

DOI: 10.31509/2658-607x-202471-140
УДК 631.48

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕЗИСА ЕСТЕСТВЕННЫХ ГОРОДСКИХ ПОЧВ ПАРКОВО-РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН РОСТОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

© 2024 г. Н. В. Сальник*, С. Н. Горбов, С. С. Тагивердиев,
П. Н. Скрипников, О. С. Безуглова

Южный федеральный университет, Россия, 344090, Ростов-на-Дону, пр. Стачки, д. 194/1

*E-mail: salnik@sfnedu.ru

Поступила в редакцию 18.02.2024

После рецензирования: 15.03.2024

Принята к печати: 25.03.2024

В работе представлены результаты изучения профильного распределения макроэлементов в черноземах миграционно-сегрегационных парково-рекреационных зон Ростовской агломерации в контексте с сопряженными элементарными почвообразовательными процессами. Макроэлементный состав свидетельствует, что наряду с описанной ранее интенсификацией двух ведущих элементарных почвообразовательных процессов, таких как гумусообразование / гумусонакопление и миграция карбонатов, при смене травянистых растительных формаций на древесные происходит также интенсификация сопутствующего элементарного почвообразовательного процесса – оглинивания. Это идентифицируется по изменениям в элементном химическом составе и перераспределению основных его компонентов в профилях почв под лесными насаждениями.

Ключевые слова: *Ростовская агломерация, Calcic Chernozems, Naplic Chernozems, оглинивание, гумусонакопление, элементный состав почв, почвы парково-рекреационных зон*

Процесс урбанизации демонстрирует ключевую демографическую тенденцию и глобальные изменения в современном землепользовании (Pickett et al., 2011). В настоящее время более половины всего мирового населения живет в городах, что

на 30% выше, чем это было полвека назад (Seto et al., 2011). Прогнозируется, что к 2050 г. примерно 70% из девяти миллиардов людей будут проживать в городах (Wise, 2013). Рост численности населения и интенсификация урбанизации

придает актуальность исследованиям в этой области (Землякова, 2011; Li et al., 2024; Zheng et al., 2024).

Естественные почвы города выполняют важные функции в урбо-экосистемах (Лебедева, 2017; Vasenev et al., 2017; Colombini et al., 2020), оказывая воздействие на состояние окружающей среды и здоровье человека (Vasenev et al., 2017; Wessolek et al., 2017; Vasenev et al., 2018; Paradelo et al., 2023). Поэтому в период 1970–2000 гг. количество публикаций, объектом которых являлись естественные почвы города, постоянно возрастало, но особенно сильно вырос интерес к исследованию этих почв за последние два десятилетия (Zakharikhina et al., 2022; Pindral et al., 2023).

В городской среде наиболее эффективно функционируют почвы под зелеными насаждениями городских агломераций, особенно в парково-рекреационных зонах. Парково-рекреационная зона, которая входит в состав городской зеленой инфраструктуры, включает в себя городские парки, скверы, ботанические сады, а также городские леса (Mell, 2009; Климанова и др., 2020). Почвы, сформировавшие в парково-рекреационных зонах, играют

важную роль в поддержании устойчивости растительных сообществ и сохранении биоразнообразия (Doran, Parkin, 1994; Fan et al., 2023; Qu et al., 2024). Они служат не только основой для инфраструктуры, но также обеспечивают зеленые насаждения влагой и питательными элементами, во многом определяя состояние экологической среды для всего городского окружения (Выпова, Киричкова, 2020).

Почвенный покров парково-рекреационных зон очень разнообразен и сложен, зависит от условий формирования, продолжительности антропогенного воздействия, первоначального типа земельного использования и многих других факторов (Bakhmatova et al., 2022). Естественные почвы города, хоть и остаются под воздействием региональных факторов почвообразования, но одновременно испытывают на себе и антропогенный прессинг, обусловленный их функционированием в городской среде. Загрязнение поверхностных горизонтов естественных почв города сопряжено как с примыканием к рекреационным зонам автомагистралей, так и с выбросами промышленных предприятий, зачастую охватывающих все функциональные зоны

города, кроме того, не исключены различные уходные работы, необходимые к исполнению с целью поддержания удобоваримого состояния элементов зеленой инфраструктуры, а именно санитарная обрезка, кошение газонов, внесение удобрений и применение средств защиты. В этой связи важна комплексная оценка состояния естественных почв, сохранившихся и функционирующих в границах города (Габбасова, Афзалов, 2006).

Цель исследования – проследить трансформацию макроэлементного состава и выявить особенности генезиса в почвах городских территорий под естественными травянистыми и искусственными древесными фитоценозами степной зоны.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках изучения почвенного покрова парково-рекреационных зон г. Ростов-на-Дону были проведены полевые исследования в пределах трех искусственных старовозрастных древесных насаждений. В геоморфологическом отношении территория изысканий является частью Северо-Приазовской эрозионно-аккумулятивной наклонной

равнины. Почвенные разрезы были заложены в 2020-2023 гг. под древесными растительными формациями и приурочены к участкам, не подверженным эрозионным процессам (рис. 1).

Все изученные почвенные профили разделили на две группы, в первую очередь в зависимости от структуры фитоценозов, под которыми они функционировали (табл. 1). Естественными для изучаемого региона являются травянистые фитоценозы с преобладанием видов из семейств Poaceae и Asteraceae. Эти почвы классификационно относятся к черноземам миграционно-сегрегационным тяжелосуглинистым на лессовидном суглинке (Шишов и др., 2004) или Calcic Chernozems (WRB, 2022). Профиль почв имеет вид AUrz-AU-AUhi-BCalc-BCAnc-Cca. При этом важно учитывать, что под пологом деревьев развит достаточно хорошо густой травянистый покров, который играет важную роль в процессе накопления органического углерода в поверхностном горизонте AUrz (Горбов, 2018; Скрипников, 2023; Скрипников и др., 2023). Несмотря на расположение почвенных профилей в пределах города, ранее проведенные исследования указывают на

минимальное антропогенное воздействие на изученные почвы (Tagiverdiev et al.,

2021; Gorbov et al., 2022), что дает возможность принять их за фоновые.

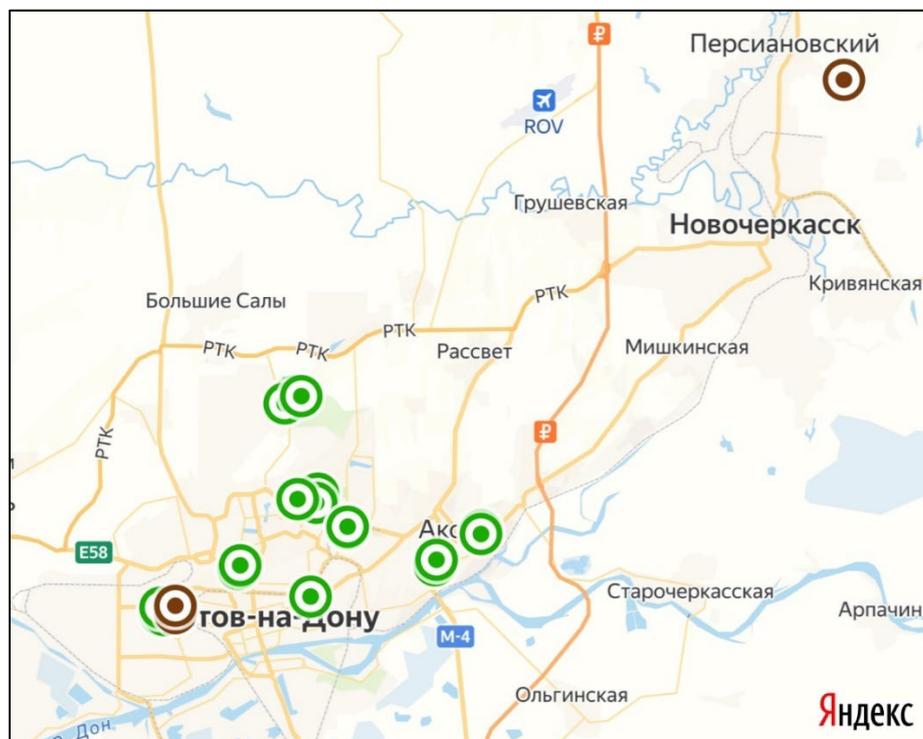


Рисунок 1. Расположение почвенных разрезов в парково-рекреационных зонах г. Ростов-на-Дону (зелеными пунсонами обозначены разрезы, заложенные в парково-рекреационных зонах, коричневыми – почвы под травянистой растительностью)

Своеобразным антропогенным воздействием в зоне степей можно считать лесонасаждения. Нами изучены почвы под древесными фитоценозами, возраст которых составляет от 50 до 70 лет.

В древесном и кустарниковом ярусах данных посадок доминируют робиния ложноакациевая (*Robinia pseudoacacia* L.) и дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), также наблюдаются сосна черная (*Pinus*

pallasiana D. Don) и ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) H. Karst). В травянистом ярусе преобладают виды сорно-луговой и лесолуговой растительности, такие как *Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski, и *Glechoma hederacea* L. Нужно отметить, что в почвах, эволюционирующих длительное время под древесными фитоценозами, наблюдается ряд изменений их морфологических, физических и химических

свойств (Gorbov, Bezuglova, 2014; Gorbov et al., 2022; Skripnikov et al., 2022). Профиль таких черноземов существенно трансформируется, приобретая вид AUrz-AU-AUhi-AUlc/hi-BCAnc/lc-Cca (табл. 1), однако классификационно они также относятся к типу черноземов миграционно-сегрега-

ционных по КиДПР Шишов и др. (2004) и к Calcic Chernozems по WRB (2022).

В отобранных из всех генетических горизонтов почвенных пробах определяли макроэлементное содержание рентген-флуоресцентным методом на приборе «Spectroscan MAKS-GVM» (М 049-П/04, 2004).

Таблица 1. Морфологические характеристики черноземов, функционирующих под травянистыми и древесными формациями

Разрез 2105 (N 47.504655; E 40.152729), ООПТ «Персиановская степь»				
Генетический горизонт	Глубина залегания, см	Цвет	Структура	Включения и новообразования
AUrz	0-10	Темно-серый	Комковато-порошистая	Корни, корешки, земляные бусы
AU	10-45	Темно-серый	Комковато-зернистая	Корни, корешки, земляные бусы, червороины
AUhi	45-60	Темно-серый	Ореховатая	Корни, корешки, земляные бусы, червороины, затеки гумуса
BCAlc	60-75	Темно-бурый	Комковато-ореховатая	Корни, корешки, червороины, прожилки карбонатов
BCAnc	75-90	Буровато-палевый	Комковато-ореховатая	Корешки, прожилки карбонатов, единичная белоглазка
Cca	90-120	Буровато-палевый	Лессовидный суглинок	
Разрез 2101 (N 47.340411; E 39.737190), г. Ростов-на-Дону, Щепкинский лес				
AUrz	0-10	Темно-серый	Зернистая	Корни, корешки, земляные бусы
AU	10-55	Темно-серый	Зернисто-комковатая	Корни, корешки
AUhi	55-70	Темно-серый	Ореховато-комковатая	Корни, корешки, затеки гумуса
AUlc/hi	70-90	Темно-серый с бурым оттенком	Ореховатая	Корни, корешки, затеки гумуса, прожилки карбонатов
BCAnc/lc	90-110	Бурый	Порошисто-ореховатая	Корни, карбонатные прожилки, единичная белоглазка
Cca	110-130	Буровато-палевый	Лессовидный суглинок	

С целью понимания сути процессов, происходящих в черноземах под древесными насаждениями, были рассчитаны следующие показатели интерпретации данных элементного состава почв:

1. Тип выветривания (молярный коэффициент) по С. В. Зонну по соотношению $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ (Орлов, 1985), где SiO_2 – содержание оксида кремния, R_2O_3 – содержание полуторных окислов.

2. Коэффициент миграции по Ф. Я. Гаврилюку (1955):

$$K_m = \frac{(\text{CaO}+\text{MgO}):\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ горизонта}}{(\text{CaO}+\text{MgO}):\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ породы}},$$

где CaO , MgO и Al_2O_3 – содержание оксидов, %.

3. Коэффициент выноса/накопления по В. А. Ковде (Орлов, 1985):

$$K_{\text{вын/нак}} = \frac{\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3 \text{ породы}}{\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3 \text{ горизонта}},$$

где SiO_2 – содержание оксида кремния, R_2O_3 – содержание полуторных окислов.

Для изучения профильного распределения в почвах под разными фитоценозами использовали критерий Вилкоксона в связанных выборках. Для изучения различий в почвах под разными фитоценозами использовали критерий Манна-Уитни. Также использовали некоторые показатели описательной статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В табл. 2 представлено макроэлементное содержание в черноземах под травянистыми фитоценозами. Относительное содержание наиболее статичного в черноземах оксида кремния с глубиной снижается, и эта убыль компенсируется за счет пропорционального роста оксидов кальция и магния.

Таблица 2. Медианы содержания макроэлементов в черноземах миграционно-сегрегационных под травянистыми фитоценозами, % (n=6)

Горизонт	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	$\sum \text{R}_2\text{O}_3$
AUrz	67.16	11.74	4.89	2.59	1.57	2.12	16.63
AU	66.33	11.97	5.00	2.58	1.60	2.09	16.97
AUhi	61.38	12.07	4.75	4.98	1.89	1.95	16.82
BCAlc	57.55	11.31	4.55	9.37	2.17	1.91	15.86
BCAnc	56.20	10.96	4.32	10.46	2.21	1.81	15.28
Cca	57.26	11.33	4.44	9.51	2.14	1.86	15.77

Наиболее статичным элементом в профильном отношении является K_2O , размах колебаний по профилю не превышает 0.31%, и эта разница обеспечивается биогенным накоплением этого элемента в поверхностных горизонтах. Содержание MgO в профиле изменяется сообразно с CaO , с максимумом в горизонте $BCAnc$ – 2.21%. В изучаемых почвах кальций и магний в основном представлены соединениями карбонатов (Гаврилюк, 1955; Безуглова, Хырхырова, 2008; Вальков и др., 2014), которые имеют сопоставимую растворимость и свойства,

отчего профильное распределение этих элементов имеет схожие черты.

Отличительной особенностью черноземов, эволюционирующих последние 50–70 лет под древесными фитоценозами, является интенсификация доминирующих элементарных почвообразовательных процессов, а именно гумусообразование и гумусонакопление, а также выщелачивание карбонатов (Gorbov, Bezuglova, 2014; Gorbov et al., 2022). В табл. 3 показано макроэлементное содержание в подобных черноземах.

Таблица 3. Медианы содержания макроэлементов в черноземах миграционно-сегрегационных под древесными фитоценозами, % (n=11)

Горизонт	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	$\sum R_2O_3$
AUrz	64.29	12.34	4.79	1.81	1.55	2.25	17.13
AU	64.47	13.23	4.96	1.66	1.69	2.20	18.19
AUhi	63.66	12.98	4.96	3.55	1.78	2.15	17.94
AUlc/hi	58.18	12.29	4.68	6.40	1.84	2.04	16.97
BCAnc/lc	55.80	11.89	4.38	8.87	1.83	1.98	16.27
Cca	55.58	11.63	4.27	9.37	1.90	1.91	15.90

Отмечается рост с глубиной содержания CaO . Разница в содержании CaO в поверхностном горизонте и в горизонте C в почвах лесных массивов соотносится с таковой в почвах под травянистыми фитоценозами, составляя 7.56–7.87%, хотя его содержание по всему профилю ниже.

Так же, как и в почвах травянистых ценозов, в черноземах под лесом наблюдается биогенное накопление K_2O , причем даже абсолютное превышение в поверхностном горизонте примерно такое же – 0.34%.

ОБСУЖДЕНИЕ

Расчёт коэффициентов миграции (Км), выноса / накопления (Квын/нак), а также отношения оксидов кремния к суммарному содержанию полуторных окислов позволяет оценить направленность процессов, происходящих в почве с минеральной массой почвы (табл. 4).

Отношение $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ указывает на сиалитный тип выветривания ($\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3 > 2.5$) в черноземах как под травянистыми фитоценозами, так и под деревьями. Также отмечается достоверное ($p < 0.05$; $n=6$) возрастание интенсивности такого выветривания в ряду горизонтов $\text{BCAlc} < \text{AUhi} < \text{AU} < \text{AUrz}$.

Таблица 4. Медианы расчетных коэффициентов для оценки процессов трансформации минеральной массы почвы в профиле черноземов под разной растительностью

Горизонт	Травянистые ценозы (n=6)			Древесные ценозы (n=11)		
	$\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$	К вын/нак	Км	$\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$	К вын/нак	Км
AUrz	7.73	0.92	0.29	7.18	0.90	0.30
AU	7.29	0.93	0.29	6.67	0.95	0.25
AUhi	7.15	0.97	0.66	6.54	0.99	0.40
BCAlc	6.87	0.99	1.05	6.40	1.00	0.73
BCAnc	6.94	0.99	1.07	6.39	1.00	1.00
Cca	6.94	1.00	1.00	6.59	1.00	1.00

Коэффициент выноса/накопления компонентов в почвенных горизонтах относительно нижнего горизонта в черноземе под травянистыми фитоценозами показывает, что явный вынос оксидов кремния, алюминия и железа отсутствует, но в горизонтах AUrz и AU наблюдается слабый вынос, обусловленный, вероятно, биологическим поглощением. Данный коэффициент достоверно увеличивается в ряду $\text{AUrz} < \text{AU} < \text{AUhi} < \text{BCAlc}$, составляя от 0.92 до 0.99.

Более информативны в черноземах коэффициенты миграции. Они указывает на выщелачивание Ca и Mg из горизонтов AUrz, AU, AUhi в горизонты BCAlc, BCAnc. Внутри почвенного профиля коэффициент достоверно возрастает в ряду $\text{AU} < \text{AUhi} < \text{BCAlc}$, и уменьшается при переходе от горизонта BCAnc к Cca. Сравнивая изменение величины Км в профиле черноземов под травами и под деревьями, можно заметить, что, если в черноземах под травянистыми ценозами уже в

горизонте BCAlc наблюдается накопление карбонатов ($K_m=1.05$), то в почве под деревьями аккумуляция карбонатов в этом горизонте и ниже отсутствует. Это свидетельствует об интенсификации процесса выщелачивания под пологом древесных растений.

Для оценки достоверности различий между генетическими горизонтами и породой в профильном распределении элементов был рассчитан критерий Вилкоксона для связанных выборок, отдельно в группах почв под травянистыми и древесными ценозами (табл. 5).

Таблица 5. Достоверность различий между горизонтами по содержанию в них макроэлементов и рассчитанных коэффициентов в группах почв под травянистыми и древесными ценозами ($p < 0.05$; + наличие достоверных различий; - отсутствие достоверных различий)

Пара сравнения	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	∑ R ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	C вын/нак	K _m
Травянистые ценозы (n=12)										
AUrz & AU	-	+	+	-	-	-	+	+	+	-
AU & AUhi	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
AUhi & BCAlc	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+
BCAlc & BCAnc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BCAnc & Cca	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
Древесные ценозы (n=22)										
Пара сравнения	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	∑ R ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	C вын/нак	K _m
AUrz & AU	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+
AU & AUhi	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+
AUhi & AUlc/hi	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
AUlc/hi & BCAnc/lc	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+
BCAnc/lc & Cca	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-

Содержание Al₂O₃ достоверно различается в сравнениях горизонтов AUrz & AU, AU & AUhi максимум наблюдается в горизонте AU, а минимум в AUhi. Содержание Fe₂O₃ и сумма полуторных окислов показали идентичное

алюминию распределение в профиле. Анализ содержания оксидов щелочно-земельных металлов (CaO и MgO) подтверждает достоверный рост этих соединений в средней части профиля при переходе от горизонта AU к горизонту

BCAnc. Кроме того, достоверные различия в отношении содержания CaO зафиксированы при сравнении горизонтов BCAnc & Cca. Следует отметить, что данные, полученные в отношении профильного распределения CaO и MgO, являются типичными для черноземов миграционно-сегрегационных, для которых характерны процессы сезонной миграции и сегрегации карбонатов, что нашло отражение в типовом названии – черноземы миграционно-сегрегационные. При этом не отмечено наличие достоверной дифференциации оксида калия (K₂O) вниз по профилю, что сопряжено с присутствием его валовых форм прежде всего в составе глинистых минералов, на фоне незначительного перехода ионов калия в почвенно-поглощающий комплекс в виде обменных форм.

В черноземах, функционирующих под древесными формациями, содержание SiO₂ аналогично нативным черноземам достоверно снижается вниз по профилю, формируя следующий ряд AU > AUhi > AUlc/hi > BCAnc/lc. Алюминий и железо мигрируют из горизонта AUrz, накапливаясь в горизонтах AU, AUhi, что подтверждается критерием Вилкоксона и

может быть представлено в виде пар сравнения: AUrz < AU, AUhi > AUlc/hi > BCAnc/lc, аналогичное распределение свойственно и сумме полуторных окислов.

Содержание CaO по профилю распределено неравномерно и носит волнообразный характер. В горизонте AUrz концентрация оксида кальция достоверно выше относительно AU. Данный факт описывается рядом авторов, отмечающих относительно высокое содержание кальция в золе лиственных и хвойных деревьев по сравнению с золой разнотравья (Алехина и др., 2007), что усиливается спецификой поступления поверхностного опада под древесными фитоценозами и отсутствием механизмов реутилизации Ca растениями (Gulbagca et al., 2020), приводя к небольшому накоплению CaO в поверхностном горизонте почвы. Глубже по профилю содержание CaO достоверно растёт до горизонта Cca (табл. 2,3,5), так как за счет вторичного вымывания карбонатов и доминирования нисходящих токов влаги происходит размывание пика на уровне горизонта BCAnc, что характерно для нативных черноземов. По факту под древесными формациями происходит эволюция чернозема, и если по КиДПР

(2004) это отслеживается на уровне рода, - он переходит в глубококарбонатные, то в классификации WRB (2022) подобная трансформация отражается уже на более высоком таксономическом уровне и Calcic Chernozems переходит в Haplic Chernozems. Аналогично и поведение окиси магния MgO, его содержание достоверно растет в ряду горизонтов AUrz < AU < AUhi, с отсутствием существенных пиков вплоть до горизонта Cca. В профиле чернозема под древесными фитоценозами наблюдается аккумуляция калия в поверхностных горизонтах AUrz, AU > AUhi > AUlc/hi > BCAnc/lc. И это демонстрируют

данные, приведенные в табл. 6. Сравнивая содержание элементов с их количеством в породе, можно заметить, что если под травянистыми ценозами содержание полуторных окислов (оксиды алюминия и железа) не дает достоверных различий с породой, то в древесных ценозах наблюдается достоверное отличие всех генетических горизонтов от породы по содержанию этих элементов. Это накопление может быть следствием усиления под пологом леса процесса оглинивания, который в рассматриваемых почвах выражен крайне слабо (Безуглова, Хырхырова, 2008).

Таблица 6. Достоверность различий между горизонтами и породой по содержанию в них макроэлементов и рассчитанных коэффициентов в группах почв под травянистыми и древесными ценозами (p<0.05; + наличие достоверных различий; - отсутствие достоверных различий)

Пара сравнения	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	∑ R ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SiO ₂ /R ₂ O ₃	K вын/нак	Км
Травянистые ценозы (n=12)										
AUrz & Cca	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+
AU & Cca	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+
AUhi & Cca	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+
AUlc/hi & Cca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BCAnc/lc & Cca	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
Древесные ценозы (n=22)										
Пара сравнения	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	∑ R ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SiO ₂ /R ₂ O ₃	K вын/нак	Км
AUrz & Cca	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
AU & Cca	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
AUhi & Cca	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+
AUlc/hi & Cca	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+
BCAnc/lc & Cca	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-

Оглинивание, представляющее собой биохимический процесс трансформации минеральной массы почвы с образованием глинистых минералов на месте (*in situ*), т. е. без их перемещения по профилю, является одним из диагностических процессов черноземообразования для почв теплой Южно-Европейской фации (Вальков, 1977), к каковым относится и рассматриваемый нами подтип черноземов. Однако Северное Приазовье, в границах которого велись данные исследования, находится на переходе к умеренно-теплой Восточно-Европейской фации. Поэтому этот подтип чернозема, впервые описанный Л. И. Прасоловым в 1916 г. под названием приазовский чернозем, имеет ряд особенностей, одна из которых – очень слабое проявление процесса оглинивания (Прасолов, 1916).

Однако, как видим, улучшение водно-воздушной обстановки в почве под лесными культурами приводит к активизации этого процесса, что выражается в достоверном накоплении полуторных окислов в средней части профиля по сравнению с породой.

Для выявления разницы в изучаемых показателях между почвами под различными фитоценозами был проведен анализ критерия Манна-Уитни по различным генетическим горизонтам (табл. 7). Не обнаружено достоверных различий в содержании и распределении вниз по профилю SiO_2 , Fe_2O_3 и MgO , в то время как содержание Al_2O_3 достоверно выше под древесными фитоценозами в гумусово-аккумулятивных горизонтах (AUrz, AU) и горизонтах гумусовых затеков (AUhi, AUlc/hi).

Таблица 7. Достоверность различий, определенных с помощью критерия Манна-Уитни, в почвах под различными фитоценозами ($p < 0.05$; $n = 17$ + наличие достоверных различий; - отсутствие достоверных различий)

Горизонт	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	$\Sigma \text{R}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$	К вын/нак	Км
AUrz	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
AU	-	+	-	+	-	+	+	-	-	-
AUhi	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+
BCAlc / AUlc/hi	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+
BCAnc / BCAnc/lc	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+
Cca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Содержание CaO достоверно выше в почвах под травянистой растительностью, причем это характерно не только для горизонтов скопления белоглазки BCAlc, но и для гумусово-аккумулятивных горизонтов AU, AUhi. Такой результат связан с изменением токов влаги в почвах под древесными фитоценозами, снижением эвапотранспирации в летний период, как следствие интенсификацией процесса выноса карбонатов кальция за пределы профиля. При этом отсутствие достоверных различий в отношении содержания MgO может свидетельствовать о его меньшей мобильности в почве относительно кальция. Содержание K₂O достоверно выше в почвах под древесными фитоценозами в верхних гумусово-аккумулятивных горизонтах AUrz, AU, AUhi. Калий – важнейший элемент питания растений, его содержание в надземной массе выше, чем в подземной (Алехина и др., 2007). При условии доминирования поверхностного опада под древесными фитоценозами образуется достоверный градиент содержания K₂O в почвах, даже несмотря на тот факт, что содержание обменного калия в

сумме от валового составляет обычно не более 10%.

Коэффициенты SiO₂/R₂O₃ и K_{вын/нак} не показали достоверных различий в сравнениях почв под древесными и травянистыми фитоценозами. Коэффициент K_м выше в почвах под травянистыми фитоценозами для горизонтов AUhi, BCAlc, BCAnc, что указывает на достоверно более интенсивный вынос CaO и MgO из этих горизонтов в почвах под древесными фитоценозами.

ВЫВОДЫ

1. Проведенный анализ макроэлементного состава черноземов миграционно-сегрегационных под различными фитоценозами свидетельствует об усилении процессов выщелачивания и миграции карбонатов, что подтверждается как морфологическими данными (более глубокие линия вскипания и уровень залегания белоглазки), так и расчетом коэффициентов миграции, которые под травянистыми ценозами показали накопление уже в нижней части горизонта BCAlc, в то время как под древесными

ценозами накопление отсутствует даже в горизонте ВСАnc.

2. Макроэлементный состав черноземов миграционно-сегрегационных также свидетельствует о вероятности усиления процесса оглинивания в почвах древесных ценозов, что обусловлено оптимизирующим влиянием древесной

растительности на водно-воздушный режим почвы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено на базе Южного федерального университета за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00390, <https://rscf.ru/project/24-27-00390/>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алехина Н. Д., Балнокин Ю. В., Гавриленко В. Ф., Жигалова Т. В., Мейчик Н. Р., Носов А. М., Полеская О. Г., Харитонашвили Е. В., Чуб В. В.* Физиология растений: Учебник для студ. вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 640 с.
- Безуглова О. С., Хырхырова М. М.* Почвы Ростовской области: Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2008. 352 с.
- Вальков В. Ф.* Генезис почв Северного Кавказа. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1977. 160 с.
- Вальков В. Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И.* Почвоведение: Учебник для бакалавров. М.: Изд-во Юрайт, 2014. 527 с.

- Выпова А. А., Киричкова И. В.* Экологическая роль зеленых насаждений в создании оптимальной городской среды // E-Scio. 2020. Т. 43. № 4. С. 387–393.
- Габбасова И. М., Афзалов Р. Ш.* Агроэкологическая оценка почв парков мегаполисов // Вестник Оренбургского государственного университета. 2006. Т. 10. № 2. С. 362–367.
- Гаврилюк Ф. Я.* Черноземы Западного Предкавказья. Харьков: Изд-во Харьк. ун-та, 1955. 148 с.
- Горбов С. Н.* Генезис, классификация и экологическая роль городских почв Европейской части Юга России (на примере Ростовской агломерации): Дисс. ... докт. биол. наук (спец. 03.02.13). Москва: Моск. с.-х. акад. им. К.А. Тимирязева, 2018. 488 с.

- Землякова А. В.* Городские почвы как неотъемлемый компонент урбо-экосистемы // Региональные геосистемы. 2011. Т. 17. № 21(116). С. 102–107.
- Климанова О. А., Колбовский Е. Ю., Илларионова О. А.* Зелёная инфраструктура города: оценка состояния и проектирование развития. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2020. 324 с.
- Лебедева М. Ю.* Почвы как компонент среды урбанизированных территорий // Царскосельские чтения. 2017. № 3. С. 316–320.
- М 049-П/04. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. Санкт-Петербург. 2004.
- Орлов Д. С.* Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1985. 376 с.
- Прасолов Л. И.* О черноземе Приазовских степей // Почвоведение. 1916. № 1. С. 23–46.
- Скрипников П. Н.* Особенности накопления и профильного распределения углерода в почвах Ростовской агломерации: Дисс. ... канд. биол. наук (спец. 1.5.19). Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2023. 196 с.
- Скрипников П. Н., Горбов С. Н., Матецкая А. Ю., Тагивердиев С. С., Сальник Н. В.* Особенности накопления и профильного распределения различных форм углерода в почвах парково-рекреационной зоны Ростовской агломерации // Наука Юга России. 2023. Т. 19. № 4. С. 52–66. DOI: 10.7868/S25000640230405.
- Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И.* Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
- Bakhmatova K. A., Matynyan N. N., Sheshukova A. A.* Anthropogenic soils of urban parks: A review // Eurasian Soil Science. 2022. Vol. 55. P. 64–80. DOI: 10.1134/S1064229322010021.
- Colombini G., Auclerc A., Watteau F.* Technomoder: A proposal for a new morphofunctional humus form developing on Technosols revealed by micromorphology // Geoderma. 2020. Vol. 375. P. 114526. DOI: 10.1016/j.geoderma.2020.114526.
- Doran J. W., Parkin T. B.* Defining and assessing soil quality // Defining Soil

- Quality for a Sustainable Environment. Special Publication. 1994. Vol. 35. P. 3–21.
- Fan K., Chu H., Eldridge D. J., Gaitan J. J., Liu Y. R., Sokoya B.* Soil biodiversity supports the delivery of multiple ecosystem functions in urban greenspaces // *Nature Ecology & Evolution*. 2023. Vol. 7. No. 1. P. 113–126. DOI: 10.1038/s41559-022-01935-4.
- Gorbov S. N., Bezuglova O. S.* Specific features of organic matter in urban soils of Rostov-on-Don // *Eurasian Soil Science*. 2014. Vol. 47. P. 792–800. DOI: 10.1134/S1064229314080043
- Gorbov S. N., Bezuglova O. S., Skripnikov P. N., Tishchenko S. A.* Soluble organic matter in soils of the Rostov agglomeration // *Eurasian Soil Science*. 2022. Vol. 55. No. 7. P. 957–970.
- Gulbagca F., Burhan H., Elmusa F., Sen F.* Calcium nutrition in fruit crops: Agronomic and physiological implications // *Fruit Crops*. Elsevier. 2020. P. 173–190. DOI: 10.1016/B978-0-12-818732-6.00014-9.
- IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria. 2022.
- Li R., Xu Q., Yu J., Che L., Peng Y.* Multiscale assessment of the spatiotemporal coupling relationship between urbanization and ecosystem service value along an urban–rural gradient: A case study of the Yangtze River Delta urban agglomeration, China // *Ecological Indicators*. 2024. Vol. 160. P. 111864. DOI: 10.1016/j.ecolind.2024.111864.
- Mell I. C.* Can green infrastructure promote urban sustainability? // *Proceedings of the Institution of Civil Engineers–Engineering Sustainability*. Thomas Telford Ltd. 2009. Vol. 162. No. 1. P. 23–34.
- Paradelo R., Celeiro M., Herbón C., Barral M. T., García-Jares C.* Polycyclic aromatic hydrocarbons concentration and spatial distribution in the soils of Santiago de Compostela (northwestern Spain) // *Geoderma Regional*. 2023. Vol. 34. P. e00703. DOI: 10.1016/j.geodrs.2023.e00703.
- Pickett S. T. A., Cadenasso M. L., Grove J. M., Boone C. G., Groffman P. M., Irwin E., Warren P.* Urban ecological systems: scientific foundations and a decade of

- progress // Journal of Environmental Management. 2011. Vol. 92. P. 331–362.
- Pindral S., Kot R., Malinowska A., Hulisz P.* The effect of technogenic materials on fine-scale soil heterogeneity in a human-transformed landscape // Catena. 2023. Vol. 221. P. 106772. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106772.
- Qu Y., Ma J., Chen Y., Zhao W., Sun Y., Gou Z.* Soil microbial response to multipollutant exposure in megacity parks: a study in Beijing // Soil & Environmental Health. 2024. P. 100079. DOI: 10.1016/j.seh.2024.100079.
- Seto K. C., Fragkias M., Güneralp B., Reilly M. K.* A Meta-analysis of global urban land expansion // PLoS ONE. 2011. Vol. 6. P. e23777.
- Skripnikov P. N., Gorbov S. N., Matetskaya A. Y., Ivolgina V. A.* Specifics of accumulation and profile distribution of organic carbon in soils of park and recreational areas of Rostov agglomeration // Smart and Sustainable Cities Conference, Cham: Springer Nature Switzerland. 2022. P. 181–193.
- Tagiverdiev S. S., Bezuglova O. S., Gorbov S. N., Skripnikov P. N., Kozyrev D. A.* Aggregate composition as related to the distribution of different forms of carbon in soils of Rostov agglomeration // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. No. 9. P. 1427–1432.
- Vasenev V. I., Van Oudenhoven A. P. E., Romzaykina O. N., Hajiaghaeva, R. A.* The ecological functions and ecosystem services of urban and technogenic soils: from theory to practice (a review) // Eurasian Soil Science. 2018. Vol. 51. P. 1119–1132.
- Vasenev V. I., Smagin A. V., Ananyeva N. D., Ivashchenko K. V., Gavrilenko E. G., Prokofeva T. V., Paltseva A., Stoorvogel J. J., Gosse D. D., Valentini R.* Urban soil's functions: Monitoring, assessment, and management // Adaptive Soil Management: From Theory to Practices, Springer, Singapore. 2017. P. 359–409.
- Wise T. A.* Can we feed the world in 2050? // A scoping paper to assess the evidence. Global Development and Environment Institute Working Paper. 2013. No. 13-04. 36 p.
- Wessolek G., Toland A.* Devil in the sand – the case of Teufelsberg Berlin and cultural ecosystem services provided by urban soils // Soils within Cities. IUSS Working Group SUITMA. Catena Soil Sciences. Stuttgart. 2017. Vol. 19. P. 231–240.

Zakharikhina L. V., Malyukova L. S., Ryndin A. V. Genesis and geochemistry of the soils of urban landscapes of the Black sea coast of Russia // *Catena*. 2022. Vol. 210. P. 105881. DOI: 10.1016/j.catena.2021.105881.

Zheng K., Xian Z., Liao W., Chen Y. Urbanization impacts on sequential flood-heatwave events in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, China // *Urban Climate*. 2024. Vol. 55. P. 101878. DOI: 10.1016/j.uclim.2024.101878.

REFERENCES

Alehina N. D., Balnokin Ju. V., Gavrilenko V. F., Zhigalova T. V., Mejchik N. R., Nosov A. M., Polesskaja O. G., Haritonashvili E. V., Chub V. V., *Fiziologija rastenij* (Plant Physiology), Moscow: Izdatel'skij centr «Akademija», 2007, 640 p.

Bakhmatova K. A., Matynyan N. N., Sheshukova A. A., Anthropogenic Soils of Urban Parks: A Review, *Eurasian Soil Sc*, 2022, No 55, pp. 64–80, DOI: 10.1134/S1064229322010021.

Bezuglova O. S., Hyrhyrova M. M., *Pochvy Rostovskoj oblasti* (Soils of the Rostov Region), Rostov-na-Donu: Izd-vo JuFU, 2008, 352 p.

Colombini G., Auclerc A., Watteau F., Technomoder: A proposal for a new morphofunctional humus form developing on Technosols revealed by micromorphology, *Geoderma*, 2020, Vol. 375, pp. 114526, DOI: 10.1016/j.geoderma.2020.114526.

Doran J. W., Parkin T. B., Defining and assessing soil quality, *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Special Publication*, 1994, Vol. 35, pp. 3–21.

Fan K., Chu H., Eldridge D. J., Gaitan J. J., Liu Y. R., Sokoya B., Soil biodiversity supports the delivery of multiple ecosystem functions in urban greenspaces, *Nat. Ecol. Evol.*, 2023, Vol. 7, No. 1, pp. 113–126. DOI: 10.1038/s41559-022-01935-4.

Gabbasova I. M., Afzalov R. Sh., Agroekologicheskaja ocenka pochv parkov megapolisov (Agroecological assessment of soils of megapolis parks), *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2006, Vol. 10. No 2, pp. 362–367.

Gavriljuk F. Ja., *Chernozemy Zapadnogo Predkavkaz'ja* (Chernozems of the Western Precaucasus), Har'kov: Izd-vo Har'k. un-ta, 1955, 148 p.

- Gorbov S. N., *Genezis, klassifikacija i jekologicheskaja rol' gorodskih pochv Evropejskoj chasti Juga Rossii (na primere Rostovskoj aglomeracii Diss. dokt. biol. nauk* (Genesis, classification and ecological role of urban soils in the European part of the South of Russia (on the example of Rostov agglomeration)), Moskva: Mosk. s.-h. akad. im. K.A. Timirjazeva, 2018, 488 p.
- Gorbov S. N., Bezuglova O. S., Specific features of organic matter in urban soils of Rostov-on-Don, *Eurasian Soil Sc.*, 2014, Vol. 47, pp. 792–800, DOI: 10.1134/S1064229314080043
- Gorbov S. N., Bezuglova O. S., Skripnikov P. N., Tishchenko S. A., Soluble Organic Matter in Soils of the Rostov Agglomeration, *Eurasian Soil Sc.*, 2022, Vol. 55, No. 7, pp. 957–970.
- Gulbagca F., Burhan H., Elmusa F., Sen F., Calcium nutrition in fruit crops: Agronomic and physiological implications, *Fruit Crops. Elsevier*, 2020, pp. 173–190, DOI: 10.1016/B978-0-12-818732-6.00014-9.
- IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, 4th International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria, 2022.
- Klimanova O. A., Kolbovskij E. Ju., Illarionova O. A., *Zeljonaja infrastruktura goroda: ocenka sostojanija i proektirovanie razvitija* (Urban green infrastructure: assessing the state and designing development), Moscow: Tovarishestvo nauchnyh izdanij KMK, 2020, 324 p.
- Lebedeva M. Ju., *Pochvy kak komponent sredy urbanizirovannyh territorij* (Soils as a component of the environment of urbanised territories), *Carskosel'skie chtenija*, 2017, No 3, pp. 316–320.
- Li R., Xu Q., Yu J., Che L., Peng Y., Multiscale assessment of the spatiotemporal coupling relationship between urbanization and ecosystem service value along an urban–rural gradient: A case study of the Yangtze River Delta urban agglomeration, China, *Ecological Indicators*, 2024, Vol. 160, pp. 111864, DOI: 10.1016/j.ecolind.2024.111864.
- M 049-P/04, (Methodology for measuring the mass fraction of metals and metal oxides in powdered soil samples by X-ray fluorescence analysis), Sankt-Peterburg, 2004.
- Mell I. C., Can green infrastructure promote urban sustainability?, *Proceedings of the*

- Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability. Thomas Telford Ltd, 2009, Vol. 162, No. 1, pp. 23–34.*
- Orlov D. S., *Himija pochv* (Chemistry of Soils), Moscow: Izd-vo MGU, 1985, 376 p.
- Paradelo R., Celeiro M., Herbón C., Barral M. T., García-Jares C., Polycyclic aromatic hydrocarbons concentration and spatial distribution in the soils of Santiago de Compostela (northwestern Spain), *Geoderma Regional*, 2023, Vol. 34, pp. e00703, DOI: 10.1016/j.geodrs.2023.e00703.
- Pickett S. T. A., Cadenasso M. L., Grove J. M., Boone C. G., Groffman P. M., Irwin E., Warren P. Urban ecological systems: scientific foundations and a decade of progress, *Journal of Environmental Management*, 2011, Vol. 92, pp. 331–362.
- Pindral S., Kot R., Malinowska A., Hulisz P., The effect of technogenic materials on fine-scale soil heterogeneity in a human-transformed landscape, *Catena*, 2023, Vol. 221, p. 106772. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106772.
- Prasolov L. I., O chernozeme Priazovskih stepej (About the black soil of the Azov steppes), *Pochvovedenie*, 1916, No 1, pp. 23–46.
- Qu Y., Ma J., Chen Y., Zhao W., Sun Y., Gou Z., Soil microbial response to multipollutant exposure in megacity parks: a study in Beijing, *Soil & Environmental Health*, 2024, pp. 100079, DOI: 10.1016/j.seh.2024.100079.
- Seto K. C., Fragkias M., Güneralp B., Reilly M. K., A Meta-analysis of global urban land expansion, *PLoS one*, 2011, Vol. 6, p. e23777.
- Shishov L. L., Tonkonogov V. D., Lebedeva I. I., Gerasimova M. I., *Klassifikacija i diagnostika pochv Rossii* (Classification and diagnostics of soils of Russia), Smolensk: Ojkumena, 2004, 341 p.
- Skripnikov P. N., Gorbov S. N., Matetskaya A. Y., Ivolgina V. A., Specifics of Accumulation and Profile Distribution of Organic Carbon in Soils of Park and Recreational Areas of Rostov Agglomeration, *Smart and Sustainable Cities Conference, Cham: Springer Nature Switzerland*, 2022, pp. 181–193.
- Skripnikov P. N., *Osobennosti nakoplenija i profil'nogo raspredelenija ugljeroda v pochvah Rostovskoj aglomeracii, Diss. kand. biol. nauk* (Features of accumulation and profile distribution of carbon in soils of Rostov agglomeration), Rostov-on-Don: SFU, 2023, 196 p.

- Skripnikov P. N., Gorbov S. N., Mateckaja A. Ju., Tagiverdiev S. S., Salnik N. V., Osobennosti nakoplenija i profil'nogo raspredelenija razlichnyh form ugleroda v pochvah parkovo-rekreacionnoj zony Rostovskoj aglomeracii (Features of accumulation and profile distribution of various forms of carbon in soils of park-recreational zone of Rostov agglomeration), *Nauka Juga Rossii*, 2023, Vol. 19, No 4, pp. 52–66, DOI: 10.7868/S25000640230405.
- Tagiverdiev S. S., Bezuglova O. S., Gorbov S. N., Skripnikov P. N., Kozyrev D. A., Aggregate Composition as Related to the Distribution of Different Forms of Carbon in Soils of Rostov Agglomeration, *Eurasian Soil Science*, 2021, Vol. 54, No 9, pp. 1427–1432, DOI: 10.1134/S106422932109012X.
- Val'kov V. F., *Genezis pochv Severnogo Kavkaza* (Genesis of Soils of the North Caucasus), Rostov-na-Donu: Izd-vo Rostovskogo universiteta, 1977, 160 p.
- Val'kov V. F., Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I., *Pochvovedenie* (Soil Science), Moscow: Izd-vo Jurajt, 2014, 527 p.
- Vasenev V. I., Smagin A. V., Ananyeva N. D., Ivashchenko K. V., Gavrilenko E. G., Prokofeva T. V., Paltseva A., Stoorvogel J. J., Gosse D. D., Valentini R., Urban Soil's Functions: Monitoring, Assessment, and Management, *Adaptive soil management: from theory to practices*, Springer, Singapore, 2017, pp. 359–409.
- Vasenev V. I., Van Oudenhoven A. P. E., Romzaykina O. N., Hajiaghaeva R. A., The Ecological Functions and Ecosystem Services of Urban and Technogenic Soils: from Theory to Practice (A Review), *Eurasian Soil Sc.*, 2018, Vol. 51, pp. 1119–1132.
- Vypova A. A., Kirichkova I. V., Jekologicheskaja rol' zelenyh nasazhdenij v sozdanii optimal'noj gorodskoj sredy (Ecological role of green spaces in creating an optimal urban environment), *E-Scio*, 2020, Vol. 43, No 4, pp. 387–393.
- Wise T. A., Can we feed the world in 2050, A scoping paper to assess the evidence. Global Development and Environment Institute Working Paper, 2013, No.13-04, 36 p.
- Wessolek G., Toland A., Devil in the Sand – the Case of Teufelsberg Berlin and Cultural Ecosystem Services Provided by Urban Soils, *Soils within Cities. IUSS Working Group SUITMA. Catena Soil Sciences. Stuttgart*, 2017, Vol. 19, pp. 231–240.

- Zakharikhina L. V., Malyukova L. S., Ryndin A. V., Genesis and geochemistry of the soils of urban landscapes of the Black Sea coast of Russia, *Catena*, 2022, Vol. 210, pp. 105881, DOI: 10.1016/j.catena.2021.105881.
- Zemljakova A. V., Gorodskie pochvy kak neotemlemyj komponent urbojeko-sistemy (Urban soils as an integral component of the urban ecosystem), *Regional'nye geosistemy*, 2011, Vol. 17, No. 21(116), pp. 102–107.
- Zheng K., Xian Z., Liao W., Chen Y., Urbanization impacts on sequential flood-heatwave events in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, China, *Urban Climate*, 2024, Vol. 55, pp. 101878. DOI: 10.1016/j.uclim.2024.101878.

ON BASIC ELEMENTARY SOIL-FORMING PROCESSES IN URBAN SOILS OF ROSTOV

N. V. Salnik*, S. N. Gorbov, S. S. Tagiverdiev*, P. N. Skripnikov, O. S. Bezuglova

Southern Federal University, Russia, 344090, Rostov-on-Don, 194/1, Stachki Ave.

*E-mail: salnik@sfedu.ru

Received: 18.02.2024

Revised: 15.03.2024

Accepted: 25.03.2024

The paper presents the results of studying the profile distribution of macroelements in Calcic Chernozems park-recreational zones of Rostov agglomeration in the context of conjugated elementary soil-forming processes. Macroelement composition indicates that along with the previously described intensification of two leading elementary soil-forming processes, such as humus formation / humus accumulation and carbonate migration, during the change from herbaceous to woody plant formations there is also intensification of the associated elementary soil-forming process - oglinisation. This is identified by changes in the bulk chemical composition and redistribution of its main components in soil profiles under forest plantations.

Key words: *Rostov agglomeration, Calcic Chernozems, Haplic Chernozems, oglinisation, humus accumulation, macronutrient oxide, forest park soil*

Рецензент: к. б. н., доцент Кузнецов В. А.