

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-173-191

УДК 502.5 + 631.41

**А.Д. Мальцева, О.З. Еремченко,  
П.Ш. Сайранова, Н.А. Кобелев**

Пермский государственный национальный  
исследовательский университет,  
614068 г. Пермь, Российская Федерация

## Формирование урбопочв на песчаных террасах реки Камы

Цель исследований – оценить процессы формирования и экологическое состояние урбопочв, их способность создавать условия для роста и развития растений в жилых районах городов Прикамья. Установлено, что на песчаных террасах р. Камы за несколько десятилетий сформировались урбостратоземы и урбиквазиземы супесчано-песчаного гранулометрического состава. Свойства урбопочв в значительной степени обусловлены отсыпкой на поверхность низинного торфа. Верхние почвенные слои, как правило, характеризуются карбонатностью, щелочной реакцией среды, высокой обеспеченностью подвижными фосфатами, а также сильным варьированием содержания органического углерода, обменного калия, каталазной и целлюлозолитической активностей. По результатам фитотестирования исследованные урбопочвы показали удовлетворительное экологическое состояние и умеренную токсичность. На развитие тест-культуры отрицательное влияние оказали щелочность и содержание обменного натрия в некоторых почвах. В ходе проведенных работ возникла проблема трансформации отсыпанного на поверхность низинного торфа и определения его участия в современном балансе углерода на городской территории.

**Ключевые слова:** песчаные урбопочвы, формирование урбопочв, свойства урбопочв, экологическое состояние почвы в городах, фитотоксичность урбопочв



ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Формирование урбопочв на песчаных террасах реки Камы / А.Д. Мальцева, О.З. Еремченко, П.Ш. Сайранова, Н.А. Кобелев // Социально-экологические технологии. 2025. Т. 15. № 2. С. 173–191. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-173-191

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-173-191

**A.D. Maltseva, O.Z. Eremchenko,  
P.Sh. Sairanova, N.A. Kobelev**

Perm State National Research University,  
Perm, 614990, Russian Federation

## Formation of urban soils on the sandy terraces of the Kama river

The aim of the research is to assess the properties and ecological condition of urban soils, along with their ability to foster the growth and development of plants on residential lawns within the cities of the Kama region. It has been confirmed that urban stratozems and urban quasi-soils with a sandy loam-sand granulometric composition have formed on the sandy terraces of the Kama River over several decades. The properties of urban soils have largely changed as a result of the deposition of lowland peat on the surface. The topsoil is typically distinguished by its carbonate content, an alkaline medium, a high availability of mobile phosphates, and considerable fluctuations in organic carbon content, exchangeable potassium, catalase, and cellulolytic activities. According to the results of phytotesting, the urban soils exhibited a satisfactory ecological state along with moderate levels of toxicity. The presence of alkalinity and exchangeable sodium in certain soils adversely impacted the test culture. During the research, assessing the impact of the modified lowland peat that has accumulated on the surface in the current carbon balance of the urban area proved to be a challenge.

**Key words:** sandy urban soils, formation of urban soils, properties of urban soils, ecological state of urban soils, phytotoxicity of urban soils

FOR CITATION: Maltseva A.D., Eremchenko O.Z., Sairanova P.Sh., Kobelev N.A. Formation of urban soils on the sandy terraces of the Kama river. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2025. Vol. 15. No. 2. Pp. 173–191. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-173-191

## Введение

Городские почвы являются сложнейшими компонентами природно-антропогенной среды, т.к. их свойства и функции определяются как природными факторами (биоклиматическими, литогенными, гидрогенными и др.), так и продолжительностью периода урбогенеза, видами техногенных воздействий, спецификой окультурирования. Информация о состоянии городских почв необходима при планировании, проектировании и управлении городскими районами в целях поддержания будущего благополучия людей и здоровья городской экосистемы. Высокая уязвимость урбопочв к антропогенным нагрузкам (загрязнение, засоление, уплотнение грунта и т.д.) обуславливает необходимость их экологического мониторинга, оценки и стандартизации [Vaseneva et al., 2018; Прокофьева, Герасимова, 2018; O’Riordan et al., 2021; Гордиенко, Балкушкин, 2023].

В Пермском крае почвенный покров нижних террас р. Камы формируется на перигляциальных песчаных отложениях [Сайранова, Еремченко, 2024]. Урбопочвы городов Пермь, Соликамск, Чайковский, расположенные на 1–2 камских террасах, характеризуются легким (песчаным и супесчаным) гранулометрическим составом [Еремченко, Шестаков, Москвина, 2016; Коровина, Мальцева, 2023]. Известны основные недостатки песчаных почв: низкая влагоемкость и провальная водопроницаемость, недостаточная обеспеченность питательными элементами; кроме того, песчаные почвы характеризуются слабой устойчивостью к загрязнению тяжелыми металлами [Оценка экологического риска..., 2018]. Характеристика почв жилых районов городов Пермь и Соликамск представлена в монографии О.З. Еремченко с соавторами (2016); однако в ней ограничена информации о свойствах и функциях урбопочв супесчано-песчаного состава в районах многоэтажной застройки городов Прикамья.

*Цель исследования* – оценить экологическое состояние супесчано-песчаных почв и их способность создавать условия для роста и развития растений на газонах в жилом районе г. Перми.

### *Задачи:*

- 1) установить факторы почвообразования на газонах жилых районов в пределах песчаных террас, систематизировать урбопочвы согласно современной классификации городских почв;
- 2) изучить физические, физико-химические, химические и биохимические свойства урбопочв легкого гранулометрического состава;
- 3) оценить экологическое состояние и токсичность урбопочв на газонах методом фитотестирования.

### **Материалы и методы**

Объект исследования – супесчано-песчаные почвы газонов микрорайона Парковый г. Перми. Строительство многоэтажных зданий здесь началось в середине 1970-х гг., следовательно, урбопочвы этого микрорайона имеют возраст не более 50 лет.

В 2023 г. на газонах микрорайона Парковый заложены 10 прикопок до глубины 30–50 см (рис. 1); почвенные пробы отобраны из слоя 0–15 см. В почвенных прикопках проведено описание морфологических признаков урбопочв. При диагностике почв использовали классификацию городских почв [Введение почв и почвоподобных образований..., 2014].

Природные почвы – псаммоземы гумусовые камских террас – изучены в природно-рекреационной зоне г. Перми под сосновыми лесами (см. рис. 1).

В почвенных пробах исследовали: плотность твердой фазы почвы пикнометрическим методом, плотность почвенного мелкозема – в образце с нарушенным сложением, агрегатный состав – путем просеивания воздушно-сухой почвы через колонку сит, максимальная гигроскопичность – путем насыщения почвы влагой в среде с насыщенным раствором сернокислого калия, порозность и влажность устойчивого завядания – традиционным расчетным способом, pH водный – потенциометрическим методом (ГОСТ 26423–85); органическое вещество ( $C_{\text{орг}}$ ) – титриметрическим методом по Тюрину; подвижные соединения фосфора и калия – по Мачигину (ГОСТ 26205–91); активность каталазы – по методу Джонсона и Темпла путем обратного титрования остаточного пероксида водорода с перманганатом калия; определение целлюлозолитической активности почв – по Кристенсену [Титова, Дабахова, Дабахов, 2011].

Фитотестирование почвы проводили по реакции кресс-салата; высоту и сырую массу надземной части растений измерили в 25-кратной повторности<sup>1</sup>. Редокс-активность растительных вытяжек из кресс-салата

<sup>1</sup> Еремченко О.З., Митракова Н.В. Способ оценки биологической активности и токсичности почв и техногенных грунтов: пат. Рос. Федерации № 2620555. 2017.

изучалась по методу Петта в модификации Прокашева; в условиях окислительного стресса растения накапливают восстановленные соединения.



**Рис. 1.** Расположение разрезов на псаммоземах гумусовых и прикопок на супесчано-песчаных урбопочвах

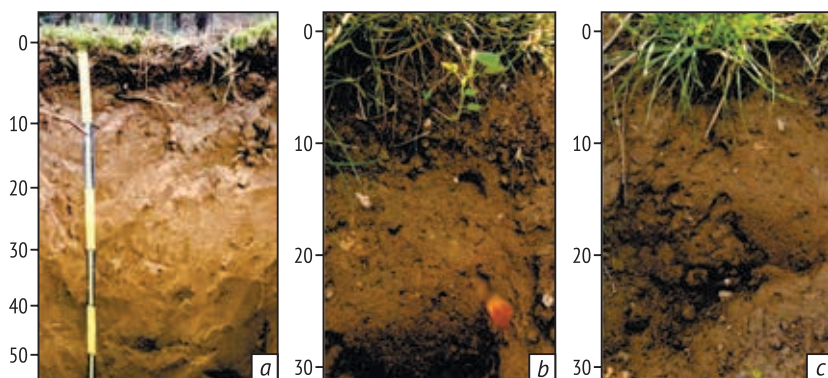
**Fig. 1.** The location of sections on humus psammozems and excavation sites on sandy loam and sandy urban soils

Значимость различий с тест-контролем у длины, массы, редокс-активности рассчитали однофакторным дисперсионным анализом с помощью критерия Краскела–Уоллиса при уровне значимости  $p \leq 0,05$ . Зависимости между свойствами почвы, ее биохимической активностью и физиолого-биохимическими показателями растений установили методом непараметрического корреляционного анализа (коэффициент Спирмена) при уровне значимости  $p < 0,05$ .

## Результаты и обсуждение

Физико-химические и химические свойства урбопочв сильно варьируют, их рекомендуют оценивать по отношению к природным аналогам [Введение почв и почвоподобных образований..., 2014]. Профиль псаммоземов гумусовых нижних камских террас образует горизонт W –

гумусово-слаборазвитый мощностью около 0–5 (6) см, верхняя часть которого представлена растительным опадом (слой 0–3 см); темно-серая окраска, бесструктурный, супесчаный, содержит много корней деревьев и трав. Под ним залегают светло-бурые пески иногда с признаками ожелезнения (рис. 2). Псаммоземы имеют сильноокислую реакцию среды (рН 4,6–5,4), низкую емкость поглощения и минимальную насыщенность основаниями. Относительно повышенное количество органического углерода содержится в гумусово-слаборазвитом горизонте (около 5%), в переходном к почвообразующей породе горизонте количество органического углерода снижалось до 1%. По гранулометрическому составу горизонт W – супесь мелкопесчаная, минеральные горизонты – песок связный мелкозернистый [Сайранова, Еремченко, 2024].



**Рис. 2.** Внешний вид псаммозема и супесчано-песчаных почв в жилом микрорайоне г. Перми:

*a* – псаммозем гумусовый; *b* – урбостратозем песчаный карбонатный; *c* – урбиквазизем песчаный карбонатный

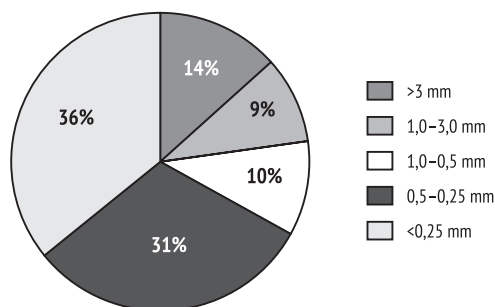
**Fig. 2.** The appearance of psammozem and sandy loam soils in aresidential district of Perm:

*a* – humus psammozem; *b* – urbanozems sandy carbonate; *c* – urbiquasizem sandy carbonate

Урбопочвы песчаных газонов содержали, как правило, более 10% артефактов (кирпич, гравий, калька, стекло...), вскипали от соляной кислоты, что характерно для урбостратоземов [Введение почв и почвоподобных образований..., 2014]. Горизонт UR-урбик преимущественно раздельно-бесструктурный, супесчано-песчаный, изредка встречалась непрочная комковатость (см. рис. 2). Урбик очень постепенно переходит в ТСН, чаще песчаного состава, или в песчаную породу (D). В почвах

газонов, как правило, встречались признаки окультуривания; верхняя часть URrat-урбика грубогумусированного представлена смесью песчаных фракций с темным материалом, состоящим из механической смеси различных по степени разложенности оторфованных растительных остатков. При мощности поверхностного горизонта с признаками урбопедогенеза менее 40 см выделены урбиквазиземы, формирующиеся на культурном слое или песчаной породе. Урбиквазиземы также содержали несвязанные с песчаными фракциями растительные остатки темного цвета. Описанные разности песчаных урбопочв характерны и для жилых районов г. Чайковский [Коровина, Мальцева, 2023].

Урбопочвы супесчано-песчаные характеризовались высокой каменистостью; сумма агрегатов более 1 мм (камней и гравия) была в среднем около 22% от массы. В мелкоземе доминировали микроагрегаты размером менее 0,25 мм и мезоагрегаты 0,5–0,25 мм (рис. 3).



**Рис. 3.** Среднее содержание агрегатов в супесчано-песчаных урбопочвах в жилом микрорайоне г. Перми, %

**Fig. 3.** The average content of aggregates in sandy loam and sandy urban soils in a residential district of Perm, %

Плотность почвенного мелкозема и плотность его твердой фазы невысокие, в пределах плотности гумусированных горизонтов почв (табл. 1). Пористость урбопочв преимущественно низкая по критериям Н.А. Качинского [Качинский, 1965], максимальная гигроскопичность и влажность устойчивого завядания изменялись более чем в 2 раза. Плотность, пористость, максимальная гигроскопичность и, соответственно, влажность завядания тесно коррелировали с содержанием агрегатов размером 1–0,5 мм (табл. 2). Доля этой фракции в среднем низкая (10%), в ней, по-видимому, представлены пористые микроагрегаты. Агрегаты размером менее 0,25 мм, включающие частицы мелкого песка, не способны к оструктуриванию и снижали пористость урбопочв.

Таблица 1

**Физические свойства супесчано-песчаных урбопочв  
в жилом микрорайоне г. Перми**  
[Physical properties of sandy loam and sandy urban soils  
in a residential district of Perm]

| Свойства<br>[Properties]                                           | Среднее<br>[Mean] | Медиана<br>[Median] | Минимум<br>[Min] | Максимум<br>[Max] |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| Плотность, г/см <sup>3</sup> [Density, g/cm <sup>3</sup> ]         | 1,16              | 1,14                | 0,99             | 1,34              |
| Плотность твердой фазы<br>[Density solidphase, g/cm <sup>3</sup> ] | 2,06              | 2,06                | 2,00             | 2,15              |
| Порозность, % [Porosity, %]                                        | 43,7              | 45,2                | 34,6             | 51,7              |
| Максимальная гигроскопичность, %<br>[Maximum hygroscopicity, %]    | 3,8               | 3,5                 | 2,6              | 7,2               |
| Влажность завядания, %<br>[Wilting humidity, %]                    | 5,1               | 4,8                 | 3,5              | 9, 7              |

Таблица 2

**Зависимости между содержанием агрегатов в мелкозем  
и физическими свойствами супесчано-песчаных урбопочв  
в жилом микрорайоне г. Перми**  
(коэффициент корреляции Спирмена)

[The correlation between the content of aggregates in fine-grained  
soil and the physical properties of sandy loam and sandy urban soils  
in a residential district of Perm (Spearman's correlation coefficient)]

| Свойства<br>[Properties]                                  | Размеры агрегатов, мм<br>[Dimensions of the aggregate, mm] |          |              |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------|--------------|
|                                                           | 1–0,5                                                      | 0,5–0,25 | <0,25        |
| Плотность [Density]                                       | <b>–0,73</b>                                               | 0,08     | 0,62         |
| Плотность твердой фазы [Density solid phase]              | –0,27                                                      | 0,18     | 0,13         |
| Порозность [Porosity]                                     | <b>0,80</b>                                                | –0,13    | <b>–0,74</b> |
| Максимальная гигроскопичность<br>[Maximum hygroscopicity] | <b>0,75</b>                                                | –0,19    | –0,53        |
| Влажность завядания [Wilting humidity]                    | <b>0,75</b>                                                | –0,19    | –0,53        |

Примечание. Полужирным выделены коэффициенты, значимые при  $p < 0,05$ .  
[Note: Coefficients significant at  $p < 0.05$  are shown in bold.]

В корнеобитаемом слое урбопочв, как правило, присутствовали карбонаты (отчетливая реакция на вскипание), что обусловлено не столько атмо-техногенной нагрузкой в городах [Прокофьева, Герасимова, 2018], сколько повсеместным использованием карбонатного щебня при устройстве строительных площадок в г. Перми [Еремченко, Шестаков, Москвина, 2016]. Верхний слой урбопочв, как правило, характеризовался слабощелочной реакцией (табл. 3), что, как правило, отличает городские почвы от природных почв в лесной зоне [Ефремова, Дабах, Кондакова, 2013; Сравнительная оценка состояния городских почв..., 2014].

Таблица 3

**Агрохимические и биохимические свойства  
супесчано-песчаных урбопочв в жилом микрорайоне г. Перми  
[Agrochemical and biochemical properties of sandy loam  
and sandy urban soils in a residential district of Perm]**

| <b>Свойства<br/>[Properties]</b>                                                                                                 | <b>Среднее<br/>[Mean]</b> | <b>Медиана<br/>[Median]</b> | <b>Минимум<br/>[Min]</b> | <b>Максимум<br/>[Max]</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| $pH_{\text{вод}}$ [ $pH_{H_2O}$ ]                                                                                                | 7,99                      | 7,92                        | 7,12                     | 8,94                      |
| $C_{\text{орг}}$ , % [Organic carbon, %]                                                                                         | 4,33                      | 3,94                        | 2,31                     | 9,07                      |
| Подвижные $P_2O_5$ , мг/100 г<br>[Mobile phosphates, mg/100g]                                                                    | 10,06                     | 8,20                        | 3,40                     | 23,20                     |
| Обменный $K^+$ , мг/100 г<br>[Exchangeable potassium, mg/100g]                                                                   | 17,40                     | 17,00                       | 6,00                     | 26,00                     |
| Обменный $Na^+$ , мг/100 г [Exchange<br>ablesodium, mg/100g]                                                                     | 27,80                     | 20,00                       | 2,00                     | 68,00                     |
| Целлюлозолитическая активность, %<br>[Cellulolytic activities, %]                                                                | 40,1                      | 42,0                        | 15,0                     | 70,0                      |
| Каталазная активность,<br>мл 0,1н $KMnO_4$ на 1 г за 20 мин<br>[Catalase activities, ml 0,1n $KMnO_4$<br>per gram in 20 minutes] | 0,26                      | 0,26                        | 0,22                     | 0,32                      |

Содержание органического углерода в урбопочвах газонов варьировало от 2,2 до 9%. Органический углерод попадает в почвы с городской пылью [Органические компоненты..., 2021]; повышенная аккумуляция органического вещества распространена в урбопочвах мира [Водяницкий, 2015; O’Riordan et al., 2021]. Накоплению способствуют замедленная минерализация растительных остатков, увеличение продуктивности

растительности за счет повышенной температуры, высокого содержания в воздухе углекислого газа и ухода за зелеными зонами, внесение торфа, устройство орошения и осушения [Lorenz, Lal, 2000; Pickett, 2008; Водяницкий, 2015]. В урбопочвах Перми одним из основных приемов окультуривания почв является отсыпка на поверхность низинного торфа мощностью около 10 см. Городские почвы участвуют в локальном и региональном балансе углерода, в обеспечении углеродной нейтральности [Jo, McPherson, 1995; Васенев, Прокофьева, Макаров, 2013; Водяницкий, 2015; O'Riordan et al., 2021]. В ходе проведенных работ возникла проблема трансформации отсыпанного на поверхность низинного торфа и определения его участия в современном балансе углерода на городской территории.

Все урбопочвы отличались очень высоким содержанием подвижных фосфатов (определено по [Справочник по оценке почв, 2004]). Уровень содержания подвижных фосфатов в пределах 100–200 мг/кг соответствует признакам горизонта урбик [Введение почв и почвоподобных образований..., 2014].

Содержание обменного калия в урбопочвах колебалась от низкого до высокого уровня (определено по [Справочник по оценке почв, 2004]) (см. табл. 3). Песчаные породы бедны калием, дополнительное поступление калия в урбопочвы может происходить со строительными материалами, а также с противогололедными песчано-солевыми смесями, которые содержат отходы калийного производства [Еремченко, Шестаков, Москвина, 2016].

Содержание обменного натрия в среднем существенно превышало количество обменного калия. Накопление натрия в почвах городов связано с применением дорожных антиобледенителей [Там же; Оценка засоления почв..., 2023].

Городские почвы должны выполнять санитарно-гигиеническую функцию в отношении патогенных микроорганизмов и органических остатков [Vaseneva et al., 2018]; эта способность к самоочищению непосредственно связана с биохимической активностью почв. В исследуемых урбопочвах целлюлозолитическая активность в соответствии с принятыми критериями [Титова, Дабахова, Дабахов, 2011] колебалась от слабой до сильной (см. табл. 3), зависела от обеспеченности урбопочв калием.

Каталаза катализирует расщепление перекиси водорода с образованием кислорода и таким образом предотвращает нарушение структуры и функций клеточных мембран [Mahaseth, Kuzminov, 2017; Аладьева, Зиматкин, 2022]. Каталазную активность почв использовали в качестве

критерия загрязнения городских почв [Комплексный подход..., 2019]. Почвы газонов в микрорайоне Парковый отличались по каталазной активности в 1,5 раза; в целом активность заметно превысила уровень активности фермента в псаммоземах гумусовых [Сайранова, Еремченко, 2024]. Каталазная активность усиливалась с увеличением содержания обменного натрия в почве (табл. 4). Известно, что засоление и другие виды химического загрязнения вызывают у организмов окислительный стресс, концентрация каталазы может быть направлена на устранение избытка перекиси водорода.

На длину и массу тест-культуры отрицательное влияние оказывали усиление щелочности и увеличение содержания обменного натрия в урбопочвах (см. табл. 4). Методика фитотестирования позволяет оценить экологическое состояние урбопочв. Снижение длины кресс-салата на 11–18% (рис. 4) указывало на удовлетворительное экологическое состояние урбопочв газонов. Снижение массы кресс-салата на урбопочвах было более значительным – на 18–33%, что соответствует преимущественно удовлетворительному экологическому состоянию. Но на четырех пробах растения ниже контроля на 31–33%, что соответствует неудовлетворительному экологическому состоянию почв (см. рис. 4).

На семи почвенных пробах наблюдали повышение редокс-активности в растениях, преимущественно, на 10–30%, что согласно методике указывало на умеренную фитотоксичность почв [Там же]. Повышенная редокс-активность – это реакция кресс-салата на аккумуляцию токсичных веществ (тяжелые металлы, водорастворимые соли, нефтепродукты, бензапирен) в урбопочвах [Биологическая оценка..., 2014; Критические нагрузки..., 2017; Комплексный подход..., 2019; Синдирева, Терентьев, 2023; Оценка засоления почв..., 2023].

## Заключение

Супесчано-песчаные урбопочвы в жилом микрорайоне г. Перми сформировались преимущественно из песков водно-ледникового происхождения и за несколько десятилетий приобрели качественные отличия от природных аналогов – псаммоземов гумусовых.

Горизонты урбик в урбостратоземах и поверхностные слои урбиквазиземов содержали более 10% артефактов, имели щелочную реакцию среды, как правило, содержали карбонаты, характеризовались значительной аккумуляцией подвижных фосфатов. На плотность, порозность, влагоемкость, влажность устойчивого завядания урбопочв положительно влияли мезоагрегаты размером 1–0,5 мм.

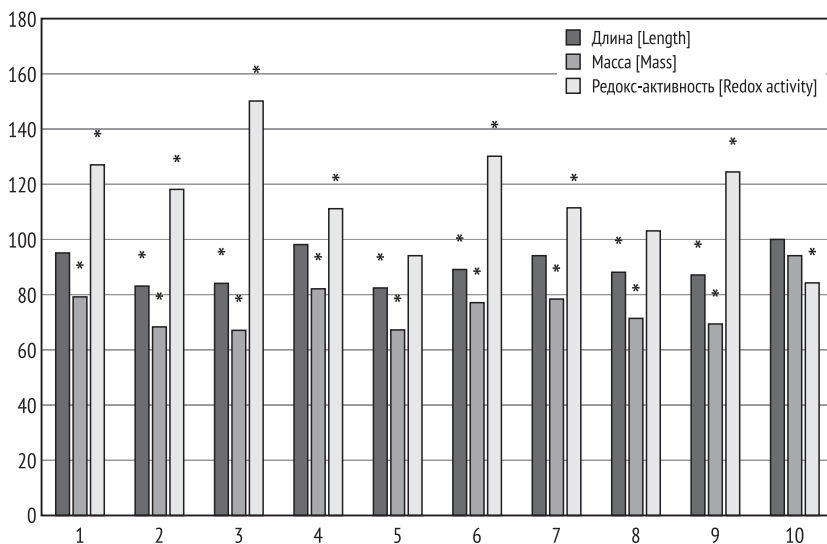
Таблица 4

**Зависимости между биологическими и агрохимическими свойствами супесчано-песчаных урбопочв  
в жилом микрорайоне г. Перми (коэффициент корреляции Спирмена)**  
**[Correlation between biological and agrochemical properties of sandy loam and sandy urban soils  
in a residential district of Perm (Spearman's correlation coefficient)]**

| Свойства<br>[Properties]                                    | $pH_{\text{вод}}$<br>[ $pH_{H_2O}$ ] | $C_{\text{орг}}$<br>[Organic<br>carbon] | Подвижные<br>фосфаты<br>[Mobile<br>phosphates] | Обменный<br>калий<br>[Exchangeable<br>potassium] | Обменный<br>натрий<br>[Exchangeable<br>sodium] |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Целлюлозолитическая активность<br>[Cellulolytic activities] | -0,06                                | -0,22                                   | 0,57                                           | <b>0,94</b>                                      | 0,04                                           |
| Катазная активность<br>[Catalase activities]                | 0,41                                 | -0,01                                   | 0,23                                           | 0,54                                             | <b>0,67</b>                                    |
| Длина тест-культуры<br>[Length test culture]                | <b>-0,77</b>                         | 0,12                                    | 0,24                                           | 0,38                                             | <b>-0,66</b>                                   |
| Масса тест-культуры<br>[Mass test culture]                  | <b>-0,78</b>                         | 0,13                                    | 0,34                                           | 0,40                                             | -0,62                                          |
| Редокс-активность<br>[Redox activity test culture]          | 0,37                                 | 0,21                                    | 0,17                                           | 0,15                                             | 0,47                                           |

Примечание. Полужирным выделены коэффициенты, значимые при  $p < 0,05$ .

[Note: Coefficients significant at  $p < 0.05$  are shown in bold.]



**Рис. 4.** Длина, масса и редокс-активность тест-культуры при выращивании на супесчано-песчаных урбопочвах жилого микрорайона г. Перми, % относительно тест-контроля  
\* – значимые отличия с тест-контролем

**Fig. 4.** Length, mass and redox activity of the test crop when grow non sandy loam urban soils in a residential neighborhood of Perm, % relative to the test control  
\* – significant differences with the test control

Признаки окультуривания газонов связаны с отсыпкой на поверхность низинного торфа, они проявились в повышенном содержании органического углерода в урбопочвах.

Применение песчано-солевых смесей в качестве антиобледенителей способствовало увеличению количества обменного натрия и калия, появлению щелочной реакции среды в почвах газонов.

Биохимические показатели урбопочв (катазная и целлюлозолитическая активности) значительно варьировали, зависели от комплекса свойств урбопочв.

По результатам фитотестирования супесчано-песчаные урбопочвы газонов характеризовались преимущественно удовлетворительным экологическим состоянием и умеренной токсичностью.

## Выводы

1. В жилом микрорайоне г. Перми, расположенном на песчаной террасе р. Камы, за несколько десятилетий сформировались урбостратоземы и урбиквазиземы супесчано-песчаного гранулометрического состава.

2. Свойства урбопочв в значительной степени связаны с отсыпкой на поверхность низинного торфа. Верхние слои почв, как правило, характеризуются карбонатностью, щелочной реакцией среды, высокой обеспеченностью подвижными фосфатами, а также сильным варьированием количества органического углерода (2,3–9,1%), обменного калия, каталазной и целлюлозолитической активностей.

3. По результатам фитотестирования супесчано-песчаные урбопочвы газонов показали удовлетворительное экологическое состояние и, преимущественно, умеренную токсичность.

## Библиографический список / References

Аладьева Т.Л., Зиматкин С.М. Каталаза клетки: строение, биогенез, многообразие, функции // Экспериментальная биология и биотехнология. 2022. № 1. С. 12–22. [Aladyeva T.L., Zimatkin S.M. Cellular catalase: Structure, biogenesis, diversity, functions. *Experimental Biology and Biotechnology*. 2022. No. 1. Pp. 12–22. (In Rus.)]

Биологическая оценка токсичности городских почв в почвенно-экологическом мониторинге / Т.В. Бардина, М.В. Чугунова, Л.П. Капелькина и др. // Экология урбанизированных территорий. 2014. № 2. С. 87–91. [Bardina T.V., Chugunova M.V., Kapelkina L.P. et al. Biological assessment of city soils' toxicity in soil-ecological monitoring. *Ecology of Urban Areas*. 2014. No. 2. Pp. 87–91. (In Rus.)]

Васенев В.И., Прокофьева Т.В., Макаров О.А. Разработка подхода к оценке запасов почвенного органического углерода мегаполиса и малого населенного пункта // Почвоведение. 2013. Т. 46. № 6. С. 725–736. [Vasenev V.I., Prokofeva T.V., Makarov O.A. The development of approaches to assess the soil organic carbon pools in megapolises and small settlements. *Eurasian Soil Science*. 2013. Vol. 46. No. 6. Pp. 685–696. (In Rus.)]

Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России / Т.В. Прокофьева, М.И. Герасимова, О.С. Безуглова и др. // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1155–1164. [Prokofyeva T.V., Gerasimova M.I., Bezuglova O.S. et al. Inclusion of soils and soil-like bodies of urban territories into the Russian soil classification system. *Eurasian Soil Science*. 2014. Vol. 47. No. 10. Pp. 959–967. (In Rus.)]

Водяницкий Ю.Н. Органическое вещество в городских почвах (обзор литературы) // Почвоведение. 2015. № 8. С. 921–931. [Vodyanitskii Yu.N. Organic matter

of urban soils: A review. *Eurasian Soil Science*. 2015. Vol. 48. No. 8. Pp. 921–931. (In Rus.)]

Гордиенко О.А., Балкушкин Р.Н. Пространственная неоднородность свойств почв рекреационных территорий г. Волгограда // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2023. Вып. 114. С. 92–116. [Gordienko O.A., Balkushkin R.N. Spatial heterogeneity of soil properties of recreational areas of Volgograd. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2023. Vol. 114. Pp. 92–116. (In Rus.)]

Еремченко О.З., Шестаков И.Е., Москвина Н.В. Почвы и техногенные поверхностные образования урбанизированных территорий Пермского Прикамья. Пермь, 2016. [Eremchenko O.Z., Shestakov I.E., Moskvina N.V. *Pochvy i tekhnogennyye poverkhnostnyye obrazovaniya urbanizirovannykh territoriy Perm'skogo Prikamya* [Soils and technogenic surface formations of urbanized territories of the Permian Kama region]. Perm, 2016.]

Ефремова В.А., Дабах Е.В., Кондакова Л.В. Химико-биологическая оценка состояния городских почв // Сибирский экологический журнал. 2013. № 5. С. 741–750. [Efremova V.A., Kondakova L.V., Dabakh E.V. A chemical and biological assessment of the state of urban soils. 2013. Vol. 6. No. 5. Pp. 561–568. (In Rus.)]

Качинский Н.А. Физика почвы. М., 1965. Ч. 1. [Kachinskii N.A. *Fizika pochvy* [Soil physics]. Moscow, 1965. Part 1.]

Комплексный подход в оценке экологического состояния городских почв / С.Г. Скугорева, Т.И. Кутявина, С.Ю. Огородникова и др. // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 57–65. [Skugoreva S.G., Kutayavina T.I., Ogorodnikova S.Yu. Integrated approach to environmental assessment of urban soil. *Theoretical and Applied Ecology*. 2019. No. 3. Pp. 57–65. (In Rus.)]

Коровина Е.А., Мальцева А.Д. Разнообразие и некоторые свойства почв районов многоэтажной застройки г. Чайковский // Фундаментальные и прикладные аспекты биологии: сб. ст. Международной конференции ученых-биологов. Пермь, 2023. С. 246–249. [Korovina E.A., Maltseva A.D. Diversity and some properties of soils in the multi-storey development area of Tchaikovsky. *Fundamentalnye i prikladnye aspekty biologii: Sbornik statei Mezhdunarodnoi konferentsii uchenykh-biologov*. Perm, 2023. Pp. 246–249. (In Rus.)]

Критические нагрузки бенз(а)пирена на городские почвы / Н.Е. Кошелева, Н.С. Касимов, С.Д. Власов и др. // Доклады Академии наук. 2017. Вып. 472. № 2. С. 210–214. [Kosheleva N.E., Kasimov N.S., Vlasov D.V. et al. Critical loads of benzo(a)pyrene on urban soils. *Doklady Earth Sciences*. 2017. Vol. 472. No. 1. Pp. 95–99. (In Rus.)]

Органические компоненты и биота в составе городского атмосферного пылеаэрозоля: потенциальное влияние на городские почвы / Т.В. Прокофьева, С.А. Шоба, Л.В. Лысак и др. // Почвоведение. 2021. № 10. С. 1247–1261. [Prokofyeva T.V., Shoba S.A., Lysak L.V. et al. Organic constituents and biota in the urban atmospheric solid aerosol: Potential effects on urban soils. *Eurasian Soil Science*. 2021. No. 10. Pp. 1532–1545. (In Rus.)]

Оценка засоления почв среднего по численности города (на примере Гусь-Хрустального Владимирской области) / Т.А. Трифонова, А.Г. Космачева, А.А. Марцев и др. // Социально-экологические технологии. 2023. Т. 13. № 4. С. 384–398. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-4-384-398 [Trifonova T.A., Kosmacheva A.G., Martsev A.A. et al. Assessment of soil salinity in an average city (on the example of Gus-Khrustalny in Vladimir region). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2023. Vol. 13. No. 4. Pp. 384–398. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-4-384-398]

Оценка экологического риска в связи с накоплением тяжелых металлов в почвах городских лесов / О.З. Еремченко, В.С. Артамонова, С.Б. Бортникова и др. // Вестник Пермского университета. Биология. 2018. Вып. 1. С. 70–80. [Eremchenko O.Z., Artamonova V.S., Bortnikova S.B. et al. The estimation of ecological risk in connection with the heavy metals accumulation in soil of urban forests. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologiya*. 2018. Vol. 1. Pp. 70–80. (In Rus.)]

Прокофьева Т.В., Герасимова М.И. Городские почвы: диагностика и классификационное определение по материалам научной экскурсии конференции SUITMA-9 по Москве // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1057–1070. [Prokofeva T.V., Gerasimova M.I. Urban soils: Biagnostics and taxonomic position according to materials of scientific excursion in Moscow at the SUITMA-9 workshop. *Eurasian Soil Science*. 2018. Vol. 51. No. 9. Pp. 995–1007. (In Rus.)]

Сайранова П.Ш., Еремченко О.З. Свойства псаммоземов камских надпойменных террас и оценка их устойчивости к загрязнению Cu и Cd // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2024. Вып. 119. С. 66–97. [Sairanova P.Sh., Eremchenko O.Z. Properties of psammozems of the Kama terraces above the floodplain and assessment of their sustainability to pollution by Cu and Cd. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2024. Vol. 119. Pp. 66–97. (In Rus.)]

Синдирева А.В., Терентьев Г.Р. Экологическая оценка содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов в почвах придорожных территорий города Тюмени // Социально-экологические технологии. 2023. Т. 13. № 1. С. 57–76. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-57-76 [Sindireva A.V., Terentev G.R. Ecological assessment of heavy metals and petroleum products in soils of roadside areas of Tyumen city. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2023. Vol. 13. No. 1. Pp. 57–76. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-57-76]

Справочник по оценке почв / В.Ф. Вальков, Н.В. Елисеева, И.И. Имгрунт и др. Майкоп, 2004. [Valkov V.F., Eliseeva N.V., Imgrunt I.I. et al. *Spravochnik po otsenke pochv* [Handbook on soil assessment]. Maykop, 2004.]

Сравнительная оценка состояния городских почв по их биологической активности / Т.А. Трифонова, О.Н. Сахно, О.Н. Забелина и др. // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2014. № 3. Рр. 23–27. [Trifonova T.A., Sakhno O.N., Zabelina O.N. et al. Comparative assessment of state of urban soils for their biological activity. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie*. 2014. No. 3. Pp. 23–27. (In Rus.)]

Титова В.И., Дабахова Е.В., Дабахов М.В. Агро- и биохимические методы исследования состояния экосистем. Н. Новгород, 2011. [Titova V.I., Dabakhova E.V., Dabakhov M.V. Agro- i biokhimicheskie metody issledovaniya sostoyaniya ekosistem [Agro- and biochemical methods for studying the state of ecosystems]. Nizhniy Novgorod, 2011.]

Jo H.K., McPherson E.G. Carbon storage and flux in urban residential green space. *J. Environ. Management*. 1995. Vol. 45. Pp. 109–133.

Lorenz K., Lal R. Biogeochemical C and N cycles in urban soils. *Environ. Intern.* 2000. Vol. 35. Pp. 1–8.

Mahaseth T., Kuzminov A. Potentiation of hydrogen peroxide toxicity: From catalase inhibition to stable DNA-iron complexes. *Mutation Research. Reviews in Mutation Research*. 2017. Vol. 773. Pp. 274–281.

O’Riordan R., Davies J., Stevens C. et al. The ecosystem services of urban soils: A review. *Geoderma*. 2021. Vol. 395. Pp. 1–12.

Pickett S.T.A., Cadenasso M.L., Grove J.M. et al. Beyond urban legends: An emerging framework of urban ecology, as illustrated by the Baltimore ecosystem study. *BioScience*. 2008. Vol. 58. Pp. 139–150.

Pouyat R.V., Pouyat R.V., Day S.D. et al. Forest and rangeland soils of the United States under changing conditions: A comprehensive science synthesis. Switzerland. 2020.

Vaseneva V.I., Van Oudenhovenc A.P.E., Romzaykinaa O.N. et al. The ecological functions and ecosystem services of urban and technogenic soils: From theory to practice (a review). *Eurasian Soil Science*. 2018. Vol. 51. No. 10. Pp. 1119–1132.

Статья поступила в редакцию 28.11.2024, принята к публикации 27.01.2025  
The article was received on 28.11.2024, accepted for publication 27.01.2025

## Сведения об авторах / About the authors

**Мальцева Анастасия Дмитриевна** – аспирант кафедры физиологии растений и экологии почв биологического факультета, Пермский государственный национальный исследовательский университет; ассистент кафедры физиологии растений и экологии почв, Пермский государственный национальный исследовательский университет

**Anastasia D. Maltseva** – post-graduate student at the Department of Plant Physiology and Soil Ecology of the Faculty of Biology, Perm State National Research University; assistant at the Department of Plant Physiology and Soil Ecology of the Faculty of Biology, Perm State National Research University

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2849-6840>

E-mail: malseva15@gmail.com

**Еремченко Ольга Зиновьевна** – доктор биологических наук; профессор кафедры физиологии растений и экологии почв биологического факультета, Пермский государственный национальный исследовательский университет

**Olga Z. Eremchenko** – Dr. Hab. in Biology; Professor at the Department of Plant Physiology and Soil Ecology of the Faculty of Biology, Perm State National Research University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3581-0874>

E-mail: [eremch@psu.ru](mailto:eremch@psu.ru)

**Сайранова Полина Шамилевна** – аспирант кафедры физиологии растений и экологии почв биологического факультета, Пермский государственный национальный исследовательский университет; младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории биогеохимии техногенных ландшафтов Естественнонаучного института, ассистент кафедры физиологии растений и экологии почв биологического факультета, Пермский государственный национальный исследовательский университет

**Polina Sh. Sairanova** – post-graduate student at the Department of Plant Physiology and Soil Ecology of the Faculty of Biology, Perm State National Research University; junior researcher at the Research Laboratory of Biogeochemistry of Technogenic Landscapes of the Institute of Natural Science, assistant at the Department of Plant Physiology and Soil Ecology, Perm State National Research University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4121-0859>

E-mail: [sairanova.p@gmail.com](mailto:sairanova.p@gmail.com)

**Кобелев Никита Алексеевич** – магистрант направления «Картография и геоинформатика», Пермский государственный национальный исследовательский университет; инженер научно-исследовательской лаборатории биогеохимии техногенных ландшафтов Естественнонаучного института, Пермский государственный национальный исследовательский университет

**Nikita A. Kobelev** – MA-student of the program “Cartography and Geoinformatics”, Perm State National Research University; engineer at the Research Laboratory of Biogeochemistry of Technogenic Landscapes of the Institute of Natural Science, Perm State National Research University

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3129-5568>

E-mail: [amst3rz@gmail.com](mailto:amst3rz@gmail.com)

Заявленный вклад авторов

**А.Д. Мальцева** – участие в сборе полевого материала; исследование образцов почвы; обработка, анализ и интерпретация результатов

**О.З. Еремченко** – научное редактирование текста статьи

**П.Ш. Сайранова** – участие в сборе полевого материала, обработка данных, подготовка иллюстративного материала

**Н.А. Кобелев** – подготовка иллюстративного материала

### Contribution of the authors

**A.D. Maltseva** – participation in field data collection; soil sample analysis; processing, analysis, and interpretation of results

**O.Z. Eremchenko** – scientific editing of the article

**P.Sh. Sayranova** – participation in field data collection, data processing, preparation of illustrative material

**N.A. Kobelev** – preparation of illustrative material

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи  
All authors have read and approved the final manuscript