

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Научная статья
УДК 631.41(631.445)
doi: 10.17223/19988591/66/1

Вариативность поверхностных горизонтов почв города Тюмени (Россия)

Елизавета Юрьевна Константинова¹,
Александр Олегович Константинов², Алина Олеговна Курасова³,
Татьяна Михайловна Минкина⁴

^{1, 4} Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

² Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

³ Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия

¹ <http://orcid.org/0000-0002-9836-8721>, konstantliza@gmail.com

² <https://orcid.org/0000-0002-6950-2207>, konstantinov.alexandr72@gmail.com

³ <https://orcid.org/0000-0003-4479-3789>, kurasovalina@gmail.com

⁴ <http://orcid.org/0000-0003-3022-0883>, tminkina@mail.ru

Аннотация. В границах города Тюмени в современный период происходит интенсивная урбанизация, которая приводит к значительной трансформации природной среды. Активное расширение селитебных и промышленных зон происходит в условиях непрерывной застройки прилегающих территорий, бывших в сельскохозяйственном использовании или естественном состоянии. Данный процесс сопровождается сменой естественных почв антропогенно-преобразованными, которые занимают значительные площади и встречаются во всех функциональных зонах города. Антропогенная деятельность как фактор почвообразования проявляется в особенностях морфологического строения почв, особенно верхнего горизонта. В административных границах г. Тюмени (57°09' с.ш., 65°32' в.д.) исследованы морфологические особенности и физико-химические свойства поверхностных горизонтов (0–10 см) почв и техногенных поверхностных образований (241 образец). Показано, что в почвах всех функциональных зон, кроме рекреационной, отмечаются признаки антропогенного воздействия. Прямое воздействие приводит к перемешиванию верхних почвенных горизонтов, погребению естественных и антропогенно-преобразованных органогенных горизонтов, появлению срединных горизонтов на поверхности или сведению почвы, созданию новых горизонтов и почв. Таким образом, особенности морфологического строения почв являются репрезентативным источником информации об истории трансформации ландшафтов городских территорий в связи с характером и масштабом хозяйственной деятельности человека.

Ключевые слова: городские почвы, урболандшафты, история землепользования, *Urbic Technosol*, физико-химические свойства почв, Западная Сибирь

Источник финансирования: исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-77-00099; интерпретация результатов), а также в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2024-0006; аналитические работы).

Для цитирования: Константинова Е.Ю., Константинов А.О., Курасова А.О., Минкина Т.М. Вариативность поверхностных горизонтов почв города Тюмени (Россия) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2024. № 66. С. 6–21. doi: 10.17223/19988591/66/1

Original article

doi: 10.17223/19988591/66/1

Variability of surface soil horizons in the city of Tyumen (Russia)

**Elizaveta Yu. Konstantinova¹, Alexandr O. Konstantinov²,
Alina O. Kurasova³, Tatyana M. Minkina⁴**

^{1,4} *Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation*

² *University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation*

³ *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation*

¹ <http://orcid.org/0000-0002-9836-8721>, konstantliza@gmail.com

² <https://orcid.org/0000-0002-6950-2207>, konstantinov.alexandr72@gmail.com

³ <https://orcid.org/0000-0003-4479-3789>, kurasovalina@gmail.com

⁴ <http://orcid.org/0000-0003-3022-0883>, tminkina@mail.ru

Summary. Urbanization is one of the main trends of the modern world. The growth of the urban population, and, as a consequence, the increase in the area of urban landscapes, leads to a significant transformation of the environment due to comprehensive human economic activity or anthropogenesis. Such changes affect not only natural landscapes as a whole, but also their individual components, such as soil cover. Anthropogenically transformed soils occupy significant areas within urbanized territories. The nature of the anthropogenic impact on soils is determined by the type of land use and is reflected in the profile of urban soils in the form of formation of corresponding anthropogenic horizons or changes in the properties of surface horizons.

Field work was carried out within the boundaries of the city of Tyumen (57°09' N, 65°32' E), including both the core of dense urban areas and peripheral agricultural and recreational areas. The object of the study in this work is anthropogenically modified soils of the city of Tyumen. The description and diagnostics of horizons and characteristics were carried out on the basis of the “Classification and Diagnostics of Soils of Russia” [2004], taking into account proposals for the introduction of urban soils into the soil classification system of Russia. The research methods included morphological analysis of soils, determination of acidity, organic carbon content by the titrimetric method, soil texture by sedimentation method with pyrophosphate preparation. Statistical analysis of the data was carried out using the STATISTICA 12 “StatSoft” package (USA).

The results showed that natural surface horizons are typical only for undisturbed soils of the recreational area. The soils of other functional zones demonstrated signs of anthropogenic impact, which were expressed in the form of changes in both the soil profile as a whole and surface horizon. The direction and intensity of anthropogenic impact correspond to the severity of the transition from natural to anthropogenic landscapes.

The reaction of the surface horizons varies from acidic to strongly alkaline. The largest area within the city is occupied by alkaline soils. The Corg values fluctuate within 0.01-22.84%, with an average value of 2.7%. Loamic and siltic varieties predominate, among which silt loams are the most widespread. The composition of the major oxides is consistent with the soil texture. The contents of Fe₂O₃ and Al₂O₃ vary between 0.7-7.7 and 1.5-13%, their increased values are typical for soils on cover and loess-like loams. The SiO₂ content in most urban soils is 60-70%.

Within the urban area of Tyumen, 5 districts are distinguished according to with the morphology and properties of surface soil horizons. In the city center, urban stratified

soils on sandy and silty loamy technogenic deposits with elevated pH and average content of C_{org} predominate. The northern part of the city is occupied mainly by peat soils on the site of mined-out areas of the Tarman bog massif with an alkaline reaction and a high content of C_{org} . In the western part on the city periphery, agrogenically transformed and postagrogenic soils with slightly acidic and neutral reaction and average content of C_{org} on loess-like loams can be found. In the northeast of the city alkaline agricultural soils predominate. In the southeastern part within the lacustrine-alluvial deposits, slightly altered soils with low pH values and low C_{org} content can be found.

The article contains 4 Figures, 33 References.

Keywords: urban soils, urban landscapes, history of land use, Urbic Technosol, soil physico-chemical properties, Western Siberia

Fundings: This research was performed with the support of the Russian Science Foundation (Grant No 22-77-00099: interpretation of results) as well as within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Grant No FSWM-2024-0006: laboratory work).

For citation: Konstantinova EYu, Konstantinov AO, Kurasova AO, Minkina TM. Variability of surface soil horizons in the city of Tyumen (Russia). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2024;66:6-21. doi: 10.17223/19988591/66/1

Введение

В современном мире одной из важнейших целей в области устойчивого развития является обеспечение жизнестойкости и экологической устойчивости урбанизированных территорий. Население городов достигло 4,4 млрд человек к 2021 г., или 56% от численности мирового населения, и продолжает расти [1]. К числу главных последствий урбанизации относятся развитие городской транспортной и социальной инфраструктуры, увеличение экономической активности, в том числе в связи с расширением промышленного производства. Интенсивный техногенез как результат различных взаимосвязанных процессов приводит к глубокому преобразованию исходных природных ландшафтов и отдельных их компонентов, в частности, их свойств и функций [2].

Трансформация почвенного покрова в результате процессов урбанизации является одним из приоритетных направлений исследований в последние десятилетия [3–5]. Актуальность данной проблематики обусловлена, с одной стороны, масштабом, а с другой – сложным, не всегда однозначным характером данного явления [6–7]. Возникновение и развитие антропогенно-преобразованных почв и техногенных поверхностных образований (ТПО) определяются историей и длительностью урбанизации, характером землепользования. Городские почвы, с одной стороны, наследуют признаки естественных почв, с другой – формируются под влиянием деятельности человека, приводящей к изменению или уничтожению природных образований [8]. Несмотря на рост числа исследований, посвященных вопросам классификации городских почв и ТПО [9–13], проблема их включения в современную классификацию почв России продолжает оставаться дискуссионной [14].

Характер освоения территории, особенности городской структуры, специализация и размещение производств являются специфичными признаками каждого конкретного города. Возраст городской застройки, функциональное зонирование, плотность населения, плотность дорожной сети, расстояние от городского центра определяются уровнем урбанизации и являются важными факторами формирования почвенного покрова городов [15]. Кроме того, как показали результаты современных исследований, исходный физико-географический контекст может также являться фактором значительной дифференциации почвенного покрова [16–17], что потенциально способно оказывать существенное влияние на экосистемные функции и эколого-геохимическую специализацию почвенного покрова [18–19]. Таким образом, совокупность естественных особенностей территории и характера процессов урбанизации являются ключом к пониманию современного разнообразия почв городских территорий и их потенциальной роли в формировании подобных ландшафтов.

В России насчитывается 1 118 городов, в которых проживает 110,1 млн чел. [20]. Тюмень занимает 18-е место по численности населения среди городов России и характеризуется высокой динамикой прироста населения. Тюмень является крупным транспортным и торговым центром с развитой сферой строительства, основой промышленности которого служат крупные и средние обрабатывающие производства. В настоящее время город продолжает интенсивно развиваться при достаточно низком росте промышленности. Соответственно, пример Тюмени может рассматриваться в качестве одного из возможных путей постиндустриального развития урболандшафтов России, возможные последствия которого важно изучить, в том числе с позиций исследований городских почв.

Изучение почвенного покрова в окрестностях Тюмени проводилось в 80–90-е гг. XX в., до начала интенсивного развития урбопочвоведения в России. Л.Н. Каретиным и И.М. Гаджиевым составлена почвенная карта юга Тюменской области [21], дающая представление о почвенном покрове пригородной зоны Тюмени. Сведения о морфологических особенностях, физико-химических свойствах природных и используемых в земледелии почв данной территории содержатся в работах Л.Н. Каретина [22] и В.Я. Хренова [23], где для определения таксономической принадлежности почв использована факторно-экологическая классификация почв СССР [24], не позволяющая охарактеризовать антропогенно-преобразованные почвы. Антропогенно-преобразованные почвы и ТПО застроенной части Тюмени обсуждаются в работе А.Н. Гусейнова [25], в которой использована систематика городских почв, предложенная М.Н. Строгановой и М.Г. Агарковой [9].

Цель настоящего исследования состоит в анализе вариативности свойств и морфологии поверхностных горизонтов почв Тюмени в контексте особенностей урбанизации и своеобразия исходных ландшафтов.

Материалы и методы

Полевые почвенно-геохимические исследования проведены летом 2016 г. в административных границах Тюмени (рис. 1). Город Тюмень

(57°09' N, 65°32' E), основанный в 1586 г., с населением 861,1 тыс. чел. и площадью 698,5 км², расположен на юго-западе Западно-Сибирской равнины. Протекающая с запада на восток р. Тура делит территорию на две части: левобережную на низкой I надпойменной террасе (НПТ), переходящей в Тарманский болотный массив, и правобережную, занимающую комплекс высоких НПТ и часть Тура-Пышминского междуречья. Территория характеризуется умеренным климатом с продолжительной холодной зимой и коротким теплым летом; преобладают юго-западные ветры. Тюмень расположена на границе двух почвенных провинций: левобережная часть города относится к Западно-Сибирской южнотаёжной дерново-неглубоко- и глубоко-подзолистых почв, дерново-подзолистых и дерново-подзолисто-глеевых почв со вторым гумусовым горизонтом, торфяных болотных и дерново-глеевых почв, правобережная – к Западно-Сибирской лиственно-лесной серых лесных, серых лесных осолоделых, лугово-чернозёмных и луговых осолоделых и солонцеватых и лугово-болотных почв [26].

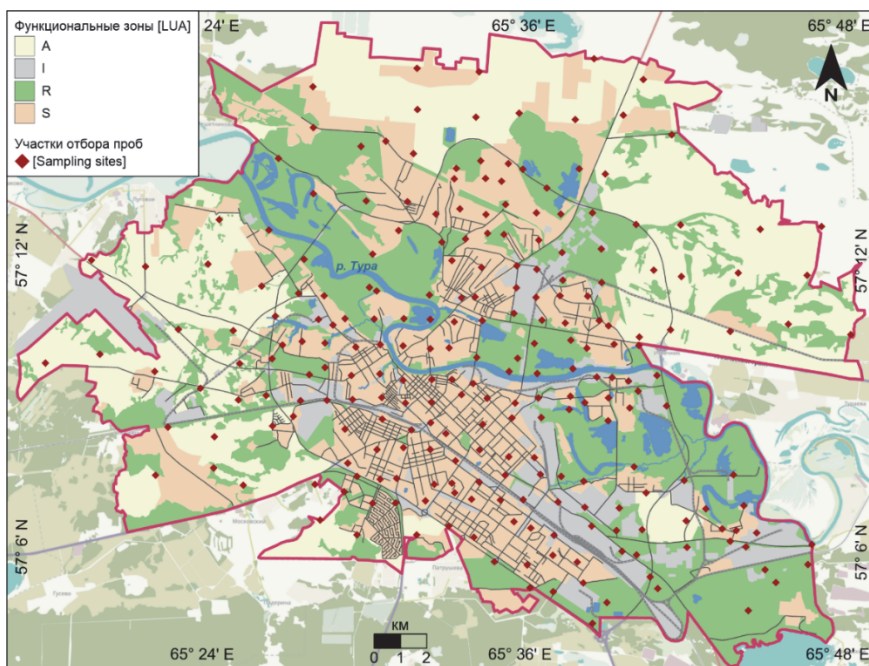


Рис. 1. Расположение площадок опробования почв в пределах различных функциональных зон Тюмени: А – сельскохозяйственная, I – промышленно-складская, R – рекреационная, S – селитебная

[Fig. 1. Location of soil sampling sites within various functional zones of Tyumen city: A - agricultural, I - industrial and warehouse, R - recreational, S - residential]

Для оценки трансформации верхней части профиля городских почв по регулярной километровой сети заложены площадки опробования на участках с ненарушенным почвенным и редким растительным покровом [27]. На незастроенных городских территориях в рекреационной и сельскохозяйственной зонах плотность сети составила 1 площадка на 4 км². В результате

выделен 241 участок опробования (рис. 1). Для морфологической характеристики верхней части почвенного профиля в центре площадки 5×5 м закладывалась прикопка глубиной до 40 см. Классификация почв проводилась с учетом предложений о введении городских почв и ТПО [9–14] в Классификацию и диагностику почв России [28] и согласно Мировой реферативной базе почвенных ресурсов [29]. На каждой площадке методом конверта отбиралась смешанная проба поверхностного (0–10 см) почвенного горизонта (исключая опад, подстилку, мусор, камни и пр.) [30].

В отобранных образцах определены рН потенциометрическим методом в суспензии почва:вода (1:2,5) с помощью рН метра 206-pH1 «Testo» (Германия), содержание органического углерода ($C_{\text{орг}}$) титриметрическим вариантом метода И.В. Тюрина [31], содержание Al_2O_3 , SiO_2 и Fe_2O_3 рентгенофлуоресцентным спектрометром Спектроскан Макс-GV «Спектрон» (Россия) и размерность почвенных частиц лазерным дифрактометром LS 13320 «Beckman Coulter» (США) с предварительным диспергированием проб пиррофосфатом натрия.

Обработка и анализ данных проведены с использованием пакета Statistica 12 «StatSoft» (США). Рассчитаны описательные статистики изученных параметров и проведена проверка нормальности распределения выборок с помощью W-теста Шапиро–Уилка.

Результаты исследования и обсуждение

Встречаемость различных типов поверхностных горизонтов в почвах Тюмени и их свойства. Полевые исследования показали, что естественные поверхностные горизонты характерны только для ненарушенных почв рекреационной зоны. В почвах всех остальных функциональных зон отмечаются признаки антропогенного воздействия, которые выражаются в виде изменения как почвенного профиля в целом, так и поверхностных горизонтов (рис. 2). Направленность и интенсивность процессов антропогенного воздействия соответствуют выраженности перехода от естественных к антропогенным ландшафтам.

В природных почвах ненарушенных ландшафтов рекреационной зоны поверхностные горизонты представлены естественно-залегающими гумусовыми и органогенными горизонтами АУ, АУ и Н без признаков прямого антропогенного воздействия (рис. 2). Серогумусовый горизонт АУ характерен для дерново-подбуров и дерново-подзолистых почв, аллювиальных гумусовых (дерновых) почв, АУ – для темно-серых почв, Н – для перегнойно-глеевых почв. Серогумусовые горизонты АУ имеют реакцию среды от кислой до нейтральной (рН 4,0–6,7, в среднем 5,8), состав от супесчаного до среднесуглинистого, содержат 0,5–4,5% (в среднем 1,6%) $C_{\text{орг}}$. Темногумусовые горизонты АУ характеризуются более щелочной реакцией (рН 6,6–7,9, в среднем 7,5), более высоким содержанием $C_{\text{орг}}$ (1,3–5,1, в среднем 2,9%). В перегнойных горизонтах Н отмечается максимальное содержание $C_{\text{орг}}$ (до 23%) (рис. 3).

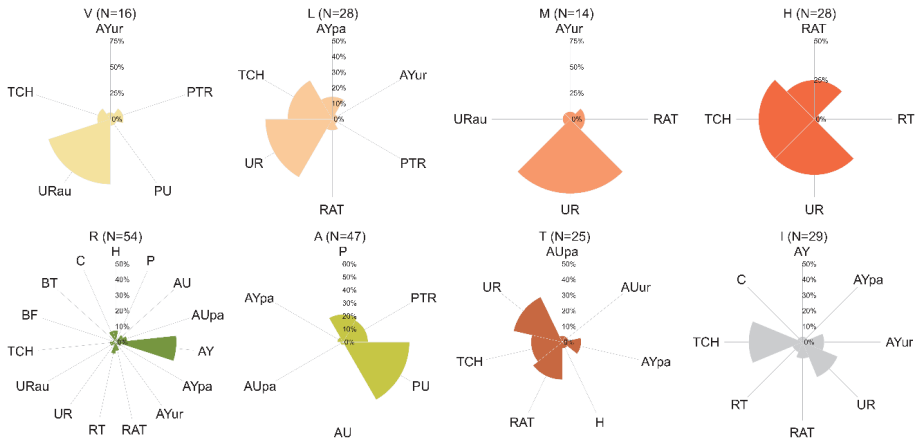


Рис. 2. Встречаемость (%) поверхностных горизонтов почв (N – количество) в зависимости от функционального назначения территорий в пределах Тюмени: V – селитебная садово-дачная, L – селитебная малоэтажная, M – селитебная среднетажная, H – селитебная многоэтажная, R – рекреационная, A – сельскохозяйственная, T – транспортная, I – промышленно-складская
[Fig. 2. Occurrence (%) of topsoil horizons (N - quantity) depending on the land use area within Tyumen: V - residential villatic, L - residential low-rise, M - residential mid-rise, H - residential high-rise, R - recreational, A - agricultural, T - transport, I - industrial]

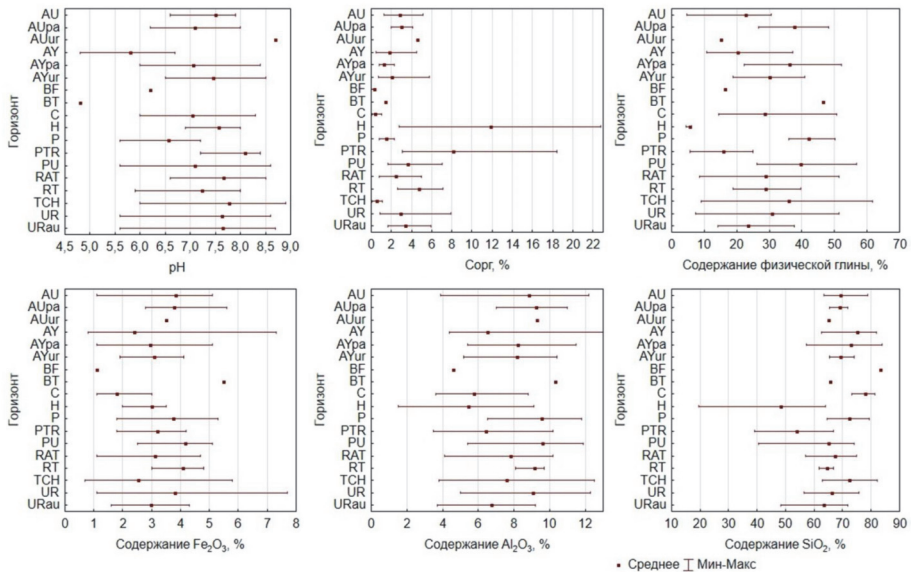


Рис. 3. Варьирование свойств изученных поверхностных горизонтов почв и техногенных поверхностных образований
[Fig. 3. Variation in the properties of the studied surface soil horizons and technogenic soil-like formations]

В зоне сельскохозяйственного назначения в результате длительной распашки формируются агрогенно-преобразованные поверхностные горизонты P, PU и PTR (рис. 2), которые являются диагностическими для агросе-

рых, агротемно-серых почв и торфозёмов агроминеральных, соответственно. Агрогумусовые горизонты Р по сравнению с АУ обеднены $C_{орг}$ (0,8–2,3, в среднем 1,5%), отличаются более щелочной реакцией (рН 5,6–7,2, в среднем 6,6), более тяжелым гранулометрическим составом. Реакция в агротемногумусовых горизонтах РU варьирует от слабокислой до щелочной, но преобладает нейтральная (рН 7,1); содержание $C_{орг}$ составляет в среднем 3,6% (от 1,7 до 7%) (см. рис. 3). Сельскохозяйственная зона северной части города занимает обширные рекультивированные территории выработанных торфяников. Земледельческое освоение данных территорий привело к образованию агроторфяно-минеральных РTR горизонтов. Для них характерны легкий состав, высокие значения рН (7,2–8,4, в среднем 8,1) и $C_{орг}$ (до 18,4, в среднем 8,1%). Вследствие активной урбанизации часть земель выведена из сельскохозяйственного оборота, но не была застроена. Почвы таких территорий различного функционального назначения сохраняют в своем облике остаточные агрогенные признаки, в них выделяются постагрогенные гумусовые горизонты АУра и АУра, по своим свойствам занимающие промежуточное положение между природными и агрогенными горизонтами [31], что служит основанием для выделения темно-серых и серых постагрогенных почв.

Достаточно часто встречается срезание верхней части профиля за счет дефляции или эрозии, вызванной сведением растительного покрова, прокладкой грунтовых дорог, что приводит к выходу на поверхность либо естественно залегающих срединных горизонтов BF или BT и формированию абраземов, либо почвообразующих пород С и возникновению абралитов (рис. 4). Свойства горизонтов данных почв широко варьируют (см. рис. 3).

Изменение почв в городских условиях происходит как за счет поверхностной, так и глубокой трансформации профиля. Поверхностная трансформация, затрагивающая профиль на глубину до 50 см, проявляется в перемешивании материала верхних горизонтов, привнесении артефактов антропогенного происхождения в небольшом количестве (до 10%); при этом нижележащие горизонты остаются неизменными [12]. В таком случае выделены серогумусовые АУur и темногумусовые АUur горизонты с признаками урбопедогенеза. Серогумусовый горизонт характерен для урбосерых почв и урбодерново-подбуров, темногумусовый – для урботемно-серых. Урбогоризонты АУur и АUur отличаются повышенными значениями рН (в среднем 7,5 и 8,7) и $C_{орг}$ (2,1 и 4,6%). Глубокое преобразование профиля в результате длительного постепенного привнесения различных субстратов в селитебной, промышленной и транспортной зонах приводит к формированию особого горизонта урбик UR – диагностического горизонта урбостратозёмов. UR отличается мощностью, близкой к щелочной реакции среды, содержит значительное количество антропогенных включений (более 10%). Содержание $C_{орг}$ варьирует от 0,9 до 7,9, в среднем 2,9%. Отдельно выделяется близкий по свойствам длительно обрабатываемый горизонт URau, характерный для культурозёмов (см. рис. 3).

На территории города широко распространены ТПО, поверхностные горизонты которых представляют собой слои привнесенного техногенного или рекультивационного материала, слабо проработанного процессами почвообразования [14].

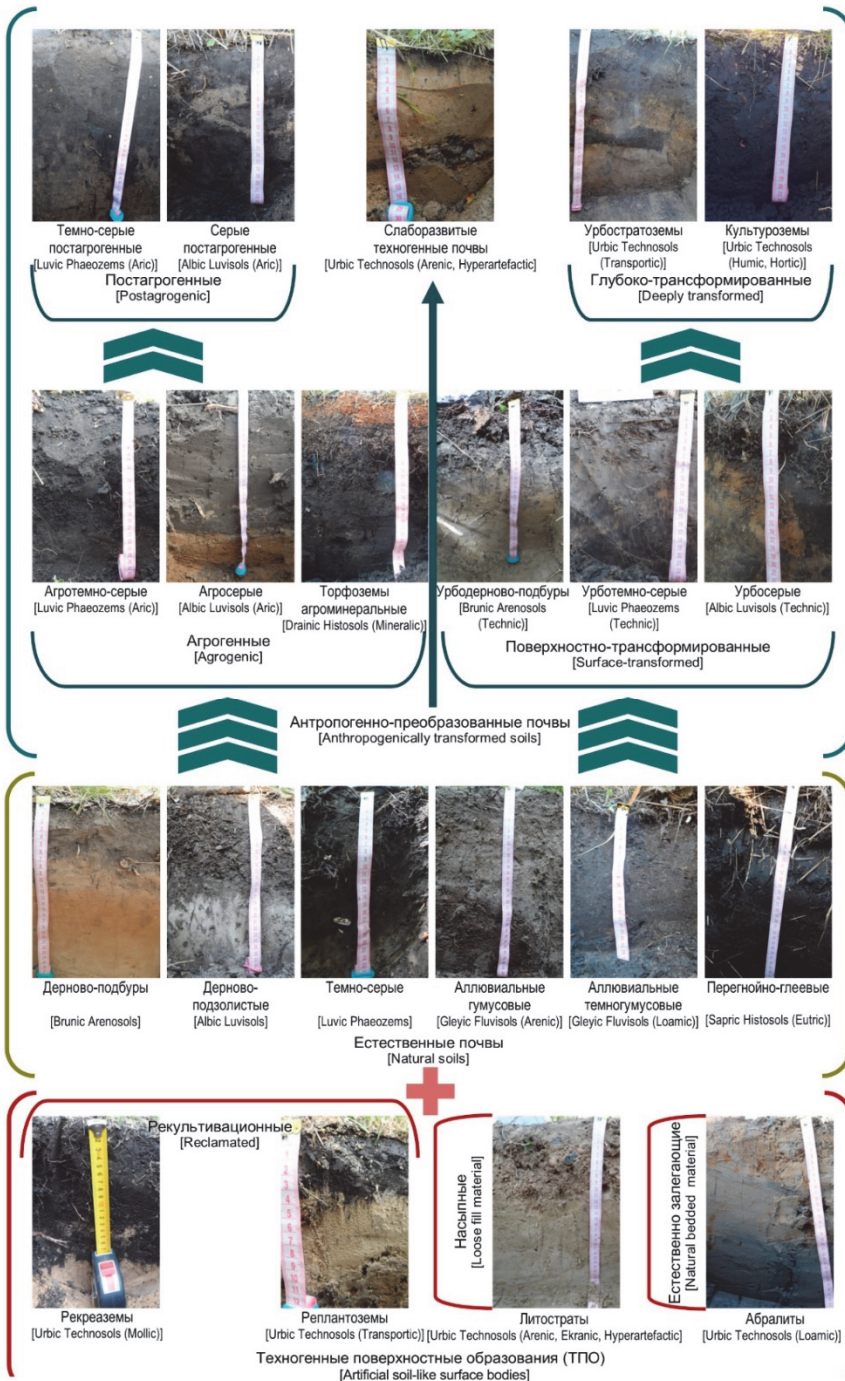


Рис. 4. Профили основных типов почв и техногенных почвоподобных образований, распространенных на территории города Тюмень
[Fig. 4. Profiles of the main types of soils and technogenic soil-like formations distributed in the territory of Tyumen city]

При планировании участков под застройку или размещение инфраструктуры снимается верхний почвенный слой, по окончании работ в случае благоустройства и озеленения территорий на поверхность укладывается насыпной компостный, торфокомпостный или гумусированный материал – формируется рекультивационный горизонт РАТ либо торфяной слой – RT. Для данных слоев-горизонтов характерны малая мощность (до 10 см), ровная граница и резкий переход к нижележащим горизонтам, единичные антропогенные включения. Наличие данных горизонтов позволяет выделить реплантозёмы и рекреазёмы соответственно. Чаще всего на дневной поверхности оказывается отсыпанный слой искусственного материала – техногенный горизонт ТСН, в таком случае диагностируется литострат. От других горизонтов он отличается отсутствием структуры, значительным количеством бытового и строительного мусора и очень низким содержанием $C_{орг}$ (см. рис. 3).

Почвенный покров, его разнообразие и связи с функциональным зонированием и особенностями инициального почвенного покрова и ландшафтов. На основе современных представлений о классификации и диагностике городских почв [8–14, 28, 32] и по собственным материалам составлен список основных типов почв и ТПО, встречаемых на территории Тюмени (рис. 4). В границах города естественные типы почв встречаются фрагментарно вне селитебных и промышленных зон, в почвенном покрове доминируют антропогенно-преобразованные почвы, широко распространены антропогенные образования.

В рекреационной зоне города сохранились естественные типы почв. На I-II НПТ под осиново-березовыми и березовыми лесами формируются дерново-подзолистые почвы на бескарбонатных суглинках и темно-серые почвы на карбонатных покровных и лессовидных суглинках, дерново-подбуры под сосновыми лесами на песчаных субаэральном отложениях и перегнойно-глеевые почвы под заболоченными лугами в локальных понижениях рельефа. Пойму Туры занимают аллювиальные гумусовые (дерновые) почвы под лугами и ивняками.

Значительную площадь в границах города занимают земли сельскохозяйственного назначения. Их длительное использование под пашню привело к формированию агрогенно-преобразованных почв. На Тура-Пышминском междуречье и высоких НПТ распространены агротемно-серые почвы на покровных и лёссовидных суглинках, на более низких позициях – агросерые почвы. Характерными почвами в северной части Тюмени являются торфозёмы агроминеральные, сформированные в результате осушения Тарманского болотного массива, используемые под сенокосные угодья, посев корнеплодов и кормовых культур [33]. Увеличение площади застройки привело к выводу из оборота части сельскохозяйственных земель. В почвах таких территорий сохраняются признаки распашки, поэтому данные почвы можно рассматривать как серые и темно-серые постагрогенные.

Во всех функциональных зонах города, кроме сельскохозяйственной, встречаются слабо нарушенные поверхностно трансформированные почвы: урбосерые, урботемно-серые, урбодерново-подбуры (рис. 4). От природных аналогов они отличаются наличием артефактов в небольшом количестве (до

10%), незначительным механическим нарушением поверхностного горизонта. Полное разрушение поверхностного горизонта в результате антропогенного воздействия, например, вблизи грунтовых дорог, оврагов и др., при сохранении срединного горизонта приводит к формированию абразёмов.

Почвенный покров «городского ядра» – селитебных, транспортных и промышленных территорий – представлен глубоко-трансформированными антропогенно-преобразованными почвами и ТПО (рис. 4). Собственно городские почвы – урбостратоземы, сформированные в результате длительного накопления привнесенных субстратов на дневной поверхности, характерны для старопромышленных районов, кварталов исторической застройки, городских скверов. Близкие к ним по морфологическим свойствам культуроземы формируются при длительной обработке почв старых садов и огородов. К городским почвам также относятся почвы кладбищ – некроземы, не рассматриваемые подробно в данной работе. В современных микрорайонах и коттеджных поселках, благоустроенных придомовых и придорожных территориях распространены рекреаземы и реплантоземы. В том случае когда после завершения строительства специальные мероприятия не проводятся, на дневной поверхности остается либо насыпной искусственный грунт – литостраты, либо естественно залегающие породы – абралиты. Постепенно такие участки зарастают, и формируются слаборазвитые техногенные почвы. В особую группу экраноземов выделяются почвы под фундаментами зданий или дорожными покрытиями; к запечатанным грунтам относят закрытые ТПО [10]. Подобные образования повсеместно распространены на территории города, но их изучение не осуществлялось в рамках данного исследования.

Заключение

Интенсивная урбанизация г. Тюмени в современный период ведет к значительной трансформации природной среды. Активное расширение селитебных и промышленных зон происходит вследствие непрерывной застройки прилегающих территорий, бывших в сельскохозяйственном использовании или естественном состоянии. Происходит трансформация естественных ландшафтов. Данный процесс сопровождается сменой естественных почв антропогенно-преобразованными, которые занимают значительные площади и встречаются во всех функциональных зонах города.

Антропогенная деятельность как фактор почвообразования проявляется в особенностях морфологического строения почв, особенно верхнего горизонта. Прямое воздействие приводит к перемешиванию верхних почвенных горизонтов, погребению естественных и антропогенно-преобразованных органогенных горизонтов, появлению срединных горизонтов на поверхности или сведению почвы, созданию новых горизонтов и почв.

Таким образом, особенности морфологического строения почв являются репрезентативным источником информации об истории трансформации ландшафтов городских территорий в связи с характером и масштабом хозяйственной деятельности человека.

Список источников

1. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). World Cities Report 2022. Nairobi : Nations Human Settlements Programme, 2022. 387 p.
2. Касимов Н.С., Власов Д.В., Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы. М. : АПР, 2016. 278 с.
3. Ihenetu S.C., Li G., Mo Y., Jacques K.J. Impacts of microplastics and urbanization on soil health: An urgent concern for sustainable development // *Green Analytical Chemistry*. 2024. Vol. 8. PP. 100095. doi: 10.1016/j.greac.2024.100095
4. Yuan J., Lu Y., Ferrier R.C., Liu Z., Su H., Meng J., Song S., Jenkins A. Urbanization, rural development and environmental health in China // *Environmental Development*. 2018. Vol. 28. PP. 1101110. doi: 10.1016/j.envdev.2018.10.002
5. Chen J. Rapid urbanization in China: A real challenge to soil protection and food security // *CATENA*. 2007. Vol. 69, № 1. PP. 1–15. doi: 10.1016/j.catena.2006.04.019
6. Salvati L., Karamesouti M., Kosmas K. Soil degradation in environmentally sensitive areas driven by urbanization: an example from Southeast Europe // *Soil Use Management*. 2014. Vol. 30. PP. 382–393. doi: 10.1111/sum.12133
7. Seifollahi-Aghmiuni S., Kalantari Z., Egidi G., Gaburova L., Salvati L. Urbanisation-driven land degradation and socioeconomic challenges in peri-urban areas: Insights from Southern Europe // *Ambio*. 2022. Vol. 51. PP. 1446–1458. doi: 10.1007/s13280-022-01701-7
8. Sukhacheva E.Y., Aparin B.F. Assessment and forecast of changes in the soil cover of anthropogenically transformed landscapes // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 862. PP. 012015. doi: 10.1088/1755-1315/862/1/012015
9. Строганова М.Н., Агаркова М.Г. Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв юго-западной части г. Москвы) // *Почвоведение*. 1992. № 7. С. 16–24.
10. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы. 2-е изд., испр. и доп. М. : Юрайт, 2024. 237 с.
11. Prokofeva T.V., Umarova A.B., Bykova G.S., Suslenkova M.M., Ezhelev Z.S., Kokocheva A.A., Gasina A.I., Martynenko I.A. Morphological and physical properties in diagnostics of urban soils: case study from Moscow, Russia // *Soil Science Annual*. 2020. Vol. 71, № 4. PP. 309–320. doi: 10.37501/soilsa/131598
12. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Методологические основы классификации почв мегаполисов на примере г. Санкт-Петербурга // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3: Биология*. 2013. № 2. С. 115–122.
13. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Классификация городских почв в системе российской и международной классификации почв // *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. 2015. Вып. 79. С. 53–72. doi: 10.19047/0136-1694-2015-79-53-72
14. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матинян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.Е. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // *Почвоведение*. 2014. № 10. С. 1155–1164. doi: 10.7868/S0032180X14100104
15. Jiménez-Ballesta R., De Soto-García I.S., García-Navarro F.J., García-Giménez R. Recognizing the Importance of an Urban Soil in an Open-Air City Museum: An Opportunity in the City of Madrid, Spain // *Land*. 2022. Vol. 11. PP. 2310. doi: 10.3390/land1122310
16. Delbecq N., Dondeyne S., Gelaude F., Mouazen A.M., Vermeir P., Verdoodt A. Urban soil properties distinguished by parent material, land use, time since urbanization, and pre-urban geomorphology // *Geoderma*. 2022. Vol. 413. PP. 115719. doi: 10.1016/j.geoderma.2022.115719
17. Adelana A.O., Aiyelari E.A., Oluwatosin G.A., Are K.S. Soil properties that differentiate urban land use types with different surface geology in Southwest Nigeria // *Urban Ecosystems*. 2023. Vol. 26. PP. 277–290. doi: 10.1007/s11252-022-01301-z

18. Konstantinova E., Minkina T., Sushkova S., Konstantinov A., Rajput V. D., Sherstnev A. Urban soil geochemistry of an intensively developing Siberian city: A case study of Tyumen, Russia // *Journal of Environmental Management*. 2019. Vol. 239. PP. 366–375. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.03.095
19. Konstantinova E., Minkina T., Sushkova S., Antonenko E., Konstantinov A. Levels, sources, and toxicity assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban topsoils of an intensively developing Western Siberian city // *Environmental Geochemistry and Health*. 2020. Vol. 42. PP. 325–341. doi: 10.1007/s10653-019-00357-9
20. Итоги Всероссийской переписи населения 2020 года. Т. 1: Численность и размещение населения. М. : Федеральная служба государственной статистики, 2024. URL: https://rosstat.gov.ru/vpn/2020/Tom1_Chislennost_i_razmeshchenie_naseleniya (дата обращения: 17.04.2024).
21. Почвенная карта юга Тюменской области / отв. ред. Г.В. Романова. 1:300 000. М. : Комитет по геодезии и картографии РФ, 1992. 1 л.
22. Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1990. 286 с.
23. Хренов В.Я. Почвы Тюменской области: словарь-справочник. Екатеринбург : УрО РАН, 2002. 156 с.
24. Классификация и диагностика почв СССР. М. : Колос, 1977. 223 с.
25. Гусейнов А.Н. Экология города Тюмени: состояние, проблемы. Тюмень : Слово, 2001. 176 с.
26. Урусевская И.С., Алябина И.О., Шоба С.А. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:8 000 000. Пояснительный текст и легенда к карте : учеб. пособие. М. : МАКС Пресс, 2020. 100 с.
27. Demetriades A., Birke M. Urban topsoil geochemical mapping manual (URGE II). Brussels : EuroGeoSurveys, 2015. 52 p.
28. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена, 2004. 341 с.
29. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th ed. Vienna : International Union of Soil Sciences (IUSS), 2022. 234 p.
30. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Методические указания (утв. Минздравом РФ 07.02.1999). М. : Минздрав РФ, 1999. 26 с.
31. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л.А. Воробьевой. М. : ГЕОС, 2006. 400 с.
32. Прокофьева Т.В., Мартыненко И.А., Иванников Ф.А. Систематика почв и почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию // *Почвоведение*. 2011. № 5. С. 611–623.
33. Моторин А.С. Водный режим длительно сезонно-мерзлотных торфяных почв Северного Зауралья // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2017. Т. 47, № 3. С. 5–13.

References

1. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). World Cities Report 2022. Nairobi: Nations Human Settlements Programme; 2022. 387 p.
2. Kasimov NS, Vlasov DV, Kosheleva NE, Nikiforova EM. Geokhimiya landshaftov Vostochnoy Moskvy [Geochemistry of landscapes of Eastern Moscow]. Moscow: APR; 2016. 278 p. In Russian
3. Ihenetu SC, Li G, Mo Yu, Jacques KJ. Impacts of microplastics and urbanization on soil health: An urgent concern for sustainable development. *Green Analytical Chemistry*. 2024;8:100095. doi: 10.1016/j.greeac.2024.100095
4. Yuan J, Lu Y, Ferrier RC, Liu Z, Su H, Meng J, Song S, Jenkins A. Urbanization, rural development and environmental health in China. *Environmental Development*. 2018;28:1101110. doi: 10.1016/j.envdev.2018.10.002

5. Chen J. Rapid urbanization in China: A real challenge to soil protection and food security. *CATENA*. 2007;69(1):1-15. doi: 10.1016/j.catena.2006.04.019
6. Salvati L, Karamesouti M, Kosmas K. Soil degradation in environmentally sensitive areas driven by urbanization: an example from Southeast Europe. *Soil Use Management*. 2014;30:382-393. doi: 10.1111/sum.12133
7. Seifollahi-Aghmiani S, Kalantari Z, Egidi G, Gaburova L, Salvati L. Urbanisation-driven land degradation and socioeconomic challenges in peri-urban areas: Insights from Southern Europe. *Ambio*. 2022; 51:1446-1458. doi: 10.1007/s13280-022-01701-7
8. Sukhacheva EY, Aparin BF. Assessment and forecast of changes in the soil cover of anthropogenically transformed landscapes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;862:012015. doi: 10.1088/1755-1315/862/1/012015.
9. Stroganova MN, Agarkova MG. Gorodskie pochvy: opyt izucheniya i sistematiki (na primere pochv yugo-zapadnoy chasti g. Moskvy) [Urban soils: experience in studying and systematics (using the example of soils in the southwestern part of Moscow)]. *Pochvovedenie*. 1992;7:16-24. In Russian
10. Gerasimova MI, Stroganova MN, Mozharova NV, Prokofeva TV. Antropogennyye pochvy [Anthropogenic soils]. 2nd ed. Moscow: Yurayt Publ.; 2024. 237 p. In Russian
11. Prokofeva TV, Umarova AB, Bykova GS, Suslenkova MM, Ezhelev ZS, Kokoreva AA, Gasina AL, Martynenko IA. Morphological and physical properties in diagnostics of urban soils: case study from Moscow, Russia. *Soil Science Annual*. 2020;71(4):309-320. doi:10.37501/soilsa/131598
12. Aparin BF, Sukhacheva EYu. Methodological bases of classification of megalopolis soils on the example of St. Petersburg. *Vestnik of Saint Petersburg University. Series 3. Biology – Biological Communications*. 2013;2:115-122. In Russian, English summary
13. Aparin BF, Sukhacheva YeYu. Classification of urban soils in Russian soil classification system and international classification of soils. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2015;79:53-72. doi: 10.19047/0136-1694-2015-79-53-72
14. Prokofeva TV, Gerasimova MI, Bezuglova OS, Gorbov SN, Bakhmatova KA, Matinyan NN, Gol'eva AA, Zharikova EA, Nakvasina EN, Sivtseva NE. Inclusion of soils and soil-like bodies of urban territories into the Russian soil classification system. *Eurasian Soil Science*. 2014;47(10):959-967. doi: 10.1134/S1064229314100093
15. Jiménez-Ballesta R, De Soto-García IS, García-Navarro FJ, García-Giménez R. Recognizing the Importance of an Urban Soil in an Open-Air City Museum: An Opportunity in the City of Madrid, Spain. *Land*. 2022;11:2310. doi: 10.3390/land11122310
16. Delbecq N, Dondeyne S, Gelaude F, Mouazen AM, Vermeir P, Verdoodt A. Urban soil properties distinguished by parent material, land use, time since urbanization, and pre-urban geomorphology. *Geoderma*. 2022;413:115719. doi: 10.1016/j.geoderma.2022.115719
17. Adelana AO, Aiyelari EA, Oluwatosin GA, Are KS. Soil properties that differentiate urban land use types with different surface geology in Southwest Nigeria. *Urban Ecosystems*. 2023;26:277-290. doi: 10.1007/s11252-022-01301-z
18. Konstantinova E, Minkina T, Sushkova S, Konstantinov A, Rajput VD, Sherstnev A. Urban soil geochemistry of an intensively developing Siberian city: A case study of Tyumen, Russia. *Journal of Environmental Management*. 2019;239:366-375. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.03.095
19. Konstantinova E, Minkina T, Sushkova S, Antonenko E, Konstantinov A. Levels, sources, and toxicity assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban topsoils of an intensively developing Western Siberian city. *Environmental Geochemistry and Health*. 2020;42:325-341. doi: 10.1007/s10653-019-00357-9
20. Results of the All-Russian Population Census 2020. Vol. 1 Population and Census Data. Moscow: Federal State Statistics Service; 2024. Available at: https://rosstat.gov.ru/vpn/2020/Tom1_Chislennost_i_razmeshchenie_naseleniya (accessed 17.04.2024).
21. Pochvennaya karta yuga Tyumenskoy oblasti [Soil map of the south of the Tyumen region]. Romanova GV, editor. 1:300000. Moscow: Committee on Geodesy and Cartography of the Russian Federation; 1992. 1 p. In Russian

22. Karetin LN. Pochvy Tyumenskoy oblasti [Soils of the Tyumen region]. Novosibirsk: Nauka Publ.; 1990. 286 p. In Russian
23. Khrenov VYa. Pochvy Tyumenskoy oblasti: slovar-spravochnik [Soils of the Tyumen region: dictionary-reference book]. Ekaterinburg: UB RAS; 2002. 156 p. In Russian
24. Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR [Classification and diagnostics of soils of the USSR]. Moscow: Kolos; 1977. 223 p. In Russian
25. Guseynov A.N. Ekologiya goroda Tyumeni: sostoyanie, problemy [Ecology of the city of Tyumen: state, problems.]. Tyumen: Publishing company "Slovo"; 2001. 176 p. In Russian
26. Urusevskaya IS, Alyabina IO, Shoba SA. Karta pochvenno-ekologicheskogo rayonirovaniya Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:8 000 000. Poyasnitel'nyy tekst i legenda k karte: Uchebnoe posobie [Map of soil-ecological zoning of the Russian Federation. Scale 1:8,000,000. Explanatory text and legend for the map: Textbook]. Moscow: MAX Press; 2020. 100 p. In Russian
27. Demetriades A, Birke M. Urban topsoil geochemical mapping manual (URGE II). Brussels: EuroGeoSurveys; 2015. 52 p.
28. Shishov LL, Tonkonogov VD, Lebedeva II, Gerasimova MI. Classification and diagnostics of soils of Russia. Smolensk: Oikumena; 2004; 341 p. In Russian
29. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. Vienna: International Union of Soil Sciences (IUSS); 2022. 234 p.
30. МУ 2.1.7.730-99. Gigienicheskaya otsenka kachestva pochvy naselennykh mest. Metodicheskie ukazaniya (utv. Minzdravom RF 07.02.1999) [Hygienic assessment of soil quality in populated areas. Guidelines (approved by the Ministry of Health of the Russian Federation on 02/07/1999)]. Moscow: Ministry of Health of the Russian Federation; 1999. 26 p. In Russian
31. Theory and practice of chemical analysis of soils. Vorobyova LA, editor. Moscow: GEOS Publ.; 2006. 400 p. In Russian
32. Prokofyeva TV, Martynenko IA, Ivannikov FA. Classification of Moscow soils and parent materials and its possible inclusion in the Classification system of Russian soils. *Eurasian Soil Science*. 2011;44(5):561-571. doi: 10.1134/S1064229311050127
33. Motorin AS. Water regime of seasonally frozen peat soils in Northern Trans-Ural Region. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2017;47(3):5-13. In Russian

Информация об авторах:

Константинова Елизавета Юрьевна, канд. геогр. наук, с. н. с., фронтальная лаборатория «Биоинженерия ризосферы», Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Россия).

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9836-8721>

E-mail: konstantliza@gmail.com

Константинов Александр Олегович, н. с., Центр изотопной биогеохимии, Тюменский государственный университет (Тюмень, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6950-2207>

E-mail: konstantinov.alexandr72@gmail.com

Курасова Алина Олеговна, м. н. с., лаборатория биогеохимических и дистанционных методов мониторинга окружающей среды, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Томск, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4479-3789>

E-mail: kurasovalina@gmail.com

Минкина Татьяна Михайловна, проф., д-р биол. наук, зав. кафедрой почвоведения и оценки земельных ресурсов, Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Иванковского, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Россия).

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3022-0883>

E-mail: tminkina@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Elizaveta Yu. Konstantinova, Cand. Sci. (Geogr.), Senior Researcher, Frontline laboratory “Bioengineering of the rhizosphere”, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russian Federation).

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9836-8721>

E-mail: konstantliza@gmail.com

Alexandr O. Konstantinov, Researcher, Center for Isotope Biogeochemistry, University of Tyumen (Tyumen, Russian Federation).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6950-2207>

E-mail: konstantinov.alexandr72@gmail.com

E-mail: varvara.zaitseva.geo@gmail.com

Alina O. Kurasova, Junior Researcher, BIO-GEO-CLIM Laboratory, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4479-3789>

E-mail: kurasovalina@gmail.com

Tatyana M. Minkina, Professor, Dr. Sci. Biol., Head of the Soil Science and Land Evaluation Department, Academy of Biology and Biotechnologies, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russian Federation).

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3022-0883>

E-mail: tminkina@mail.ru

The Authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 25.01.2024;
одобрена после рецензирования 30.04.2024; принята к публикации 14.06.2024.*

*The article was submitted 25.01.2024;
approved after reviewing 30.04.2024; accepted for publication 14.06.2024.*