Е. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. № 10. Р. 1155—1164. doi: 10.7868/S0032180X14100104
48. Little D, Farrell E, Collins J. Land-use legacies and soil development in semi-natural ecosystems in the marginal uplands of Ireland. *Catena*. 1997; 30(1):83—98. doi: 10.1016/s0341-8162(97)00003-9
49. Setälä H, Francini G, Allen J, Hui N, Jumpponen A, Kotze D. Vegetation type and age drive changes in soil properties, nitrogen, and carbon sequestration in urban parks under cold climate. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2016; (4):93. doi: 10.3389/fevo.2016.00093
50. Shishov LL, Simakova MS, Tonkonogov VD, Chizhikova NP, Kuznetsova IV. *Pochvy moskovskoi oblasti i ikh ispol'zovanie* [Soils of the Moscow region and their use]. Moscow; 2002.
Шишов Л.Л., Симакова М.С., Тонконогов В.Д., Чижикова Н.П., Кузнецова И.В. Почвы московской области и их использование. 2002. 500 с. (In Russ.).
51. Qi L, Zhou P, Yang L, Gao M. Effects of land reclamation on the physical, chemical, and microbial quantity and enzyme activity properties of degraded agricultural soils. *Journal of Soils and Sediments*. 2020; 20(2):973—981. doi: 10.1007/s11368-019-02432-1
52. Brianskaia IP, Vasenev VI, Brykova RA, Markelova VN, Ushakova NV, Gosse DD, et al. Analysis of volume and properties of imported soils for prediction of carbon stocks in soil constructions in the Moscow metropolis. *Eurasian Soil Science*. 2020; (12):1537—1549. (In Russ.). doi: 10.31857/S0032180X20120047
Брянская И.П., Васенев В.И., Брыкова Р.А., Маркелова В.Н., Ушакова Н.В., Госс Д.Д., Гавриленко Е.В., Благодатская Е.В. Анализ ввозимых почвогрунтов для прогнозирования запасов углерода в почвенных конструкциях Московского мегаполиса // Почвоведение. 2020. № 12. С. 1537—1549. doi: 10.31857/S0032180X20120047
53. Edmondson J, O'Sullivan O, Inger R, Potter J, McHugh N, Gaston K, et al. Urban tree effects on soil organic carbon. *PLoS ONE*. 2014; (7): e101872. doi: 10.1371/journal.pone.0101872
54. Vasenev V, Stoorvogel J, Vasenev I, Valentini R. How to map soil organic carbon stocks in highly urbanized regions? *Geoderma*. 2014; 226—227:103—115. doi: 10.1016/j.geoderma.2014.03.007
55. Vasenev VI, Stoorvogel JJ, Vasenev II. Urban soil organic carbon and its spatial heterogeneity in comparison with natural and agricultural areas in the Moscow region. *Catena*. 2013; 107:96—102. doi: 10.1016/j.catena.2013.02.009
56. Kawecka-Radomska M, Tomczyńska-Mleko M, Kamińska A, Wesołowska-Trojanowska M, Kwiatkowski C, Sołowiej B, et al. Biochemical changes in the recreational areas soil caused by the intensity of use. *Environmental Earth Sciences*. 2016; 75:150. doi: 10.1007/s12665-015-5004-4
57. Sarah P, Zhevelev HM, Oz A. Urban park soil and vegetation: effects of natural and anthropogenic factors. *Pedosphere*. 2015; 25(3):392—404. doi: 10.1016/S1002-0160(15)30007-2
58. Vodyanitskii YN. Contamination of soils with heavy metals and metalloids and its ecological hazard (Analytic review). *Eurasian Soil Science*. 2013; (7):872—881. (In Russ.). doi: 10.7868/S0032180X13050171
Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность (аналитический обзор) // Почвоведение. 2013. № 7. С. 872—881.
59. Guo B, Su Y, Pei L, Wang X, Zhang B, Zhang D, et al. Ecological risk evaluation and source apportionment of heavy metals in park playgrounds: a case study in Xi'an, Shaanxi Province, a northwest city of China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020; 27:24400—24412. doi: 10.1007/s11356-020-08744-x
60. Zhao L, Yan Y, Yu R, Hu G, Cheng Y, Huang H. Source apportionment and health risks of the bioavailable and residual fractions of heavy metals in the park soils in a coastal city of China using a receptor model combined with Pb isotopes. *Catena*. 2020; 194:104736. doi: 10.1016/j.catena.2020.104736
61. Chen T, Zheng Y, Lei M, Huang Z, Wu H, Chen H, et al. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. *Chemosphere*. 2005; 60(4):542—552. doi: 10.1016/j.chemosphere.2004.12.072

62. Kuzmanoski M, Todorovic M, Anicic-Urosevic M, Rajsic S. Heavy metal content of soil in urban parks of Belgrade. *Hemijska industrija*. 2014; 68(5):643–651. doi: 10.2298/HEMIND.131105001K
63. Khandker EH, Friedman GM. Geochemical study of trace metals in soils of New York City Parks. *Northeastern Geology and Environmental Sciences*. 2000; 22(1):50–88.
64. Bogdanov NA. Ecological and hygienic condition urbanized area in the geographical center of New Moscow. *Gigiena i sanitariia*. 2015; 94(1):51–57.
65. Makhinya K, Demina S, Pavlova M, Istomina I, Terekhin A. The influence of soil quality on trees' health in urban forest. In: *Advanced Technologies for Sustainable Development of Urban Green Infrastructure*. SSC 2020. Springer Geography. Cham: Springer; 2021. p.9–20. doi: 10.1007/978-3-030-75285-9_2
66. Eriksson K. Trace element analysis of toxic heavy metals in soils and contaminated land. *Nordic Steel and Mining Review*. 2007; (3):116–117.
67. Krishna A, Mohan K, Murthy N, Govil P. Comparative study of X-ray fluorescence and inductively coupled plasma optical emission spectrometry of heavy metals in the analysis of soil samples. *Atomic Spectroscopy*. 2008; 29(3):83–89.
68. Rouillon M, Taylor MP. Can field portable X-ray fluorescence (pXRF) produce high quality data for application in environmental contamination research? *Environmental Pollution*. 2016; 214:255–264. doi: 10.1016/j.envpol.2016.03.055

Об авторах:

Демина София Альфредовна — ассистент департамента ландшафтного проектирования и устойчивых экосистем, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: ibatulina_sa@pfur.ru

ORCID: 0000-0003-2259-0251

Васнев Вячеслав Иванович — кандидат биологических наук, PhD, доцент, департамента ландшафтного проектирования и устойчивых экосистем, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: vasenev_vi@pfur.ru

ORCID: 0000-0003-0286-3021

Махиня Ксения Игоревна — лаборант департамента ландшафтного проектирования и устойчивых экосистем, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: makhinya-ki@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-4850-510X

Ромзайкина Ольга Николаевна — кандидат биологических наук, ассистент департамента ландшафтного проектирования и устойчивых экосистем, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: romzaykina-on@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-8516-2724

Истомина Ирина Игоревна — кандидат биологических наук, доцент агробиотехнологического департамента, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: istomina-ii@rudn.ru

ORCID: 0000-0001-7321-7137

Павлова Марина Евгеньевна — кандидат биологических наук, доцент агробиотехнологического департамента, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: pavlova-me@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-6626-1284

Довлетярова Эльвира Анварбековна — кандидат биологических наук, доцент департамента ландшафтного проектирования и устойчивых экосистем, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: dovletyarova-ea@rudn.ru

ORCID: 0000-0003-4296-9015

About authors:

Demina Sofiya Alfredovna — Assistant, Department of Landscape Design and Sustainable Ecosystems, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, e-mail: ibatulina_sa@pfur.ru

Vasenev Vyacheslav Ivanovich—Associate Professor, Department of Landscape Design and Sustainable Ecosystems, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, e-mail: vasenev_vi@pfur.ru

Makhinya Ksenia Igorevna—Laboratory Assistant, Department of Landscape Design and Sustainable Ecosystems, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, e-mail: makhinya-ki@rudn.ru

Romzaikina Olga Nikolaevna—Assistant, Department of Landscape Design and Sustainable Ecosystems, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, e-mail: romzaykina-on@rudn.ru

Istomina Irina Igorevna—Associate Professor, Agrobiotechnological Department, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, e-mail: istomina-ii@rudn.ru

Pavlova Marina Evgenievna—Associate Professor, Agrobiotechnological Department, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, e-mail: pavlova-me@rudn.ru

Dovletyarova Elvira Anvarbekovna—Associate Professor, Department of Landscape Design and Sustainable Ecosystems, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, e-mail: dovletyarova-ea@rudn.ru