

ДЕГРАДАЦИЯ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ОХРАНА ПОЧВ

УДК 504.054

Антропогенные почвы городских парков (обзор)

©202.. г. К.А. Бахматова*, Н.Н. Матинян, А.А. Шешукова

Санкт-Петербургский государственный университет, Россия,
199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7-9

*e-mail: k.bahmatova@spbu.ru

Поступила в редакцию

После доработки

Принята к публикации

Городские парки выполняют целый ряд экосистемных сервисов, способствуя формированию благоприятной городской среды. Почвы принимают непосредственное участие в биогеохимических циклах и поддержании биоразнообразия парков. Свойства парковых почв и режимы их функционирования определяются взаимодействием зональных и антропогенных факторов, таких как история формирования парка, длительность его существования, приемы преобразования или технологии конструирования почв, характер насаждений. Как следствие, почвенному покрову парков свойственны гетерогенность, сочетание естественных и антропогенных компонентов. Среди почв городских парков значительное место занимают урбаноземы (урбостратоземы), (Urbic Technosol по WRB, 2014). Присутствие в этих почвах насыпного материала, техногенных включений, в т.ч. строительного мусора, приводит к появлению нейтральной и щелочной реакции, а также к неоднородности физико-химических характеристик. Сложный компонентный состав почвенного покрова и гетерогенность почвенных свойств способствуют увеличению разнообразия микроорганизмов в почвах парков. Многочисленные исследования демонстрируют загрязнение тяжелыми металлами (прежде всего Cu, Pb, Zn) почв парков Москвы, Нью-Йорка, Шанхая, Пекина, Гонконга, Мадрида, Дублина и др. городов мира, с превышением природного фона и национальных гигиенических нормативов. Содержание тяжелых металлов в почвах зависит от продолжительности и интенсивности антропогенного воздействия и сильно варьирует в пределах каждого парка. Несмотря на большое количество исследований, посвященных загрязнению почв, система оценки рисков для здоровья населения все еще находится в стадии разработки. Требуют дальнейшего изучения и взаимосвязи между почвами парков, растительностью и почвообитающими организмами. Сопряженное изучение почв и биологических сообществ парков является перспективным направлением исследований и будет способствовать разработке мер по поддержанию устойчивости урбоэкосистем.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почвенная биота, ферментативная активность почв, урбостратозем, Urbic Technosol

DOI:

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с 1970-х гг., количество публикаций о городских почвах непрерывно растет. Результатом интенсивного изучения городских почв в

44 последние 20-25 лет стало понимание, что эти почвы выполняют широкий
45 спектр экологических функций: от регулирования и очищения поверхностного
46 стока, поддержания микроклимата, снижения загрязнения атмосферного
47 воздуха до культурных сервисов [5, 114, 119].

48 Наиболее активно функционируют в условиях города почвы под зелеными
49 насаждениями, в частности, в городских парках. В широком смысле парком
50 называется участок городской территории, с естественной или посаженной
51 растительностью, с аллеями, водоемами, предназначенный для отдыха и
52 прогулок. Более строгое определение дает ГОСТ 28329-89 [8], согласно
53 которому парком называется озелененная территория общего пользования
54 площадью от 10 га, представляющая собой самостоятельный архитектурно-
55 ландшафтный объект. В растительном покрове парков обычно сочетаются
56 открытые пространства с газонами и цветниками и древесные насаждения,
57 соотношение которых определяется архитектурным решением. Почвы парков –
58 основа устойчивого существования растительных сообществ и поддержания
59 биоразнообразия на протяжении длительного времени [59].

60 Почвенный покров парков отличается значительным разнообразием и
61 сложностью, в зависимости от условий и длительности формирования,
62 интенсивности антропогенного воздействия, исходного типа землепользования
63 и т.д.

64 Цель данной работы – обобщить результаты опубликованных за последние
65 20 лет исследований, посвященных почвам парков, расположенных в городах
66 мира, различающихся по времени основания и численности населения.
67 Относительная обширность территории парков, отсутствие в их границах
68 наземной и подземной инфраструктуры, с одной стороны, и высокая
69 экологическая значимость – с другой, делают парки привлекательным объектом
70 для исследования городских почв как таковых. Поэтому чаще всего почвы
71 парков изучаются не как самостоятельный феномен, а для решения
72 определенных научных или прикладных задач – от оценки техногенного
73 загрязнения до анализа биоразнообразия городской среды. Интерес

74 исследователей сосредоточен не столько на строении и генезисе, сколько на
75 функционировании почв и свойствах поверхностного горизонта. Сложность
76 изучаемого объекта и разнообразие подходов к его изучению объясняют
77 разнородность опубликованных результатов.

78 При подготовке статьи поиск публикаций проводился в базах научного
79 цитирования Web of Science (Core Collection), Scopus и РИНЦ. На 15.02.2021
80 поиск по ключевым словам «urban park soil» в Scopus дал 1313 результатов, в
81 Web of Science (Core Collection) – 1339 результатов, из которых только 105
82 относились к рубрике «soil science». Из результатов поиска были исключены
83 материалы о почвах ботанических садов, по которым недавно опубликован
84 обзор [41], о почвах линейных насаждений, придорожных полос, бульваров и
85 т.п., а также о запечатанных почвах, как не относящиеся непосредственно к
86 паркам.

87 ПОЧВЫ ПАРКОВ В РОССИЙСКОЙ И МЕЖДУНАРОДНЫХ 88 КЛАССИФИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

89 Проблема классификации традиционно считается одной из наиболее
90 дискуссионных в почвоведении и решается в разных национальных и
91 международных системах по-разному. Первые классификационные разработки
92 для городских почв были предложены европейскими исследователями [44, 71].
93 Более подробно с подходами к систематике городских почв в разных странах
94 можно ознакомиться в ряде публикаций [48, 54, 62, 65, 74, 85].

95 **Российская классификация.** В России систематика городских почв с
96 середины 1980-х гг. разрабатывалась Строгановой с соавторами [6, 37, 38].
97 Согласно Строгановой, большинство антропогенных почв городских парков
98 относятся к собственно урбаноземам и агроурбаноземам (культуроземам).
99 Основание для отнесения почвы к урбаноземам – отсутствие природных
100 генетических горизонтов до глубины 50 см и наличие вместо них одного или
101 нескольких горизонтов специфических «городских» горизонтов урбик (U).
102 Культуроземы характеризуются большой мощностью гумусового горизонта,

103 наличием перегнойно-компостно-торфяных слоев мощностью более 50 см,
104 которые залегают на нижней части профиля природной почвы, на культурном
105 слое или различных грунтах.

106 Первоначально систематика городских почв по Строгановой и
107 Классификация почв России (2004) (КиДПР) [13] существовали независимо
108 друг от друга. В КиДПР типично городские почвы были обособлены в группу
109 техногенных поверхностных образований (ТПО) – урбиквазиземов. Затем
110 Прокофьевой с соавторами была начата работа по полноценному включению
111 городских почв (первоначально – почв г. Москвы) в качестве почв, а не ТПО в
112 КиДПР [27]. На следующем этапе подходы к систематике и диагностике
113 городских почв в рамках КиДПР были проработаны и согласованы уже в
114 масштабе России [25]. Согласно [25], антропогенные почвы городских парков,
115 в зависимости от их характеристик, принадлежат или к отделу Агроземы
116 (Ствол Постлитогенные) или к отделу Стратоземы (ствол Синлитогенные). В
117 последнем отделе выделяются три типа урбостратоземов (урбаноземов):
118 урбостратоземы типичные (UR-D), урбостратоземы на погребенных почвах
119 (UR-[A-B-C]) и урбостратоземы техногенные (UR-TCH, UR-TCH-D). Горизонт
120 урбик (UR) – поверхностный горизонт в городской среде, серовато-бурой
121 окраски, пылеватый, содержит более 10% артефактов (в основном
122 строительного и бытового мусора) и имеет мощность свыше 5см, если
123 подстиляется срезанными природными субстратами или техногенными
124 отложениями, или не менее 40 см, если под ним залегают естественные
125 горизонты, с которыми он имеет ровную границу и резкий (ясный) переход.
126 Также горизонт урбик имеет один или несколько признаков из списка: слоистое
127 сложение, опесчаненность и/или гравелистость; и/или нейтральная до
128 щелочной реакция – часто – вскипание от HCl; и/или содержит загрязняющие
129 вещества в количествах не более 2 ПДК (ОДК); и/или повышенное содержание
130 фосфора: подвижных форм не выше 100-200 мг/кг или валового фосфора не
131 больше 0.2%.

132 Оригинальный подход к классификации городских почв, включая почвы
133 парков, предложен Апариным и Сухачевой [2]. В связи с тем, что для
134 формирования городских почв, благоприятных для произрастания зеленых
135 насаждений в городе используется насыпной (интродуцированный) гумусовый
136 горизонт, авторы предлагают в створе синлитогенных почв добавить отдел
137 интродуцированных почв, который объединил бы почвы, в которых
138 интродуцированный органоминеральный (RY, RU) или торфяной горизонт
139 (RT) мощностью более 40 см залегает на минеральном субстрате D,
140 сформированном на месте или привнесённом извне. В более поздней
141 публикации [3] горизонт и отдел названы педо-аллохтонными (ALY – педо-
142 аллохтонный серогумусовый, ALU – педо-аллохтонный темногоумусовый, ALT
143 – педо-аллохтонный торфяной, ALTR – педо-аллохтонный торфяно-
144 минеральный).

145 Классификация городских почв продолжает совершенствоваться, как и
146 КиДПР в целом [26].

147 **Международные классификации.** В международной классификации
148 WRB [80] антропогенные почвы парков, в зависимости от их характеристик,
149 могут быть отнесены к одной из двух реферативных групп: Technosols (Urbic
150 Technosols) или Anthrosols (Hortic Anthrosol или Terric Anthrosols).
151 Квалификатор Urbic подразумевает наличие в пределах верхнего метра почвы
152 слоя мощностью от 20 см и более, содержащего $\geq 20\%$ артефактов, которые на
153 35% и более представлены строительным мусором и другими городскими
154 отходами. К группе Anthrosols относятся окультуренные почвы с мощным
155 гумусированным горизонтом, с небольшим количеством антропогенных
156 включений. В Soil Taxonomy [62] городские почвы рассматриваются как
157 измененные и перемещенные человеком почвы (human-altered human-
158 transported (НАНТ) soils).

159 **МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ ПАРКОВ**

160 Профиль городских почв включает серию насыпных слоев, варьирующих
161 по составу и мощности, в зависимости от источника аллохтонного материала и
162 характера землепользования (в парках – в зависимости от планировки, наличия
163 построек и разнообразия насаждений) [48, 77]. Мощность насыпной толщи
164 может зависеть от местоположения парка: так, в Санкт-Петербурге в
165 пригородных парках и в новых парках на городской периферии она меньше,
166 чем в исторических парках центральной части города (рис. 1) [22, 94]. В ряде
167 случаев под антропогенной толщей в парках залегают погребенные горизонты
168 и почвы [21, 22, 24, 77].

169 Анализ публикаций показал, что антропогенные почвы парков
170 формируются на разных субстратах природного и техногенного
171 происхождения. В качестве основы могут выступать зональные почвы или
172 местные почвообразующие породы, перекрывающий их антропогенный слой
173 создается целенаправленно для улучшения свойств почв и повышения их
174 плодородия или формируется постепенно в процессе землепользования
175 (культурный слой). Расширение площадей под зелеными насаждениями в
176 плотно застроенной части городов, где природные почвы не сохранились,
177 требует «импортирования» материала плодородных почв, который приходится
178 изымать с прилегающих не урбанизированных территорий. Чтобы этого
179 избежать, активно ведутся исследования в области конструирования почв для
180 нужд городского озеленения. Компонентами таких конструкций могут быть
181 местные грунты, извлеченные при строительстве, компосты из органических
182 отходов и измельченный бетон или кирпич [35, 57, 106, 115].

183 В исключительных случаях городская застройка расширяется за счет
184 намывных территорий, и на них создаются новые городские парки (например,
185 парк 300-летия Санкт-Петербурга). С точки зрения морфологии и
186 функционирования намывные почвы отличаются как от природных почв
187 региона, так и от типичных городских почв [91]. В результате технологии
188 намыва, почвы характеризуются высоким содержанием ила и повышенной
189 плотностью сложения, что препятствует развитию корневых систем деревьев за

190 пределами посадочной ямы и способствует застою дождевых вод и развитию
191 глеевого процесса.

192 В морфологическом строении почв парков долгое время сохраняется
193 «память» о прошлых этапах землепользования. При этом каждому виду
194 антропогенной трансформации соответствует специфический горизонт или
195 серия горизонтов, которые формируются синлитогенно или конструируются на
196 поверхности урбопедоседимента [28, 82]. В почвах находят свое отражение
197 крупные исторические события. Ярким примером может служить парк
198 Тойфельсберг (Teufelsberg) в г. Берлине, созданный на искусственном холме.
199 Холм сложен из обломков множества строений, разрушенных
200 бомбардировками [119].

201 ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ПАРКОВ

202 Для почвенного покрова городов характерна мозаичность, которая связана
203 с пространственным соседством и чередованием во времени на одном и том же
204 участке разных видов землепользования [58, 103]. Картографирование
205 почвенного покрова отдельных парков проводится в основном российскими
206 исследователями, которые показали, что доля антропогенных почв в парках
207 может варьировать в широких пределах. В том случае, если парк создавался на
208 месте природного ландшафта, т.е. унаследованные от прошлых этапов
209 землепользования нарушения почв отсутствовали, целенаправленное
210 преобразование исходного почвенного покрова было связано с посадкой
211 декоративных насаждений, мелиоративными мероприятиями, созданием
212 каналов и прудов, прокладкой дорожек, а также строительством дворцово-
213 парковых сооружений. В этом случае знание планировки и истории
214 формирования парка позволяет предсказать локализацию антропогенных почв
215 на его территории.

216 Отсутствие природных почв характерно для небольших парков,
217 расположенных в центре города и окруженных плотной застройкой. Типичным
218 примером такого парка является Летний сад [21], почвенный покров которого

219 состоит исключительно из урбостратоземов. Аналогичным образом, в парке
220 «Воробьевы Горы», расположенном в центральной части г. Москвы,
221 антропогенные и антропогенно-преобразованные почвы занимают более 90%
222 территории [23].

223 Почвенный покров крупных парков, расположенных на периферии города
224 или в пригородах, включает как антропогенные, так и природные почвы.
225 Например, в парках Петергофа доля стратоземов и урбостратоземов колеблется
226 от 5 до 40% и более, в разных ландшафтных районах Павловского парка – от 10
227 до 83%, зависимости от истории и планировки парка [18-20]. Антропогенные
228 почвы тяготеют к постройкам и участкам парка с регулярной планировкой (рис.
229 2). При этом природная специфика территории парка находит отражение не
230 только в спектре естественных компонентов почвенного покрова, но и в тех
231 процессах, которые протекают в антропогенных почвах и приводят к
232 появлению новых типов и подтипов, например урбостратоземов глееватых и
233 глеевых (рис. 3).

234 Естественные почвы в основном сохраняются на участках природных
235 ландшафтов, в слабо преобразованном виде включенных в планировку парка
236 [19, 20]. В природно-исторических парках Москвы, расположенных на
237 периферии города («Покровское-Стрешнево», «Тушинский», «Измайлово»,
238 «Царицыно»), доля природных почв составляет 31-63% [17]. Сочетание в
239 почвенном покрове антропогенных и природных почв выявлено также в парках
240 Калининграда [1] и Владивостока [11].

241 Дифференциацию почвенного покрова на тех участках парков, где он
242 сохраняет изначальное строение или изменен в незначительной степени,
243 определяют природные факторы (рельеф, почвообразующие породы, уровень
244 залегания грунтовых вод). Так, в одном из парков Петергофа, «Сергиевке»,
245 разнообразие природных почв определяется характером рельефа (ровные
246 участки, замкнутые понижения, крутые склоны оврага) и почвообразующих
247 пород (озерно-ледниковые пески, моренные суглинки, делювий) (рис.2). На
248 Придворцовом участке района «Долина реки Славянки» Павловского парка

249 (рис. 3) природные почвы закономерно сменяют друг друга в направлении от
250 водораздела к руслу реки.

251 СВОЙСТВА ПОЧВ ПАРКОВ

252 Свойства антропогенных почв парков в основном аналогичны свойствам
253 других городских почв. Изменения физико-химических характеристик по
254 сравнению с зональными почвами, как правило, заключаются в повышении рН
255 [85]. Проявляется следующая закономерность: сильно преобразованные почвы
256 с включениями строительного мусора имеют щелочную реакцию, а реакция
257 природных и слабо преобразованных почв изменяется от кислой до
258 слабокислой и нейтральной (табл.1) [67, 77, 85]. Подщелачивание почв может
259 играть негативную роль, снижая доступность фосфора и микроэлементов для
260 растений [83].

261 Для верхних горизонтов городских почв в целом характерно повышенное
262 содержание элементов питания растений, особенно фосфора, вызванное их
263 поступлением из разнообразных антропогенных источников [83, 100]. В парках
264 такой трансформации химических характеристик почв может способствовать
265 проведение ландшафтных работ (планирование рельефа, замена поверхностных
266 горизонтов природных почв аллохтонным материалом, регулярное внесение
267 минеральных и органических удобрений) [73, 110]. Например, концентрации
268 валового фосфора в почвах старых парков г. Хельсинки (Финляндия)
269 превышали таковые в лесных почвах более чем в 2 раза [112].

270 В то же время при редком проведении мероприятий по окультуриванию
271 почв и отсутствии загрязнения повышенный уровень рН и высокое содержание
272 фосфора могут не обнаруживаться даже в почвах парков, расположенных в
273 исторической части крупного города. Так, в Лондоне, на фоне высокого
274 содержания фосфора в почвах городского центра «холодным пятном»
275 выделяются Гайд-парк и примыкающие к нему Кенсингтонские сады, Грин-
276 парк и Сент-Джеймский парк [95]. Обеспеченность почв парков калием может
277 значительно варьировать, что показано на примерах парков Санкт-Петербурга и

278 пригородов: Летнего сада [12], парка «Тихий отдых» и «Баболовского» парка
279 [14], Дворцового парка Гатчины [24].

280 Для почв парков обычно характерно повышенное содержание
281 органического углерода (гумуса) в верхних горизонтах (до 5-8% и более) [14,
282 24], а в некоторых случаях и в некоторых более глубоких горизонтах [77]. В
283 последнем случае это связано с наличием погребенных гумусовых горизонтов
284 естественного или антропогенного происхождения. Содержание углерода
285 зависит от зонально-климатических условий: так, в парках г. Торунь (Польша) с
286 умеренным климатом его содержание в почвах оказалось в 3 раза выше, чем в г.
287 Марракеш со средиземноморским климатом [42].

288 В почвах парков по сравнению с природными почвами изменяются не
289 только содержание, но также распределение и состав гумуса: Долотов и
290 Пономарева [9] отмечали, что насыпная толща в Летнем саду приобрела
291 признаки почв широколиственных лесов – серой лесной почвы (профильное
292 распределение гумуса) и бурозема (групповой состав гумуса). На содержание и
293 распределение гумуса в почвах парков влияют характер насаждений и
294 особенности ухода: Горбовым и Безугловой [7] показано, что в лесопарках г.
295 Ростова-на-Дону, где сохраняется слой опавшей листвы, содержание гумуса в
296 поверхностном горизонте примерно в 2 раза выше, чем в зональных
297 черноземах, а его распределение приобретает черты, свойственные лесному
298 почвообразованию.

299 Поддержание запасов почвенного углерода вносит ключевой вклад в
300 регулирование изменений климата [98], поэтому углеродному балансу в
301 городских почвах уделяется повышенное внимание. В г. Милане (Италия)
302 исследование поверхностных (0-10, 10-20 и 20-40 см) горизонтов почв выявило,
303 что запасы углерода в почвах парков (7.9 ± 2.4 кг/м²) сопоставимы с лесными
304 почвами и превышают не только значения для других городских почв –
305 скверов, озелененных улиц, пустырей (5.3 ± 2.5 кг/м²), но и для пахотных почв
306 региона [50]. В почвах парков и охраняемых природных насаждений г. Анжи
307 (Китай) содержание органического вещества оказалось значительно выше по

308 сравнению с почвами под уличными зелеными насаждениями и посадками,
309 прилегающими к промышленной и жилой застройке [121].

310 ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ПАРКОВ И МЕТОДЫ ЕГО ОЦЕНКИ

311 Проблема техногенного загрязнения тяжелыми металлами (ТМ) всегда
312 была в центре внимания при изучении городских почв [37, 48]. Среди ТМ
313 лучше всего изучены так называемые «городские металлы» – Pb, Cu, Zn и
314 некоторые другие [52, 90], повышенные концентрации которых наблюдаются в
315 большинстве городских почв. В большинстве публикаций рассматриваются
316 содержание и пространственное распределение ТМ в поверхностных
317 горизонтах почв и оценка его опасности с точки зрения санитарно-
318 эпидемиологических и экологических нормативов [31].

319 Основные источники ТМ в городских почвах – выбросы автотранспорта и
320 промышленности, строительный и другой техногенный мусор.
321 Дополнительными источниками загрязнения почв парков могут быть
322 привозные грунты и удобрения.

323 Загрязнение почв ТМ из-за выбросов автотранспорта зафиксировано в
324 большинстве изученных городских парков [18, 40, 64, 72, 76, 116]. При этом
325 влияние городских трасс может иметь локальный характер и не
326 распространяться на парк целиком. Так, в поверхностных (0-10 см) горизонтах
327 почв парк Феникс (Дублин, Ирландия) повышенная концентрация Pb, Cu и Zn
328 наблюдалась на протяжении 40 м от дороги [56]. Обширный (площадь 20 га)
329 парк Лужанки (г. Брно) – первый общественный парк в Чехии, созданный в
330 1786-1787 гг., находится в непосредственной близости от дорог с интенсивным
331 движением, однако в поверхностных горизонтах почв этого парка выявлено
332 относительно небольшое загрязнение почв Zn, Cd, Cu, Pb, не представляющее
333 риска для здоровья населения, включая детей. Наиболее загрязненные участки
334 при этом находятся вдоль границ парка [47]. Роль Pb в загрязнении городских
335 почв в последние десятилетия снижается в связи с отказом большинства стран
336 от использования в автомобилях этилированного бензина, содержащего

337 тетраэтилсвинец, поэтому в более новых парках накопление этого элемента в
338 почвах не наблюдается [76, 112].

339 Ряд авторов утверждают, что внутри города загрязнение обычно
340 дифференцировано по функциональным зонам, и почвы парков, особенно на
341 периферии города, в меньшей степени загрязнены ТМ, чем почвы жилых и
342 коммерческих, а тем более промышленных районов с интенсивным дорожным
343 движением [78, 88, 101]. Данную закономерность хорошо демонстрирует
344 исследование почв городских, пригородных и загородных (сельских) парков
345 Гонконга [84] (табл. 2). Выявлено, что почвы городских и пригородных парков
346 значительно сильнее загрязнены ТМ, чем почвы парков в сельской местности, а
347 почвы городских парков, окруженных плотной застройкой, – сильнее, чем
348 почвы в пригороде. Кластерный анализ и анализ главных компонент показали
349 отличие ассоциаций элементов в почвах сельских парков по сравнению с
350 городскими. В первом случае ТМ ассоциированы с макроэлементами (Al, Fe) в
351 составе природных пород, во втором – отчетливо выявляется техногенный
352 привнос таких элементов как Cd, Cr, Cu, Ni, Pb и Zn.

353 Концентрации ТМ в почвах парков не обязательно следуют градиенту
354 урбанизации, базирующемуся на современном характере землепользования и
355 растительного покрова, в большей степени отражая длительную историю (тип,
356 степень и возраст антропогенных нарушений). Высокие концентрации ТМ
357 могут наблюдаться не только в поверхностных, но и в более глубоких
358 горизонтах антропогенных почв, соответствующих прошлым периодам
359 землепользования [55, 77, 89, 93]. Выполненное по единой методике
360 исследование валового содержания пяти потенциально токсичных элементов
361 (Cr, Ni, Pb, Zn, Cu) в поверхностных горизонтах почв парков шести
362 европейских городов, различных по климату и геологическому строению, и с
363 разной историей [90], позволило заключить, что «степень урбанизации»
364 (возраст города и парка, промышленная нагрузка, количество населения и т.д.)
365 является основным фактором, определяющим концентрации Pb, Zn, Cu в
366 почвах. Максимальные содержания ТМ были найдены в двух парках (Глазго

367 Грин и Александра Парк) г. Глазго (Великобритания) и в парке Валентино в г.
368 Турине (Италия), которые являются наиболее «старыми» и находятся в городах
369 с высокой численностью населения и длительной историей развития тяжелой
370 промышленности. Напротив, в самом маленьком городе (Авейру, Португалия),
371 в парке Галитос, основанном менее 10 лет назад, концентрации ТМ оказались
372 самыми низкими. В парках трех других городов – Упсала (Швеция), Севилья
373 (Испания) и Любляна (Словения) концентрации ТМ имели «промежуточные»
374 значения (табл.2). Для парка Планты, окружающего Старый город в Кракове
375 (Польша), установлены различные пути загрязнения почв ТМ (Cd, Cu, Pb и Zn):
376 от средневековой металлургии до современных выбросов промышленности и
377 транспорта, а также сжигания угля [64]. История землепользования оказала
378 влияние и на распределение ТМ в парке Робертсон (г. Перт, Австралия) [109].
379 Повышенные концентрации Pb выявлены в той части парка, где в 1920-1970-х
380 гг. находились стеклянная мануфактура и свалка ее отходов. На этом же
381 участке установлено и накопление элементов, входящих в состав строительных
382 материалов и связанных с индустриальной деятельностью (Fe, Zn, Cu, Ni, Mo).
383 Роль различных техногенных источников в специфике накопления ТМ в почвах
384 городских парков рассмотрена на примере чешских городов Праги (с
385 максимальной численностью населения) и Остравы (с развитой тяжелой
386 промышленностью) (табл.2). Оказалось, что почвы Остравы сильнее
387 загрязнены Zn и Cd, а почвы Праги – Pb и металлами платиновой группы.
388 Основные источники загрязнения почв ТМ в Праге – выбросы автотранспорта и
389 сжигание бурого угля, а в Остраве – переработка каменного угля и
390 металлургическая промышленность [63, 96].

391 На распределение ТМ в почвах парков оказывает влияние и растительный
392 покров, что показало изучение верхнего 50 см слоя почв 41 парка различного
393 возраста в г. Хельсинки (Финляндия) и 5 контрольных лесов [112]. Почвы
394 открытых луговых участков в целом характеризовались более высокими
395 запасами ТМ (Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn), это явление часто наблюдалось в молодых
396 и отчасти в средневозрастных парках. Содержание всех металлов было ниже в

397 почвах под листопадными деревьями в молодых парках и под вечнозелеными –
398 в более старых парках. Запасы металлов в старых парках оказались выше, чем в
399 контрольных лесах.

400 Наибольшее беспокойство исследователей, как правило, вызывают
401 возможные риски для здоровья населения, связанные с канцерогенным и
402 токсическим эффектами загрязняющих веществ. В Китае канцерогенный и не-
403 канцерогенный риск воздействия ТМ (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) на
404 здоровье человека был оценен для 40 поверхностных горизонтов почв с
405 открытых лужаек в 14 парках г. Сямынь [88] и для 28 парков г. Гуанчжоу
406 (основного промышленного и экономического центра и крупнейшего города в
407 южном Китае, с населением около 10 млн человек) [68]. Авторы определили
408 концентрацию соединений, проникающих в организм человека при
409 пероральном поступлении. Для решения последней задачи был использован
410 SBET (simple bioavailability extraction test) (экстракция при температуре 37°C в
411 течение 1 часа 0.4 М раствором глицина, доведенным до pH 1.5 с помощью
412 концентрированной соляной кислоты (отношение почва: раствор=1:100).
413 Валовые содержания ТМ местами превышали допустимые уровни, но их
414 биодоступные концентрации не всегда были высокими, что обусловлено как
415 особенностями конкретного металла, так и свойствами почвенной матрицы. В
416 связи с полученными результатами авторы подчеркнули необходимость
417 учитывать при оценке риска для здоровья людей тип землепользования и
418 биодоступность соединений ТМ. Стоит отметить, что результаты оценки
419 биодоступности безусловно зависят от выбранного метода анализа.
420 Проведенное в г. Сямынь химическое фракционирование ТМ (по схеме BCR) в
421 поверхностных (0-10 см) горизонтах почв [125] выявило преобладание
422 выделяемой по этой методике биодоступной фракции у Cd (82.0%), Cu (58.5%),
423 Mn (58.4%), Zn (57.6%), Co (55.4%) и Pb (50.3%). Анализ главных компонент и
424 множественная линейная регрессия позволили установить, что антропогенные
425 источники вносят основной вклад в выделяемую по указанной схеме
426 биодоступную фракцию большинства ТМ, за исключением Cr и Ni.

427 В наиболее тесный контакт с загрязненной почвой вступают обитающие в
428 ней живые организмы. Данные о влиянии ТМ на микробиоту почв носят
429 неоднозначный характер. Для почв городского парка в Абердине (Шотландия,
430 Великобритания) показана отрицательная корреляция величины микробной
431 биомассы, как с валовым содержанием свинца, так и с содержанием его
432 подвижных форм [123]. При изучении почв сада Королевского дворца в
433 Неаполе (Италия) выявлены значимые отрицательные корреляции между
434 повышенным содержанием ТМ (Cu, Cd, V, Pb) и микробиологическими
435 параметрами (микробная биомасса, базальное дыхание, активность ряда
436 ферментов – целлюлазы, протеазы, инвертазы) [102]. Негативное воздействие
437 загрязнения на микробиологические свойства почв и связанные с ними
438 экологические функции установлено и другими исследователями [111].

439 При сравнительном изучении поверхностных горизонтов (0-15 см) почв
440 исторических парков Марракеша (Марокко) и Торуня (Польша) было
441 выявлено, что ТМ, даже в относительно невысоких концентрациях, могут
442 являться ингибиторами многих ферментов в почве [42]. Однако щелочная
443 фосфатаза и уреазы оказались менее чувствительны к антропогенному
444 воздействию, чем дегидрогеназа. Существенное ингибирование активности
445 именно дегидрогеназы по мере роста антропогенного воздействия
446 (строительство, дорожное движение, загрязнение ТМ) наблюдалось и в другом
447 исследовании почв Марракеша [99], а также при изучении 12 городских парков
448 в Верхней Силезии [43].

449 Неожиданный результат получен при исследовании ферментативной
450 активности почв парка Либерти Стэйт в Нью-Йорке (США), созданного в 1970
451 г. на месте свалки строительного и бытового мусора [69]. Исследование
452 проводилось на единственном не рекультивированном участке парка с высоким
453 уровнем загрязнения, под лиственным лесом с травянистым напочвенным
454 покровом. Валовые концентрации As были выше фоновых значений в 5-20 раз
455 (до 31.73 мг/кг), Pb – в 10-20 раз (до 414.71 мг/кг), Zn – в 2-3 раза (до 140.69
456 мг/кг). Ферментативная активность оказалась наиболее высокой на самой

457 загрязненной из 4 обследованных точек, где, кроме перечисленных элементов,
458 наблюдаются высокие концентрации Cr (96.37 мг/кг) и V (137.29 мг/кг), с
459 которыми у исследованных ферментов выявлена наиболее сильная
460 положительная корреляция. Авторы объясняют парадоксальные результаты
461 тем, что активность определялась в почвах, более 40 лет не нарушаемых
462 человеком, где происходила природная сукцессия, которая способствовала
463 развитию способности к функционированию ферментов в экстремальных
464 условиях среды.

465 Кроме ТМ, загрязнителями почв парков являются органические
466 соединения, прежде всего полиароматические углеводороды (ПАУ),
467 техногенными источниками которых являются продукты сгорания ископаемого
468 топлива – угля, бензина, дизельного топлива, а также противогололедные
469 смеси, провоцирующие засоление и изменение физико-химических
470 характеристик почв. Для пространственного распределения ПАУ в городских
471 почвах характерны те же закономерности, что и для ТМ. Так, на содержание
472 ПАУ в почвах парков Пекина [107] повлияли протяженность дорог и уровень
473 потребления угля в районе города, где расположен парк, а также расстояние от
474 центра города, возраст и площадь парка. Общее содержание ПАУ в
475 исследованных почвах на территории 122 парков варьировало в диапазоне
476 0.066-6.867 мг/кг (среднее 0.460 мг/кг). При этом на долю 7 канцерогенных
477 ПАУ пришлось 47% от общей концентрации этих соединений в почвах.
478 Молекулярный состав ПАУ (существенное преобладание 4-6-членных ПАУ над
479 2-3-членными) указывает на их образование в результате
480 высокотемпературного сгорания разных видов ископаемого топлива (угля,
481 бензина, дизельного топлива). В целом содержание ПАУ почти во всех
482 исследованных почвах парков Пекина авторами статьи оценивается как
483 приемлемое, как с точки зрения санитарно-гигиенических, так и экологических
484 критериев.

485 Загрязнение почв ПАУ, особенно с высоким молекулярным весом, было
486 отмечено и в некоторых парках Стокгольма [61]. Авторы обследовали

487 поверхностные горизонты в 25 парках города. Применив диагностические
488 отношения и положительную матричную факторизацию, авторы установили,
489 что ПАУ в почвах имеют пирогенное происхождение, связанное с
490 автомобильными эмиссиями и сжиганием биомассы.

491 ПОЧВЕННАЯ БИОТА ГОРОДСКИХ ПАРКОВ

492 **Фауна беспозвоночных.** Если наземная фауна городских парков более
493 или менее изучена, то изучение беспозвоночных, обитающих в почвах, только
494 начинает развиваться. Исследования на эту тему проводятся в основном за
495 рубежом (США, Италия, Испания, Франция). Критериями выбора организмов
496 для изучения являются широкая распространенность и чувствительность к
497 изменению почвенных условий и экологической обстановки в целом. Кроме
498 того, значительный интерес вызывают «экосистемные инженеры», активно
499 преобразующие среду своего обитания [81], к которым среди почвенной фауны
500 относятся дождевые черви и муравьи.

501 Именно дождевые черви, с их общеизвестным влиянием на свойства почвы
502 (формирование структуры, обогащение органическим веществом, рыхление и
503 т.д.) и значительной биомассой на единицу площади, стали одним из первых
504 объектов исследования. Сравнительное изучение популяций дождевых червей в
505 3 городских парках старше 75 лет и разновозрастных (старше 75 и моложе 3
506 лет) газонов в жилом районе г. Москва (штат Айдахо, США) [113] показало,
507 что почвы парков характеризуются наиболее высокой плотностью дождевых
508 червей (437 особей/м²). На старых газонах она была почти в 4 раза ниже (121
509 особей/м²), и самая низкая – в почвах молодых газонов (26 особей/м²). Живая
510 масса червей составляла 94.12 г/м², 28.08 г/м² и 4.69 г/м², соответственно.
511 Травянистая растительность везде была злаковая (*Poa pratensis*), древесные
512 насаждения в парке были представлены кленом (*Acer platanoides*).
513 Поверхностный слой опада на молодых газонах отсутствовал, в парках
514 достигал 5 см. Запасы углерода и азота в верхнем 30 см слое почв были самыми
515 высокими в парках (3.6 кг/м² и 0.26 кг/м², соответственно) и сами низкими в

516 почвах молодых газонов (1.4 кг/м² и 0.10 кг/м²), почвы старовозрастных газонов
517 занимали промежуточное положение. Низкое количество червей на молодых
518 газонах авторы объяснили как недостаточным временем для колонизации почв
519 червями с соседних участков, так и неспособностью почвы обеспечить
520 подходящие местообитания, в частности, в связи с повышенной плотностью
521 (1.6-1.7 г/см³ по сравнению с 1.3 г/см³ в парках). Такая высокая плотность, не
522 присущая почвам не только парков, но и старых газонов, связана с
523 применением современных строительных технологий, оказывающих более
524 разрушительное действие на почвы. Среди видов червей на всех объектах
525 отсутствовали нативные, видимо, уничтоженные в период антропогенных
526 нарушений почвы, вместо них почва была заселена *Lumbricus terrestris*, *L.*
527 *rubellus*, *Aporrectodea trapezoides*, *A. longa* – видами, которые для Северной
528 Америки являются экзотами (чужеродными видами) [70]. Максимальное
529 разнообразие червей было выявлено в почвах парков, авторы объясняют это
530 более высоким содержанием органического вещества в почвах, что
531 способствует как лучшей обеспеченности червей пищевыми ресурсами, так и
532 улучшению почвенных условий. Имеет значение и благоприятный режим
533 влажности почвы, складывающийся в парках благодаря регулярным (1 раз в 7-
534 10 дней) поливам.

535 Несмотря на то, что в небольших по площади парках г. Москвы,
536 расположенных в центре города, состав мезофауны наиболее беден, доля
537 дождевых червей в составе мезофауны увеличивается, а их обилие во многих
538 случаях превышает обилие червей в парках окраин города [30]. Снижение
539 разнообразия мезофауны в парках центра города вызвано не только высокой
540 антропогенной нагрузкой на почвы, но и изоляцией от природных сообществ,
541 препятствующей их заселению видами местной фауны.

542 При создании новых парков на сконструированных почвах главную роль в
543 распространении и видовом разнообразии беспозвоночных играют наличие и
544 свойства насыпного верхнего плодородного слоя. В сконструированных почвах
545 (Technosol) парков департаментов Сена-Сен-Дени (Seine-Saint-Denis) и Валь-де-

546 Марн (Val-de-Marne) в окрестностях г. Парижа (Франция) были изучены
547 сообщества муравьев и дождевых червей в поверхностных горизонтах (0-15 см)
548 на газонах с травянистым покрытием из злаков [115]. Исследованы почвы
549 возрастом от 2 до 64 лет (12 почв – с изначально созданным насыпным верхним
550 горизонтом и 8 – без него). Исследование показало, что все исследованные
551 почвы сходны по большинству характеристик, включая гранулометрический
552 состав, рН, емкость катионного обмена, содержание Р, К и ТМ. Плотность
553 дождевых червей в них варьировала от 0 до 171 особи/м² (среднее 93.4
554 особи/м²). С увеличением возраста почвы в группе почв с изначально
555 созданным гумусовым горизонтом плотность сообществ червей и
556 распространенность муравьев возрастали, а в группе почв без гумусового
557 горизонта наблюдалось снижение обоих показателей. Сообщества червей и
558 муравьев в изученных почвах были представлены несколькими видами-
559 генералистами, что типично для урбанизированной среды. Преобладающие
560 виды червей – *Lumbricus castaneus*, *L. terrestris*, *Aporrectodea caliginosa*,
561 *Allobophora chlorotica*, среди муравьев доминировали всеядный *Lasius niger* и в
562 меньшей степени *L. flavus*, которые считаются видами, получающими
563 преимущества от соседства с человеком. В более раннем исследовании,
564 проведенном в 24 парках г. Кордовы и г. Севильи (Испания), также отмечалось,
565 что среди муравьев преобладают синантропные и/или виды-экзоты [51].

566 Беспозвоночные могут быть индикаторами изменений процессов
567 почвообразования в условиях города. Так, преобладание фитофагов и
568 хищников и малое количество сапрофагов среди представителей фауны
569 жесткокрылых (жужулицы) в почвах 4 городских парков Ростова-на-Дону
570 указывает на замедленные процессы формирования гумуса [33].

571 Как индикаторы биоразнообразия в почвах городских парков могут
572 рассматриваться коллемболы, т.к. они встречаются в широком диапазоне
573 экологических условий, а многие почвенные характеристики являются
574 ключевыми для выживания этих организмов. Изучение 8 разновозрастных
575 парков г. Неаполя (Италия) [97] показало, что наличие древесного полога и

576 слоя опада на поверхности почвы – ключевые факторы, способствующие
577 разнообразию коллембол в городских почвах, очевидно, вследствие
578 обеспечения пищевыми ресурсами и создания пространственных ниш.

579 **Микробиота.** Разнообразие микроорганизмов и их активность признаны
580 одними из наиболее важных биологических характеристик почвы [16, 39].
581 Микробиота городских почв активно изучается во всем мире. Традиционные
582 методы культивирования на питательных средах в изучении микроорганизмов в
583 почвах вытесняются более современными молекулярно-генетическими
584 методами [32, 45, 92], которые позволили, например, выявить в почвах
585 городских парков Нью-Йорка высокое разнообразие микробных сообществ и
586 кластеры генов, кодирующих биологически активные соединения, пригодные
587 для использования в медицине (такие как антибиотики эритромицин, нистатин,
588 рифамицин и др.) [53, 108].

589 Сложный компонентный состав почвенного покрова многих парков,
590 одновременное присутствие почв с разной степенью антропогенной
591 трансформации создают более широкий спектр условий среды и тем самым
592 способствуют увеличению разнообразия бактериальных сообществ. В г. Лахти
593 и Хельсинки (Финляндия) богатство и разнообразие бактерий и грибов были
594 выше в парках, чем в контрольных лесах, с которыми проводилось сравнение
595 [75]. В антропогенных почвах парков Нью-Йорка [77] представлены менее
596 распространенные таксоны бактерий по сравнению с большинством слабо
597 преобразованных городских почв. В городах разных природных зон России (г.
598 Надым, Ярославль, Москва, Челябинск, Курск, Сочи) плотность прокариот в
599 почвах парков в 1.3-2.5 раз выше, чем их средняя естественная плотность.
600 Более того, обилие микроорганизмов в почвах селитебных и селитебно-
601 транспортных городских ландшафтов может быть еще выше, чем в почвах
602 парков [36].

603 Разнообразие альгофлоры в почвах парков может сохраняться на уровне
604 зональных почв [15] или увеличиваться из-за широкого спектра антропогенных
605 воздействий, подобно разнообразию бактерий. Так, исследование, проведенное

606 Дороховой [60], показало, что сообщества водорослей и цианобактерий в
607 слабоизмененной человеком почве парка в г. Москве имеют черты сходства с
608 таковыми на фоновом участке под лесом. Вместе с тем, антропогенные
609 воздействия (изменение растительного покрова, вызвавшее большее
610 поступление света на поверхность почвы, подщелачивание и поступление солей
611 из противогололедных смесей) вызвали определенные изменения в составе
612 альгофлоры. Из сообщества исчезли теневыносливые, неустойчивые к
613 засолению виды, появились светлюбивые диатомовые, среди которых
614 преобладали солеустойчивые и предпочитающие нейтральную реакцию среды.
615 Также присутствовали *Eustigmatophyceae* – одноклеточные водоросли,
616 принадлежащие к особо устойчивым к экстремальным условиям формам. В
617 результате произошедших изменений биоразнообразие водорослевых и
618 цианобактериальных сообществ в почвах парка выросло, по сравнению с лесом.

619 Микробиота сосредоточена в поверхностных горизонтах почв, и
620 наблюдается убывание общего числа бактерий и микробной биомассы от
621 верхнего горизонта к нижнему. Однако при изучении микробных сообществ
622 почвы на глубинах 15, 30 и 90 см в парке Тиргартен (Берлин, Германия) [46] на
623 глубине 90 см были обнаружены функционально активные бактерии.
624 Бактериальные сообщества на глубине 90 см резко отличались от сообществ
625 двух верхних горизонтов, сходных между собой по составу. Способность
626 микроорганизмов к утилизации различных субстратов снижалась с глубиной.

627 Разнообразие бактериальных сообществ в городских парках зависит
628 прежде всего не от возраста парка, а от характеристик почв (содержание
629 углерода и азота, рН и плотность), что показало извлечение ДНК и
630 секвенирование 16SpРНК из поверхностных горизонтов (0-10 см) почв 11
631 парков г. Пекина [120]. Преобладающие группы микроорганизмов, выделенные
632 в данном исследовании: *Proteobacteria*, *Acidobacteria*, *Bacteroidetes*,
633 *Actinobacteria*, *Gemmatimonadetes*, *Verrucomicrobia*, *Planctomycetes*. Влияние рН
634 на состав микробных сообществ наблюдалось и в парках Нью-Йорка:
635 *Acidobacteriales* и *Ellin6513 (AcidobacteriaDA052)* отсутствовали в щелочных

636 почвах на строительном мусоре [77]. Кроме того, в условиях невысокой
637 техногенной нагрузки наблюдается соответствие сообществ грибов и бактерий
638 функциональным группам растений. При этом грибы находятся под более
639 «жестким контролем» растений, чем бактерии, что продемонстрировали
640 результаты изучения микробных сообществ в почвах 41 парка в г. Лахти и
641 Хельсинки (южная Финляндия), разного возраста и под разной
642 растительностью [75]. Наблюдалась положительная корреляция между
643 величиной рН почвы и богатством бактериальных сообществ и отрицательная –
644 со значением их выравненности. Величина рН не оказывала влияния на
645 разнообразие грибов. При сравнении парков, созданных 10, 50 и более 100 лет
646 назад, оказалось, что свойства почв и характеристики бактериальных и грибных
647 сообществ сходны в парках 50-летнего возраста и в старых парках, но
648 отличаются от таковых в «молодых» парках. Это позволяет предположить, что
649 почвы парков стабилизируются через 50 лет после создания парка, и
650 растительности требуется время, чтобы модифицировать свойства почв и
651 сообществ микроорганизмов. Поддержание различных типов озелененных
652 пространств в городе и разнообразных растительных сообществ в их пределах
653 помогает обеспечивать полноценное функционирование почв в условиях
654 городской среды [75].

655 Вызывает интерес не только состав сообществ микроорганизмов, но и их
656 функциональная активность. В 24 городских парках Шанхая – одного из
657 крупнейших городов Китая были изучены бактериальные и грибные
658 сообщества поверхностных (0-10 см) горизонтов почв и их функциональные
659 гены [118, 124]. Среди 43 классифицированных филумов, наиболее высокая
660 относительная распространенность была отмечена для *Proteobacteria* и
661 *Acidobacteria*. Выявлено высокое разнообразие генов, участвующих в
662 биогеохимических циклах С, N, P, S. Однако, некоторые функциональные гены,
663 связанные с процессами деградации устойчивых органических соединений
664 (ферменты целлюбиаза, глиоксальоксидаза, лигнин-пероксидаза) отсутствовали
665 во всех почвах городских парков. Состав грибных сообществ во всех 24 парках

666 был сходным, было выделено 5 филумов, из которых в большинстве парков
667 преобладали *Ascomycota*. Присутствие во всех парках представителей
668 эктомикоризных грибов подчеркивает роль парковых почв в биогеохимических
669 циклах. По результатам изучения поверхностных (0-20 см) горизонтов почв
670 городских и загородных парков, а также придорожных зеленых полос г. Пекина
671 (Китай) показана широкая распространенность грибов арбускулярной
672 микоризы, которая может быть объяснена высоким содержанием органического
673 вещества и привнесением мицелия и спор неаборигенных видов грибов вместе с
674 почвогрунтом и посадочным материалом растений-интродуцентов [86].

675 Стоит отметить, что среди почвенных микромицетов встречаются и
676 потенциальные патогены для человека. В поверхностных горизонтах почв
677 парков и скверов г. Владивостока (Россия) методом серийных разведений с
678 последующим высевом почвенной суспензии на среду Чапека и сусло-агар
679 было выделено 86 видов микроскопических грибов, относящихся к двум
680 отделам – *Zygomycota* и *Ascomycota*. 37 видов (43% видового состава) относятся
681 к потенциально патогенным, способным вызывать микозы и микогенные
682 аллергии, что характерно для городской среды [10].

683 ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ 684 ПАРКОВ

685 Анализ проведенных исследований показал, что почвы парков
686 разнообразны по строению и генезису, поскольку природные и антропогенные
687 процессы почвообразования накладываются друг на друга, способствуя
688 пространственной гетерогенности как на уровне отдельного профиля, так и на
689 уровне почвенного покрова. Объединяет почвы парков главная функция,
690 выполняемая ими в урбоэкосистемах, – поддержание долголетия и
691 декоративности насаждений, видовой состав и облик которых соответствует
692 ландшафтно-архитектурной композиции. Несмотря на вышесказанное,
693 изучение генезиса и эволюции почв городских парков необходимо, т.к. дает
694 существенную информацию об этапах формирования исторических парков,

695 ценную для разработки мероприятий по поддержанию и реставрации
696 существующих и для прогнозирования устойчивости вновь создаваемых
697 парков.

698 Антропогенные почвы парков, как правило, характеризуются нейтральной
699 или щелочной реакцией, повышенным содержанием органического вещества и
700 элементов питания растений, особенно Р.

701 Как и другие городские почвы, почвы парков подвергаются техногенному
702 загрязнению ТМ (Pb, Cu, Zn, Cd и др.) и ПАУ. Исследования показывают, что
703 накопление ТМ в почвах сильнее выражено в парках с длительной историей,
704 расположенных в старых городах с развитой тяжелой промышленностью и
705 высокой транспортной нагрузкой. Содержание и пространственное
706 распределение ТМ в парках отражает не только современный, но и
707 предшествующие этапы землепользования. В большинстве публикаций
708 выявлено негативное воздействие загрязнения ТМ на микробную биомассу и
709 ферментативную активность почв. Среди ферментов наиболее чувствительна к
710 ингибированию ТМ дегидрогеназа.

711 При изучении почв парков большинство авторов предпочитают проводить
712 оценку их загрязнения по санитарно-гигиеническим критериям, акцентируя
713 внимание на рисках для здоровья населения. Не отрицая значимость таких
714 работ, следует отметить и важность разработки и применения методов оценки
715 экологического состояния почв с точки зрения поддержания устойчивости
716 зеленых насаждений. Эта оценка должна быть универсальной, применимой для
717 различных объектов городского озеленения в разных климатических условиях
718 и учитывать совокупность физических, химических и биологических свойств. К
719 числу таких универсальных показателей относятся гранулометрический состав,
720 мощность гумусированного слоя, плотность сложения слоя 0-20 см, степень
721 насыщенности влагой (в % от полной влагоемкости), температура слоя 0-20 см,
722 электропроводность порового раствора, рН, дыхание в стандартизованных
723 условиях [34, 111, 114].

724 Почвенный покров парков уникален тем, что внутри городской среды в его
725 составе могут сохраняться природные или слабо измененные человеком почвы.
726 Таким образом, в парках сохраняется не только биологическое, но и почвенное
727 разнообразие городских экосистем. При этом почвенная фауна в парках
728 городов мира изучена недостаточно, однако имеющиеся данные
729 свидетельствуют о ее пониженном видовом разнообразии в антропогенных
730 почвах по сравнению с почвами природных экосистем. Для поддержания
731 сообществ мезофауны в почвах парков важнейшую роль играют наличие слоя
732 подстилки и характеристики гумусового горизонта. В отличие от фауны,
733 разнообразие микрофлоры в антропогенных почвах нередко оказывается выше,
734 чем в природных сообществах, т.к. различные нарушения увеличивают
735 количество потенциальных экологических ниш для микроорганизмов. В целом
736 можно отметить, что назрела необходимость сопряженного изучения почв,
737 растений и почвенной биоты, и их функциональных взаимосвязей в парках, что
738 позволило бы ответить на целый ряд важных вопросов: Сколько времени
739 требуется для достижения равновесия между почвами, почвенными и
740 растительными сообществами во вновь созданных парках? Как
741 микроорганизмы в почвах влияют на устойчивость древесных насаждений в
742 условиях урбаногенной нагрузки? Какую роль в этих процессах играет
743 почвенная фауна? Жизненное состояние растений и видовое разнообразие, и
744 численность почвенных организмов (бактерий, грибов, беспозвоночных) могут,
745 в свою очередь, служить индикаторами оптимального экосистемного
746 функционирования почв в парках.

747 Еще один насущный вопрос: как обеспечить полноценное
748 функционирование в экосистемах парков почв (почвоподобных тел),
749 сконструированных человеком? При таком конструировании рекомендуется
750 создавать плодородный поверхностный горизонт достаточной мощности,
751 контролировать состав используемых отходов, особенно органических, и
752 подбирать конструкцию с оптимальными водно-физическими свойствами [122].
753 Контроль количества и качества органического вещества в почвогрунтах,

754 применяемых при создании плодородного слоя и рекультивации почв, важен и
755 с точки зрения поддержания баланса углерода в городских экосистемах [4].
756 Рекомендуется максимально бережно относиться к сохранившимся в городе
757 функционирующим почвам, поскольку заселение вновь созданных
758 конструкторских почвенной биотой до природного уровня и стабилизация их
759 свойств занимают десятилетия.

760 ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

761 Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках
762 научного проекта № 20-14-50242. The reported study was funded by RFBR, project
763 number 20-14-50242.

764 КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

765 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

766 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 767 1. *Анциферова О.А., Мурачева Л.С.* К характеристике почв городских парков
768 Калининграда // Вестник Рос. гос. ун-та им. И. Канта. 2009. Вып. 7. С.83-90.
- 769 2. *Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю.* Методологические основы классификации почв
770 мегаполисов на примере г. Санкт-Петербурга // Вестник С.-Петерб. ун-та, сер. 3. 2013. Вып. 2. С. 115-
771 122.
- 772 3. *Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю.* Принципы создания почвенной карты мегаполиса (на примере
773 Санкт-Петербурга) // Почвоведение. 2014. № 7. С. 790-802. *Aparin B.F., Sukhacheva E.Y.* Principles
774 of soil mapping of a megalopolis with St. Petersburg as an example. Eurasian Soil Science. 2014.
775 V. 47. № 7. P. 650-661. <https://doi.org/10.1134/S1064229314070035>
- 776 4. *Брянская И.П., Васенев В.И., Брыкова Р.А., Маркелова В.Н., Ушакова Н.В., Госсе Д.Д.,*
777 *Гаверленко Е.В., Благодатская Е.В.* Анализ ввозимых почвогрунтов для прогнозирования запасов
778 углерода в почвенных конструкциях Московского мегаполиса // Почвоведение. 2020. №12. С. 1537-
779 1546. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20120047>
- 780 5. *Васенев В.И., Ван Ауденховен А.П., Ромзайкина О.Н., Гаджуагаева Р.А.* Экологические
781 функции и экосистемные сервисы городских и техногенных почв: от теории к практическому
782 применению (обзор) // Почвоведение. 2018. № 10. С. 1177-1191. *Vasenev V. I., Van Oudenhoven A. P. E.,*
783 *Romzaikina O. N., and Hajiaghaeva R. A.* The Ecological Functions and Ecosystem Services of Urban and Technogenic Soils: from
784 Theory to Practice (A Review). Eurasian Soil Science. 2018. V. 51. № 10. P. 1119-1132.
785 <https://doi.org/10.1134/S1064229318100137>

- 786 6. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные
787 почвы (генезис, география, рекультивация). Уч. пос. под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск:
788 Ойкумена, 2003. 268 с.
- 789 7. Горбов С.Н., Безуглова О.С. Специфика органического вещества почв Ростова-на-Дону //
790 Почвоведение. 2014. №8. С. 953-962. Gorbov S.N., Bezuglova O.S. Specific features of organic matter in urban soils of
791 Rostov-on-Don // Eurasian Soil Science. 2014. V. 47(8). P. 792-800. <https://doi.org/10.1134/S1064229314080043>
- 792 8. ГОСТ 28329-89. Озеленение городов. Термины и определения. Дата введения 1 января
793 1991 г.
- 794 9. Долотов В.А., Пономарева В.В. К характеристике почв ленинградского Летнего сада //
795 Почвоведение. 1982. №9. С.134-138.
- 796 10. Егорова Л.Н. Потенциально патогенные грибы в почвах городских парков и скверов
797 Владивостока // Успехи медицинской микологии. 2014. Том XII. Глава 2. С. 95-98.
- 798 11. Жарикова Е.А. Оценка основных свойств почв лесных и парковых территорий города
799 Владивостока // Земледелие, почвоведение и агрохимия. 2012. №1(26). С. 40-46.
- 800 12. Капелькина Л.П., Мельничук И.А., Часовская В.В. Почвы Летнего сада // Известия
801 Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2007. Вып. 180. С. 86-95.
- 802 13. Классификация и диагностика почв России. Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В. Д.
803 Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- 804 14. Ковязин Н.Ф., Усков И.Б., Державин Л.М. Парковые экосистемы Санкт-Петербурга
805 различной степени урбанизации и агрохимические свойства их почв // Агрохимия. 2010. №3. С. 58-
806 66.
- 807 15. Кондакова Л.В., Ашихмина Т.Я., Пирогова О.С. Фототрофные микроорганизмы
808 городских парков // Теоретическая и прикладная экология. 2017. №1. С. 63-68.
- 809 16. Лысак Л.В., Лапыгина Е.В. Разнообразие бактериальных сообществ городских почв //
810 Почвоведение. 2018. №9. С. 1108-1114. Lysak L.V., Lapygina E.V. The diversity of bacterial communities in urban soils.
811 Eurasian Soil Science. 2018. V.51. № 9. P. 1050-1056. <https://doi.org/10.1134/S1064229318090077>
- 812 17. Мартыненко И.А., Прокофьева Т.В., Строганова М.Н. Состав и строение почвенного
813 покрова лесных, лесопарковых и парковых территорий г. Москвы // Лесные экосистемы и
814 урбанизация. Сборник статей. М: Товарищество научных изданий КМК, 2008. С. 69-89.
- 815 18. Матинян Н.Н., Бахматова К.А. Почвы и почвенный покров парков Петергофа. Под
816 ред. Б.Ф. Апарина. СПб.: Филологический факультет СПбГУ, 2012. 96 с.
- 817 19. Матинян Н.Н., Бахматова К.А., Горбунова В.С., Шешукова А.А. Почвы и почвенный
818 покров Павловского парка. СПб.: Серебряный век, 2019. 98 с.
- 819 20. Матинян Н.Н., Бахматова К.А., Горбунова В.С., Шешукова А.А. Почвы Павловского
820 парка (Санкт-Петербург) // Почвоведение. 2019. №11. С. 1285-1294. Matinyan N.N., Bakhmatova K.A.,
821 Gorbunova V.S., Sheshukova A.A. Soils of the Pavlovsk Park (Saint Petersburg). Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. № 11.
822 P.1311-1320. <https://doi.org/10.1134/S1064229319110061>
- 823 21. Матинян Н.Н., Бахматова К.А., Коренцвит В.А. Почвы Летнего сада (Санкт-
824 Петербург) // Почвоведение. 2017. №6. С. 643-651. Matinyan N.N., Bakhmatova K.A., Korentsvit V.A. Soils of the

- 825 Summer Garden (Saint Petersburg). Eurasian Soil Science. 2017. Vol. 50. №6. P. 637-645.
826 <https://doi.org/10.1134/S10664229317060060>
- 827 22. *Матинян Н.Н., Гостинцева Е.В., Бахматова К.А.* Почвы и почвенный покров садов и
828 парков Фрунзенского района Санкт-Петербурга. СПб.: Нестор-История, 2015. 80 с.
- 829 23. *Парамонова Т.А., Тишкина Э.В., Краснов С.Ф., Толстихин Д.О.* Структура почвенного
830 покрова и основные свойства почв природного парка Воробьевы горы // Вестник Моск. ун-та. Сер.
831 17. 2010. №1. С. 24-34.
- 832 24. *Полякова А.Ю.* Агрохимические свойства почв Дворцового парка Гатчины //
833 Агрофизика. 2019. №2. С. 32-37. <https://doi.org/10.25695/AGRPН.2019.02.05>
- 834 25. *Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А.,*
835 *Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матинян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.И.* Введение почв и
836 почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение.
837 2014. №10. С. 1155-1164. Prokof'eva, T.V., Gerasimova M.I., Bezuglova, O.S., Bakhmatova, K.A., Gol'eva, A.A., Gorbov,
838 S.N., Zharikova, E.A., Matinyan. N.N., Nakvasina, E.N., Sivtseva, N. E., 2014. Inclusion of soils and soil-like bodies of urban
839 territories into the Russian soil classification system. Eurasian Soil Science. V.47. № 10. P. 959-967.
840 <https://doi.org/10.1134/S1064229314100093>
- 841 26. *Прокофьева Т.В., Герасимова М.И.* Городские почвы: диагностика и
842 классификационное определение по материалам научной экскурсии конференции SUITMA-9 по
843 Москве. Почвоведение. 2018. №9. С. 1057-1070. Prokofeva, T.V. and Gerasimova M.I. Urban Soils: Diagnostics and
844 Taxonomic Position according to Materials of Scientific Excursion in Moscow at the SUITMA-9 Workshop. Eurasian Soil Science.
845 2018. Vol. 51. № 9. P. 995-1007. <https://doi.org/10.1134/S1064229318090090>
- 846 27. *Прокофьева Т.В., Мартыненко И.А., Иванников Ф.А.* Систематика почв и
847 почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию //
848 Почвоведение. 2011. № 5. С. 611-623. Prokofyeva T.V., Martynenko I.A. and Ivannikov F.A. Classification of Moscow
849 soils and parent materials and its possible inclusion in the classification system of Russian soils. Eurasian Soil Science. 2011. Vol.
850 44. № 5. P. 561-571. <https://doi.org/10.1134/S1064229311050127>
- 851 28. *Прокофьева Т.В., Попутников В.О.* Антропогенная трансформация почв парка
852 Покровское-Стрешнево (Москва) и прилегающих жилых кварталов // Почвоведение. 2010. № 6. С.
853 748-758. Prokof'eva, T.V. and Poputnikov, V.O. Anthropogenic transformation of soils in the Pokrovskoe-Streshnevo Park
854 (Moscow) and adjacent residential areas. Eurasian Soil Science. 2010. Vol. 43 (6): 701-711 <https://doi.org/10.1134/S1064229310060116>
- 855 29. *Прокофьева Т.В., Розанова М.С., Попутников В.О.* Некоторые особенности
856 органического вещества почв на территориях парков и прилегающих жилых кварталов Москвы //
857 Почвоведение. 2013. №3. С. 302-314. T.V. Prokof'eva, V.O. Poputnikov "Anthropogenic transformation of soils in the
858 Pokrovskoe-Streshnevo Park (Moscow) and adjacent residential areas," Eurasian Soil Science, 43 (6), 701-711 (2010).
859 <https://doi.org/10.1134/S1064229310060116>
- 860 30. *Рахлеева А.А., Строганова М.Н.* Состав и структура почвенной мезофауны парковых
861 территорий г. Москвы // Лесные экосистемы и урбанизация. Сборник статей. М: Товарищество
862 научных изданий КМК, 2008. С. 152-172.

- 864 31. Семенков И.Н., Королева Т.В. Международные системы нормирования содержания
865 химических элементов в почвах: принципы и методы (обзор) // Почвоведение. 2019. №10. С. 1259-
866 1268. Semenkov I.N., Koroleva T.V. International environmental legislation on the content of chemical elements in soils:
867 guidelines and schemes // Eurasian Soil Science. 2019. V.52 (10). P. 1289-1287. <https://doi.org/10.1134/S1064229319100107>
- 868 32. Семенов В.М. Метабаркодинг и метагеномика в почвенно-экологических
869 исследованиях: успехи, проблемы и возможности // Журнал общей биологии. 2019. Т. 80, № 6. С. 403-
870 417. <https://doi.org/10.1134/S004445961906006X>
- 871 33. Сизова М.Г., Вальков В.Ф., Евсюков А.П. Мезофауна как показатель степени
872 нарушенности почв урбанизированных территорий // Известия вузов. Северо-Кавказский регион.
873 Естественные науки. 2011. №2. С. 64-68.
- 874 34. Смагин А.В., Азовцева Н.А., Смагина М.В., Степанов А.Л., Мяжкова А.Д., Курбатова
875 А.С. Некоторые критерии и методы оценки экологического состояния почв в связи с озеленением
876 городских территорий // Почвоведение. 2006. №5. С. 603-615. Smagin A.V., Azovtseva N.A., Smagina M.V.,
877 Stepanov A.L., Myagkova A.D. and Kurbatova A.S. Criteria and methods to assess the ecological status of soils in relation to the
878 landscaping of urban territories. Eurasian Soil Science, 2006. Vol. 39, № 5. P. 539-551.
879 <https://doi.org/10.1134/S1064229306050115>
- 880 35. Смагин А.В. Теория и практика конструирования почв. М.: Издательство Московского
881 университета, 2012. 544 с.
- 882 36. Стома Г.В., Манучарова Н.А., Белокопытова Н.А. Биологическая активность
883 микробных сообществ в почвах некоторых городов России // Почвоведение. 2020. №6. С. 703-715.
884 Stoma G.V., Manucharova N.A., Belokopytova N.A. Biological activity of microbial communities in soils of some Russian cities.
885 Eurasian Soil Science, 2020. Vol. 53. № 6. P. 760-771. <https://doi.org/10.1134/S1064229320060125>
- 886 37. Строганова М.Н., Агаркова М.Г. Городские почвы: опыт изучения и систематики (на
887 примере юго-западной части г. Москвы). Вестник МГУ, сер. 17, 1992, №7. С. 16-24. (Stroganova M.N.,
888 Agarkova M.G. Urban soils: experimental study and classification (exemplified by the soils of southwestern
889 Moscow). Eurasian Soil Science, 1993. V.25, № 3. P.59)
- 890 38. Строганова М.Н., Мяжкова А.Д., Прокофьева Т.В. Городские почвы: генезис,
891 классификация, функции // Почва. Город. Экология. Под ред. Г.В. Добровольского. М.: изд-во Фонд
892 «За экономическую грамотность», 1997. С.15-85.
- 893 39. Терехова В.А., Пукальчик М.А., Яковлев А.С. «Триадный» подход к экологической
894 оценке городских почв // Почвоведение. 2014. №9. С. 1145-1152. Terekhova V.A., Pukalchik M.A., Yakovlev
895 A.S. The triad approach to ecological assessment of urban soils // Eurasian Soil Science. 2014. V.47(9). P. 952-958.
896 <https://doi.org/10.1134/S1064229314090129>
- 897 40. Тишкина Э.В., Парамонова Т.А., Краснов С.Ф., Толстихин Д.О. Оценка современного
898 уровня загрязнения почв природного парка Воробьевы горы приоритетными экотоксикантами //
899 Вестник Моск. Ун-та. Сер. 17. 2010. №1. С. 43-51.
- 900 41. Чупина В.И. Антропогенные почвы ботанических садов (обзор) // Почвоведение. 2020.
901 №4. С. 495-506. Chupina V.I. Anthropogenic soils of botanical gardens: a review. Eurasian Soil Science.
902 2020. V. 53(4). P. 523-533. <https://doi.org/10.1134/S1064229320040043>

- 903 42. *Beroigui M., Naylo A., Walczak M., Hafidi M., Charzyński M., Świtoniak M., Różański S.,*
904 *Boularban A.* Physicochemical and microbiological properties of urban park soils of the cities of Marrakech,
905 Morocco and Toruń, Poland: Human health risk assessment of fecal coliforms and trace elements // *Catena*.
906 2020. V. 194. 104673. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104673>
- 907 43. *Bielińska E., Kołodziej B., Sugier D.* Relationship between organic carbon content and the
908 activity of selected enzymes in urban soils under different anthropogenic influence // *J. Geochem.*
909 *Exploration*. 2013. V.129. P. 52-56. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.10.019>
- 910 44. *Blume H.-P.* Classification of soils in urban agglomerations // *Catena*. 1989. V.16. P. 269-
911 275.
- 912 45. *Bouchez T., Bliex A.L., Dequiedt S. et al.* Molecular microbiology methods for
913 environmental diagnosis // *Environ. Chem. Lett.* 2016. V.14. P. 423-441. [https://doi.org/10.1007/s10661-](https://doi.org/10.1007/s10661-009-0938-1)
914 [009-0938-1](https://doi.org/10.1007/s10661-009-0938-1)
- 915 46. *Braun B., Böckelmann U., Grohmann E., Szewzyk U.* Polyphasic characterization of the
916 bacterial community in an urban soil profile with in situ and culture-dependent methods // *Applied Soil*
917 *Ecology*. 2006. V. 31. P. 267-279. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.05.003>
- 918 47. *Brtnický M., Pecina V., Hladký J., Radziemska M., Koudelková A., Kimánek M., Richtera L.,*
919 *Adamková D., Elbl J., Galiová M.V., Báláková L., Kynický J., Smolíková V., Houška J., Vaverková M.D.*
920 Assessment of phytotoxicity, environmental and health risks of historical urban park soils // *Chemosphere*.
921 2019. V. 220. P. 678-686. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.12.188>
- 922 48. *Burghardt W., Morel J.-L., Zhang G.-L.* Development of the soil research about urban,
923 traffic, mining and military areas (SUITMA) // *Soil Science Plant Nutrition*. 2015. V.61. P. 3-21.
924 <https://doi.org/10.1080/00380768.2015.1046136>
- 925 49. *Burt R., Hernandez L., Shaw R., Tunstead R., Ferguson R., Peaslee S.* Trace element
926 concentration and speciation in selected urban soils in New York City // *Environ. Monitoring and*
927 *Assessment*. 2014. V.186. P. 195-215. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3366-1>
- 928 50. *Canedoli C., Ferrè C., Abu El Khair D., Padoa-Schioppa E., Comolli R.* Soil organic carbon
929 stock in different urban land uses: high stock evidence in urban parks // *Urban Ecosystems*. 2020. V. 23. P.
930 159-171. <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00901-6>
- 931 51. *Carpintero S., Reyes-López J.* Effect of park age, size, shape and isolation on ant
932 assemblages in two cities of Southern Spain // *Entomological Science*. 2014. V.17. P. 41-51.
933 <https://doi.org/10.1111/ens.12027>
- 934 52. *Chambers L.G., Chin Y.P., Filippelli G.M., Gardner C.B., Herndon E.M., Long D.T., Lyons*
935 *W.B., Macpherson J.L., McElmurry S.P., McLean C.E., Moore J., Moyer R.P., Neumann K., Nezat C.A.,*
936 *Soderberg K., Teutsch N., Widom E.* Developing the scientific framework for urban geochemistry // *Appl.*
937 *Geochem*. 2016. V. 67. P. 1-20. <https://doi.org/j.apgeochem.2016.01.005>
- 938 53. *Charlop-Powers Z., Pregitzer C.C., Lemetre C., Ternei M.A., Maniko J., Hover B.M., Calle*
939 *P.J., McGuire k.L., Garbarino J., Forgione H.M., Charlop-Powers S., Brady S.F.* Urban park soil

940 microbiomes are a rich reservoir of natural product biosynthetic diversity // PNAS. 2016. V. 113, № 51.
941 P.14811-14816. <https://doi.org/10.1073/pnas.1615581113>

942 54. *Charzyński P., Hulisz P., Bednarek R. (eds.).* Technogenic Soils of Poland. Polish Society of
943 Soil Science. Torun, 2013. 358 p.

944 55. *Dąbkowska-Naskręt H., Rózański S., Bartkowiak A.* Forms and mobility of trace elements in
945 soils of park areas from the city of Bydgoszcz, north Poland // *Soil Science Annual*. 2016. V. 67 (2). P. 73-
946 78. <https://doi.org/10.1515/ssa-2016-0010>

947 56. *Dao L., Morrison H., Zhang H., Zhang Ch.* Influences of traffic on Pb, Cu and Zn
948 concentrations in roadside soils of an urban park in Dublin, Ireland // *Environ. Geochem. Health*. 2014. V.36
949 P. 333-343. <https://doi.org/10.1007/s10653-013-9553-8>

950 57. *Deeb M., Groffman P.M., Blouin M., Egendorf S.P., Vergnes A., Vasenev V., Cao D.L.,*
951 *Walsh D., Morin T., Sére G.* Using constructed soils for green infrastructure – challenges and limitations //
952 *SOIL*. 2020. V.6. P. 413-434. <https://doi.org/10.5194/soil-6-413-2020>

953 58. *De Kimpe C.R., Morel J.-L.* Urban soil management: a growing concern // *Soil Science*.
954 2000. V. 165. P. 31-40.

955 59. *Doran J.W., Parkin T.B.* Defining and assessing soil quality. In: Doran J.W., Coleman D.C.,
956 *Bezdicsek D.F., Stewart B.A. (Eds.).* Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Special
957 Publication № 35. Soil Science Society of America, Madison, WI. P. 3-21.

958 60. *Dorokhova M.F.* Biodiversity of algae and cyanobacteria in soils of Moscow // *Urbanization:*
959 *Challenge and Opportunity for Soil Functions and Ecosystem Services. Proceedings of the 9th SUITMA*
960 *Congress. Springer Geography*, 2019. P. 135-144. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-89602-1>

961 61. *Dreij K., Lundin L., Le Bihanic F., Lundstedt S.* Polycyclic aromatic compounds in urban
962 soils of Stockholm City: Occurrence, sources and human health risk assessment // *Environ. Research*. 2020.
963 V. 182. 108989. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108989>

964 62. *Galbraith J.M.* Human-altered and human-transported (HAHT) soils in the US soil
965 classification system. *Soil Science Plant Nutrition*. 2018. V.64(2). P. 190-199.
966 <https://doi.org/10.1080/00380768.2018.1442682>

967 63. *Galuškova I., Mihaljevič M., Borůvka L., Drábek O., Frůhauf M., Němeček K.* Lead isotope
968 composition and risk elements distribution in urban soils of historically different cities Ostrava and Prague,
969 the Czech Republic // *J. of Geochem. Exploration*. 2014. V.147. P. 215-221.
970 <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.02.022>

971 64. *Gąsiorek M., Kowalska J., Mazurek R., Pająk M.* Comprehensive assessment of heavy metal
972 pollution in topsoil of historical urban park on an example of the Planty Park in Krakow (Poland) //
973 *Chemosphere*. 2017. V.179. P. 148-158. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03106>

974 65. *Gerasimova M.I., Bezuglova O.S.* Functional-environmental and properties-oriented
975 approaches in classifying urban soils // *Urbanization: Challenge and Opportunity for Soil Functions and*
976 *Ecosystem Services. Proceedings of the 9th SUITMA Congress. Springer Geography*, 2019. P. 4-10.
977 <https://doi.org/10.1007/978-3-319-89602-1>

- 978 66. *Greinert A.* The heterogeneity of urban soils in the light of their properties // *J. Soils*
979 *Sediments.* 2015. V. 151. P. 1725-1737. <https://doi.org/10.1007/s11368-014-1054-6>
- 980 67. *Greinert A., KostECKI J.* Anthropogenic materials as bedrock of Urban Technosols //
981 *Urbanization: Challenge and Opportunity for Soil Functions and Ecosystem Services. Proceedings of the 9th*
982 *SUITMA Congress. Springer Geography,* 2019. P. 11-20. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-89602-1>
- 983 68. *Gu Y.-G., Gao Y.-P., Lin Q.* Contamination, bioaccessibility and human health risk of heavy
984 metals in exposed-lawn soils from 28 urban parks in southern China's largest city, Guangzhou // *Appl.*
985 *Geochem.* 2016 V. 67. P. 52-58. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2016.02.004>
- 986 69. *Hagmann D.F., Goodey N.M., Mathieu C., Evans J., Aronson M.F.J., Gallagher F., Krumins*
987 *J.A.* Effect of metal contamination on microbial enzymatic activity in soil // *Soil Biol. Biochem.* 2015. V.91.
988 P. 291-297. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.09.012>
- 989 70. *Hendrix P.F., Callahan Jr. M.A., drake J.M., Huang C.-Y., James S.W., Snyder B.A., Zhang*
990 *W.* Pandora's box contained bait: the global problem of introduced earthworms // *Annu. Rev. Ecol. Evol.*
991 *Syst.* 2008. V.39. P. 593-613. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173426>
- 992 71. *Hollis J.M.* The classification of soils in urban areas // In: Bullock P., Gregory P.J. (eds.).
993 *Soils in the urban environment.* Oxford, Boston: Blacwell Scientific Publications, 1991.
- 994 72. *Horvát A., Szűcs P., Bidló A.* Soil condition and pollution in urban soils: evaluation of the
995 soil quality in a Hungarian town // *J. Soils Sediments.* 2015. V.15. P. 1825-1835.
996 <https://doi.org/10.1007/s11368-014-0991-4>
- 997 73. *Hou E. Q., Xiang H. M., Li. J. L., Li J., Wen D. Z.* Soil acidification and heavy metals in
998 urban parks as affected by reconstruction intensity in a humid subtropical environment // *Pedosphere* 2015.
999 V.25(1) P. 82-92. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(14\)60078-3](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(14)60078-3)
- 1000 74. *Howard J.* *Anthropogenic Soils.* Springer International Publishing AG, 2017. 237 p.
1001 <https://doi.org/10.1007/978-3-319-54331-4>
- 1002 75. *Hui N., Jumpponen A., Francini G., Kotze D.J., Liu X., Romantchuk M., Strommer R., Setälä*
1003 *H.* Soil microbial communities are shaped by vegetation type and park age in cities under cold climate //
1004 *Environ. Microbiol.* 2017. V.19(3). P. 1281-1295. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.13660>
- 1005 76. *Hung W.-C., Hernandez-Cira M., Jimenez K., Elston I., Jay J.A.* Preliminary assessment of
1006 lead concentrations in topsoil of 100 parks in Los Angeles, California // *Appl. Geochem.* 2018 V. 99. P. 13-
1007 21. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2018.10.003>
- 1008 77. *Huot, H., Joyner, J., Córdoba, A., Shaw, R.K., Wilson M.A., Walker, R., Muth, T.R., Cheng,*
1009 *Z.* Characterizing urban soils in New York City: profile properties and bacterial communities // *J. Soils*
1010 *Sediments.* 2017. V. 17. P. 393-407. Doi: 10.1007/s11368-016-1552-9
- 1011 78. *Islam M.S., Ahmed M.K., Al-Mamun M.H., Eaton D.W.* Human and ecological risks of
1012 metals in soils under different land-use types in an urban environment of Bangladesh // *Pedosphere.* 2020.
1013 V.30(2). P. 201-213. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60395-3](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60395-3)

- 1014 79. *Ivashchenko K., Ananyeva N., Vasenev V., Sushko S., Seleznyova A., Kudeyarov V.* Microbial
1015 C-availability and organic matter decomposition in urban soils of megapolis depend on functional zoning //
1016 *Soil Environ.* 2019. V.38(1). P. 31-41. <https://doi.org/10.25252/SE/1961524>
- 1017 80. *IUSS Working Group WRB. 2014.* World Reference Base for Soil Resources 2014.
1018 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil
1019 Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 181 p.
- 1020 81. *Jones C.G., Lawton J.H., Shachak M.* Organisms as ecosystem engineers // *Oikos.* 1994.
1021 V.69(3). P. 373-386.
- 1022 82. *Kawai N., Murata T., Watanabe M., Tanaka H.* Influence of historical manmade alterations
1023 on soil-forming processes in a former imperial estate (Shrogane-goryouchi), the Institute for nature study:
1024 Development of a soil evaluation technique and importance of inventory construction for urban green areas //
1025 *Soil Science Plant Nutrition*, 2015, 61: sup.1. P. 55-69. <https://doi.org/10.1080/00380768.2015.1048662>
- 1026 83. *Kleber T., Krzyżaniak M., Świerk D., Haenel A., Galecka S.* How does the content of
1027 nutrients in soil affect the health status of trees in city parks? // *PLOS ONE.* 2019. V. 14(9). E0221514.
1028 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221514>
- 1029 84. *Lee C.-S.I., Li X., Shi W., Cheung Sh.Ch., Thornton I.* Metal contamination in urban,
1030 suburban and country park soils of Hong Kong: A study based on GIS and multivariate statistic // *Sci. Total*
1031 *Environ.* 2006. V.356. P. 45-61. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.03.024>
- 1032 85. *Lehmann A., Stahr K.* Nature and significance of anthropogenic urban soils // *Journal of*
1033 *Soils and Sediments.* 2007. V. 7. №4. P. 247-260. <https://doi.org/10.1065/jss2007.06.235>
- 1034 86. *Lin L., Chen Y., Qu L., Zhang Y., Ma K.* Cd heavy metal and plants, rather than soil nutrient
1035 conditions, affect soil arbuscular mycorrhizal fungal diversity in green spaces during urbanization // *Sci.*
1036 *Total Environ.* 2020. V. 726. 138594. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138594>
- 1037 87. *Lukasik A., Szuszkiewicz M., Magiera T.* Impact of artifacts on topsoil magnetic
1038 susceptibility enhancement in urban parks of the Upper Silesian conurbation datasets // *J. Soils Sediments.*
1039 2015. V.15. P.1836-1846. <https://doi.org/10.1007/s11368-014-0966-5>
- 1040 88. *Luo X.-S., Ding J., Xu B., Wang Y.-J., Li H.-B., Yu S.* Incorporating bioaccessibility into
1041 human health risk assessment of heavy metals in urban park soils // *Sci. Total Environ.* 2012. V.424. P. 88-
1042 96. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.02.053>
- 1043 89. *Luo X.-S., Yu S., Zhu Y., Li X.D.* Trace metal contamination in urban soils of China // *Sci.*
1044 *Total Environ.* 2012. V.421-422. P. 17-30. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.04.020>
- 1045 90. *Madrid L., Diaz-Barrientos E., Ruiz-Cortés E., Reinoso R., Biasioli M., Davidson S.M.,*
1046 *Duarte A.S., Crěman H., Hossack I., Hursthouse A.S., Kralj T., Ljung K., Ottabong E., Rodrigues S.,*
1047 *Urquhart G.J., Ajmone-Marsan F.* Variability in concentrations of potentially toxic elements in urban parks
1048 from six European cities // *J. Environ. Monit.* 2006. V. 8. P. 1158-1165. <https://doi.org/10.1039/b607980f>
- 1049 91. *Maksimova E., Abakumov E.* Alluviated soils of Saint Petersburg city // *Вестник С.-Петерб.*
1050 *ун-та, сеп.3. 2015. Вып. 4. С. 93-102.*

- 1051 92. *Marfenina O., Lysak L., Ivanova A., Glushakova A., Kachalkin A., Nikolaeva V., Karlsen A.,*
1052 *Tepeeveva A.* Biodiversity in urban soils: threats and opportunities (on the example of cultivated
1053 microorganisms) // *Soils of Urban, Industrial, Traffic, Mining and Military Areas (SUITMA 9) 22-26 May*
1054 *2017, Moscow. Abstracts. P. 109-111.*
- 1055 93. *Matinian N.N., Bakhmatova K.A.* Urban soils of Saint Petersburg (Russia). *Europaische*
1056 *Akademie der Naturwissenschaften, Hannover, 2016. 28 p.*
- 1057 94. *Matinian N.N., Bakhmatova K.A., Sheshukova A.A.* Anthropogenic and natural soils of urban
1058 and suburban parks of Saint Petersburg, Russia // *Urbanization: Challenge and Opportunity for Soil*
1059 *Functions and Ecosystem Services. Proceedings of the 9th SUITMA Congress. Springer Geography, 2019. P.*
1060 *212-220. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-89602-1>*
- 1061 95. *Meng Y., Cave M., Zhang C.* Spatial distribution patterns of phosphorus in top-soils of
1062 Greater London Authority area and their natural and anthropogenic factors // *Appl. Geochem. 2018. V.88. P.*
1063 *213-220. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.05.024>*
- 1064 96. *Mihaljevič M., Galušková I., Strnad L., Majer V.* Distribution of platinum group elements in
1065 urban soils, comparison of historically different large cities Prague and Ostrava, Czech Republic // *J.*
1066 *Geochem. Exploration. 2013. V. 124. P. 212-217. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.10.008>*
- 1067 97. *Milano V., Cortet J., Baldantoni D., Bellino A., Dubs F., Nahmani J., Strumia S.*
1068 *Collembolan biodiversity in Mediterranean urban parks: impact of history, urbanization, management and*
1069 *soil characteristics // Appl. Soil Ecology. 2017. V.119. P. 428-437.*
1070 *<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.03.022>*
- 1071 98. *Morel J.L., Chenu C., Lorenz K.* Ecosystems services provided by soils of urban, industrial,
1072 traffic and military areas (SUITMAs) // *J. Soils Sediments. 2015. V.15. P. 1659-1666.*
1073 *<https://doi.org/10.1007/s11368-014-0926-0>*
- 1074 99. *Naylo A., Pereira S.I.A., Benidire L., El Khalil H., Castro P.M., Ouvrard S., Schwartz C.,*
1075 *Boularbah A.* Trace and major element contents, microbial communities, and enzymatic activities of urban
1076 soils of Marrakech city along an anthropization gradient // *J. Soils Sediments. 2019. V.19. P. 2153-2165.*
1077 *<https://doi.org/10.1007/s11368-018-2221-y>*
- 1078 100. *Nehls T., Rokia S., Mekiffer B., Schwartz C., Wessolek G.* Contribution of bricks to urban soil
1079 properties // *J. Soils Sediments. 2012. V.13. P. 575-584. <https://doi.org/10.1007/s11368-012-0559-0>*
- 1080 101. *Nezat C.A., Hatch S.A., Uecker T.* Heavy metal content in urban residential and park soils: A
1081 case study in Spokane, Washington, USA // *Appl. Geochem. 2017. V. 78. P. 186-193.*
1082 *<https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2016.12.018>*
- 1083 102. *Papa S., Bartoli G., Pellegrino A., Fioretto A.* Microbial activities and trace element contents
1084 in an urban soil // *Environ. Monit. Assess. 2010. V. 165. P. 193-203. [https://doi.org/10.1007/s10661-009-](https://doi.org/10.1007/s10661-009-0938-1)*
1085 *0938-1*
- 1086 103. *Pickett S.T.A., Cadenasso M.L.* Altered resources, disturbance, and heterogeneity: A
1087 framework for comparing urban and non-urban soils // *Urban Ecosystems. 2009. V. 12. P. 23-44. doi:*
1088 *10.1007/s11252-008-0047-x*

- 1089 104. Polyakov V., Reznichenko O., KostECKI J., Abakumov E. Ecotoxicological state and pollution
1090 status of alluvial soils of Saint Petersburg, Russian Federation // Soil Science Annual. 2020. V.71(3). P. 221-
1091 235. <https://doi.org/10.37501/soilsa/127089>
- 1092 105. Poňavič M., Wittingerová Z., Čoupek P., Buda J. Soil geochemical mapping of the central
1093 part of Prague, Czech Republic // J. Geochem. Exploration. 2018. V. 187. P. 118-130.
1094 <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.09.008>
- 1095 106. Pruvost C., Mathieu J., Nunan N., Gigon A., Pando N., Lerch T.Z., Blouin M. Tree growth
1096 and macrofauna colonization in Technosols constructed from recycled urban wastes // Ecol. Eng. 2020. V.
1097 153. 105886. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105886>
- 1098 107. Qu Y., Gong Y., Ma J., Wei H., Liu Q., Liu L., Wu H., Yang S., Chen Y. Potential sources,
1099 influencing factors, and health risks of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the surface soil of urban
1100 parks in Beijing, China // Environ. Pollut. 2020. V.260. 114016.
1101 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114016>
- 1102 108. Ramirez K.S., Leff J.W., Barberán A., Bates S.T., Betley J., Crowther T.W., Kelly E.F.,
1103 Oldfield E.E., Shaw E.A., Steenbock C., Bradford M.A., Wall D.H., Fierer N. Biogeographic patterns in
1104 below-ground diversity in New York City's Central Park are similar to those observed globally //
1105 Proceedings of the Royal Society B. 2014. V.281. 20141988. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1988>
- 1106 109. Rate A.W. Multielement geochemistry identifies the spatial pattern of soil and sediment
1107 contamination in an urban parkland, Western Australia // Sci. Total Environ. 2018. V.627. P. 1106-1120.
1108 <https://doi.org/10.1016/j.sciotenv.2018.01.332>
- 1109 110. Romzaykina O.N., Vasenev V.I., Khakimova R.R., Hajiaghaeva R., Stoorvogel J.J.,
1110 Dovletyarova E.A. Spatial variability of soil properties in the urban park before and after reconstruction //
1111 Soil Environ. 2017. V. 36(2). P. 155-165. <https://doi.org/10.25252/SE/17/51219>
- 1112 111. Schindelbeck R., van Es H.M., Abawi G.S., Wolfe D.W., Whitlow T.L., Gugino B.K., Idowu
1113 O.J., Moebius-Clune B.N. Comprehensive assessment of soil quality for landscape and urban management //
1114 Landscape Urban Planning. 2008. V.88. P. 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.08.006>
- 1115 112. Setälä S., Francini G., Allen J.A., Jumpponen A., Hui N., Kotze D.J. Urban parks provide
1116 ecosystem services by retaining metals and nutrients in soils // Environ. Pollut. 2017. V. 231. P. 451-461.
1117 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.010>
- 1118 113. Smetak K.M., Johnson-Maynard J.L., Lloyd J.E. Earthworm population density and diversity
1119 in different-aged urban systems // Appl. Soil Ecology. 2007. V.37. P. 161-168.
1120 <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.06.004>
- 1121 114. Vasenev V.I., Smagin A.V., Ananyeva N.D., Ivashchenko K.V., Gavrilenko E.G., Prokofeva
1122 T.V., Paltseva A., Stoorvogel J.J., Gosse D.D., Valentini R. Urban Soil's Functions: Monitoring, Assessment,
1123 and Management // A. Rakshit et al. (eds.). Adaptive Soil Management: from Theory to Practices. P. 359-
1124 409. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3638-5_18

- 1125 115. Vergnes A., Blouin M., Muratet A., Lerch T.Z., Mendez-Millan M., Rouelle-Casrec M., Dubs
 1126 F. Initial condition during Technosol implementation shape earthworms and ants diversity // Landscape
 1127 Urban Planning. 2017. V.159. P. 32-41. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.10.002>
- 1128 116. Voronina L.P., Morachevskaya E.V., Akishina M.M., Kozlova O.N. Evaluation of
 1129 environmental health of the Kolomenskoye park under anthropogenic pressure from Moscow City // J. Soils
 1130 Sediments. 2019. V. 19. P. 3226-3234. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-1985-4>
- 1131 117. Wang M., Markert B., Shen W., Chen W., Peng C., Ouyang Z. Microbial biomass and
 1132 enzyme activities of urban soils in Beijing // Environ. Sci. Pollut. Research. 2011. V. 18. P.958-967.
 1133 <https://doi.org/10.1007/s11356-011-0445-0>
- 1134 118. Wang X., Wu J., Kumari D. Composition and functional genes analysis of bacterial
 1135 communities from urban parks of Shanghai, China and their role in ecosystem functionality // Landscape
 1136 Urban Planning. 2018. V. 177. P. 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.landurbanplan.2018.05.003>
- 1137 119. Wessolek G., Toland A. Devil in the Sand – the Case of Teufelsberg Berlin and Cultural
 1138 Ecosystem services Provided by Urban Soils // Soils within Cities. Eds.: M.L. Levin et al. IUSS Working
 1139 Group SUITMA. Catena Soil Sciences. Stuttgart. 2017. P. 231-240.
- 1140 120. Yan B., Lu Q., He J., Qi Y., Fu G., Xiao N., Li J. Composition and interaction frequencies in
 1141 soil bacterial communities change in association with urban park age in Beijing // Pedobiologia – Journal of
 1142 Soil Ecology. 2021. V. 84. 150699. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2020.150699>
- 1143 121. Yang L., Yuan L., Peng K., Wu S. Nutrients and heavy metals in urban soils under different
 1144 green space types in Anji, China // Catena. 2014. V. 115. P. 39-46.
 1145 <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.11.008>
- 1146 122. Ylmaz D., Cannavo P., Séré G., Vidal-Beaudet L., Legret M., Damas O., Peyneau P.-E.
 1147 Physical properties of structural soils containing waste materials to achieve urban greening // J. Soils
 1148 Sediments. 2018. V. 18. P. 442-455. <https://doi.org/10.1007/s11368-016-1524-0>
- 1149 123. Yuangen Y., Campbell C.D., Clark L., Cameron C.M., Paterson E. Microbial indicators of
 1150 heavy metal contamination in urban and rural soils // Chemosphere. 2006. V. 63. P.1942-1952.
 1151 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.10.009>
- 1152 124. Zhang J., Wang X., Wu J., Kumari D. Fungal community composition analysis of 24
 1153 different urban parks in Shanghai, China // Urban Ecosystems. 2019. 22. P. 855-863.
 1154 <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00867-5>
- 1155 125. Zhao L., Yan Y., Yu R., Hu G., Cheng Y., Huang H. Source apportionment and health risk of
 1156 the bioavailable and residual fractions of heavy metals in the park soils in a coastal city of China using a
 1157 receptor model combined with Pb isotopes // Catena. 2020. V.194. 104736.
 1158 <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104736>
- 1159

1160 **Таблица 1.** рН_{водн} в почвах парков

Город, парк	рН _{водн}	Характеристики объекта	Источник
-------------	--------------------	------------------------	----------

Soundview Park, Нью-Йорк	7.0-7.7	Urbic Technosol	[77]
Парки г. Фушань, Китай	4.1-4.7	Слабо преобразованные почвы	[73]
	5.4-7.1	Сильно преобразованные почвы	
Парк «Покровское-Стрешнево», Москва	7.0-8.1	Урбаноземы	[28]
	5.2-6.4	Ржавоземы	[17]
Парк «Тушинский», Москва	6.4-7.5	Урбаноземы	[17, 29]
	3.9-5.3	Дерново-подзолистые	
Парки г. Зелена Гура, Польша	3.5-7.5	Природные и антропогенные почвы	[66]
	(среднее 6.4±0.9)		
Парки г. Анжи, Китай	7.1-7.9	Слой 0-10 см	[121]
Парки г. Сопрон, Венгрия	7.7-7.9	Слой 0-10 см	[72]
Парк бывшей императорской резиденции (Shrogane-goryouchi), Токио, Япония	4.5-6.2	Разные почвы	[82]
Парк Планты, г. Краков, Польша	7.0-7.7	Антропогенные почвы	[64]
Летний сад, Санкт-Петербург	5.8-7.4	0-20 см	[12, 21]
	6.2-8.6	Насыпная толща	
парк Лужанки, Брно, Чехия	7.08	Слой 0-5 см	[47]
	(среднее)		
Парк 300-летия Санкт-Петербурга, Санкт-Петербург	6.2-7.9	Urbic Technosol на намывных грунтах	[104]
Дворцовый парк, г. Гатчина	6.4-7.8	Урбаноземы	[24]
Павловский парк, г. Санкт-Петербург	4.9-7.8, медиана 6.2	Стратоземы и урбаноземы	[94]

1161

1162 **Таблица 2.** Валовое содержание тяжелых металлов (диапазон значений, в
1163 скобках – медиана) в почвах парков разных городов мира

Город, парки (количество)	Содержание элементов, мг/кг почвы			Источник
	Cu	Pb	Zn	
Парк Саундвью, Нью-Йорк	48-529	160-1049	184-792	[77]
Парки Нью-Йорка (Центральный, Пелем-Бей-парк, парк Ван Кортландта)	14-138 (46)	40-730 (178)	19-300 (81)	[49]
Городские парки г. Гонконг (Китай)	1.3-277 (10.4)	7.5-496 (70.6)	23.0-930 (78.1)	[84]
Пригородные парки г. Гонконг (Китай)	1.39-89 (4.9)	15.8-161 (49.4)	25.5-173 (52)	
Сельские парки г. Гонконг (Китай)	2.0-20 (4.8)	11.2-124 (36.5)	25.3-136 (43.6)	

Парки (28) г. Гуанчжоу (Китай)	59.8	107.9	91.7	[68]
Парк Феникс, г. Дублин, Ирландия	25	39	94	[56]
Парки (9) г. Острава, Чехия	18-175 (38)	27-125 (49)	78-922 (151)	[63]
Парки (13) г. Прага, Чехия	16-114 (54)	22-213 (62)	57-285 (122)	[63]
Парки и зеленые зоны г. Прага, Чехия	47.1	72.5	145	[105]
Парки г. Катовице, Польша	30	270	590	[87]
Парки г.Забже, Польша	13.5	67.5	250	
Парки г. Даброва Горница, Польша	21.0	270.0	660.0	
Парки г. Тарновские Горы, Польша	22.0	930.00	1390.0	
Парки (100) г. Лос-Анджелеса	Не опр.	45.0	Не опр.	[76]
Парк Галитос, г. Авейро, Португалия	8-61 (16)	7-38 (20)	18-82 (49)	
Парк Глазго Грин, г. Глазго (Великобритания)	24-113 (88)	98-676 (279)	102-377 (174)	
Александра парк, г. Глазго, Великобритания	33-113 (59)	114-414 (179)	67-305 (104)	
Парк Тиволи, г. Любляна, Словения	21-78 (31)	39-225 (72)	84-300 (103)	[90]
Парк лос Принципес, г. Севилья (Испания)	30-72 (47)	43-247 (100)	73-191 (99)	
Парк Валентино, г. Турин, Италия	44-123 (83)	68-257 (137)	116-317 (234)	
Stadsträdgården. г. Упсала, Швеция	8-90 (31)	7-116 (36)	27-193 (106)	

1164

1165

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

1166

1167

1168

1169

1170

1171

1172

1173

1174

1175

1176

1177

1178

1179

Рис. 1. Строение почвенных профилей парков Санкт-Петербурга. 1 – урбостратозем серогумусированный на погребенной серогумусовой глееватой почве (Летний Сад) [21], 2 – урбостратозем серогумусовый маломощный на погребенной постагрогенной дерново-элювиально-метаморфической почве (парк «Интернационалистов», Фрунзенский район) [22], 3 – урбостратозем серогумусовый на погребенной дерново-подзолистой глееватой почве на моренных суглинках (парк музея-заповедника «Петергоф») [18].

Рис. 2. Почвенный покров парка «Сергиевка» (Петергоф) [18]. 1 – урбостратоземы серогумусовые на разных породах, 2 – дерново-подзолистые стратифицированные на моренных суглинках, 3 – агроземы постагрогенные на моренных суглинках, 4 – дерново-подзолистые типичные на моренных суглинках, 5 – дерново-подзолистые глееватые на моренных суглинках, 6 – дерново-подзолисто-глеевые на моренных суглинках, 7 – перегнойно-подзолисто-глеевые на моренных суглинках, 8 – дерново-подзолы

1180 иллювиально-железистые на озерно-ледниковых песках, подстилаемых
1181 моренными суглинками, 9 – дерново-подзолы глееватые на озерно-ледниковых
1182 песках, подстилаемых моренными суглинками, 10 – торфяно-глееземы на
1183 моренных суглинках, 11 – комбинация дерновых смытых и намытых почв на
1184 делювиальных отложениях.

1185 **Рис. 3.** Почвенный покров Придворцового участка района «Долина реки
1186 Славянки» Павловского парка [19]. 1 – стратозем серогумусовый супесчаный
1187 на аллювиальных отложениях, 2 – стратозем серогумусовый супесчаный на
1188 погребенной почве, 3 – стратозем серогумусовый глееватый легкосуглинистый
1189 на глинах, 4 – стратозем серогумусовый глеевый легкосуглинистый на озерно-
1190 ледниковых отложениях, 5 – стратозем серогумусовый глеевый смытый
1191 супесчаный, подстилаемый кембрийскими глинами, 6 – урбостратозем
1192 серогумусовый супесчаный, подстилаемый ленточными глинами, 7 –
1193 урбостратозем серогумусовый глееватый легкосуглинистый на ленточных
1194 глинах, 8 – урбостратозем серогумусовый глеевый легкосуглинистый на
1195 озерно-ледниковых песках, 9 – дерново-подзол иллювиально-железистый
1196 турбированный стратифицированный супесчаный на озерно-ледниковых
1197 отложениях, 10 – серогумусовая стратифицированная супесчаная на озерно-
1198 ледниковых отложениях, 11 – серогумусовая глееватая стратифицированная
1199 супесчаная на песках, подстилаемых суглинками, 12 – серогумусовая типичная
1200 супесчаная на озерно-ледниковых отложениях, 13 – темногумусовая намытая
1201 легкосуглинистая на озерно-ледниковых отложениях, 14 – темногумусово-
1202 глеевая намытая среднесуглинистая на аллювиальных отложениях, 15 –
1203 перегнойно-глеевая на аллювиальных песках, 16 – торфяно-глеезем на
1204 старичных аллювиальных отложениях, 17 – торфяная почва.

1205 ANTHROPOGENIC SOILS OF URBAN PARKS (REVIEW)

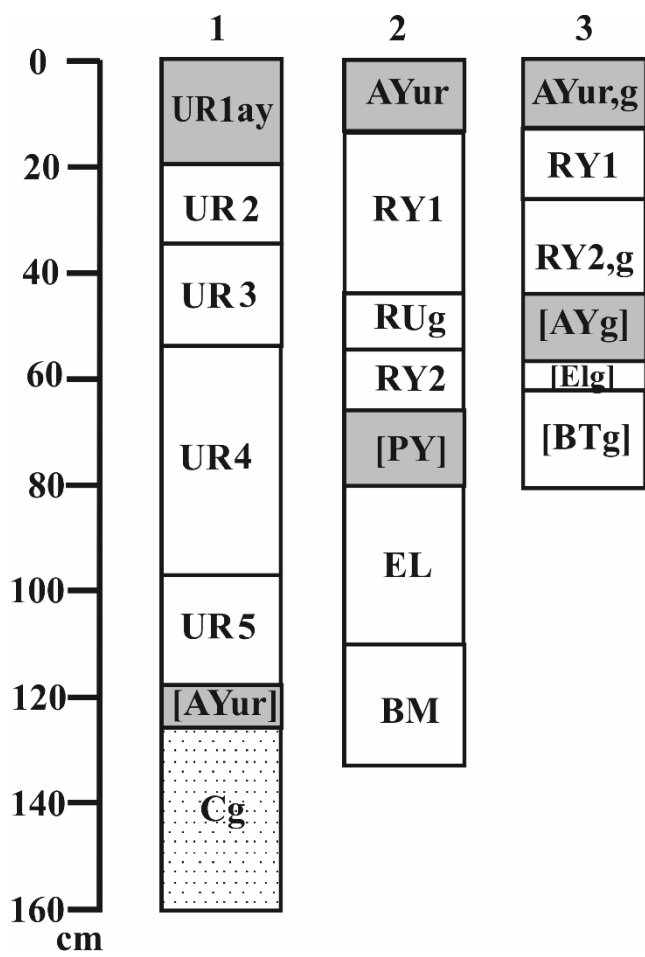
1206 **К.А. Bakhmatova, N.N. Matinian, A.A. Sheshukova**

1207 *Saint Petersburg University, 199034, Saint Petersburg, Russia*

1208 **Abstract.** Urban parks provide a range of ecosystem services and support a healthy urban
1209 environment. Soils are directly involved in biogeochemical cycles and maintenance of biodiversity
1210 in parks. The properties of park soils and the modes of their functioning are determined by the
1211 interaction of zonal and anthropogenic factors, such as the history of the park, the duration of its
1212 existence, ways of soil transformation or technology of soil construction, and the composition of
1213 plantations. Therefore, the soil cover of urban parks is heterogeneous and combines natural and
1214 anthropogenic components. Urbostratozems (Urbic Technosol) are common soils of urban parks.
1215 The presence of filling material, technogenic inclusions (e.g., construction waste) in these soils,
1216 leads to the soil alkalization and heterogeneity of physical and chemical properties in the soil
1217 profile. The complex soil cover composition and the heterogeneity of soil properties in urban parks
1218 contribute to an increasing in the diversity of soil microbial communities. A great number of studies
1219 demonstrate heavy metal (primarily Cu, Pb, Zn) contamination of soils in parks in Moscow, New
1220 York, Shanghai, Beijing, Hong Kong, Madrid, Dublin and other cities of the world, with an excess
1221 of the natural background and national hygiene standards. The content of heavy metals in soils
1222 depends on the duration and intensity of anthropogenic impact and varies greatly within each park.
1223 Despite a large number of studies on soil pollution, public health risk assessment methods are still
1224 under development. The relationships between park soils, vegetation and soil biota also require
1225 further study. The associated study of soils and biological communities of parks is a promising area
1226 of research and will contribute to the development of measures to maintain the sustainability of
1227 urban ecosystems. The combined study of soils and biological communities in parks is a promising
1228 area of research and will contribute to the development of measures to maintain the sustainability of
1229 urban ecosystems.

1230 **Keywords.** heavy metals, soil biota, enzymatic activity of soil, urbostratozem, Urbic Technosol

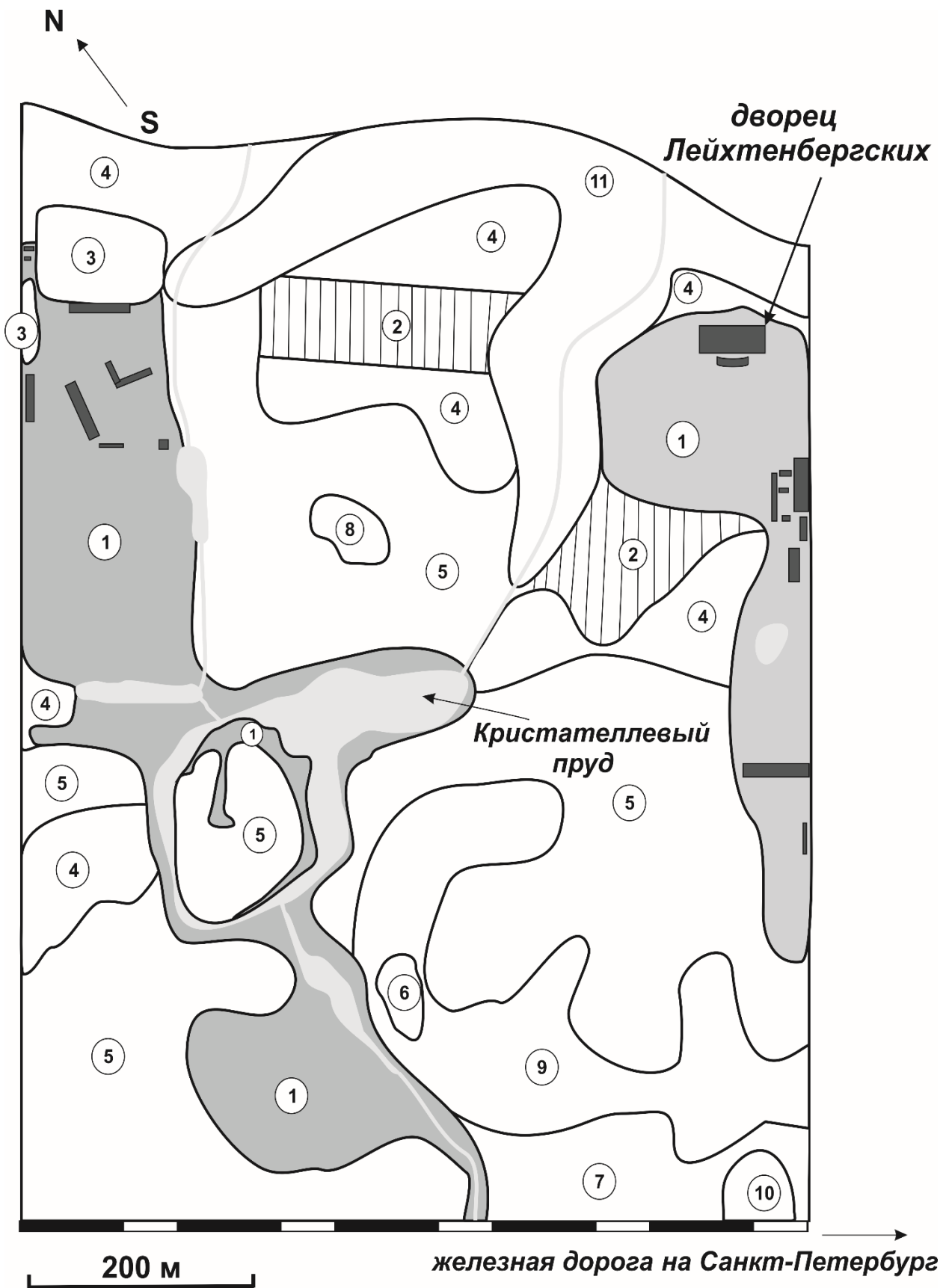
1231



1232

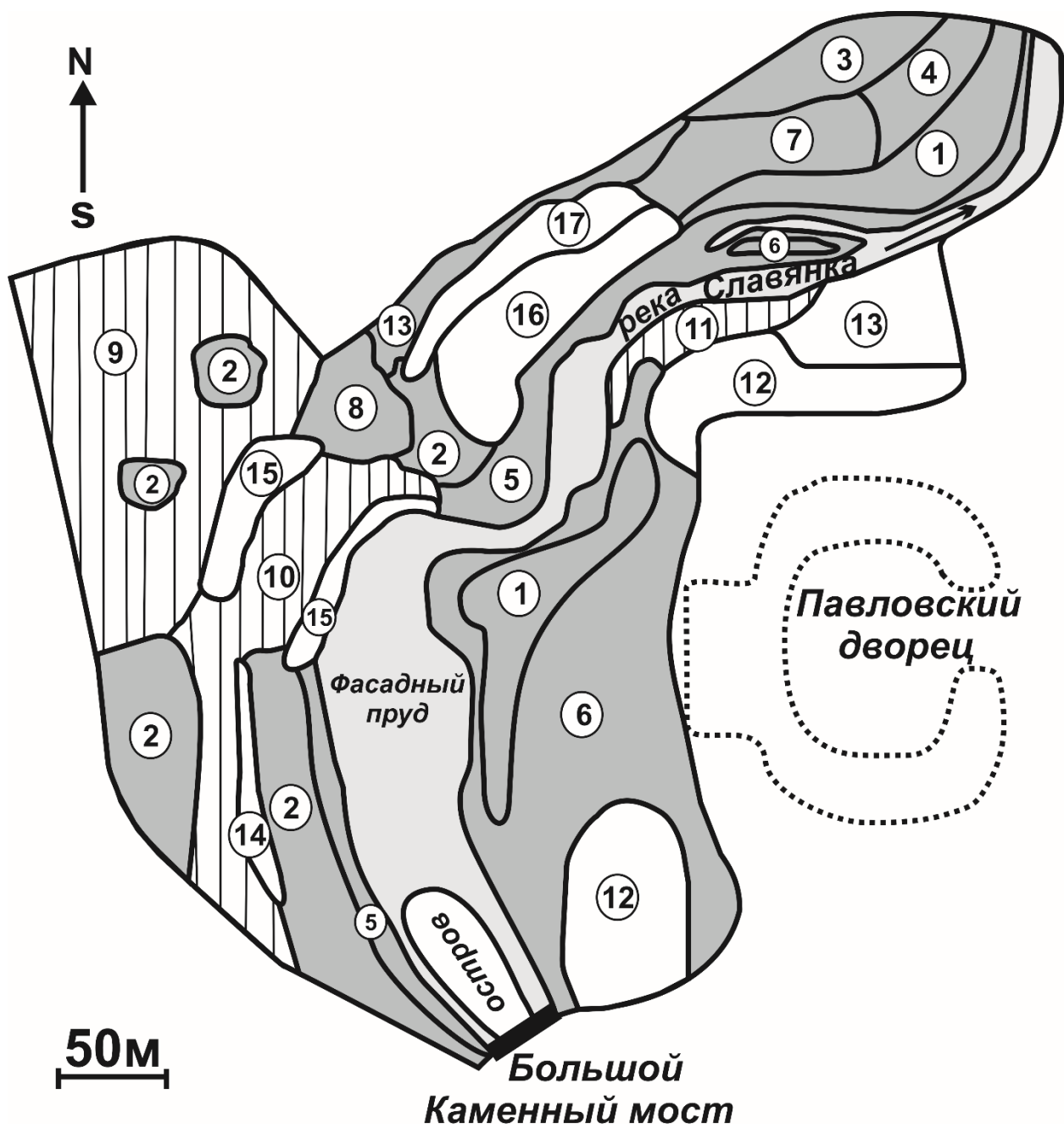
1233

Рис. 1. Бахматова.



1234

1235 Рис. 2. Бахматова.



1236

1237 Рис. 3. Бахматова.