

УДК 631.4

DOI: 10.19047/0136-1694-2025-122-194-228



Ссылки для цитирования:

Гордиенко О.А., Холоденко А.В., Манаенков И.В. Использование данных дистанционного зондирования Земли при картографировании структуры почвенного покрова урболандшафтов // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2025. Вып. 122. С. 194-228. DOI: 10.19047/0136-1694-2025-122-194-228

Cite this article as:

Gordienko O.A., Kholodenko A.V., Manaenkov I.V., Use of Earth remote sensing data in mapping the soil structure of urban land-scapes, Dokuchaev Soil Bulletin, 2025, V. 122, pp. 194-228, DOI: 10.19047/0136-1694-2025-122-194-228

Благодарность:

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН № FNFE-2022-0012.

Acknowledgments:

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Amelioration and Protective Forestry of the Russian Academy of Sciences No. FNFE-2022-0012.

Использование данных дистанционного зондирования Земли при картографировании структуры почвенного покрова урболандшафтов

© 2025 г. О. А. Гордиенко^{1*}, А. В. Холоденко²,
И. В. Манаенков²

¹ФГБНУ “Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук”,
Россия, 400062, Волгоград, пр-т Университетский, 97,
*<https://orcid.org/0000-0001-5381-9114>, e-mail: oleg.gordienko.95@bk.ru.

²Волгоградский государственный университет, Россия,
400062, Волгоград, пр-т Университетский, 100.

Поступила в редакцию 25.06.2024, после доработки 23.07.2024,
принята к публикации 18.02.2025

Резюме: Представлены результаты картографирования структуры почвенного покрова ключевого участка “Университетский” в пределах г. Волгограда. В качестве объектов исследования выбрана южная часть территории Советского и северная часть Кировского районов города. Ключевой участок имеет площадь 15 км². Основным методом исследования ключевого участка было картографирование с применением данных дистанционного зондирования Земли в программе QGIS и маршрутных наземных исследований. В качестве дистанционной информации использовались космические снимки высокого разрешения. Картографирование структуры почвенного покрова участка базировалось на подходах Строгановой М.Н. и Сухачевой Е.Ю. Для картографирования видов дневной поверхности территории ключевого участка использовался автоматизированный метод с ручным обучением. Названия почв и техногенных поверхностных образований даны по Классификации и диагностике почв России 2004 г. с дополнениями, а также WRB (2022). По результатам картографирования создана почвенная карта-схема ключевого участка, отражающая особенности структуры почвенного покрова, пространственного распределения отдельных типов (подтипов) почв и техногенных поверхностных образований (масштаб 1 : 50 000), содержащая 19 единиц легенды. Почвенный покров ключевого участка отражает структуру и характер землепользования и представляет собой разнообразие естественных и антропогенных почв. Среди антропогенных почв выделены различные агроземы, а также агрокаштановые почвы. Собственно городские почвы представлены урбостратоземами, стратоземами компостно-гумусовыми и стратоземами гумусовыми урбистратифицированными. Среди естественных почв отмечены каштановые почвы разного гранулометрического состава и степени солонцеватости, приуроченные к овражно-балочной сети и прилегающим водоразделам. Восточная часть участка представлена аллювиальными светло- и темногумусовыми мергелистыми почвами разной степени нарушенности. Таким образом, составленная почвенная карта-схема может послужить основой для разработки крупномасштабной почвенной карта-схемы для всей территории г. Волгограда. Это позволит эффективно решать задачи территориального планирования при осуществлении работ по озеленению и благоустройству городской территории.

Ключевые слова: почвенное картографирование; урбопедокомбинации; городские почвы; дешифрирование космоснимков; Urbic Technosols; Cambisols Protocalcic.

Use of Earth remote sensing data in mapping the soil structure of urban landscapes

© 2025 O. A. Gordienko^{1*}, A. V. Kholodenko², I. V. Manaenkov²

¹*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation, Russian Academy of Sciences,*

97 Prospect Universitetsky, Volgograd 400062, Russian Federation,

**<https://orcid.org/0000-0001-5381-9114>, e-mail: oleg.gordienko.95@bk.ru.*

²*Volgograd State University,*

100 Prospect Universitetsky, Volgograd 400062, Russian Federation.

Received 25.06.2024, Revised 23.07.2024, Accepted 18.02.2025

Abstract: The paper presents the results of mapping of the soil cover structure of the key site “Universitetsky” within the city of Volgograd. The southern part of the territory of Sovetsky and northern part of Kirovsky districts of Volgograd was chosen as the objects of research. The key site has an area of 15 km². The main method of research of the key area was mapping with the use of remote sensing data in the QGIS programme and route ground surveys. High resolution colour space images were used as remote sensing information. Mapping of the soil cover structure of the plot was based on the approaches of M.N. Stroganova and E.Y. Sukhacheva. An automated method with manual training was used for mapping of day surface views of the key site territory. The names of soils and anthropogenic surface formations are given according to the Classification and Diagnostics of Soils of Russia 2004 with additions, as well as WRB (2022). Based on the results of mapping, a soil map-scheme of the key area was created, reflecting the features of the soil cover structure, spatial distribution of individual types (subtypes) of soils and technogenic-surface formations (scale 1 : 50 000), containing 19 legend units. The soil cover of the key site reflects the structure and character of land use and represents a variety of soils of both natural and anthropogenic origin. Among anthropogenic soils various agrozems and surface-agrogenically transformed chestnut soils were identified. Urban soils are represented by urban stratozems, compost-humus stratozems and humus urban stratozems. Among natural soils there are chestnut soils of different granulometric composition and degree of solonetisation confined to the ravine and gully network and adjacent watersheds. The eastern part of the site is represented by alluvial light and dark humus marl soils of different degrees of disturbance. Thus, the soil map-scheme can serve as a basis for a large-scale soil map for the entire territory of Volgograd, and will help to effectively solve the future problems

of spatial planning in the implementation of landscaping and improvement of the urban area.

Keywords: soil mapping; urban mapping; urban combinations; urban soils; space imagery interpretation; Urbic Technosols; Cambisols Protocalcic.

ВВЕДЕНИЕ

Урбанизация – это явление глобального масштаба. По данным ООН, с 2008 г. доля городского населения стала преобладать над сельским (UN, 2018). В настоящий момент 80% всего населения Европы сосредоточено в городах, при этом ежегодные темпы изъятия земель и перевод их в городские составляет 920 км² (ЕЕА, 2009). Почвы являются ключевым компонентом городской экосистемы. Картографирование городских почв представляет собой проблему из-за сложности городского рельефа. В городах существует множество форм землепользования, таких как исторические центры, промышленные предприятия, рекреационные территории, жилые районы, сельскохозяйственные зоны, земли запаса и т. д. Картирование городских почв с позиций учения Фридланда считается сложной и комплексной задачей и в полной мере не применимо для антропогенно-преобразованных и собственно городских почв, поскольку естественный почвенный покров (ПП) является континуальным образованием, где физическими разрывами выступают выходы горных пород (Фридланд, 1972). Дороги, различные строения в городах являются причиной разрыва генетических связей между компонентами. В результате чего ПП из континуального переходит в дискретный. Как следствие, ПП более не функционирует как единая система, а разбивается на отдельные ареалы почв и несвязанных между собой урбопедокомбинаций (Сухачева, Апарин, 2019). Пространственная изменчивость городских почв вносит значительный вклад в эту сложность и педоразнообразие, поэтому для картографирования структуры почвенного покрова (СПП) городских территорий рекомендуется использовать комплексный подход для изучения всего городского ландшафта (исследования на местности, учет функционального зонирования и исторические аспекты развития городской территории, а также данные дистанционного зондирования Земли).

При анализе отечественного и зарубежного опыта картогра-

фирования почв урбанизированных территорий установлено, что авторы использовали различные методические подходы. Часть авторов в качестве основы картирования использовали принцип, учитывающий функциональное зонирование (Ананко и др., 2024; Герасимова, Богданова, 2021; Прокофьева и др., 2000; Vialle, Giampieri, 2020; Schleusz, 1998; Franck-Néel et al., 2015; Гордиенко и др., 2019; Кулик и др., 2015; Власов и др., 2017; Еремченко, 2016; Шестаков и др., 2014; Kalmanova, Matiushkina, 2018). Это особенно актуально при картографировании крупных городов, поскольку в них существенно различаются темпы и интенсивность городской застройки и разнообразие почвенно-экологических условий. Картографирование на основе функционального зонирования, по нашему мнению, малоэффективно, поскольку в реальности не отражает СПП. Опыт картографирования СПП отмечен для г. Санкт-Петербург, Братислава и Иновроцлав (Апарин, Сухачева, 2014; Сухачева, Апарин, 2019; Сухачева и др., 2019; Charzynski et al., 2017; Pindral et al., 2022; Sobocká, et al., 2021). Авторы при реализации крупно- и среднемасштабного картографирования СПП прибегали к изучению ПП на отдельных тестовых участках и в дальнейшем экстраполировали полученную информацию на всю территорию города. Таким образом, для создания карты СПП г. Волгограда необходимо провести детальное изучение почв на тестовых (ключевых) участках, охватывающих большинство встречающихся в городе функциональных зон.

Целью работы является создание карта-схемы СПП среднего масштаба ключевого участка “Университетский” в Советском и Кировском районах г. Волгограда на основе новых принципов картографирования почв урбанизированных пространств.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования был выбран ключевой участок “Университетский”, расположенный в Советском районе г. Волгограда. Ключевой участок имеет площадь 15 км².

Природные условия ключевого участка. Территория расположена на правом берегу р. Волга, в нижнем ее течении, на юго-востоке Европейской части России. Большая часть размещена на южном окончании Приволжской возвышенности. Разница высот

составляет 120 м (30–150 м). Участок расположен между балками Купоросной на севере и Григоровой на юге. После окончания ВОВ б. Купоросная была полностью засыпана. Одним из главных факторов, влияющих на преобразование рельефа, как всего г. Волгоград, так и ключевого участка, является инженерно-хозяйственная деятельность человека, а именно благоустройство городской территории, рост промышленно-гражданского строительства. Трансформация естественного рельефа связана также с вертикальной планировкой территории, засыпкой оврагов, устьев рек. Все эти процессы приводят к нарушению поверхностного стока атмосферных вод, изменению режима грунтовых вод. Следовательно, общая тенденция трансформации рельефа Волгограда – нивелировка территории. Так, в зоне городской застройки за последние 50 лет полностью ликвидировано более 90 км оврагов. На территории ключевого участка выделено три вида покрытий дневной поверхности: 36.2% площади участка (5.4 км²) заняты под агроценозы и травянистую растительность, 3.6 км² (23.8%) – запечатанные поверхности, 3.9 км² (26.2%) представлены древесно-кустарниковой растительностью, на водные объекты приходится 2.1 км² (13.8%). Точность проведенной классификации 95% (Кара Coefficient) (рис. 1, табл. 1).

Участок расположен в сухостепной зоне. Средние температуры воздуха января и февраля до -8 °С, наиболее теплыми месяцами являются июль и август со среднемесячной температурой +23 °С и +24 °С соответственно. Среднегодовая температура воздуха составляет 8.1 °С, среднемноголетнее количество осадков – 350 мм.

Почвообразующие породы ключевого участка неоднородны. Согласно геологической карте (ГТК-200/1), подстилающие породы представлены отложениями среднего эоцена (пески, алевроиты с прослоями песчаников и глин), верхнего эоцена (мергели, глины), олигоценowymi глинами и глинистыми алевроитами, а также хвалынскими глинами в восточной части участка (Геологическая карта СССР, 1968).

Таблица 1. Матрица ошибок классификации (% и пиксели)
Table 1. Matrix of classification errors (% and pixels)

Результат классификации (в числителе в %, в знаменателе в пикселях)						
классы				всего пиксе- лей	ошибки	
1	2	3	4		omission	commission
Способ максимального правдоподобия (κ = 0.95)						
87.5 203172	2.1 964	6.9 7369	0.7 12621	2208723	12.5 29079/232251	9.4 20954/224126
0.8 1780	97.1 43654	0.1 88	0.5 9333		2.9 1296/44950	20.4 11201/54855
11.1 25774	0.3 123	93.0 99489	0.01 161		6.9 7457/106946	20.8 26058/125547
0.7 1525	0.5 209	0.0 0	98.8 1802461		1.2 22115/1824576	0.1 1734/1804195

Примечание. 1 – запечатанные поверхности; 2 – древесно-кустарниковая растительность; 3 – агроценозы и травянистая растительность; 4 – водные объекты.

Note. 1 – sealed surfaces; 2 – tree and shrub vegetation; 3 – agrocenoses and herbaceous vegetation; 4 – water bodies.

Долины балок заняты естественной древесно-кустарниковой растительностью (байрачные леса), которая представлена дубом кленом и тополями. Растительность песков различная и определяется степенью их зарастания. На подвижных песках растет песчаный овес (*Avena strigosa* Schreb), на неразвееваемых – тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L), василек песчаный (*Centaurea arenaria* L), полынь песчаная (*Artemisia arenaria* L). Наиболее широко распространенными и часто встречающимися семействами растений в пределах урбанизированных частей города являются амарантовые (*Amaranthaceae*), вьюнковые (*Convolvulaceae*), злаковые (*Poaceae*), коноплевые (*Cannabaceae*), сложноцветные (*Asteraceae*) (Зеленое кольцо, 1964). Рекреационные территории характеризуются наличием древесно-кустарниковых видов, типичных для данных климатических условий, а также газонной растительностью, которая может быть как в удовлетворительном состоянии, так и в неудовлетворительном (зарастание рудеральными видами, большие проплешины на участке из-за вытаптывания).

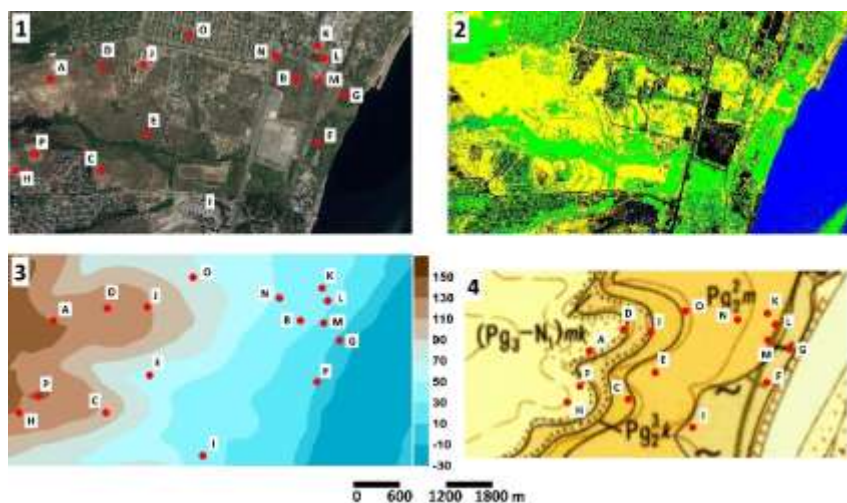


Рис. 1. Карта-схемы объекта исследования: **1** – местоположение почвенных разрезов; **2** – виды покрытий дневной поверхности (зеленым – древесно-кустарниковая растительность; желтым – агроценозы и травянистая растительность; черным – запечатанные поверхности); **3** – карта рельефа территории; **4** – фрагмент геологической карты М-38-XXXIII: $(Pg_3-N_1)mk$ – низы среднего миоцена (майкопская серия – глины, глинистые алевроиты); Pg_2^2m – средний эоцен (мечеткинская свита – пески, алевроиты с прослоями песчаников и глин); Pg_3^3k – верхний эоцен (киевские слои – мергели и глины); $Q_{III}^{hv_1}$ – хвалынские отложения глин, супесей и песков.

Fig. 1. Schematic map of the research object: **1** – location of soil pits; **2** – types of day surface coatings (green – woody and shrubby vegetation; yellow – agrocnoses and herbaceous vegetation; black – sealed surfaces); **3** – relief map of the territory; **4** – geological map fragment M-38-XXXIII: $(Pg_3-N_1)mk$ – lower Middle Miocene (Maikop series – clays, clayey siltstones); Pg_2^2m – middle Eocene (Mechetkino Formation – sands, siltstones with interlayers of sandstones and clays); Pg_3^3k – upper Eocene (Kiev layers – marls and clays); $Q_{III}^{hv_1}$ – Khvalyn deposits of clays, sandy loam and sands.

Основным методом исследования ключевого участка “Университетский” было картографирование с применением данных ДЗЗ и маршрутных наземных исследований. В качестве дистанционной информации использовались космические снимки высокого разрешения. Для определения дешифровочных признаков использовались данные дистанционного зондирования Земли космоснимков естественных цветов со спутника QuickBird, находящихся в свободном доступе в глобальной сети Интернет (google.ru/maps). Геоинформационная обработка осуществлялась в программах QGIS и Surfer. Картографические материалы представлены в проекции UTM (зона 38N), система координат WGS84.

При изучении антропогенно-преобразованных СПП использовалась методология и методы, применяемые для почвенного картографирования трансформированных территорий (Апарин, Сухачева, 2009, 2013; Жоголев и др., 2014; Козловский, Горячкин, 1993; Мартыненко и др., 2007; Почвенное картирование, 2012; Сорокина, 2006; Фридланд, 1972; Lagacherie, McBratney, 2006; Антропогенные почвы, 2003). Картографирование ПП участка базировалось на подходах Строгановой М.Н. и Сухачевой Е.Ю. (Почва, город, экология, 1997; Сухачева, 2021). При реализации подхода Строгановой М.Н. на участке были выделены функциональные зоны, внутри которых при детальном полевом обследовании и, опираясь на методологию Сухачевой Е.Ю., были определены СПП.

Для картографирования видов дневной поверхности территории ключевого участка использовалось программное обеспечение ENVI (автоматизированный метод с ручным обучением) (Савин, 2013; Chen et al., 2014). Для идентификации различных компонентов на снимках использовались прямые и косвенные дешифровочные признаки. К прямым относятся визуально различимые объекты, к косвенным – функциональное зонирование территории, цветовая гамма и структура рисунка на космических снимках.

Почвенные разрезы закладывались во всех функциональных зонах на территории участка для выявления особенностей СПП. Почвы и техногенные поверхностные образования (ТПО) классифицированы по Классификации и диагностике почв России 2004 г. с дополнениями (Классификация..., 2004; Полевой..., 2008; Хит-

ров, Герасимова, 2021, 2022; Прокофьева и др., 2014), WRB 2022 г. (IUSS, 2022).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

До середины XX в. территория ключевого участка “Университетский” представляла собой естественные степные ландшафты и надпойменную террасу. Антропогенное воздействие, по данным архивных карт, отмечено в наличии дороги, соединяющей село Бекетовка (ныне часть Советского и Кировского районов г. Волгограда) и г. Царицын. Бекетовка была основана в середине XVIII в. в районе балки Пахотина. В 1919 г. включена в состав Царицынской губернии. С 1931 г. – в черте г. Сталинграда. Жители села занимались хлебопашеством, огородничеством и бахчеводством.

На аэрофотоснимках 1942 г. на территории участка отчетливо выделяются пахотные участки, как облесенные стокорегулирующими, прибалочными и полезащитными лесополосами, так и без защиты лесных полос. Восточная часть участка близ правого берега р. Волги характеризуется наличием земель, отданных под дачную и индивидуальную застройку.

По данным космического снимка 1965 г. пахотные земли в северной части участка отвели под личные хозяйства и дачи. Восточная часть участка за 20 лет с 1943 по 1965 гг. существенным образом трансформировалась. Были построены жилые, производственные здания, Сталинградский метизный завод и Обувная фабрика, были проложены транспортные коммуникации, а также организован дендрарий “ВНИАЛМИ”. В западной части на территории с/х земель были организованы большие площади садов с садозащитными лесными полосами.

В конце XX в. пахотные земли, сады, а также часть дендрария постепенно вывели из оборота, а на их месте были построены торговый центр, Волгоградский государственный университет, а также разрешена дачная и индивидуальная жилая застройка.



Рис. 2. Космо- и аэрофотоснимки ключевого участка “Университетский” в разные исторические периоды.

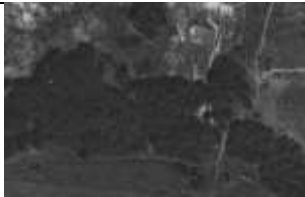
Fig. 2. Space and aerial images of the Universitetsky key site in different historical periods.

При картографировании почвенного покрова ключевого участка использовался комбинированный подход М.Н. Строгановой и Е.Ю. Сухачевой. Концепция Строгановой базируется на том, что формирующим фактором развития почвенного покрова является землепользование, что отражается на системе функционального зонирования. Сухачевой Е.Ю. при почвенном картографировании г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области использовался термин “почвенного урбанизированного пространства” (ПУП), которое характеризуется рядом признаков: дискретность и четкие геометрические формы ареалов. Почвенное урбанизированное пространство представляет собой комбинации ареалов почв и ТПО в различных соотношениях, т. е. образуя урбопедокомбинации (Сухачева, 2021).

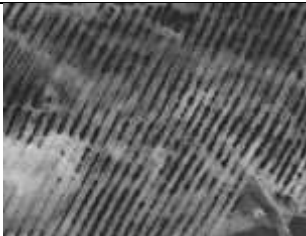
На ключевом участке “Университетский” было заложено 16 разрезов и 20 прикопок (рис. 3). Приведена характеристика типов СПП ключевого участка и определены их основные дешифровочные признаки (таблица 2).

Таблица 2. Дешифровочные признаки компонентов городской экосистемы и ее состояния (антропогенные, антропогенно-преобразованные почвы и ТПО)

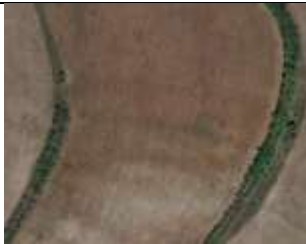
Table 2. Decoding attributes of urban ecosystem components and its condition (anthropogenic, anthropogenic-transformed and technogenic soils)

СПП	Основные дешифровочные признаки	Примеры СПП ключевого участка «Университетский»		
		космоснимок		тип СПП
		1965 г.	2022 г.	
Естественные СПП				
Интразональные	<i>Балки.</i> Отличительный признак такой системы на космических снимках – древовидный рисунок изображения			ПП: каштановые квазиглееватые (Gleyic Kastanozems (Loamic)), стратоземы светло- и темногумусовые (Eutric Solimovic Arenosols / Eutric Solimovic Regosols)) в днище балок.
Азональные	<i>Песчаные массивы.</i> Из-за разного содержания гумуса и степени зарастания они отличаются преобладанием темных и светлых оттенков			ПП: псаммоземы (Arenosols (Ochric)), пески (Protic Arenosols)), гумусовые почвы (Eutric Arenosols (Ochric)).

Продолжение таблицы 2
Table 2 continued

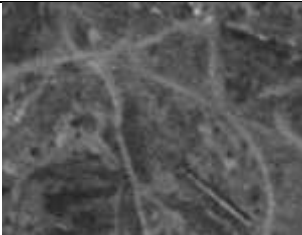
СПП	Основные дешифровочные признаки	Примеры СПП ключевого участка «Университетский»		
		космоснимок		тип СПП
		1965 г.	2022 г.	
Антропогенно-преобразованные СПП				
Постагрогенные	Залежи. Участки выделяются правильными геометрическими формами и серо-зеленой окраской			ПП: агрокаштановые постагрогенные, агроземы типичные, аккумулятивно-карбонатные, глинисто-иллювиальные постагрогенные (Eutric Cambisols (Aric, Protocalcic))
Лесомелиоративные	Облесение песков. Своеобразный геометрический четкий рисунок – полосатые ряды деревьев темно-зеленого цвета			ПП: псаммоземы гумусовые (Eutric Arenosols (Ochric)),

Продолжение таблицы 2
Table 2 continued

СПП	Основные дешифровочные признаки	Примеры СПП ключевого участка «Университетский»		
		космоснимок		тип СПП
		1965 г.	2022 г.	
Лесных питомников	Сады с садозащитными полосами – своеобразный геометрический четкий рисунок – полосатые (ряды) квадраты кварталов темно-серого цвета мозаично-точечной структуры			ПП: агроземы типичные постагrogenные. Под садозащитными полосами агроземы типичные постагrogenные турбированные (Eutric Cambisols (Aric, Protocalcic))
Агролесомелиоративные	Пашня с узкими полезащитными лесными полосами – ежегодно обрабатываемые и используемые под посев сельскохозяйственных культур, многолетние травы земли, по границам которых высажены узкие полосы зеленого цвета с темной тенью в опушках			ПП: агроземы типичные и аккумулятивно-карбонатные. Под лесными полосами агроземы типичные и аккумулятивно-карбонатные постагrogenные турбированные (Eutric Cambisols (Aric, Protocalcic))

Продолжение таблицы 2

Table 2 continued

СПП	Основные дешифровочные признаки	Примеры СПП ключевого участка «Университетский»		
		космоснимок		тип СПП
		1965 г.	2022 г.	
Планируемая жилая застройка (земли запаса)	<i>Пустыри</i> Участки выделяются неправильными геометрическими формами, мелкоячеистым или бесструктурным рисунком. Запечатанность участков варьирует от 0 до 10%.			ПП: антропогенные и естественные почв разной степени нарушенности – урбокаштановые почвы (Eutric Cambisols (Aric, Protocalcic, Technic)), урбоаллювиальные почвы (Eutric Fluvisols (Technic)), урбостратоземы (Urbic Technosols), гумусовые урбистратифицированные почвы (Regosols (Technic)).
Свалок	<i>Свалки.</i> Распознаются по разноцветной хаотичной структуре рисунка фотоизображения.			ПП отсутствует. В местах замусоривания фиксируются различные артефакты (артииндустраты, артиурбистраты) (Urbic Garbic Technosols).

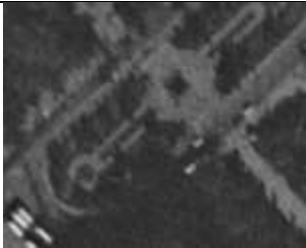
Продолжение таблицы 2
Table 2 continued

СПП	Основные дешифровочные признаки	Примеры СПП ключевого участка «Университетский»		
		космоснимок		тип СПП
		1965 г.	2022 г.	
Урбанизированные (селитебные)	Жилой сектор. Структура рисунка ячеистая. Запечатанность участков варьирует от 35 до 65%.			ПП: под насаждениями и газонами стратоземы гумусовые урбистратифицированные и стратоземы компостно-гумусовые (Phaeozems (Novic, Technic)), в комплексе с литостратами экранированными (Ekranic Technosols) под зданиями и урбостратоземами типичные (Urbic Technosols) на участках без растительности.

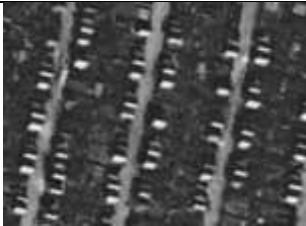
Продолжение таблицы 2
Table 2 continued

СПП	Основные дешифровочные признаки	Примеры СПП ключевого участка «Университетский»		
		космоснимок		тип СПП
		1965 г.	2022 г.	
Рекреационно-парковые	<i>Рекреационные территории.</i> Распознаются по ячеистому рисунку с зелеными участками разделенными тропиной и пешеходной сетью. Запечатанность участков варьирует от 4 до 45%.	На 1943–1965 гг. отсутствовали на ключевом участке		ПП: стратоземы компостно-гумусовые (Phaeozems (Novic, Technic)) с сохранившимися горизонтами каштановых почв (Cambisols (Technic)).
Промышленные	<i>Промышленная зона.</i> Рисунок геометрически-правильный темно-серого и серого цвета. Запечатанность участков варьирует от 80 до 100%.			ПП: урбостратоземы техногенные (Urbic Technosols (Transportic)) в комплексе с литострататами, нередко сильно захлапленными и загрязненными (Ekranic Technosols).

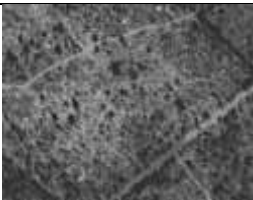
Продолжение таблицы 2
Table 2 continued

СПП	Основные дешифровочные признаки	Примеры СПП ключевого участка «Университетский»		
		космоснимок		тип СПП
		1965 г.	2022 г.	
Автомобильные	<i>Асфальтированные дороги.</i> Рисунок прямолинейно-вытянутый или искривленный, четкий. Цвет серый, однородный, рисунок объекта. <i>Газоны.</i> Выделяются геометрической формой, мелкоячеистым или бесструктурным рисунком и зеленым фототонном. Запечатанность участков варьирует от 90 до 100%.			ПП: литостраты экранированные (Ecranic Technosols), стратоземы гумусовые урбистратифицированные (Technosols (Mollic)) и стратоземы компостно-гумусовые (Phaeozems (Novic, Technic)).

Продолжение таблицы 2
Table 2 continued

СПП	Основные дешифровочные признаки	Примеры СПП ключевого участка «Университетский»		
		космоснимок		тип СПП
		1965 г.	2022 г.	
Агроурбанизированные	<i>Индивидуальное строительство.</i> Структура рисунка ячеистая. Цвет разнообразный. Крыши зданий красного, зеленого, синего, бежевого цвета, палевые и бежевые цвета проселочных дорог. Запечатанность участков варьирует от 25 до 50%.			ПП: в тропиновых сетях, дорогах и под зданиями литостраты экранированные и урбостратоземы типичные (Ekranic и Urbic Technosols). На земельных участках стратоземы компостно-гумусовые (Phaeozems (Novic, Technic)) и агрокаштановые почвы (Eutric Cambisols (Aric, Protocalcic))

Продолжение таблицы 2
Table 2 continued

СПП	Основные дешифровочные признаки	Примеры СПП ключевого участка «Университетский»		
		космоснимок		тип СПП
		1965 г.	2022 г.	
Агроурбанизированные	<i>Дачные участки.</i> Структура рисунка ячеистая. Отличие от зоны участков индивидуального строительства заключается в меньших площадях зданий и общей. Запечатанность участков варьирует от 10 до 40%.			ПП: в тропиновых сетях, дорогах и под зданиями литостраты экранированные и урбостратоземы типичные (Ekranic и Urbic Technosols). На земельных участках агрокаштановые почвы (Eutric Cambisols (Aric, Protocalcic)).
Монопочвенные	<i>Кладбища,</i> в большинстве случаев дешифрируют по прямым признакам – видны ограды, дорожки, ряды могил.			ПП: некрозоемы (Necrosols) (Greinert, 2024; Kostecki, 2024; Morandi et al., 2018).

На территории ключевого участка выделены естественные типы СПП (интразональные, аazonальные).

Интразональные. Байрачные и балочные леса относятся к интразональным ландшафтам, формирующиеся в условиях, резко отличающихся от зональных природных комплексов, развитых в плакорных условиях, соответствующих климатической норме данной местности. Почвенный покров представлен различными каштановыми квазиглееватыми почвами (Gleyic Kastanozems (Loamic)) и стратоземами светло- и темногумусовыми (Eutric Solimovic Arenosols / Eutric Solimovic Regosols)) в днище балок.

Аazonальные. К аazonальным ландшафтам в границах ключевого участка относится территория песчаного массива “Лысая гора”. В массиве отмечены ареалы псаммоземов (Arenosols (Ochric)), гумусовых почв (Eutric Arenosols (Ochric)) и песков (Protic Arenosols) (рис. 3А).

На территории ключевого участка выделены две группы антропогенно-преобразованных СПП: антропогенно-измененные и антропогенные.

Антропогенно-преобразованные СПП. В рамках ключевого участка к данной группе отнесены следующие типы: лесомелиоративные, агрогенные, лесные питомники, агролесомелиоративные. Также выделяются пустыри и свалки. Они относятся к антропогенно-измененным, потому что в них присутствуют как естественно-поверхностно измененные, так и антропогенные почвы и ТПО.

Постагрогенные. На территории исследуемого ключевого участка отмечено небольшое количество обрабатываемых земель. При переходе в залежь поля зарастают травянистой растительностью, в результате образуются постагрогенные почвы. Со временем границы постагрогенных СПП стираются, и только по наличию морфологических признаков (остатки пахотного горизонта, резкие границы, припашка) в профиле можно четко указывать на их распашку ранее. Почвенный покров представлен агрокаштановыми постагрогенными почвами, агроземами аккумулятивно-карбонатными постагрогенными и агроземами типичными постагрогенными (Haplic Kastanozems (Aric)) и Eutric Cambisols (Aric, Protocalcic)) (рис. 3В-С).

Лесомелиоративные. На территории песчаного массива “Лысая гора” небольшими ареалами выделены участки бывших открытых песков, закрепленные массивами из сосны. За полувековой период в псаммоземах под действием древесной растительности сформировался протогумусовый горизонт (W), мощностью до 5–7 см, благодаря чему в настоящий момент они отнесены к гумусовому подтипу отдела слаборазвитых почв (рис. 3D).

Почвы лесных питомников. Питомники на ключевом участке закладывались в начале 50-х годов прошлого века. В настоящий момент насаждения на этих участках практически полностью выпали, однако, геометрия пространства сохранила свою преимущественно прямоугольную форму. При переходе в залежь сады зарастают травянистой растительностью, насаждения частично выпадают, в результате образуются различные ташеты постагрогенных почв с различной мощностью подстилки и дифференциацией пахотного горизонта. Почвенный покров как в межполосном пространстве, так и под садозащитными полосами представлен агроземами постагрогенными (рис. 3E).

Агролесомелиоративные. Особенность данного типа СПП заключается в ограничении почвенных ареалов лесными полосами (Зинченко и др., 2020). Почвенный покров межполосного пространства представлен агрокаштановыми почвами, агроземами аккумулятивно-карбонатными и агроземами типичными (Haplic Kastanozems (Aric)) и Eutric Cambisols (Aric, Protocalcic)). Внутри лесных полос СПП представлен агроземами аккумулятивно-карбонатными постагрогенными турбированными (Eutric Cambisols (Loamic, Aric, Protocalcic, Ochric)).

Планируемая жилая застройка (земли запаса). Между функциональными зонами на территории ключевого участка выделены большие площади запущенного, заброшенного пространства. Эти территории в границах ключевого участка приурочены к I террасе правого берега р. Волги. Растительность представлена следующими древесными породами: ива, ясень, вяз. Среди многолетних травянистых растений широко распространен тростник (*Phragmites*). Особенностью данного типа СПП является наличие как естественно-поверхностно преобразованных, так и антропогенных почв и ТПО. Почвенный покров состоит из антропогенных

и естественных почв разной степени нарушенности – урбокаштановые почвы (Haplic Kastanozems (Aric) или Eutric Cambisols (Aric, Protocalcic)), урбоаллювиальные почвы (Eutric Fluvisols (Technic)) (рис. 3F), урбостратоземы типичные (Urbic Technosols), гумусовые урбистратифицированные почвы (Regosols (Technic, Transportic)). Для всех исследуемых почвенных профилей отмечено наличие в верхней части маломощного (до 5 см) признака *ur*, образованного аккумуляцией пылеватых частиц и твердого бытового мусора. В настоящий момент можно выделить следующие виды антропогенного воздействия: замусоривание территории, строительные работы, запечатывание территории, а также изъятие плодородного гумусированного материала. Вскипание мелкозема от HCl отмечается с поверхности. Антропогенные включения представлены преимущественно бытовым и строительным мусором. В разрезах, непосредственно примыкающих к урбанизированным частям города, отмечено отсутствие верхних гумусовых горизонтов и замена их на антропогенные горизонты (UR, RAur, Arh,ur) (рис. 3G).

Свалки. В местах складирования мусора фиксируются артификариаты (артииндустраты, артиурбистраты) (Urbic Garbic Technosols) (рис. 3H). Для них характерно наличие слоя, образованного аккумуляцией твердого бытового мусора. Вскипание от HCl отмечается с поверхности. Антропогенные включения представлены преимущественно бытовым и строительным мусором. На участках между свалками почвенный покров представлен естественно-поверхностно преобразованными урбокаштановыми почвами. В них отмечено отсутствие верхних гумусовых горизонтов и замена их на антропогенные горизонты (RAur, Aur или UR).

Антропогенные типы СПП различаются по составу и своей структурной организацией. Для урбанизированных территорий введено понятие технопедокомбинаций (Сухачева, Апарин, 2019). Для них отмечена дискретность ПП и наличие в составе ТПО, которые и обуславливают причины дискретности и разрыва связей.

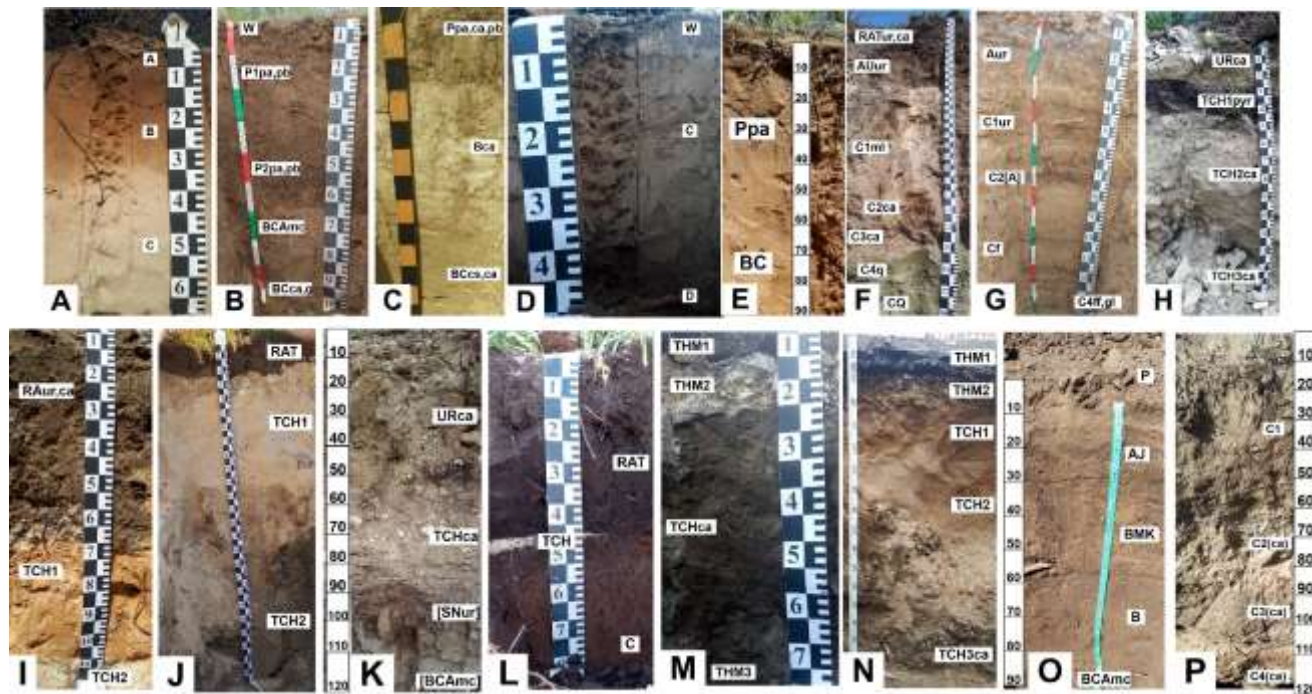


Рис. 3. Почвенные разрезы на исследуемом ключевом участке. **Примечание.** THM – technogenic hard material (плотный техногенный непроницаемый материал).

Fig. 3. Soil pits in the study area. **Note.** THM – technogenic hard material (dense technogenic material).

Урбанизированные. На исследуемой территории древесная растительность создается путем посадки разнообразных видов деревьев, характерных для озеленения в городах сухостепной зоны, таких как тополь, вяз, акация и сирень. Состояние растительности нормальное. Почвенный покров в новых и старых жилых кварталах существенно различается. Так, в старой застройке травяной покров на значительной части территории отсутствует или находится в крайне угнетенном состоянии, почвы преимущественно урбостратоземы типичные (Urbic Technosols) и гумусовые урбистратифицированные почвы (Regosols (Technic)), под зданиями и дорогами литостраты экранированные (Ekranic Technosols). В современных жилых кварталах организуются специальные зеленые зоны с газонами и древесными насаждениями. Почвы – стратоземы гумусовые урбистратифицированные и стратоземы компостно-гумусовые (Phaeozems (Novic, Technic)) (рис. 3I–J), в комплексе с литостратами экранированными (Ekranic Technosols) под зданиями.

Рекреационно-парковые. На территории ключевого участка к таким территориям можно отнести бульвар Волгоградского государственного университета. Древесная растительность представлена дубами, робиниями и вязами. Почвенный покров представлен стратоземами компостно-гумусовыми (Phaeozems (Novic, Technic)) с сохранившимися горизонтами типичных каштановых почв (Cambisols или Kastanozems (Technic)).

Промышленные. В границы ключевого участка входит территория Волгоградского метизного района. Деревья высажены вдоль проезжей части и по периметру завода, а также на прилегающих площадках. Преобладают вязы (*Ulmaceae*), ясень (*Oleaceae*). Для всех древесных насаждений характерна пониженная жизненность (Тихонова, Холоденко, 2021). Почвенный покров представлен преимущественно урбостратоземами техногенными (Urbic Technosols (Transportic)) (рис. 3K). В зеленых зонах стратоземами компостно-гумусовыми (Phaeozems (Novic, Technic)) (рис. 3L). Среди ТПО отмечены литостраты техногенные (Technosols (Transportic)), а также экранированные (Ekranic Technosols) (рис. 3M).

Автомагистральные. Основными породами, высаживаемыми вдоль дорог, являются тополя (*Oleaceae*) и вязы (*Ulmaceae*). Напочвенный покров представлен газонами. Почвы под газонами стратоземы компостно-гумусовые (Phaeozems (Novic, Technic)), а также урбостратоземы компостно-гумусовые (Technosols (Mollic)). Под непроницаемым покрытием фиксируются литостраты экранированные различного гранулометрического состава (Ekranic Technosols (Transportic)) (рис. 3N).

Агроурбанизированные. К данному типу СПП отнесено индивидуальное и дачное строительство. В зоне индивидуальной жилой застройки на земельных участках почвы представлены стратоземами компостно-гумусовыми (Phaeozems (Novic, Technic)) и агрокаштановыми почвами (Haplic Kastanozems (Aric)) и Eutric Cambisols (Aric, Protocalcic)) (рис. 3O). Почвы в тропических сетях, дорогах и под зданиями – урбостратоземы и литостраты (Ekranic и Urbic Technosols). Для дачной зоны в компонентном составе ПП отмечены агрокаштановые почвы, а также ТПО под зданиями.

Монопочвенные. Ареалы одной почвы. В пределах ключевого участка это некроземы (Necrosols) (Greinert, Kostecki, 2024; Morandi et al., 2018) на кладбищах (рис. 3P).

Таким образом, на основе анализа процентного соотношения площадей почвенных ареалов и ТПО, геометрии почвенных контуров и характера их распределения была составлена почвенная карта-схема ключевого участка (рис. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почвенный покров ключевого участка “Университетский” в настоящее время характеризуется преобладанием антропогенных почв и ТПО. Среди антропогенных почв выделены различные агроземы, а также агрокаштановые почвы. Собственно городские почвы представлены урбостратоземами в старой жилой застройке. В современных жилищных кварталах ПП представлен стратоземами компостно-гумусовыми с газонной растительностью и литостратами экранированными под асфальтом и зданиями. Локально выделены монопочвенные образования – некроземы, а также ТПО, к которым относятся различные артификабаты (артииндустраты,

артиурбистраты) в местах свалок, а также литостраты техногенные под зданиями и дорогами.

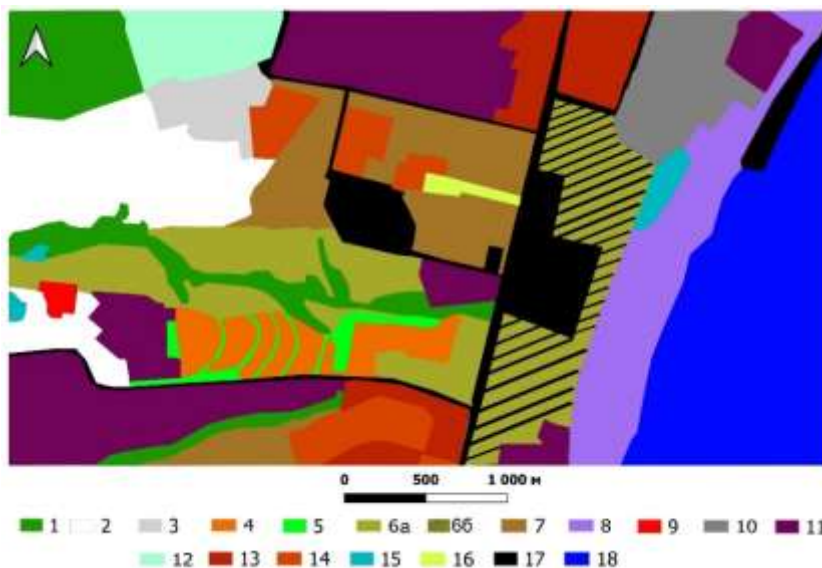


Рис. 4. Почвенная карта-схема ключевого участка “Университетский” М 1 : 50 000.

Fig. 4. Soil map-scheme of the key site “Universitetsky” М 1 : 50 000.

Легенда к почвенной карте ключевого участка

Естественные СПП: 1 – каштановые типичные и квазиглееватые; стратоземы светло- и темногумусовые; 2 – псаммоземы; гумусовые почвы; пески; 3 – псаммоземы гумусовые.

Антропогенно-преобразованные СПП: 4 – агроземы типичные, агроземы аккумулятивно-карбонатные, агрокаштановые; 5 – агроземы аккумулятивно-карбонатные постагрогенные турбированные; 6а – агроземы типичные постагрогенные; 6б – агроземы аккумулятивно-карбонатные постагрогенные турбированные 7 – каштановые урбистратифицированные; 8 – аллювиальные светло- и темногумусовые урбистратифицированные.

Антропогенные СПП: 9 – некроземы; 10 – урбостратоземы техногенные; урбостратоземы химически загрязненные; литостраты техногенные; литостраты экранированные; 11 – агрокаштановые; лито-

страты техногенные; литостраты экранированные; 12 – агрокаштановые; литостраты экранированные; 13 – урбостратоземы; стратоземы гумусовые урбистратифицированные; литостраты экранированные; 14 – стратоземы гумусовые урбистратифицированные; гумусовые урбистратифицированные; стратоземы компостно-гумусовые; литостраты экранированные; 15 – натурфабрикаты; артифабрикты; 16 – стратоземы компостно-гумусовые; погребенные каштановые почвы; литостраты экранированные; 17 – литостраты экранированные; стратоземы компостно-гумусовые; 18 – вода.

Пример среднемасштабного картографирования с использованием комбинированного подхода (наземные исследования с применением аэрокосмической и спутниковой информации) на ключевом участке “Университетский” в Волгограде подтверждает возможность выделения древесной, кустарниковой и газонной растительности, естественных, антропогенных и техногенных групп почв и их комплексов, а также определение границ и площадей запечатанных почв.

Эта информация помогает оценить текущее состояние, разрабатывать и реализовывать целенаправленные мероприятия по охране окружающей среды и улучшению городской среды. Полученные результаты могут послужить основой для создания крупномасштабной почвенной карты для всей территории г. Волгограда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананко Т.В., Герасимова М.И., Савицкая Н.В. Почвенные карты городов для унифицированной цифровой модели почвенного покрова России // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2024. Вып. 121. С. 200–240. DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2024-121-200-240>.
2. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Почвенный покров Санкт-Петербурга: “из тьмы лесов и топи болот” к современному мегаполису // Биосфера. 2013. Т. 5. № 3. С. 327–352.
3. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Принципы создания почвенной карты мегаполиса (на примере Санкт-Петербурга) // Почвоведение. 2014. № 7. С. 790–801.

4. *Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю.* Эволюция почв и почвенного покрова мелиорированных земель. СПб: Изд-во С.-Пб. ун-та, 2009. 266 с.
5. *Власов Д.В., Касимов Н.С., Кошелева Н.Е.* Картографирование ландшафтно-геохимической структуры урбанизированной территории (на примере Москвы) // ИнтерКарто/ИнтерГИС. 2017. Т. 23. № 1. С. 242–255.
6. Геологическая карта СССР (М 1 : 200 000), лист М-38-XXXIII. Всесоюзные аэрогеологический трест Министерства геологии СССР. М., 1968.
7. *Герасимова М.И., Богданова М.Д.* Картография почв на страницах журнала “Почвоведение” (обзор публикаций с 1899 г.) // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2021. Вып. 107. С. 139–179. DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2021-107-139-179>.
8. *Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В.* Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
9. *Гордиенко О.А., Манаенков И.В., Холоденко А.В., Иванцова Е.А.* Картографирование и оценка степени запечатанности почв города Волгограда // Почвоведение. № 11. 2019. С. 1383–1392.
10. *Еремченко О.З., Шестаков И.Е., Москвина Н.В.* Почвы и техногенные поверхностные образования урбанизированных территорий Пермского Прикамья. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т., 2016. 252 с.
11. *Жоголев А.В., Савин И.Ю., Голосная А.О.* Изменение площади нарушенных почв садово-дачных участков в Подмоскowie, выявляемое по спутниковым данным Landsat // Науки о Земле. 2014. № 1–2. С. 76–83.
12. Зеленое кольцо: Опыт создания лесопарковых насаждений и садов вокруг Волгограда / *Годунов Ю.Н., Грачев А.Г., Калашников А.Ф., Колесников А.С.* Волгоград: Ниж.-Волж. кн. изд-во, 1964. 102 с.
13. *Зинченко Е.В., Горохова И.Н., Крулякова Н.Г., Хитров Н.Б.* Современное состояние орошаемых почв юга Приволжской возвышенности // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2020. Вып. 104. С. 68–109. DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-104-68-109>.
14. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 235 с.
15. *Козловский Ф.И., Горячкин С.В.* Современное состояние и пути развития теории структуры почвенного покрова // Почвоведение. 1993. № 7. С. 31–43.
16. *Кулик К.Н., Рулев А.С., Кошелева О.Ю.* Почвенный покров урбанизированных территорий: идентификация и картографирование по

- космическим снимкам // Проблемы региональной экологии. 2015. № 3. С. 121–125.
17. Мартыненко А.И., Строганова Н.М., Прокофьева Т.В. Специфика структуры почвенного покрова крупных городов (на примере Москвы) // Мат-лы Межд. конф. “Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты”. СПб, 2007. С. 462–464.
18. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
19. Почвенное картирование / Под ред. Апарина Б.Ф., Касаткиной Г.А. СПб.: Изд-во С.-Пб. ун-та, 2012. 128 с.
20. 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.И. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1155–1164.
21. Прокофьева Т.В., Строганова М.Н., Мяжкова А.Д., Губанков А.А. Почвы (с почвенной картой г. Москвы) // Экологический атлас г. Москвы. М.: АБФ/ABF, 2000. С. 17–18.
22. Савин И.Ю. Картографирование экраноземов Московской агломерации по спутниковым данным Landsat // Исследование земли из космоса. 2013. № 5. С. 55–61.
23. Сорокина Н.П. Методология составления крупномасштабных агроэкологически ориентированных почвенных карт / Под ред. Шишова Л.Л., Панковой Е.И. М.: Изд-во Почв. ин-та им. В.В. Докучаева РАСХН, 2006. 161 с.
24. Сухачева Е.Ю. Почвы и почвенный покров антропогенно-преобразованных территорий: Дис. ... док. геогр. наук. 25.00.23. СПб, 2021. 561 с.
25. Сухачева Е.Ю., Апарин Б.Ф., Андреева Т.А., Казаков Э.Э., Лазарева М.А. Принципы и методы создания цифровой среднемасштабной почвенной карты Ленинградской области // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2019. Т. 64. № 1. С. 100–113.
26. Сухачева, Е.Ю., Апарин Б.Ф. Структура почвенного покрова антропогенно-измененных ландшафтов Ленинградской области // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1140–1154.
27. Тихонова А.А., Холоденко А.В. Регулярный мониторинг состояния почв и зеленых насаждений как направление оценки качества городской среды // Природные системы и ресурсы. 2021. Т. 11. № 3. С. 5–13.
28. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. М.: Мысль, 1972. 423.

29. Хитров Н.Б., Герасимова М.И. Диагностические горизонты в классификации почв России: версия 2021 г. // Почвоведение. 2021. № 8. С. 899–910.
30. Хитров Н.Б., Герасимова М.И. Предлагаемые изменения в классификации почв России: диагностические признаки и почвообразующие породы // Почвоведение. 2022. № 1. С. 3–14.
31. Шестаков И.Е., Еремченко О.З., Филькин Т.Г. Картографирование почвенного покрова городских территорий на примере г. Пермь // Почвоведение. 2014. № 1. С. 12.
32. Charzynski P., Galbraith J.M., Kühn D., Kabala C., Prokofeva T.V., Vasenev V.I. Classification of urban soils // Soils within cities. Global approaches to their sustainable management. Stuttgart: Catena-Schweizerbart, 2017. P. 93–106.
33. Chen J., Ban Y., Li S. China: Open access to Earth land-cover map // Nature. 2014. Vol. 514(7523). 434 p.
34. EEA. Land take in Europe. Copenhagen: EEA, 2009. URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/land-take3/assessment>.
35. Franck-Néel C., Borst W., Diome C. Mapping the land use history for protection of soils in urban planning: what reliable scales in time and space? // J. Soils Sediments. 2015. 1687–1704.
36. Google maps. URL: <https://www.google.ru>.
37. IUSS Working Group WRB. 2022. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.
38. Lagacherie P., McBratney A.B. Spatial soil information systems and spatial soil inference systems: perspectives for digital soil mapping // Developments in soil science. 2006. Vol. 31. P. 3–22.
39. Pindral S., Kot R., Hulisz P. The influence of city development on urban pedodiversity // Sci Rep. 2022. No. 12. P. 6009.
40. Schleusz U., Wu Q., Blume H.P. Variability of soils in urban and periurban areas in Northern Germany Schleusz // Catena. 1998. Vol. 33, No. 3–4. P. 255–270.
41. Sobocká J., Saksa M., Feranec J., Szatmári D., Holec J., Bobál'ová H., Rášová A. Mapping of urban environmentally sensitive areas in Bratislava city // J. Soils Sediments. 2021. No. 20(6).
42. UN 2018. World urbanization prospects.: the 2018 revision. URL: <https://population.un.org/wup/Download/>.
43. Vialle A., Giampieri M. Mapping urbanization as an anthropedogenetic process: A section through the times of urban soils // Urban Planning. 2020. No. 5. P. 262.

REFERENCES

1. Ananko T.V., Gerasimova M.I., Savitskaya N.V., Soil maps of cities for the unified digital model of the soil cover of Russia, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2024, Vol. 121, pp. 200–240, DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2024-121-200-240>.
2. Aparin B.F., Sukhacheva E.Yu., Pochvennyj pokrov Sankt-Peterburga: “iz t'my lesov i topi blat” k sovremennomu megapolisu (Soil cover of St. Petersburg: “from the darkness of forests and swamp marshes” to the modern metropolis), *Biosfera*, 2013, Vol. 5, No. 3, pp. 327–352.
3. Aparin B.F., Suhacheva E.Ju., Principy sozdaniya pochvennoj karty megapolisa (na primere Sankt-Peterburga) (principles of soil mapping of a megalopolis with St. Petersburg as an example), *Pochvovedenie*, 2014, No. 7, pp. 790–801.
4. Aparin B.F., Sukhacheva E.Yu., *Evoljucija pochv i pochvennogo pokrova meliorirovannyh zemel'* (Evolution of soils and soil cover of reclaimed lands), Saint-Petersburg: Izd-vo S.-Pb. un-ta, 2009, 266 p.
5. Vlasov D.V., Kasimov N.S., Kosheleva N.E., Kartografirovanie landshaftno-geohimicheskoy struktury urbanizirovannoj territorii (na primere Moskvy) (Mapping of landscape and geochemical structure of urban territory (Moscow case study)), *InterCarto/InterGIS*, 2017, No. 23, pp. 242–255.
6. Geological map of the USSR (M 1 : 200 000), sheet M-38-XXXIII, All-Union Aerogeological Trust of the Ministry of Geology of the USSR, Moscow, 1968.
7. Gerasimova M.I., Bogdanova M.D., Soil mapping in “Pochvovedenie” journal (review of publications since 1899), *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2021, Vol. 107, pp. 139–179, DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2021-107-139-179>.
8. Gerasimova M.I., Stroganova M.N., Mozharova N.V., Prokofieva T.V., *Antropogennye pochvy: genezis, geografija, rekul'tivacija* (Anthropogenic soils: genesis, geography, reclamation), Smolensk: Oikumena, 2003, 268 p.
9. Gordienko O.A., Manaenkov I.V., Kholodenko A.V., Ivancova E.A., Kartografirovanie i ocenka stepeni zapechatannosti pochv goroda Volgograda (Mapping and Assessment of Sealing Rate of Soils in the City of Volgograd), *Pochvovedenie*, 2019, No. 11, pp. 1383–1392.
10. Eremchenko O.Z., Shestakov I.E., Moskvina N.V., *Pochvy i tehnogennye poverhnostnye obrazovaniya urbanizirovannyh territorij Permskogo Prikam'ja* (Soils and technogenic surface formations of urbanised territories of the Permian Kama region), Perm: Perm State National Research Univ. of Russia, 2016, 252 p.
11. Zhogolev A.V., Savin I.Ju., Golosnaja A.O., *Izmenenie ploshhadi*

narushennyh pochv sadovo-dachnyh uchastkov v Podmoskov'e, vyjavljaemoe po sputnikovym dannym Landsat (Change in the area of disturbed soils of garden plots in the Moscow region detected by Landsat satellite data), *Nauki o Zemle*, 2014, No. 1–2, pp. 76–83.

12. Godunov Y.N., Grachev A.G., Kalashnikov A.F., Kolesnikov A.S., *Zelenoe kol'co: Opyt sozdaniya lesoparkovyh nasazhdenij i sadov vokrug Volgograda* (Green ring: Experience in creating forest and park plantations and gardens around Volgograd), Volgograd: Nizh-Volzh. book publishing house, 1964, 102 p.

13. Zinchenko E.V., Gorokhova I.N., Kruglyakova N.G., Khitrov N.B., Modern state of irrigated soils at the south of the Volga upland, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2020, Vol. 104, pp. 68–109, DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-104-68-109>.

14. *Classification and diagnostics of soils of Russia* (Klassifikacija i diagnostika pochv Rossii), Smolensk: Oikumena, 2004, 235 p.

15. Kozlovskij F.I., Gorjachkin S.V., *Sovremennoe sostojanie i puti razvitiya teorii struktury pochvennogo pokrova* (Current state and ways of development of the theory of soil cover structure), *Pochvovedenie*, 1993, No. 7, pp. 31–43.

16. Kulik K.N., Rulev A.S., Kosheleva O.Ju., *Pochvennyj pokrov urbanizirovannyh territorij: identifikacija i kartografirovanie po kosmicheskim snimkam* (Soil cover of urbanised areas: identification and mapping from space images), *Problemy regional'noj jekologii*, 2015, No. 3, pp. 121–125.

17. Martynenko A.I., Stroganova N.M., Prokof'eva T.V., *Specifika struktury pochvennogo pokrova krupnyh gorodov (na primere Moskvy)* (Specifics of the soil cover structure of large cities (on the example of Moscow)), *Proc. Int. Conf. "Prostranstvenno-vremennaja organizacija pochvennogo pokrova: teoreticheskie i prikladnye aspekty"* (Spatial and temporal organisation of soil cover: theoretical and applied aspects), SPb, 2007, pp. 462–464.

18. *Polevoy opredelitel pochv Rossii* (Field determinant of soils of Russia), Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 2008, 182 p.

19. Aparin B.F., Kasatkina G.A. (Eds), *Pochvennoe kartirovanie: uchebno-metodicheskoe posobie* (Soil mapping: training manual), SPb: Izd-vo S.-Pb. un-ta, 2012, 128 p.

20. Prokof'eva T.V., Gerasimova M.I., Bezuglova O.S., Bahmatova K.A., Gol'eva A.A., Gorbov S.N., Zharikova E.A., Matinjan N.N., Nakvasina E.N., Sivceva N.I., *Vvedenie pochv i pochvopodobnyh obrazovanij gorodskih territorij v klassifikaciju pochv Rossii* (Inclusion of soils and soil-like bodies of urban territories into the Russian soil classification system), *Pochvovedenie*, 2014, No. 10, pp. 1155–1164.

21. Prokofieva T.V., Stroganova M.N., Myagkova A.D., Gubankov A.A., *Soils (with soil map of Moscow)*, *Ecological Atlas of Moscow*, Moscow: ABF/ABF,

2000, pp. 17–18.

22. Savin I.Yu., Kartografirovanie jekranozemov Moskovskoj aglomeracii po sputnikovym dannym Landsat (Mapping of the Moscow agglomeration screen-soils using Landsat satellite data), *Issledovanie zemli iz kosmosa*, 2013, No. 5, pp. 55–61.

23. Sorokina N.P., Metodologija sostavlenija krupnomasshtabnyh agroekologicheskij orientirovannyh pochvennyh kart (*Methodology of large-scale agro-ecologically oriented soil maps*) / Shishov L.L., Pankova E.I. (Eds), Moscow: Izd-vo Soil Institute named after V.V. Dokuchaev of Russian Academy of Agricultural Sciences, 2006, 161 p.

24. Sukhacheva E.Yu., *Pochvy i pochvennyj pokrov antropogenno-preobrazovannyh territorij: Diss. ... dokt. geogr. nauk* (Soils and soil cover of anthropogenically transformed areas, Dr. Geogr. Sci. thesis), 25.00.23, Saint-Petersburg, 2021, 561 p.

25. Suhacheva E.Yu., Aparin B.F., Andreeva T.A., Kazakov E.E., Lazareva M.A., Principy i metody sozdaniya cifrovoj srednemasshtabnoj pochvennoj karty Leningradskoj oblasti (Principles and methods of creating a digital medium-scale soil map of the Leningrad region), *Vestnik SPbGU. Nauki o Zemle*, 2019, Vol. 64, No. 1, pp. 100–113.

26. Suhacheva E.Yu., Aparin B.F., Struktura pochvennogo pokrova antropogenno-izmenennyh landshaftov Leningradskoj oblasti (Structure of soil cover of anthropogenically modified landscapes of the Leningrad region), *Pochvovedenie*, 2019, No. 9, pp. 1140–1154.

27. Tihonova A.A., Kholodenko A.V., Reguljarnyj monitoring sostojanija pochv i zelenyh nasazhdenij kak napravlenie ocenki kachestva gorodskoj sredy (Regular monitoring of the state of soils and green spaces as a direction for assessing the quality of urban environment), *Prirodnye sistemy i resursy*, 2021, Vol. 11, No. 3, pp. 5–13.

28. Friedland V.M., *Struktura pochvennogo pokrova* (Structure of the soil cover), Moscow: Mysl, 1972, 423 p.

29. Khitrov N.B., Gerasimova M.I., Diagnosticheskie gorizonty v klassifikacii pochv Rossii: versija 2021 g (Diagnostic horizons in the classification of soils in Russia: version 2021), *Pochvovedenie*, 2021, No. 8, pp. 899–910.

30. Khitrov N.B., Gerasimova M.I., Predlagaemye izmenenija v klassifikacii pochv Rossii: diagnosticheskie priznaki i pochvoobrazujushhie porody (Proposed changes in the classification of soils of Russia: diagnostic features and soil-forming rocks), *Pochvovedenie*, 2022, No. 1, pp. 3–14.

31. Shestakov I.E., Eremchenko O.Z., Fil'kin T.G., Kartografirovanie pochvennogo pokrova gorodskih territorij na primere g. Perm' (Mapping of soil cover of urban areas on the example of Perm), *Pochvovedenie*, 2014, No. 1, pp. 12.

32. Charzynski P., Galbraith J.M., Kühn D., Kabała C., Prokofeva T.V., Vasenev V.I., Classification of urban soils, Soils within cities, In: *Global approaches to their sustainable management*. Stuttgart: Catena-Schweizerbart, 2017, pp. 93–106.
33. Chen J., Ban Y., Li S., China: Open access to Earth land-cover map, *Nature*, 2014, No. 514(7523), p. 434.
34. EEA, Land take in Europe. EEA, 2009. Copenhagen, URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/land-take3/assessment>.
35. Franck-Néel C., Borst W., Diome C., Mapping the land use history for protection of soils in urban planning: what reliable scales in time and space? *J Soils Sediments*, 2015, pp. 1687–1704.
36. Google maps, URL: <https://www.google.ru>.
37. IUSS Working Group WRB, 2022. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.
38. Lagacherie P., McBratney A.B., Spatial soil information systems and spatial soil inference systems: perspectives for digital soil mapping, *Developments in soil science*, 2006, Vol. 31, pp. 3–22.
39. Pindral S., Kot R., Hulisz P., The influence of city development on urban pedodiversity, *Sci. Rep.*, 2022, No. 12, pp. 6009.
40. Schleusz U., Wu Q., Blume H.P., Variability of soils in urban and periurban areas in Northern Germany Schleusz, *Catena*, 1998, Vol. 33, No. 3–4, pp. 255–270.
41. Sobocká J., Saksa M., Feranec J., Szatmári D., Holec J., Bobáľová H., Rášová A., Mapping of urban environmentally sensitive areas in Bratislava city, *J. Soils Sediments*, 2021, No. 20(6).
42. UN 2018, World urbanization prospects.: the 2018 revision, URL: <https://population.un.org/wup/Download/>.
43. Vialle A., Giampieri M., Mapping urbanization as an anthropedogenetic process: A section through the times of urban soils, *Urban Planning*, 2020, No. 5, pp. 262.