

УДК 631.434
DOI: 10.7868/S25000640210405

О ТРАНСФОРМАЦИИ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ УРБОПЕДОГЕНЕЗА НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

© 2021 г. С.С. Тагивердиев¹, О.С. Безуглова¹, С.Н. Горбов¹, Е.Н. Минаева¹,
Д.А. Козырев¹, П.Н. Скрипников¹, Н.В. Сальник¹, В.А. Корбан¹, Н.П. Дымченко¹

Аннотация. Структура почвы как результат сложной системы внутрпочвенных взаимодействий и внешнего воздействия в условиях урбопедогенеза претерпевает изменения, что не может не влиять на протекторные функции почвы, роль которых в урболандшафтах многократно возрастает. Отсюда актуальность изучения процессов трансформации структуры городских почв. В сравнительном аспекте рассмотрен состав структурных фракций и их водоустойчивость в типичных городских почвах – урбо-стратоземах (открытых и запечатанных под плотными покрытиями) и черноземах миграционно-сегрегационных рекреационных зон города.

Состав и качество почв изучали по результатам сухого и мокрого просеивания по методу Саввинова. Разницу в структурном состоянии этих двух групп почв оценивали погоризонтно, сравнивая их между собой с применением критерия Стьюдента. Учитывая многовариантность формирования урбиковых горизонтов, для снижения разброса значений их разделили на 2 кластера: тяжелые и легкие.

Явным признаком урбопедогенеза является возрастание доли структурных агрегатов с диаметром >10 мм как в горизонтах урбик, так и в погребенных горизонтах. В легких горизонтах урбик обнаружено более высокое содержание фракций 0,5–0,25 и <0,25 мм, чем в тяжелых. Погребенная часть профиля урбопочв, представляющая собой фактически законсервированный под толщей урбонаслоений чернозем миграционно-сегрегационный, по сравнению с черноземами рекреационных зон имеет тенденцию к увеличению содержания глыбистой фракции за счет снижения доли агрономически ценных агрегатов.

Водопрочность структуры – более стабильный показатель. Достоверное увеличение содержания фракции 0,5–0,25 мм по сравнению с нативными почвами обнаружено только в погребенных гумусово-аккумулятивных горизонтах за счет снижения доли агрегатов размерностью >3 и 2–1 мм.

Ключевые слова: структура почвы, чернозем миграционно-сегрегационный, антропогенная трансформация, урбопочвоведение.

TRANSFORMATION OF STRUCTURAL STATUS OF SOILS INFLUENCED BY URBOPEDOGENESIS ON THE EXAMPLE OF ROSTOV AGGLOMERATION

S.S. Tagiverdiev¹, O.S. Bezuglova¹, S.N. Gorbov¹, E.N. Minaeva¹,
D.A. Kozyrev¹, P.N. Skripnikov¹, N.V. Salnik¹, V.A. Korban¹, N.P. Dymchenko¹

Abstract. Soil structure, as a result of a complex system of intra-soil interactions and external influences, has undergone changes in conditions of urban pedogenesis. It affects the protective functions of the soil, the role of which increases significantly in urban landscapes. Hence, the relevance of studying the processes of transformation of the structure in urban soils is high. The composition of structural fractions and their water resistance in typical urban soils – urbostratozems (open and sealed under dense coverings) and chernozems migration-segregation of recreational zones of the city were considered in a comparative aspect.

¹ Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Южный федеральный университет (Academy of Biology and Biotechnology of D.I. Ivanovsky of the Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 194/1, e-mail: stagiverdiev@sfned.ru

The composition and quality of the structure were studied according to the results of dry and wet sieving by Savvinov's method. The difference in the structural status of these two groups of soils was evaluated by horizons, comparing them with each other using Student's criterion. Taking into account the multivariate formation of urbic horizons, they were divided into 2 clusters: heavy and light in order to reduce the scatter of values.

It was found that a clear sign of urbopedogenesis is an increase in the proportion of structural aggregates with a diameter >10 mm in both the urbic and buried horizons. In the light horizons of the urbic, a higher content of fractions of 0.5–0.25 and <0.25 mm was found than in the heavy ones. The buried part of the urbic soil profile, which is actually preserved under the thickness of urbic soil, migration-segregation chernozem, tends to have an increased content of clumpy fractions as a result of reducing the proportion of agronomically valuable aggregates compared to recreational chernozems.

The water stability of the structure is more stable indicator. A significant increase in the content of 0.5–0.25 mm fraction as compared with native soils was found only in the buried humus-accumulative horizons due to a decrease in the share of aggregates of size >3 mm and 2–1 mm.

Keywords: soil structure, migration-segregation chernozem, anthropogenic transformation, urban-soil science.

ВВЕДЕНИЕ

С ростом урбанизации возрастает актуальность всестороннего изучения urbopedogenesis и в целом антропогенной трансформации почв [1; 2]. Структурное состояние почвы – свойство, которое является результатом сложной системы внутрпочвенных взаимодействий и внешнего воздействия, обеспечивает водно-воздушный и температурный режимы почв, влияет на их микробиологическую активность, доступность питательных элементов для растений [3–7]. Структура почвы, контролируя иммобилизацию ферментов и доступность субстрата, влияет на такую важную характеристику, как ферментативная активность почвы [8]. В городских ландшафтах процесс urbopedogenesis сопровождается снижением способности почвы выполнять экологические функции, такие как поглощение и нейтрализация поллютантов различного рода, препятствие перемещению их в сопредельные среды и загрязнению почв сельхозугодий, прилегающих к городским границам [9–11]. В этом ключе изучение трансформации структурного состояния под влиянием urbopedogenesis становится актуальным.

Задачей настоящего исследования является сравнение соотношения структурных фракций в различных горизонтах черноземов миграционно-сегрегационных и урбостратоземов на черноземах в Ростовской агломерации.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили на территории Ростовской агломерации, самой крупной на юге Рос-

сии, центром которой является г. Ростов-на-Дону. Объектами выступали почвы разной степени трансформации, среди которых выделяли нативные черноземы миграционно-сегрегационные (Calcic Chernozems) и урбостратоземы на черноземах (Urbic Technosol) [12–14]. Следует отметить, что большая часть территории Ростова-на-Дону, Аксая и прилегающих поселков располагается на водоразделах Приазовской равнины и пологих склонах надпойменных террас правого берега Дона.

В изученную выборку почвенных типов включены разрезы, приуроченные к водораздельным частям, сложенным морскими неогеновыми отложениями, перекрытыми мощными (до 20 м) отложениями четвертичных лёссовидных суглинков [15; 16]. Всего заложено 35 разрезов, статистический анализ включал данные 196 горизонтов.

Методологический подход предполагал разделение разрезов на выборки по генетическим горизонтам с дальнейшим сравнением их между собой. Горизонты урбик *UR* делили на тяжелые и легкие, как это было сделано в предыдущей работе [16]: тяжелые *URt* – с содержанием частиц $<0,01$ мм 40–60 %, легкие *URл* – с содержанием частиц этой же размерности 10–40 %. В основу такого разделения положен генезис горизонтов урбик: тяжелые горизонты образованы из материала нативных черноземов, легкие – в большей степени из привнесенного субстрата, так как для нативных черноземов содержание частиц размерностью $<0,01$ мм находится в пределах 60–70 % [17]. Также выделяли: *AU* – гумусово-аккумулятивные горизонты, *BCA* – аккумулятивно-карбонатные горизон-

ты, *C* – почвообразующая порода – и их погребенные аналоги [*AU*], [*BCA*], [*C*].

Структурное состояние определяли методом Саввинова, который включает последовательное просеивание через сита с разным диаметром отверстий образца почвы в сухом состоянии (сухое просеивание), а затем в воде (мокрое просеивание) [18].

Статистический анализ включал расчет и оценку критерия Стьюдента [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблицах 1 и 2 приведены результаты статистической обработки данных сухого просеивания по отдельным генетическим горизонтам почв Ростовской агломерации. Анализ результатов показал изменение структурного состояния в горизонтах урбоостратоземов.

Фракция >10 мм характеризуется как наиболее специфическая для урбопочв, и ее содержание в урбогоризонтах достоверно выше во всех парах сравнения. Происходит увеличение данной фракции как в погребенных горизонтах черноземов [*AU*], так и в горизонтах урбик (*UR*). В парах сравнения *UR_T* – *UR_л* обнаружены достоверные различия по фракциям 0,5–0,25 мм, <0,25 мм, содержание которых возрастает в выборке *UR_л*.

Сравнение пары *UR_T* – *AU* показало, что в группе поверхностных гумусово-аккумулятивных горизонтов *AU* в среднем выше содержание всех агрономически ценных фракций (7–0,25 мм), а также доля фракции <0,25 мм. Однако разница в содержании фракций 10–7 и 7–5 мм не является статистически достоверной. В выборках *UR_T* – [*AU*] до-

стоверно различается доля фракций 1–0,5; 0,5–0,25; <0,25 мм, увеличиваясь в группе горизонтов [*AU*].

Сравнение пары *UR_T* – *BCA* характеризуется достоверной разницей по фракциям >10; 3–2; 1–0,5; 0,5–0,25; <0,25 мм. В горизонте *BCA* содержание глыбистой фракции (>10 мм) ниже, а доля всех остальных фракций (3–2; 1–0,5; 0,5–0,25; <0,25 мм) выше. Такая же закономерность распределения характерна для пары сравнения *UR_T* – [*BCA*], однако по глыбистой фракции достоверные различия не обнаружены. Общая закономерность для пар сравнений *UR_T* – *C* и *UR_T* – [*C*] заключается в достоверном уменьшении содержания фракций 3–2; 1–0,5; 0,5–0,25; <0,25 мм в группе *UR_T*.

В сравниваемых выборках *UR_л* – *AU* и *UR_л* – [*AU*] (табл. 2) отмечены одинаковые тренды во фракциях от 5–3 до <0,25 мм включительно, крупные фракции, наоборот, имеют разнонаправленные тренды. Однако критерий Стьюдента указывает на тот факт, что группа *UR_л* характеризуется большими различиями с группой *AU*: достоверная разница характерна для этой пары сравнения по фракциям >10; 7–5; 5–3; 3–2; 2–1; 1–0,5; 0,5–0,25; <0–25 мм. При этом установлено высокое сродство этой же группы *UR_л* по состоянию структуры при сравнении с выборкой по погребенным горизонтам [*AU*], только фракция <0,25 мм обладает статистически достоверными различиями.

Сравнивая пары *UR_л* – *BCA*, *UR_л* – [*BCA*] по таблице средних значений (табл. 1), можно отметить общие тренды распределения фракций. Достоверными различиями характеризуются фракции 10–7; 3–2 мм с погребенными горизонтами [*BCA*], а с группой *BCA* – фракции >10; 10–7; 3–2; 2–1; 1–0,5; <0,25 мм (табл. 2).

Таблица 1. Среднестатистическое структурное состояние отдельных генетических горизонтов в черноземах миграционно-сегрегационных и урбаноземах (сухое просеивание, %)

Горизонты Horizons	Размер структурной фракции, мм Structural fraction size, mm								
	>10	10–7	7–5	5–3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	<0,25
<i>UR_T</i>	37,9	11,3	10,3	12,3	4,7	10,8	5,3	3,5	3,9
<i>UR_л</i>	31,3	9,7	9,9	10,8	4,7	8,2	6,3	9,1	10,0
<i>AU</i>	18,3	10,4	12,0	16,8	7,8	14,4	9,1	5,8	5,4
[<i>AU</i>]	35,0	9,4	8,9	11,2	5,6	10,0	7,7	5,9	6,3
<i>BCA</i>	18,8	12,8	12,8	15,3	6,9	12,6	8,4	5,9	6,5
[<i>BCA</i>]	30,6	12,0	9,9	11,8	6,4	9,4	7,1	5,9	6,9
<i>C</i>	20,7	11,0	10,6	12,6	6,7	12,1	9,5	7,7	9,1
[<i>C</i>]	32,8	11,1	9,0	10,9	6,4	9,3	8,0	5,7	6,8

Таблица 2. Критические и эмпирические значения критерия Стьюдента по достоверности различий между структурным состоянием (сухое просеивание, %) генетических горизонтов черноземов и урбаноземов Ростовской агломерации
Table 2. Critical and empirical values of Student's criterion for the reliability of differences between the structural state (dry sieving, %) of genetic horizons of chernozems and urban soils of Rostov agglomeration

Пары сравниваемых горизонтов / Comparable horizons	Размер структурной фракции, мм Structural fraction size, mm								
	>10	10–7	7–5	5–3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	<0,25
	$n = 37; P = 0,05; t_{кр} = 2,03$								
$UR_T - UR_L$	0,6	1,4	0,7	1,4	0,3	1,9	0,8	2,4*	3,9*
	$n = 69; P = 0,05; t_{кр} = 1,99$								
$UR_T - AU$	5,1*	1,5	1,6	3,5*	4,2*	2,3*	5*	4,1*	2,2*
	$n = 40; P = 0,05; t_{кр} = 2,02$								
$UR_T - [AU]$	0	1,9	1,6	1,1	1,1	0,7	2,4*	3,3*	3,4*
	$n = 47; P = 0,05; t_{кр} = 2,01$								
$UR_T - BCA$	4*	0,9	1,9	1,9	4,1*	0,9	4,2*	4,2*	3,9*
	$n = 38; P = 0,05; t_{кр} = 2,03$								
$UR_T - [BCA]$	0,9	0,2	0,8	0,8	2,4*	1,1	2	3,7*	4,5*
	$n = 38; P = 0,05; t_{кр} = 2,03$								
$UR_T - C$	3*	0,6	0,2	0,2	3*	0,5	4,4*	6,1*	4,2*
	$n = 35; P = 0,05; t_{кр} = 2,04$								
$UR_T - [C]$	0,4	0,5	1,5	1,4	2,2*	1,1	2,8*	3*	4,1*
	$n = 64; P = 0,05; t_{кр} = 1,99$								
$UR_L - AU$	4,3*	0,8	2,9*	5,2*	3,9*	5*	3,7*	4,1*	4,1*
	$n = 35; P = 0,05; t_{кр} = 2,04$								
$UR_L - [AU]$	0,7	0,4	0,9	0,3	1,3	1,2	1,6	1,4	2,4*
	$n = 42; P = 0,05; t_{кр} = 2,02$								
$UR_L - BCA$	3,5*	3*	0,9	0,3	3,9*	4,1*	3,2*	1,6	2,5*
	$n = 33; P = 0,05; t_{кр} = 2,04$								
$UR_L - [BCA]$	0,2	2,3*	0	0,8	2,4*	1,2	1,1	1,3	1,9
	$n = 33; P = 0,05; t_{кр} = 2,04$								
$UR_L - C$	2,7*	1,2	0,6	1,6	2,9*	3,4*	3,6*	0,6	0,5
	$n = 30; P = 0,05; t_{кр} = 2,05$								
$UR_L - [C]$	0,3	1,1	1	0,1	2,2*	1	2	1,3	1,7
	$n = 67; P = 0,05; t_{кр} = 1,99$								
$AU - [AU]$	5,1*	1,4	4,7*	5,2*	2,9*	3,2*	2*	0,2	1,3
	$n = 43; P = 0,05; t_{кр} = 2,02$								
$BCA - [BCA]$	3,9*	0,9	3,7*	3,2*	0,9	2,9*	2,3*	0,1	0,7
	$n = 31; P = 0,05; t_{кр} = 2,05$								
$C - [C]$	3,7*	0,1	2,3*	2,2*	0,4	2,4*	1,6	2,7*	1,6

Примечание. * – значения имеют достоверные различия; P – доверительная вероятность; $t_{кр}$ – критическое значение.

Note. * – significant differences; P – confidence probability; $t_{кр}$ – critical value.

Достоверная разница обнаружена при сравнении $UR_L - [C]$ с группой $[C]$ только по фракции 3–2 мм, а при сопоставлении $UR_L - C$ – по фракциям >10; 3–2; 2–1; 1–0,5 мм. Сравнительное изучение погребенных и нативных горизонтов показало,

что можно выделить несколько фракций, подверженных наибольшим изменениям на протяжении всего профиля. В погребенных горизонтах увеличивается содержание глыбистых агрегатов (фракция >10 мм), а доля фракций 7–5; 5–3; 2–1 мм сни-

жается. Фракция 1–0,5 мм также сохраняет общую тенденцию к уменьшению в погребенных аналогах на протяжении всего профиля, однако в сравнении групп $C - [C]$ разница по этой фракции не является достоверной, возможно, сказывается малый объем выборки.

Таким образом, по результатам сухого просеивания для нативных горизонтов (AU , BCA , C) можно выделить фракцию >10 мм: во всех парах сравнения ее содержание ниже в нативных, из чего следует вывод об увеличении доли глыбистых фракций под воздействием урбопедогенеза. Еще одной идентификационной фракцией для этой группы горизонтов являются агрегаты размером 3–2 мм, проявляющие общий тренд к увеличению в открытых естественных горизонтах. Однако это характерно только для гумусово-аккумулятивных горизонтов, так как при сопоставлении данных по горизонтам $BCA - [BCA]$ и $C - [C]$ установлено, что выборки не обладают достоверными различиями, имея почти одинаковое содержание агрегатов этого размера. В целом в сравнениях нативных горизонтов и их погребенных аналогов выделяются, кроме уже указанных, фракции 7–5; 5–3; 2–1 мм, содержание которых уменьшается в погребенных аналогах.

Для группы URt наиболее показательными фракциями являются структурные отдельности размером 0,5–0,25; $<0,25$ мм: их содержание всегда ниже в этой группе горизонтов. Для пар сопоставления группы URt с естественными открытыми и погребенными горизонтами можно также выделить фракцию 1–0,5 мм, содержание которой уменьшается в тяжелых урбогоризонтах.

Горизонты урбик облегченного гранулометрического состава ($URл$) характеризуются высоким

сродством с погребенными естественными горизонтами и группой URt по признаку фракционного состава структуры в сухом состоянии. Для нативных горизонтов помимо уже отмеченных фракций можно выделить фракции 2–1; 1–0,5 мм, содержание которых ниже в группе $URл$.

По результатам мокрого просеивания также можно отметить некоторые закономерности (табл. 3, 4). Величины критерия Стьюдента по группам сравнения $URt - URл$ показывают, что ни по одной фракции нет достоверных различий. Иными словами, эти две группы горизонтов урбик, несмотря на разницу в гранулометрическом составе, имеют относительно похожее распределение агрегатов по структурным фракциям.

Сравнение $URt - AU$ характеризуется достоверными различиями по фракциям 2–1; 1–0,5; $<0,25$ мм. В группе URt выше содержание фракции $<0,25$ мм, а доля агрегатов размером 2–1 и 1–0,5 мм меньше. Сравнение тяжелых урбиковых горизонтов с погребенным темногумусовыми горизонтами $URt - [AU]$ показало наличие достоверной разницы во фракции 1–0,5 мм, доля которой выше в $[AU]$, как и в нативных горизонтах AU . В группах сравнения $URt - BCA$ и $URt - [BCA]$ наблюдаются похожие тренды в распределении структурных отдельностей по фракциям. В обоих случаях достоверные различия обнаруживаются только для агрегатов размером >3 мм.

В парах $URt - C$ и $URt - [C]$ отмечается снижение доли водопрочной фракции >3 мм в группе URt . Кроме того, в паре $URt - C$ достоверные различия наблюдаются во фракциях 1–0,5 и $<0,25$ мм. В то же время в тяжелых урбиковых горизонтах URt уменьшается доля агрегатов $<0,25$ мм и увеличивается количество агрегатов размерами 1–0,5 мм.

Таблица 3. Среднестатистическое структурное состояние отдельных генетических горизонтов в черноземах миграционно-сегрегационных и урбаноземах (мокрое просеивание, %)

Table 3. Average structural state of individual genetic horizons in chernozems migration-segregation and urban soils (wet sieving, %)

Горизонты Horizons	Размер структурной фракции, мм Structural fraction size, mm					
	>3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	$<0,25$
URt	12,1	3,6	8,8	11,3	17,5	46,7
$URл$	15,2	2,9	8,7	8,8	22,8	41,6
AU	15,7	4,5	12,3	14,1	15,2	38,2
$[AU]$	7,3	4,5	9,4	14,6	21,9	42,3
BCA	4,6	2,8	8,5	13,9	19,4	50,8
$[BCA]$	3,1	3,5	9,5	13,1	20,2	50,6
C	2,9	1,6	5,5	6,5	14	69,5
$[C]$	2,6	3,6	9,1	8,5	16,4	59,8

Таблица 4. Критические и эмпирические значения критерия Стьюдента по достоверности различий между структурным состоянием (мокрое просеивание, %) генетических горизонтов черноземов и урбаноземов Ростовской агломерации
Table 4. Critical and empirical values of Student's criterion for the reliability of differences between the structural state (wet sieving, %) of genetic horizons of chernozems and urban soils of Rostov agglomeration

Пары сравниваемых горизонтов / Comparable horizons	Размер структурной фракции, мм Structural fraction size, mm					
	>3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	<0,25
$UR_T - UR_L$	1,1	0,5	0	1,5	1,4	1,1
		$n = 37; P = 0,05; t_{кр} = 2,03$				
$UR_T - AU$	1,6	1,1	2,5*	2,4*	1,5	2,7*
		$n = 69; P = 0,05; t_{кр} = 1,99$				
$UR_T - [AU]$	1,2	0,7	0,4	2,1*	1,9	1,3
		$n = 40; P = 0,05; t_{кр} = 2,02$				
$UR_T - BCA$	2,9*	0,6	0,1	1,5	0,8	0,6
		$n = 47; P = 0,05; t_{кр} = 2,01$				
$UR_T - [BCA]$	3,5*	0	0,4	1	1	0,4
		$n = 38; P = 0,05; t_{кр} = 2,03$				
$UR_T - C$	3,6*	1,7	1,5	2,8*	1,8	3,9*
		$n = 38; P = 0,05; t_{кр} = 2,03$				
$UR_T - [C]$	3,4*	0	0,2	1,3	0,6	1,6
		$n = 35; P = 0,05; t_{кр} = 2,04$				
$UR_L - AU$	0,1	2*	2,1*	4,5*	3,1*	0,8
		$n = 64; P = 0,05; t_{кр} = 1,99$				
$UR_L - [AU]$	1,8	1,3	0,3	4,1*	0,3	0,1
		$n = 35; P = 0,05; t_{кр} = 2,04$				
$UR_L - BCA$	2,9*	0,1	0,1	2,9*	1,2	1,7
		$n = 42; P = 0,05; t_{кр} = 2,02$				
$UR_L - [BCA]$	2,8*	0,5	0,3	2,6*	0,8	1,5
		$n = 33; P = 0,05; t_{кр} = 2,04$				
$UR_L - C$	2,9*	1,3	1,2	1,5	2,6*	4,4*
		$n = 33; P = 0,05; t_{кр} = 2,04$				
$UR_L - [C]$	2,7*	0,5	0,1	0,1	1,6	2,1*
		$n = 30; P = 0,05; t_{кр} = 2,05$				
$AU - [AU]$	2,4*	0,1	2*	0,4	4,1*	1,2
		$n = 67; P = 0,05; t_{кр} = 1,99$				
$BCA - [BCA]$	1,1	0,6	0,4	0,4	0,5	0,1
		$n = 43; P = 0,05; t_{кр} = 2,02$				
$C - [C]$	0,4	1,5	1,2	0,9	1	1,2
		$n = 31; P = 0,05; t_{кр} = 2,05$				

Примечание. * – значения имеют достоверные различия; P – доверительная вероятность; $t_{кр}$ – критическое значение.
Note. * – significant differences; P – confidence probability; $t_{кр}$ – critical value.

Сопоставление структурного состояния урбиковых горизонтов более легкого гранулометрического состава UR_L со свойствами структуры из горизонтов AU и их погребенных аналогов показало, что содержание фракции 1–0,5 мм в легких урбогоризонтах, как и в тяжелых, ниже. Иными словами, независимо от гранулометрического состава

урбиковых горизонтов наблюдается их обеднение структурными отдельностями размером 1–0,5 мм. Уменьшается в легких урбиковых горизонтах и количество агрегатов размером 3–2; 2–1 мм. Обращает на себя внимание тот факт, что в более глинистых урбогоризонтах снижается содержание более мелких агрегатов – 2–1 и 1–0,5 мм. В то

же время в горизонтах $UR_{л}$ по сравнению горизонтами AU возрастает доля фракции 0,5–0,25 мм (в тяжелых увеличивается содержание фракции <0,25 мм).

Достоверное увеличение в легких урбиковых горизонтах доли фракции 1–0,5 мм наблюдается и по сравнению со срединными BCA и $[BCA]$, нативными и погребенными горизонтами. Есть различия и при сравнении с почвообразующей породой C и $[C]$: в урбиковых горизонтах увеличивается количество агрегатов размерностью 0,5–0,25 мм и содержание фракции >3 мм и значительно снижается количество микроагрегатов <0,25 мм.

Погребение черноземов под урбаногенными наслоениями также накладывает отпечаток на состояние структурных отдельностей. В группе горизонтов AU по сравнению с $[AU]$ достоверно выше содержание водопрочных агрегатов размером >3 и 2–1 мм и ниже содержание фракции 0,5–0,25 мм. В срединных и глубоких горизонтах BCA – $[BCA]$ и C – $[C]$ достоверные различия в состоянии водопрочных фракций не обнаружены. Таким образом, можно сделать вывод о том, что водопрочность структуры в погребенных черноземах снижается лишь в поверхностных горизонтах. Это можно объяснить участием в формировании водостойких структурных агрегатов гидрофобных гумусовых веществ [20], содержание которых в погребенных горизонтах $[AU]$ снижается, так как значительно уменьшается и общее количество C орг. [15].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. 2000. *Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы*. М., Наука/Интерпериодика: 185 с.
- Трифорова Т.А., Мищенко Н.В., Будаков Д.А. 2007. Использование информационно-аналитической системы в почвенно-экологических исследованиях. *Почвоведение*. 1: 23–30.
- Барбер С.А. 1988. *Биологическая доступность питательных веществ в почве. Механистический подход*. М., Агропромиздат: 376 с.
- Най П.Х., Тинклер П.Б. 1980. *Движение растворов в системе почва – растение*. М., Колос: 365 с.
- Хэнкс Р.Дж., Ашкрофт Дж.Л. 1985. *Прикладная физика почв. Влажность и температура почвы*. Л., Гидрометеиздат: 151 с.
- Семенов В.М., Когут Б.М. 2015. *Почвенное органическое вещество*. М., ГЕОС: 233 с.
- Шейн Е.В., Верховцева Н.В., Быкова Г.С., Пашкевич Е.Б. 2020. Агрегатообразование в каолиновой суспензии при микробиологической модификации поверхности глины. *Почвоведение*. 3: 351–357. doi: 10.31857/S0032180X20030077

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На уровне макроструктуры явным признаком урбопедогенеза является возрастание доли воздушно-сухой фракции >10 мм как в горизонтах урбик, так и в погребенных горизонтах. Разница между тяжелыми горизонтами урбик (UR_t с содержанием физической глины более 40 %) и легкими горизонтами урбик ($UR_{л}$ с содержанием физической глины менее 40 %) по итогам сухого просеивания заключается в более высоком содержании фракций 0,5–0,25 и <0,25 мм в легких горизонтах урбик. Погребенная часть профиля урбопочв относительно нативных почв имеет тенденцию к увеличению содержания глыбистой фракции за счет доли агрономически ценных агрегатов.

Водопрочность структуры – более статичный показатель. Так, в сравнениях нативных и погребенных горизонтов обнаружено достоверное увеличение в погребенных гумусово-аккумулятивных горизонтах фракции 0,5–0,25 мм, за счет снижения содержания агрегатов размерностью >3 и 2–1 мм.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках госзадания (Южный федеральный университет, проект № 0852-2020-0029) с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета.

- Sollins P., Homann P., Caldwell B.A. 1996. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma*. 74(1–2): 65–105. doi: 10.1016/S0016-7061(96)00036-5
- Азовцева Н.А., Смагин А.В. 2018. Динамика физических и физико-химических свойств городских почв при использовании солевых противогололедных средств. *Почвоведение*. 1: 118–128. doi: 10.7868/S0032180X18010124
- Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Фарходов Ю.Р., Белобров В.П., Юдин С.А., Айдиев А.Я., Лазарев В.И., Фрид А.С. 2019. Изменение соотношения фракций агрегатов в гумусовых горизонтах черноземов в различных условиях землепользования. *Почвоведение*. 2: 184–193. doi: 10.1134/S0032180X19020060
- Горбов С.Н., Безуглова О.С., Абросимов К.Н., Скворцова Е.Б., Тагивердиев С.С., Морозов И.В. 2016. Физические свойства почв Ростовской агломерации. *Почвоведение*. 8: 964–974. doi: 10.7868/S0032180X16060034

12. *World Soil Resources Reports 106. World Reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015.* 2015. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations: 192 p.
13. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. 2004. *Классификация и диагностика почв России.* Смоленск, Ойкумена: 342 с.
14. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матинян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.Е. 2014. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России. *Почвоведение.* 10: 1155–1164. doi: 10.7868/S0032180X14100104
15. Тагивердиев С.С., Безуглова О.С., Горбов С.Н., Скрипников П.Н., Козырев Д.А. 2021. Особенности агрегатного состава в связи с соотношением углерода органического вещества и карбонатов в почвах Ростовской агломерации. *Почвоведение.* 9: 1143–1149. doi: 10.31857/S0032180X21090124
16. Безуглова О.С., Тагивердиев С.С., Горбов С.Н. 2018. Физические характеристики городских почв Ростовской агломерации. *Почвоведение.* 9: 1153–1159. doi: 10.1134/S0032180X18090022
17. Гаврилюк Ф.Я. 1955. *Черноземы Западного Предкавказья.* Харьков, изд-во Харьковского ун-та: 148 с.
18. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. 1986. *Методы исследования физических свойств почв.* М., Агропромиздат: 416 с.
19. Дмитриев Е.А. 2010. *Математическая статистика в почвоведении.* М., Либроком: 336 с.
20. Шеин Е.В., Милановский Е.Ю. 2014. Органическое вещество и структура почвы: учение В.Р. Вильямса и современность. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии.* 1: 42–51.
7. Shein E.V., Verkhovtseva N.V., Bykova G.S., Pashkevich E.B. 2020. Aggregate formation in a kaolinite suspension during microbiological modification of clay surface. *Eurasian Soil Science.* 53(3): 349–354. doi: 10.1134/S1064229320030072
8. Sollins P., Homann P., Caldwell B.A. 1996. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma.* 74(1–2): 65–105. doi: 10.1016/S0016-7061(96)00036-5
9. Azovtseva N.A., Smagin A.V. 2018. Dynamics of physical and physicochemical properties of urban soils under the effect of ice-melting salts. *Eurasian Soil Science.* 51(1): 120–129. doi: 10.1134/S1064229318010027
10. Kholodov V.A., Yaroslavtseva N.V., Farkhodov Yu.R., Belobrov V.P., Yudin S.A., Aydiev A.Ya., Lazarev V.I., Frid A.S. 2019. Changes in the ratio of aggregate fractions in humus horizons of chernozems in response to the type of their use. *Eurasian Soil Science.* 52(2): 162–170. doi: 10.1134/S1064229319020066
11. Gorbov S.N., Bezuglova O.S., Abrosimov K.N., Skvortsova E.B., Tagiverdiev S.S., Morozov I.V. 2016. Physical properties of soils in Rostov Agglomeration. *Eurasian Soil Science.* 49(8): 898–907. doi: 10.1134/S106422931606003X
12. *World Soil Resources Reports 106. World Reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015.* 2015. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations: 192 p.
13. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. 2004. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii.* [Classification and diagnosis of soils in Russia]. Smolensk, Oykumena: 342 p. (In Russian).
14. Prokof'eva T.V., Gerasimova M.I., Bezuglova O.S., Bakhmatova K.A., Gol'eva A.A., Gorbov S.N., Zharikova E.A., Matinyan N.N., Nakvasina E.N., Sivtseva N.E. 2014. Inclusion of soils and soil-like bodies of urban territories into the Russian soil classification system. *Eurasian Soil Science.* 47(10): 959–967. doi: 10.1134/S1064229314100093
15. Tagiverdiev S.S., Bezuglova O.S., Gorbov S.N., Skripnikov P.N., Kozyrev D.A. 2021. Aggregate composition as related to the distribution of different forms of carbon in soils of Rostov agglomeration. *Eurasian Soil Science.* 54(9): 1427–1432. doi: 10.1134/S106422932109012X-
16. Bezuglova O.S., Tagiverdiev S.S., Gorbov S.N. 2018. Physical properties of urban soils in Rostov Agglomeration. *Eurasian Soil Science.* 51(9): 1105–1110. doi: 10.1134/S1064229318090028
17. Gavrilyuk F.Ya. 1955. *Chernozemy Zapadnogo Predkavkaz'ya.* [Chernozems of the Western Ciscaucasia]. Kharkov, Kharkov University: 148 p. (In Russian).
18. Vadunina A.F., Korchagina Z.A. 1986. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv.* [Research methods of physical properties of the soil]. Moscow, Agropromizdat: 416 p. (In Russian).
19. Dmitriev E.A. 2010. *Matematicheskaya statistika v pochvovedenii.* [Mathematical statistics in soil science]. Moscow, Librokom: 336 p. (In Russian).
20. Shein E.V., Milanovskiy E.Yu. 2014. [Organic matter and soil structure: V.R. Williams theory and modernity]. *Izvestiya Timirязevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii.* 1: 42–51. (In Russian).

REFERENCES

1. Dobrovolskiy G.V., Nikitin E.D. 2000. *Sokhranenie pochv kak nezamenimogo komponenta biosfery.* [Soil conservation as an irreplaceable component of the biosphere]. Moscow, Nauka/Interperiodika: 185 p. (In Russian).
2. Trifonova T.A., Mishchenko N.V., Budakov D.A. 2007. The use of an information analytic system in soil-ecological studies. *Eurasian Soil Science.* 40(1): 18–25. doi: 10.1134/S1064229307010036
3. Barber S.A. 1988. *Biologicheskaya dostupnost' pitatel'nykh veshchestv v pochve.* [Soil nutrient bioavailability]. Moscow, Agropromizdat: 376 p. (In Russian).
4. Nye P.H., Tinkler P.B. 1980. *Dvizhenie rastvorov v sisteme pochva – rastenie.* [Solute movement in the soil-root system]. Moscow, Kolos: 365 p. (In Russian).
5. Hanks R.J., Ashcroft G.L. 1985. *Prikladnaya fizika pochv. Vlazhnost' i temperatura pochvy.* [Applied soil physics: soil water and temperature applications]. Leningrad, Gidrometeoizdat: 151 p. (In Russian).
6. Semenov V.M., Kogut B.M. 2015. *Pochvennoe organicheskoe veshchestvo.* [Soil organic matter]. Moscow, GEOS: 233 p. (In Russian).

Поступила 27.07.2021