

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ Г. ВОЛГОГРАДА

© 2025 г. О. А. Гордиенко^{a,*} (<http://orcid.org/0000-0001-5381-9114>)

^aФедеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, Университетский пр-т, 97, Волгоград, 400062 Россия

*e-mail: oleg.gordienko.95@bk.ru

Поступила в редакцию 11.07.2024 г.

После доработки 01.10.2024 г.

Принята к публикации 01.10.2024 г.

Изложены результаты цифрового картографирования структуры почвенного покрова г. Волгограда. Создана почвенная карта-схема масштаба 1 : 50 000, отражающая особенности пространственного распределения отдельных типов/подтипов почв и техногенных поверхностных образований (ТПО). В основе картографирования лежат результаты дешифрирования космоснимков с последующим уточнением в рамках полевых исследований (155 разрезов). Геоинформационную обработку осуществляли в программе QGIS с использованием данных дистанционного зондирования Земли космических снимков естественных цветов со спутника QuickBird. На основании содержания ареалов почв и ТПО и характера их распределения выделено 6 типов организации почвенного урбанизированного пространства. Установлено, что почвенный покров города отражает структуру и характер землепользования. Так, антропогенные почвы преимущественно расположены в восточной части города, что объясняется приуроченностью основных объектов промышленной, жилой и транспортной инфраструктуры к берегу Волги и соответствует историческому направлению развития. Естественные и агрогенные почвы отмечены на западных окраинах и о. Сарпинском, присоединенных в 2014 г.

Ключевые слова: картографирование почв, функциональное зонирование, урбопедокомбинации, городские почвы, почвенное урбанизированное пространство, почвенная карта

DOI: 10.31857/S0032180X25020035, **EDN:** CPCSVP

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время 75% населения Европы проживает в городах, а к 2050 году прогнозируется увеличение этого показателя до 85% [40]. С 1996 по 2006 год площадь запечатанных территорий увеличилась с 176 200 до 191 200 км². Ежегодно до 920 км² (2.5 км² в день) земель вовлекаются в административные границы городов [42]. В результате роста городов изменяется компонентный состав почвенного покрова, поэтому составление почвенных карт важно для оценки качества почв. Карты помогают определить загрязнение почвы, контролировать уровень плодородия, планировать зонирование городских территорий в соответствии с характеристиками их почвенного покрова, а также разрабатывать меры по охране и восстановлению почв. Такие данные необходимы для устойчивого развития городов и обеспечения здоровой экологической среды для жителей.

Анализ отечественного и зарубежного опыта картографирования почв урбанизированных территорий показал, что авторами использовались различные методические подходы [2, 4, 10, 26, 36, 39, 44, 48–49, 51, 54–57, 59, 67]. Часть исследователей в основе картографирования используют принцип, основанный на учете функционального зонирования, а также естественных и антропогенных условий почвообразования [4, 6, 10, 15, 18, 20, 36–37, 41, 43, 48, 58, 66]. Подобный подход был ранее использован при составлении почвенной карты г. Волгограда, что особенно актуально при линейном типе городской планировки, обуславливающим существенные различия как в темпах и интенсивности городской застройки и промышленного освоения, так и в разнообразии почвенно-экологических условий. Ранее проведенное картографирование почвенного покрова города осуществлялось на основе выделения функциональных зон с приведенным списком всех встречающихся в зонах почв. Однако картографирование,

опирающееся только на функциональное зонирование не отражает особенности структуры почвенного покрова (СПП).

Почвенные карты, отражающие специфику СПП, составлены для городов: Санкт-Петербург, Братислава, Инновроцлав, Берлин, Торунь и Париж [1, 2, 29, 30, 37, 52, 55–57, 60–64, 68]. Однако принципы картографирования различаются. Так, для Братиславы, Инновроцлава и Торунь в основе лежит функциональное зонирование территории с отражением внутри СПП.

Важное значение в исследованиях подобного рода имеет степень проработанности классификации антропогенных почв. Так, для Москвы и Санкт-Петербурга применялись авторские классификации. WRB или соотносимые с ней в остальных случаях [25, 37, 47], в то время как для городов Нанкин и Тхыат-хьен-Хюэ детализация сводилась к выделению на территории города застроенных участков (“urban area” [67]) без отсылки к типам почв [54]. При этом в зарубежной практике часто большое внимание уделяется детализации естественных и сельскохозяйственных почв, расположенных на территории города [67, 68].

Цель работы — создание почвенной карты-схемы г. Волгограда масштаба 1 : 50 000 с отображением структуры почвенного покрова.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является почвенный покров г. Волгограда, измененный в результате различных видов антропогенного воздействия. Общая площадь города в современных границах 826 км².

При изучении антропогенно-преобразованных СПП использована методология картографирования почв, измененных хозяйственной деятельностью [3, 11, 17, 21, 24, 28, 32, 50], которая была апробирована при создании цифровых почвенных карт Санкт-Петербурга (масштаб 1 : 50 000) [2], Ленинградской области (масштаб 1 : 200 000). Используемые методы и принципы картографирования почв в условиях урболандшафтов позволили актуализировать ранний опыт картографирования почв г. Волгограда [6, 18, 20].

В результате проведенного исследования установлено, что изучение СПП с позиций учения В.М. Фридланда применимо для антропогенно-преобразованных и собственно городских почв в условиях г. Волгограда. Воздействие человека привело к образованию массовых разрывов между участками почвенного покрова (ПП) (автомагистрали, железнодорожные пути, насыпи, строения). Таким образом, ПП из континуального переходит в дискретный и не функционирует как единая система, а разбивается на отдельные, не связанные между собой, ареалы почв — урбопеδοкомбинации [2].

При картографировании почвенного покрова г. Волгограда авторами использовался комбинированный подход М.Н. Строгановой и Е.Ю. Сухачевой. Концепция Строгановой [23, 26] базируется на том, что формирующим фактором развития почвенного покрова является землепользование, что отражается на системе функционального зонирования. Е.Ю. Сухачевой [31] при почвенном картографировании г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области введено понятие “почвенного урбанизированного пространства”, характерными признаками которого являются дискретность почвенного покрова и четкие геометрические формы ареалов, обусловленные антропогенным фактором. Почвенное урбанизированное пространство представляет собой комбинации ареалов почв и техногенных поверхностных образований в различных соотношениях т.е. образуя урбопеδοкомбинации (комбинации естественных, антропогенно-преобразованных почв, антропогенных почв и ТПО) [2].

Словацким почвоведом Собочкой [62] в основу картографирования городских почв была положена концепция педо-городских комплексов (pedo-urban complexes), которая позволяет проводить картографирование городских почв в крупных и средних масштабах. В городах можно встретить множество форм землепользования, таких как исторические центры, промышленные предприятия, городские зеленые зоны и парки, жилые районы, заброшенные поля и т.д. Деятельность человека играет огромную роль в распределении почв в пределах города, оказывая сильное влияние на различные педогенетические и антропогенные процессы. Пространственная изменчивость городских почв вносит значительный вклад в это разнообразие [57, 58]. Сложность почвенных единиц в городских ландшафтах настолько велика, что классическое картографирование типов почв оказывается неприменимым, т.е. выделение почвенных единиц в такой среде невозможно только по почвенным (геологическим или геоморфологическим) критериям [62].

Для решения данной проблемы была предложена новая концепция картографирования педо-урбанистических комплексов городов [62]. Авторами введены термины “педон/полипедон” и “педотоп” — педологическая/педогеографическая и картографическая единица, относительно педологически однородная и картографируемая в крупных масштабах, на которую приходится около 85% территории [62]. Часть педо-урбанистических комплексов может иметь непроницаемое покрытие (здания, асфальтовое покрытие, бетон, дорожные сети и т.д.). Промышленные зоны, жилые массивы, коммерческие районы, транспортная инфраструктура приводит к пространственной дифференциации почвенного покрова городов [65].

Изучение СПП на территории РФ успешно проведено для г. Санкт-Петербурга. Согласно концепции, предложенной Е.Ю. Сухачевой и Б.Ф. Апариным, СПП внутри городов можно разделить на три группы: естественные, антропогенно-измененные и антропогенные. Под антропогенно-измененными СПП понимаются почвенные комбинации с частично нарушенными исторически сложившимися межкомпонентными связями. Особенностью таких СПП является то, что межкомпонентные связи еще соответствуют определенным типам СПП в естественных ландшафтах, но компонентный состав, форма элементарных почвенных ареалов и границы уже значительно отличаются. Компонентный состав новых СПП состоит из почв, трансформированных в разной степени [1].

Почвенный покров в антропогенных СПП отличается от такового естественных и антропогенно-измененных ландшафтов по составу и своей структурной организации [1, 5, 21, 36]. Для этих территорий используется понятие технопедокомбинаций [30]. Антропогенная СПП характеризуется дискретностью, наличием ТПО, зданий, дорог, являющихся причиной дискретности.

В работе использовали понятие “почвенного урбанизированного пространства”, предложенное Сухачевой [31]. Характерными признаками почвенного урбанизированного пространства являются дискретность, четкие геометрические формы ареалов и наличие ТПО [31]. При картографировании почвенного урбанизированного пространства по космическим снимкам определяли соотношение ареалов почв и ТПО, включая компоненты, площадь которых <5%.

На основе анализа процентного соотношения площадей почвенных ареалов и ТПО, геометрии почвенных контуров и характера их распределения были выделены 6 типов организации почвенного урбанизированного пространства, как и в Санкт-Петербурге, что подчеркивает универсальность предложенной Е.Ю. Сухачевой методологии. При выделении типов организации почвенного урбанизированного пространства руководствовались следующими принципами (согласно учению В.М. Фридланда): единство категорий, применяемых для группировки типов СПП; соответствие категорий назначению карты и иерархичность категорий. В пределах типа выделяли группы урбопедокомбинаций по компонентному составу почв и ТПО.

При картографировании урбопедокомбинаций использованы дешифровочные признаки разных компонентов по данным дистанционного зондирования Земли космических снимков естественных цветов со спутника QuickBird, находящиеся в свободном доступе в глобальной сети Интернет. Для картографирования экранированных территорий наилучшим выглядит автоматизированный

метод с ручным обучением. Данный подход позволяет с точностью до 97% определить запечатанность территории [27]. Поэтому в настоящей работе применяли автоматизированный метод в программе ENVI.

Геоинформационную обработку осуществляли в программе QGIS. Картографические материалы представлены в проекции UTM (зона 38N), система координат WGS84. Типы подстилающей поверхности приведены по данным Global land cover разрешением 30 м [38].

На ключевых участках, путем закладки 155 разрезов проводили диагностику антропогенно-преобразованных СПП. Почвы и техногенные поверхностные образования (ТПО) идентифицированы по классификации и диагностике почв России (КиДПР) 2004 г. с дополнениями [16, 22, 25, 33, 34], WRB 2022 г. [47].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В административных границах г. Волгограда по типу организации почвенного урбанизированного пространства можно выделить естественные, агроландшафты и собственно урбанизированные территории (рис. 1).

В пределах современных границ г. Волгограда выделено 6 типов организации почвенного урбанизированного пространства: континуальный, фоновый, дисперсный, линейный и монопочвенный. Континуальный тип в свою очередь подразделяется на 3 подтипа: с преобладанием естественных почв; агроестественных и агрогенных; естественных и стратифицированных.

Континуальный тип организации почвенного урбанизированного пространства с преобладанием естественных почв (6 групп урбопедокомбинаций). В естественных экосистемах между компонентами ПП фиксируются устойчивые генетические связи. Преобладающими комбинациями почв являются сочетания, вариации и пятнистости, в зависимости от рельефа и, как следствие, перераспределения тепла, влаги и растительности [13, 19]. В ПП доминируют естественные разности почв с ненарушенным строением профиля. Ареалы почв имеют неправильную геометрическую форму. В урбопедокомбинациях преобладают естественные почвенные ареалы. ТПО расположены фрагментарно (<5% площади) или отсутствуют вовсе. Участки заняты естественной растительностью (попынно-злаковая степь). Почвенный покров представлен различными комбинациями каштановых квазиглееватых почв (Gleyic Kastanozems (Loamic)) и стратоземов светлого и темного гумусовых (Eutric Solimovic Arenosols/Eutric Solimovic Regosols) в понижениях и балках. На высоких геоморфологических позициях встречаются ареалы псаммоземов гумусовых (Eutric Arenosols

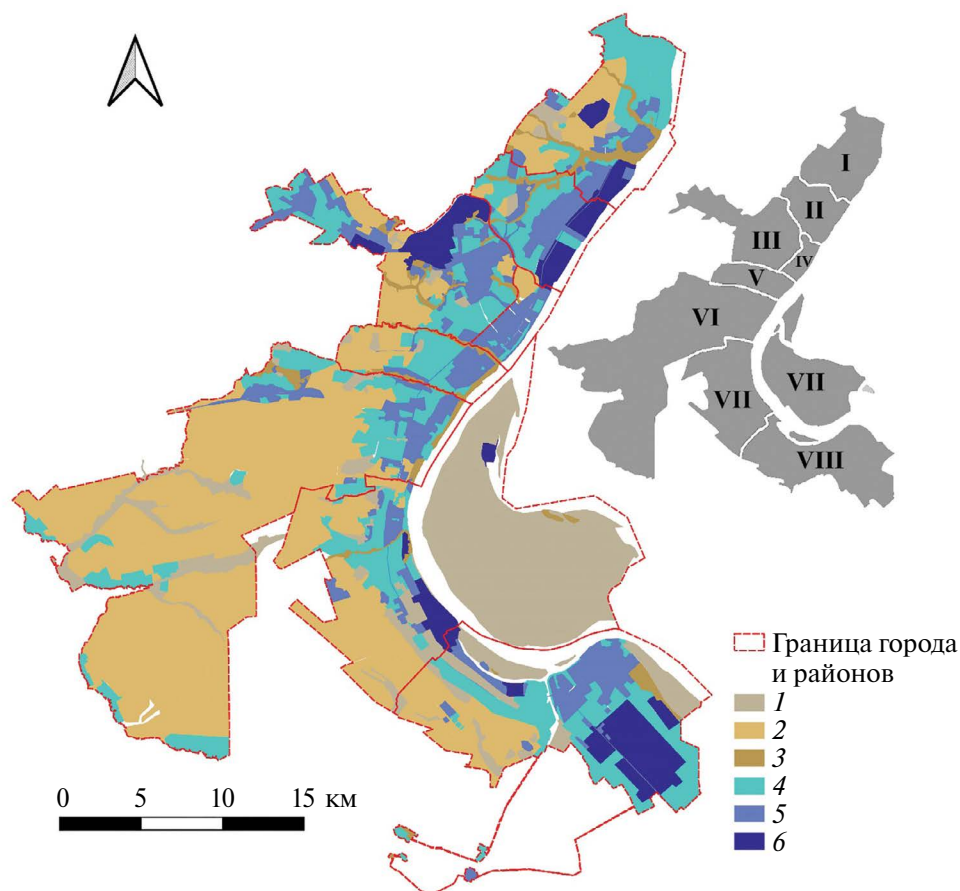


Рис. 1. Карта-схема типов почвенного урбанизированного пространства г. Волгограда масштаба 1 : 50 000: 1 – континуальные тип ПП с преобладанием естественных почв; 2 – континуальные тип ПП с преобладанием агроестественных и агрогенных почв; 3 – континуальные тип ПП с преобладанием естественных и стратифицированных почв; 4 – фоновый тип; 5 – дисперсный тип; 6 – фрагментарный тип. На врезке районы г. Волгограда: I – Тракторозаводской; II – Краснооктябрьский; III – Дзержинский; IV – Центральный; V – Ворошиловский; VI – Советский; VII – Кировский; VIII – Красноармейский.

(Ochric)) с песками (Protic Arenosols)); в пределах пойм малых рек, а также островах встречаются аллювиальные светло- (Eutric Fluvisols (Ochric)) и темногумусовые (Fluvisols Phaeozems/Eutric Fluvisols (Humic)) почвы. На территории прибрежных зон островов фиксируются слоисто-аллювиальные гумусовые (Eutric Arenosols (Ochric, Fluvisols)) и слоисто-аллювиальные почвы (Protic Arenosols (Fluvisols)). На приводораздельных плато и склонах Приволжской возвышенности отмечены зональные каштановые типичные (Haplic Kastanozems (Loamic)/Eutric Cambisols (Loamic, Protocalcic)) и солонцеватые почвы (Luvic Kastanozems (Loamic, Sodic)/Eutric Cambisols (Loamic, Protocalcic, Sodic)) с пятнами солонцов светлых (Gypsic Solonetz (Loamic, Columnic, Cutanic, Ochric)). В южной части города встречаются ареалы солончаков глеевых (Gleyic Solonchaks). Выделение групп основано на компонентном составе урбопедокомбинаций, изменяющихся из-за геоморфологических особенностей территории.

Континуальный тип организации почвенного урбанизированного пространства с преобладанием агроестественных и агрогенных почв (4 группы урбопедокомбинаций). Выделение групп осуществлялось на основе характера землепользования (используемые в настоящий момент земли, постагрогенные, а также с лесными полосами и без). В агроландшафтах на территории г. Волгограда преобладают агроземы и агрогенно-поверхностно-преобразованные почвы, характерным диагностическим признаком которых является наличие пахотного агрогумусового горизонта. ПП формируется в равной мере под влиянием естественных и антропогенных факторов. Генетические связи между компонентами покрова сохраняются частично и нарушаются при строительстве дорожной сети, а также лесомелиоративными (лесные полосы) и мелиоративными (валы-каналы и т.д.) мероприятиями [7]. Структура почвенного покрова характеризуется высокой комплексностью, связанной с микрорельефом [14, 35].

На выпуклых и относительно ровных поверхностях распространены агрокаштановые несолонцеватые почвы, агроземы аккумулятивно-карбонатные и солонцеватые почвы с пятнами агросолонцов, в микропонижениях и днищах широких ложбин — агроземы глинисто-иллювиальные и агростратоземы. В компонентном составе доминируют агрогенно-трансформированные почвы [8, 9]. Преобладающими в почвенном покрове являются агроземы аккумулятивно-карбонатные (Eutric Cambisols (Loamic, Aric, Protocalcic, Ochric)), агрокаштановые почвы (Haplic Kastanozems (Loamic, Aric)), а также агрообраземы аккумулятивно-карбонатные и агроземы типичные (Eutric Regosols (Aric)) в местах проявления эрозионных процессов. Особенности СПП заключаются в правильной геометрической форме ареалов, поскольку границы совпадают с границами полей. Сельскохозяйственные угодья разделены лесными полосами с агроземами аккумулятивно-карбонатными постагрогенными турбированными (Eutric Cambisols (Loamic, Aric, Protocalcic, Ochric)). На сельскохозяйственных землях, которые выведены из оборота (залежи, бывшие сады с садооградными полосами), СПП представлен агрокаштановыми постагрогенными почвами (Haplic Kastanozems (Loamic, Aric, Ochric)), агроземами аккумулятивно-карбонатными постагрогенными и агроземами аккумулятивно-карбонатными постагрогенными турбированными под лесными полосами (Eutric Cambisols (Loamic, Aric, Protocalcic, Ochric)).

Континуальный тип организации почвенного урбанизированного пространства с преобладанием естественных и стратифицированных почв (4 группы урбопедокомбинаций). В пригородных и сопредельных к урбанизированным частям города в

каштановых (Haplic Kastanozems (Loamic, Novic, Technic)) и иллювиальных (Eutric Fluvisols (Ochric, Novic, Technic), (Fluvisols Phaeozems (Novic, Technic)/ Eutric Fluvisols (Humic, Technic))) почвах происходят видимые изменения, которые ограничиваются только верхними горизонтами. Антропогенное воздействие приводит к формированию новых маломощных горизонтов с признаком *ur*. Антропогенные включения (около 5–10%) представлены строительным мусором и не обнаруживаются ниже ВМК (для каштановых почв). Таким образом, в пределах данного подтипа континуального типа выделено 4 группы урбопедокомбинаций в зависимости от исходной (фоновой) почвы, которая претерпела изменения в верхних горизонтах.

Собственно, почвенное урбанизированное пространство с фрагментами почвенного покрова, генетические связи между которыми полностью отсутствуют, представлено пятью типами (рис. 2). Для почвенного урбанизированного пространства характерна мелкоконтурность, которую нельзя отразить в выбранном масштабе карты 1 : 50 000. В почвенном покрове преобладают различные стратифицированные и урбистратифицированные почвы. Характерной особенностью структуры почвенного урбанизированного пространства является наличие ареалов ТПО, которые являются барьером и причиной разрыва естественного почвенного покрова.

Фоновый тип организации почвенного урбанизированного пространства (6 групп урбопедокомбинаций). В урбопедокомбинациях ареалы почв занимают более 50% от площади. Контуры почв могут представлять собой как элементарные почвенные ареалы, так и почвенные комбинации. Компонентный

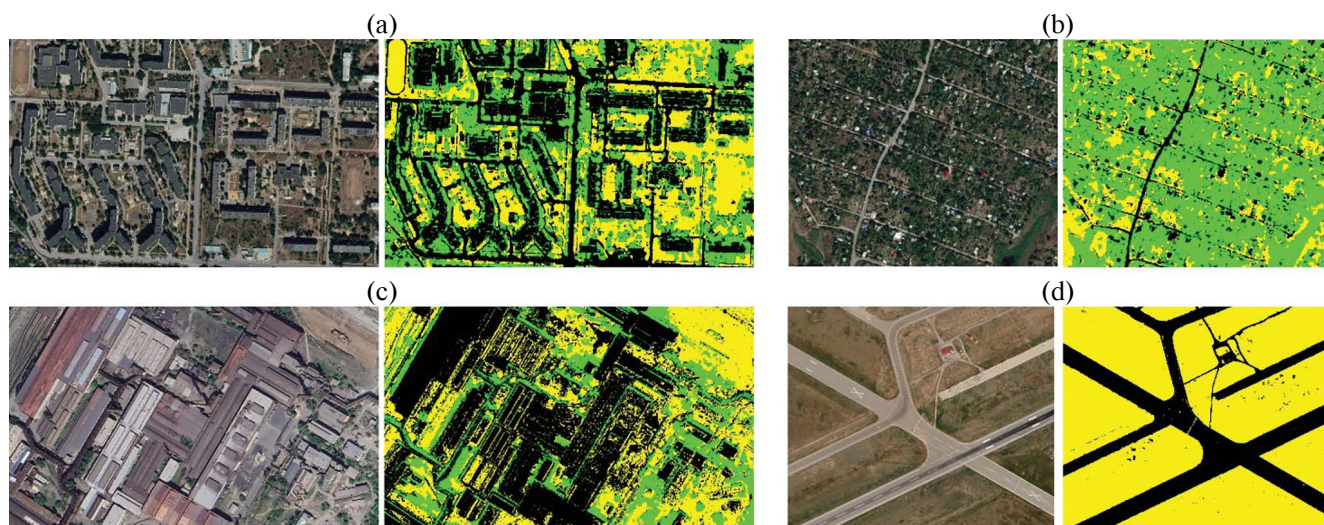


Рис. 2. Типы почвенного урбанизированного пространства: (а) — дисперсный, (б) — фоновый, (с) — фрагментарный, (д) — линейный. Желтым и зеленым цветом показаны почвенные контуры, черным — ТПО.

состав разнообразен — от антропогенных почв до агроземов и естественных почв. Данный тип почвенного урбанизированного пространства на территории г. Волгограда характерен для зон застройки индивидуальными жилыми домами, коллективных садов и дач, озелененных территорий рекреационного значения, а также для примыкающих к промышленным зонам пространств. В зоне застройки индивидуальными жилыми домами почвенный покров представлены стратоземами компостно-гумусовыми (Phaeozems (Novic, Technic)) и агрокаштановыми почвами (Haplic Kastanozems (Aric)) и Eutric Cambisols (Aric, Protocalcic)). В тропиновых сетях, дорогах и под зданиями отмечены литостраты экранированные (Ekranic Technosols). Отличие зоны коллективных садов и дач от индивидуальной застройки заключается в меньших площадях зданий и общей запечатанности территории. Выделение 6 групп основано на компонентном составе урбопедокомбинаций и доли ТПО в их составе.

Дисперсный тип организации почвенного урбанизированного пространства (3 группы урбопедокомбинаций). Выделение групп осуществлялось на основе данных о возрасте жилых кварталов, поскольку компонентный состав урбопедокомбинаций послевоенной жилой застройки существенно отличается от современной. Данный тип характерен для зоны жилой застройки различной этажности и даты строительства. Почвы в урбопедокомбинациях занимают от 5 до 20%, остальное пространство занято ТПО. Среди дешифровочных признаков можно выделить их квадратную и прямоугольную форму, а также изолированность друг от друга дорогами и прочими линейными объектами. Древесная растительность этой территории формируется путем высаживания широкого спектра видов, характерных для городского озеленения, а именно тополь, вяз, акация и сирень. Стоит отметить, что почвенный покров в новых и старых кварталах существенно различается. Так, в старой застройке травяной покров на значительной части территории отсутствует или находится в крайне угнетенном состоянии, почвы преимущественно урбостратоземы (Urbic Technosols) и гумусовые урбистратифицированные почвы (Regosols (Technic)), а под зданиями и дорогами ТПО — литостраты экранированные (Ekranic Technosols). Однородность почвенного покрова обусловлена сходством их происхождения, т.е. рост синлитогенных антропогенных горизонтов происходил за счет строительства новых жилищных кварталов (при каждом новом ремонте или строительстве антропогенные горизонты перекрывались свежим аллохтонным материалом). В современных жилых кварталах организуются специальные зеленые зоны с газонами и древесными насаждениями. Почвы под насаждениями и газонами — стратоземы гумусовые урбистратифицированные

(Technosols (Mollic)) и стратоземы компостно-гумусовые (Phaeozems (Novic, Technic)), среди ТПО отмечены литостраты экранированные (Ekranic Technosols (Transportic)) под зданиями.

Фрагментарный тип организации почвенного урбанизированного пространства (1 группа урбопедокомбинаций). Ареалы почв различной геометрии (прямоугольные, вытянутые, округлые, неопределенной формы) расположены фрагментарно без каких-либо закономерностей среди ТПО. Как правило, почвенный контур — это элементарный почвенный ареал. В ПП преобладают урбостратоземы техногенные и химически загрязненные (Urbic Technosols (Transportic, Toxic)), литостраты техногенные и экранированные (Ekranic Technosols (Transportic)). Выделение данной группы урбопедокомбинаций напрямую отражает фактические границы производственной зоны объектов I–V класса опасности.

Линейный тип организации почвенного урбанизированного пространства (3 группы урбопедокомбинаций). Почвенные ареалы, имеющие узкую, вытянутую форму, чередуются с контурами ТПО.

В Волгограде выделяются:

— узкие длинные ареалы стратоземов компостно-гумусовых (Phaeozems (Novic, Technic)), сочетающиеся с контурами ТПО (литостратов экранированных (Ekranic Technosols (Transportic))). Выделы характерны для проспектов с зелеными насаждениями [45];

— узкие длинные ареалы литостратов техногенных (Ekranic Technosols (Transportic)) и литостратов экранированных (Technosols (Transportic)). Контуры выделены на территориях вдоль железнодорожных магистралей и неблагоустроенных дорог.

Монопочвенный тип организации почвенного урбанизированного пространства (2 группы урбопедокомбинаций). Ареалы одной почвы, например, некроземы (Necrosols [46, 53]) на кладбищах, конструктороземы (Phaeozems (Novic, Technic)) [12] на футбольных полях и натурфабрикаты (Urbic Garbic Technosols) в местах свалок. Группы выделялись согласно границам зон объектов специального назначения — кладбищ и крематориев и зон специального назначения — объектов по обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению твердых и иных коммунальных отходов, отраженных на карте функционального зонирования территории г. Волгограда.

Таким образом, на основе анализа процентного соотношения площадей почвенных ареалов и ТПО, геометрии почвенных контуров и характера их распределения была составлена почвенная карта-схема г. Волгограда (табл. 1, рис. 3).

Таблица 1. Площади урбопедокомбинаций и приуроченность к функциональным зонам г. Волгограда

Номер в легенде	Площадь, км ²	Приуроченность к функциональной зоне
1	115.9	Зона парков, садов, северов, бульваров, набережных, пляжей
2	23.7	Зона городских лесов и лесопарков
3	14.4	Зона парков, садов, северов, бульваров, набережных, пляжей
4	1.9	Зона планируемой жилой застройки
5	9.4	
6	1.2	
7	224.1	Зона сельскохозяйственных угодий
8	36.9	Зона планируемой жилой застройки
9	9.6	Зона сельскохозяйственных угодий
10*	77.8	Зона городских лесов и лесопарков
11	24.4	Производственно-деловая зона, зона планируемой жилой застройки
12	2.6	Зона планируемой жилой застройки, зона объектов коммунальной и транспортной инфраструктур I–V класса опасности
13	14.9	Зона городских лесов и лесопарков
14	25.2	Жилая зона среднеэтажных и многоэтажных жилых домов
15	60.1	
16	3.1	Зона парков, садов, северов, бульваров, набережных, пляжей, зона зеленых насаждений специального назначения
17	48.5	Производственная зона объектов I–V класса опасности
18	23.0	Производственно-деловая зона, зона планируемой жилой застройки
19	19.8	
20	–	Зона инженерной и транспортной инфраструктур
21	3.5	Зона объектов специального назначения: кладбищ и крематориев
22	5.0	Зона специального назначения: объектов по обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению твердых и иных коммунальных отходов
23	9.0	Зона объектов садоводства и огородничества
24	50.1	Зона индивидуальных жилых домов
25	21.9	Зона объектов садоводства и огородничества

* Площадь, занятая под дороги, не учитывалась, поскольку она является частью других зон.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Влияние человека на городскую среду проявляется в создании новых типов почвенной структуры и организации почвенного покрова. Воздействие антропогенной деятельности приводит к изменениям в СПП вплоть до полного изменения внутренней структуры почвенного покрова, уничтожения структур и создания новых организационных форм почвенного пространства, которые не имеют аналогов в природной среде.

Впервые в сухостепной зоне в современных границах г. Волгограда в полном объеме был применен комбинированный подход М.Н. Строгановой,

Е.Ю. Сухачевой и Б.Ф. Апарина при картографировании пространственного распределения отдельных типов (подтипов) почв и техногенных поверхностных образований. В результате проведенного исследования составлена почвенная карта-схема города масштаба 1 : 50 000. Почвы и ТПО классифицированы на основе актуальных классификаций (КиДПР) 2004 г. с дополнениями 2008–2022 гг., а также WRB 2022 г. Полученные результаты позволили проанализировать пространственное распределение отдельных типов и подтипов и их урбопедокомбинаций в привязке к функциональным зонам города, что имеет практическое значение при планировании развития городской территории.

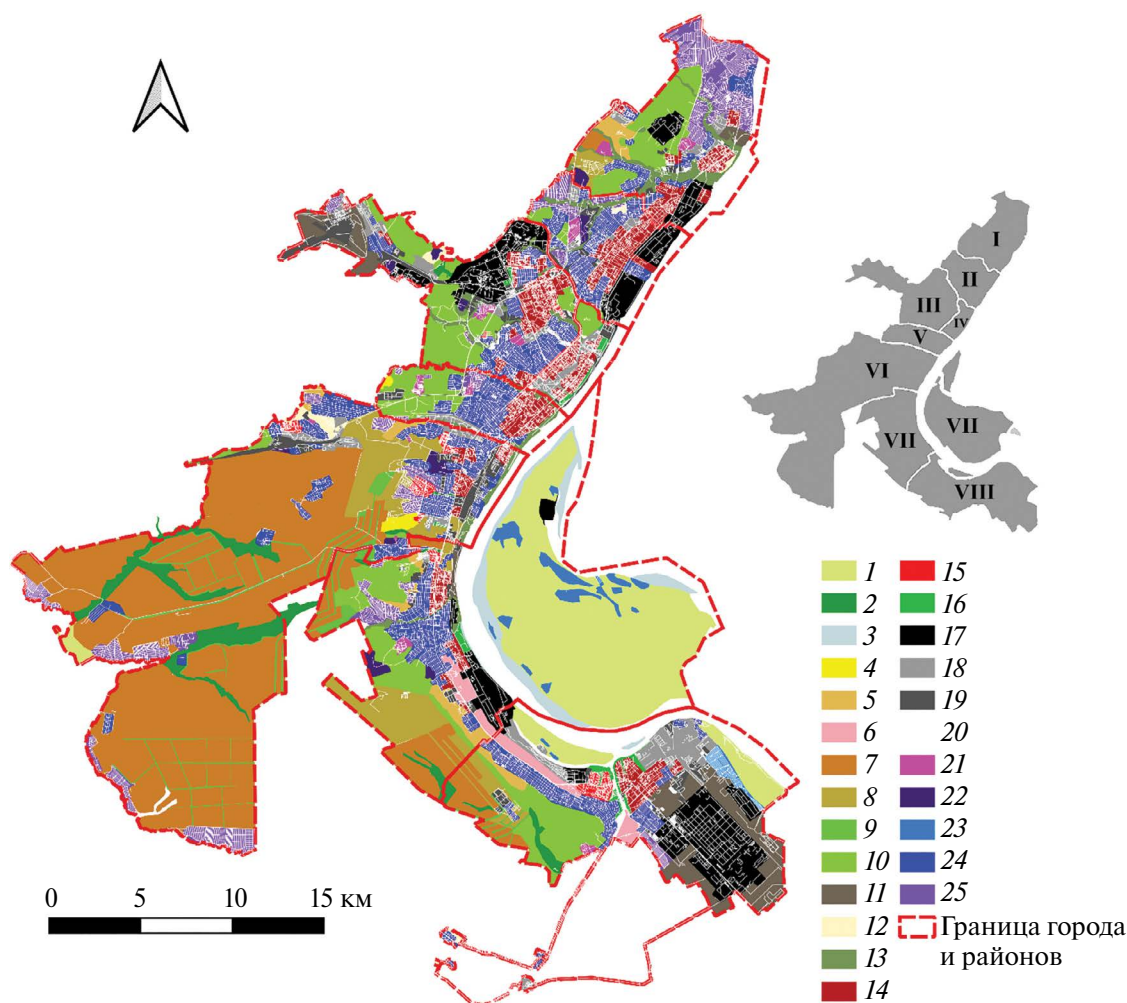


Рис. 3. Почвенная карта-схема г. Волгограда масштаба 1 : 50 000. **Континуальный тип организации почвенного урбанизированного пространства:** с преобладанием естественных почв: 1 – аллювиальные светло- и темногумусовые; 2 – каштановые типичные и квазиглееватые; стратоземы светло- и темногумусовые; 3 – слоисто-аллювиальные гумусовые; слоисто-аллювиальные; 4 – гумусовые почвы; псаммоземы гумусовые; пески; 5 – каштановые типичные; 6 – солончаки глеевые; с преобладанием агроестественных и агрогенных почв: 7 – агроземы аккумулятивно-карбонатные; агроземы типичные; агрокаштановые; агрообраземы аккумулятивно-карбонатные; 8 – агроземы аккумулятивно-карбонатные постагрогенные; агроземы типичные постагрогенные; агрокаштановые постагрогенные; агрообраземы аккумулятивно-карбонатные постагрогенные; 9 – агроземы аккумулятивно-карбонатные постагрогенные турбированные; агроземы аккумулятивно-карбонатные постагрогенные; 10 – агроземы аккумулятивно-карбонатные постагрогенные турбированные; агроземы аккумулятивно-карбонатные постагрогенные; с преобладанием естественных и стратифицированных почв: 11 – каштановые урбистратифицированные; литостраты техногенные; литостраты экранированные; 12 – каштановые урбистратифицированные; 13 – аллювиальные светло- и темногумусовые урбистратифицированные. **Дисперсный тип организации почвенного урбанизированного пространства:** 14 – урбостратоземы; стратоземы гумусовые урбистратифицированные; литостраты экранированные; 15 – стратоземы гумусовые урбистратифицированные; гумусовые урбистратифицированные; стратоземы компостно-гумусовые; литостраты экранированные; 16 – стратоземы компостно-гумусовые; погребенные каштановые почвы; стратоземы гумусовые урбистратифицированные; литостраты экранированные. **Фрагментарный тип организации почвенного урбанизированного пространства:** 17 – урбостратоземы техногенные; урбостратоземы химически загрязненные; литостраты техногенные; литостраты экранированные. **Линейный тип организации почвенного урбанизированного пространства:** 18 – урбостратоземы техногенные; литостраты экранированные; литостраты техногенные; 19 – литостраты техногенные; литостраты экранированные; 20 – литостраты экранированные; стратоземы компостно-гумусовые. **Монопочвенный тип организации почвенного урбанизированного пространства:** 21 – некроземы; 22 – натурфабрикаты; артификакты. **Фоновый тип организации почвенного урбанизированного пространства:** 23 – аллювиальные агро-светло- и темногумусовые; аллювиальные светло- и темногумусовые урбистратифицированные (урбо-аллювиальные); литостраты техногенные; литостраты экранированные; 24 – агрокаштановые; литостраты техногенные; литостраты экранированные; 25 – агрокаштановые; литостраты экранированные. На врезке районы г. Волгограда: I – Тракторозаводской; II – Краснооктябрьский; III – Дзержинский; IV – Центральный; V – Ворошиловский; VI – Советский; VII – Кировский; VIII – Красноармейский.

Почвенный покров города Волгограда несет на себе отпечаток структуры и характера землепользования и представляет собой многообразие урбопедокомбинаций. Установлена приуроченность антропогенно-преобразованных почв к восточной части города, что обусловлено тяготением объектов промышленной, жилой и транспортной инфраструктуры к берегу Волги и соответствует исторически сложившемуся вектору освоения земель при развитии города. Естественные и антропогенно- и агрогенно-преобразованные почвы приурочены к западным окраинам города.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках государственного задания № FNFE-2022-0012.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В данной работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю.* Почвенный покров Санкт-Петербурга: "из тьмы лесов и топи блат" к современному мегаполису // Биосфера. 2013. Т. 5. № 3. С. 327–352.
2. *Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю.* Принципы создания почвенной карты мегаполиса (на примере Санкт-Петербурга) // Почвоведение. 2014. № 7. С. 790–801.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X1407003X>
3. *Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю.* Эволюция почв и почвенного покрова мелиорированных земель. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2009. 266 с.
4. *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.
<https://doi.org/10.24057/2414-9179-2017-1-23-242-255>
5. *Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В.* Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленск: Ойкумена, 2003, 268 с.
6. *Гордиенко О.А., Манаенков И.В., Холоденко А.В., Иванцова Е.А.* Картографирование и оценка степени запечатанности почв города Волгограда // Почвоведение. 2019. № 11. С. 1383–1392.
7. *Гордиенко О.А., Иванцова Е.А.* Морфологические особенности почвенного покрова склоновых земель юга Приволжской возвышенности в пределах урболандшафтов г. Волгограда // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2021. № 106. С. 77–104.
8. *Горохова И.Н., Хитров Н.Б., Кравченко Е.П.* Изменение засоленности орошаемых почв участка Червленое за четверть века (Волгоградская область) // Почвоведение. 2020. № 4. С. 463–472.
<https://doi.org/10.31857/S0032180X20040061>
9. *Горохова И.Н., Хитров Н.Б., Прокопьева К.О., Харламов В.А.* Почвенный покров Светлоярской оросительной системы через полвека мелиоративных воздействий // Почвоведение. 2018. № 8. С. 1033–1044.
<https://doi.org/10.1134/S0032180X18080130>
10. *Еремченко О.З., Шестаков И.Е., Москвина Н.В.* Почвы и техногенные поверхностные образования урбанизированных территорий Пермского Прикамья. Пермь: ПГНИУ, 2016. 252 с.
11. *Жоголев А.В., Савин И.Ю., Голосная А.О.* Изменение площади нарушенных почв садово-дачных участков в Подмосковье, выявляемое по спутниковым данным Landsat // Науки о Земле. 2014. № 1–2. С. 76–83.
12. *Замотаев И.В., Белобров В.П.* Классификация почв и почвоподобных образований футбольных полей // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2015. № 79. С. 91–110.
13. *Годунов Ю.Н., Грачев А.Г., Калашников А.Ф., Колесников А.С.* Зеленое кольцо: Опыт создания лесопарковых насаждений и садов вокруг Волгограда. Волгоград: Ниж.-Волж. кн. изд-во. 1964. 102 с.
14. *Зинченко Е.В., Горохова И.Н., Крулякова Н.Г., Хитров Н.Б.* Современное состояние орошаемых почв юга Приволжской возвышенности // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2020. № 104. С. 68–109.
<https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-104-68-109>
15. *Калманова В.Б.* Геоэкологическое картографирование урбанизированных территорий (на примере г. Биробиджана) // ИнтерКарто/ИнтерГИС. 2015. Т. 21. С. 566–574.
<https://doi.org/10.24057/2414-9179-2015-1-21-566-574>
16. *Классификация и диагностика почв России.* Смоленск: Ойкумена, 2004. 235 с.
17. *Козловский Ф.И., Горячкин С.В.* Современное состояние и пути развития теории структуры почвенного покрова // Почвоведение. 1993. № 7. С. 31–43.
18. *Кулик К.Н., Кретинин В.М., Кошелева О.Ю.* Опыт картографирования почвенного покрова города Волгограда // Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. 2014. № 1. С. 40–45.
19. *Кулик К.Н., Кретинин В.М., Рулёв А.С., Шишукнов В.М.* Красная книга почв Волгоградской области. Волгоград, 2017. 224 с.

20. 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.
21. Мартыненко А.И., Строганова Н.М., Прокофьева Т.В. Специфика структуры почвенного покрова крупных городов (на примере Москвы) // Матлы межд. конф. Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты. 2007. С. 462–464.
22. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В.Докучаева, 2008 182 с.
23. Почва, город, экология / Под ред. Добровольского Г.В. М., 1997. 320 с.
24. Почвенное картирование: учебно-методическое пособие / Под ред. Апарина Б.Ф., Касаткиной Г.А. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2012. 128 с.
25. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жаринова 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.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X14100104>
26. Прокофьева Т.В., Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Губанков А.А. Почвы (с почвенной картой г. Москвы) // Экологический атлас г. Москвы. М.: АБФ/АВФ, 2000. С. 17–18.
27. Савин И.Ю. Картографирование экраноземов Московской агломерации по спутниковым данным Landsat // Исследование земли из космоса. 2013. № 5. С. 55–61.
<https://doi.org/10.7868/S0205961413050084>
28. Сорокина Н.П. Методология составления крупномасштабных агроэкологически ориентированных почвенных карт. М.: Изд-во Почв. ин-та им. В.В. Докучаева 2006. 161 с.
29. 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.
30. Сухачева Е.Ю., Апарин Б.Ф. Структура почвенного покрова антропогенно-измененных ландшафтов Ленинградской области // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1140–1154.
<https://doi.org/10.1134/S0032180X19070128>
31. Сухачева Е.Ю. Почвы и почвенный покров антропогенно-преобразованных территорий. Дис. ... докт. геогр. наук. СПб., 2021. 561 с.
32. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. М.: Мысль, 1972. 423 с.
33. Хитров Н.Б. Комбинация засоленных почв северного склона возвышенности Ергени после прекращения орошения // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2019. № 97. С. 52–90.
<https://doi.org/10.19047/0136-1694-2019-97-52-90>
34. Хитров Н.Б., Герасимова М.И. Диагностические горизонты в классификации почв России: версия 2021 г. // Почвоведение. 2021. № 8. С. 899–910.
<https://doi.org/10.31857/S0032180X21080098>
35. Хитров Н.Б., Герасимова М.И. Предлагаемые изменения в классификации почв России: диагностические признаки и почвообразующие породы // Почвоведение. 2022. № 1. С. 3–14.
<https://doi.org/10.31857/S0032180X22010087>
36. Шестаков И.Е., Еремченко О.З., Филькин Т.Г. Картографирование почвенного покрова городских территорий на примере г. Пермь // Почвоведение. 2014. № 1. С. 12–21.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X14010109>
37. 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.
38. Chen J., Ban Y., Li S. China: Open access to Earth land-cover // Nature. 2014. V. 514. P. 434.
<https://doi.org/10.1038/514434c>
39. Cortijo Andrés Arístegui, González María Eugenia Pérez. Soil sealing in Madrid (Spain), study case of Colmenar Viejo // J. Earth Sci. Res. 2017. V. 21. P. 111–116.
<https://doi.org/10.15446/esrj.v21n3.51450>
40. EEA-European Environment Agency the European environment-state and outlook 2010—urban environment. EEA. Copenhagen, 2010. 42 p.
41. Effland W.R., Pouyat R.V. The genesis, classification, and mapping of soils in urban areas // Urban Ecosyst. 1997. 1. P. 217–228.
42. European Commission. Soil sealing // Sci. Environ. Policy. 2012. P. 1–41
43. 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. V. 15. P. 1687–1704.
<https://doi.org/10.1007/s11368-014-1017-y>
44. García P., Pérez E. Monitoring Soil Sealing in Guadarrama River Basin, Spain, and Its Potential Impact in Agricultural Areas // Agriculture. 2016. V. 6. P. 1–11.
<https://doi.org/10.3390/agriculture6010007>
45. Gordienko O., Balkushkin R., Kholodenko A., Ivantsova E. Influence of ecological and anthropogenic factors on soil transformation in recreational areas of Volgograd (Russia) // Catena. 2022. V. 208. P. 105773.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105773>
46. Greinert A., Kostecki J. The problem of identifying and classifying post-cemetery soils in urban areas // Geoderma. 2024. V. 442. P. 116774.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116774>

47. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Re-sources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS). Vienna, 2022.
48. Kalmanova V.B., Matiushkina L.A. Mapping of Soil-Ecological Conditions of a Medium-Size Industrial City (Birobidzhan City, Jewish Autonomous Oblast, FarEast of Russia as an Example) // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2018. V. 107. P. 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/107/1/012115>
49. Knotters M., Vroon H.R.J. The economic value of detailed soil survey in a drinking water collection area in the Netherlands // Geoderma Regional. 2015. V. 5. P. 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2015.03.002>
50. Lagacherie P., McBratney A.B. Spatial soil information systems and spatial soil inference systems: perspectives for digital soil mapping // Dev Soil Sci. 2006. V. 31. P. 3–22. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(06\)31001-X](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(06)31001-X)
51. Makowsky L., Schneider J., Charzynski P., Hulisz P., Prokofeva T.V., Martynenko I.A. Urban soils surveys. Soils within cities. Global approaches to their sustainable management. Stuttgart: Catena-Schweizerbart, 2017. P. 93–138.
52. Mohamed M. Analysis of Digital Elevation Model and LND SAT Data Using Geographic Information System for Soil Mapping in Urban Areas // Nat Resour. 2017. V. 8. P. 767–787. <https://doi.org/10.4236/nr.2017.812047>
53. Morandi L., de Borba W.F., da Ros C.O. Soil contamination in a cemetery area: a case study in Nova Hartz City-RS, Brazil // Environ Sci. Eur. 2024. V. 36. P. 95. <https://doi.org/10.1186/s12302-024-00864-2>
54. Nguyen Ngoc Dan., Lei Guo Ping., Le Phuc Chi Lang. Land Unit Mapping and Evaluation of Land Suitability for Agro – forestry in Thua Thien Hue province – Vietnam as an Example // Earth Env Sci. 2018. V. 159. P. 1–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/159/1/012012>
55. Pindral S., Hulisz P., Charzyński P. Changes in land use and soil cover (1934–2010) in Inowrocław city, central Poland as a result of the urban sprawl. 9th international congress Soils of Urban Industrial Traffic Mining and Military Areas. 2017. P. 39–42.
56. Pindral S., Kot R., Hulisz P., Charzyński P. Landscape metrics as a tool for analysis of urban pedodiversity // Land Degrad Dev. 2020. V. 31. P. 1–14. <https://doi.org/10.1002/ldr.3601>
57. Pindral S., Kot R., Hulisz P. The influence of city development on urban pedodiversity // Sci. Rep. 2022. V. 12. P. 6009. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09903-5>
58. Schleusz U. Variability of soils in urban and periurban areas in Northern Germany // Catena. 1998. V. 33. P. 255–270
59. Si-Yuan Liang, Andreas Lehmann, Ke-Ning Wu., Karl Stahr. Perspectives of function-based soil evaluation in land-use planning in China // J. Soils Sediments. 2014. V. 14. P. 10–22. <https://doi.org/10.1007/s11368-013-0787-y>
60. 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. V. 20(6). P. 2059–2070. <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02682-4>
61. Sobocká J., Saksa M., Feranec J., Szatmári D., Kopecká M. A complexity related to mapping and classification of urban soils (a case study of Bratislava city, Slovakia) // Soil Science Annual. 2020. V. 71(4). P. 321–333. <https://doi.org/10.37501/soilsa/127525>
62. Sobocká J. Specifics of urban soils (Technosols) survey and mapping. Proceedings: Soil solution for a changing world. Brisbane, 2010.
63. Sobocká J., Saksa M. Soil Mapping System and Assessment of Ecologically Sensitive Areas in Cities // Soils in Urban Ecosystem. Singapore: Springer, 2022. P. 285–304. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8914-7_13
64. Sobocká J., Saksa M., Feranec J. et al. Mapping of urban environmentally sensitive areas in Bratislava city // J. Soils Sediments. 2021. V. 21. P. 2059–2070. <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02682-4>
65. Szatmári D., Kopecká M., Feranec J., Sviček M. Extended nomenclature urban atlas 2012 (APVV-15-0136). Bratislava: Institute of Geography, Slovak Academy of Sciences, 2018.
66. Vialle A., Giampieri M. Mapping urbanization as an anthropedogenetic process: A section through the times of urban soils // Urban Planning. 2020. V. 5. P. 262–279. <https://doi.org/10.17645/up.v5i2.2848>
67. Xuelei Zhang, Jie Chen, Manzhi Tan, Yanci Sun. Assessing the impact of urban sprawl on soil resources of Nanjing city using satellite images and digital soil databases // Catena. 2007. V. 69. P. 16–30. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2006.04.020>
68. Zaouchea M., Bela L., Vaudour E. Geostatistical mapping of topsoil organic carbon and uncertainty assessment in Western Paris croplands (France) // Geoderma Regional. 2017. V. 10. P. 126–137. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2017.07.002>

Structure of the Soil Cover of Volgograd

O. A. Gordienko^{a, *}

^a*FSC Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, 400062 Russia*

^{*}*e-mail: oleg.gordienko.95@bk.ru*

The results of digital mapping of the soil cover structure of Volgograd are presented. A soil map-scheme scale 1 : 50 000 reflecting the peculiarities of spatial distribution of separate types (subtypes) of soils and technogenic surface formations (TSF) has been created. The mapping is based on the results of space imagery interpretation with subsequent refinement in the framework of field studies (155 transects). Geoinformation processing was carried out in QGIS software using remote sensing data of space images of natural colours from QuickBird satellite. On the basis of soil and TSF areal content and character of their distribution 6 types of soil urbanised space structures were identified. It is established that the soil cover of the city reflects the structure and character of land use. Thus, anthropogenic soils are predominantly located in the eastern part of the city, which is explained by the confinement of the main objects of industrial, residential and transport infrastructure to the bank of the Volga River and corresponds to the historical direction of development. Natural and agrogenic soils are observed in the western suburbs and Sarpinskiy Island, annexed in 2014. The obtained results are of practical value and can be demanded for solving the tasks of territorial planning in the implementation of landscaping and other types of improvement.

Keywords: soil mapping, functional zoning, urbopedocombinations, urban soils, soil urbanised space, soil map