

Характеристика реологического поведения урбанозёмов городов Сыктывкар, Краснодар, Сочи

**Аракелова Л.И., Умарова А. Б., Бутылкина М.А.,
Хайдапова Д.Д.**

*МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения,
119991, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12
E-mail: laraarakelova@yandex.ru*

Аннотация

Проведен сравнительный анализ реологических характеристик урбанозёмов городов Сыктывкар, Краснодар, Сочи. Исследованные почвы отличаются повышенным содержанием песчаных фракций и высокими значениями содержания углерода в верхних горизонтах. Урбочернозем г. Краснодар показал большую устойчивость к воздействию внешней нагрузки по всему профилю по сравнению с остальными исследованными почвами. Высокие значения точек Crossover образцов урбостратозема г. Сочи свидетельствуют об устойчивости структурных связей по всему профилю. Отмечается снижение значений модуля упругости и диапазона линейной вязкоупругой деформации с глубиной в урбаноземе г. Сыктывкар, и их увеличение вниз по профилю у урбостратозёма г. Сочи.

Введение

За последние 20 лет вырос интерес к улучшению качества городской среды, в котором вопросы озеленения и грамотной эксплуатации почв для градостроительства играют важную роль (Бахматова и др., 2022).

Городские почвы сильно изменчивы, и, в частности, разнообразие их физико-механических характеристик обусловлено влиянием ряда факторов: свойствами исходной естественной почвы и антропогенных включений, различными нарушениями почвенного покрова, временем начала антропогенного вмешательства, климатом и землепользованием (Rate, 2022). При оценке урбанозёмов исследователи выделяют основные проблемы, связанные с их деградацией, впоследствии отражающиеся на прочностных характеристиках – это переуплотнение поверхности, искусственное наслоение, потеря

структуры, повышенная плотность, присутствие крупных антропогенных включений, содержание и состав органического вещества. (Rate, 2022).

Множество функций, выполняемых почвенным покровом в городе, ведет к необходимости анализа его устойчивости к разного рода воздействиям.

Изучение прочностных свойств городских почв является важным для предотвращения эрозии и разрушения склонов, с одной стороны, и для обеспечения их правильной эксплуатации, с другой.

Успешное функционирование почв обеспечивается оптимальностью характеристик почвенной структуры на разных уровнях ее рассмотрения. На уровне микроструктуры устойчивость почвы можно оценить на основе реологического поведения почв в условиях возрастающей нагрузки, т.к. оно отражает различные типы связи между частицами и степень их прочности. Однако, в настоящее время реологические исследования почв городских территорий практически не представлены в научной литературе.

В зональном ряду почв прослеживаются особенности реологического поведения (Жукова и др., 2015; Умарова и др., 2021). Например, в таежной зоне при продвижении на север заметно снижается устойчивость почвенной микроструктуры к механическим воздействиям с формированием более хрупких межчастичных взаимодействий (Холопов и др., 2018). При исследовании структуры чернозёмов типичных Курской области (Хайдапова и др., 2016) было выявлено преобладание слабых коагуляционных типов связей, малоустойчивых к механическим нагрузкам.

Полагаем, что городские почвы разных почвенно-климатических зон также будут иметь черты природной зональности и одновременно - общие урбанистические характеристики.

Таким образом, цель данного исследования: провести сравнительный анализ реологических параметров урбаноземов разных почвенно-климатических зон.

Объекты и методы исследования

В рамках данной работы были изучены городские почвы следующих почвенно-климатических зон: (1) урбанозем северной тайги г. Сыктывкар, представленный агродерново-подзолистой урбостратифицированной среднесуглинистой почвой на покровном суглинке (территория института Биологии Коми РАН); (2) почва степной зоны г. Краснодар, представляющая собой урбочернозем миграционно-сегрегационный тяжелосуглинистый на карбонатных

лессовидных суглинках (территория КубГАУ); (3) почва субтропиков г. Сочи, представленная урбостратоземом среднemosным гидроморфизованным среднесуглинистым (территория ВНИИ цветоводства и субтропических культур).

Определение содержания общего углерода проводилось на экспресс-анализаторе АН-7529, гранулометрический состав определен методом лазерной дифракции с предварительной пробоподготовкой ультразвуком (Милановский и др., 2011).

Реологические параметры насыпных образцов почв, предварительно просеянных через сито 1 мм и подвергшихся суточному капиллярному увлажнению, определялись методом амплитудной развертки на модульном компактном реометре MCR-302 (Anton Paar, Австрия) в трехкратной повторности. Анализ данных вели по средним величинам (Хайдапова и др., 2016).

Результаты и их обсуждение:

На реологическое поведение почв в первую очередь влияют их гранулометрический состав (Sillanpaa, Webber, 1961; Edwards et al., 1967; Lehrs, 1998) и содержание углерода (Кузнецова, 1998; Шеин, Милановский, 2003; Six et al., 2000).

Расчет содержания физической глины выявил закономерно более тяжелый гранулометрический состав урбочерноземов г. Краснодар (табл. 1). Во всех исследованных почвах наблюдается преобладание фракции крупной пыли и повышенное количество песка по сравнению с почвами естественного ряда, что согласуется с литературными данными (Прокофьева и др., 2010, Прокофьева и др., 2018).

Концентрация общего углерода в профиле почв гг. Краснодара и Сочи постепенно снижается с глубиной, а в урбаноземе г. Сыктывкар наблюдается резкое падение его содержания ниже гумусового горизонта.

Значение модуля упругости (G' , МПа) снижается вниз по профилю урбанозема г. Сыктывкар, увеличивается в урбочерноземе г. Краснодар, а в профиле урбостратозема г. Сочи достигает максимума на глубине 10-20 см. Для образцов г. Сыктывкар в целом значения меньше, чем в образцах других исследуемых городов.

Представленные значения диапазона линейной вязкоупругой деформации (LVE- range, %) почв характеризуют область, в которой структура образца способна вернуться в исходное состояние. Этот показатель имеет относительно высокие величины в образцах урбочернозема, профиль слабо дифференцирован, до глубины 40 см

имеет постоянное значение. В профиле урбанозема г. Сыктывкар LVE-range снижается с глубиной. В урбостратоземе г. Сочи наибольшие значения имеют верхний и нижний горизонты.

*1. Профильное распределение физических свойств
и реологических параметров исследованных почв.*

	Гор-т, см	Сод-е физ. глины, %	C, %	W, %	G', МПа	LVE-range, % $\times 10^{-3}$	Crossover, %
Сыктывкар	URrz (0-8)	29,4	4,18	37,1 $\pm$ 3,3	0,97 $\pm$ 0,15	4,9 $\pm$ 0,00	1,52 $\pm$ 0,06
	Urao (8-30)	26,6	1,78	48,3 $\pm$ 0,6	0,86 $\pm$ 0,02	4,3 $\pm$ 0,00	1,29 $\pm$ 0,02
	P (35-65)	29,4	0,64	46,7 $\pm$ 1,2	0,84 $\pm$ 0,12	3,3 $\pm$ 0,00	1,33 $\pm$ 0,15
	BEL (75-95)	33,8	0,30	46,7 $\pm$ 0,7	0,89 $\pm$ 0,04	3,3 $\pm$ 0,00	1,91 $\pm$ 0,25
Краснодар	Urrz (0-8)	40,5	4,92	41,8 $\pm$ 0,8	0,79 $\pm$ 0,01	5,7 $\pm$ 0,00	1,69 $\pm$ 0,10
	UR1 (8-20)	47,2	3,08	37,9 $\pm$ 1,5	1,03 $\pm$ 0,07	5,7 $\pm$ 0,00	1,31 $\pm$ 0,07
	UR2 (20-40)	54,1	1,99	40,3 $\pm$ 4,6	1,29 $\pm$ 0,05	5,7 $\pm$ 0,00	1,15 $\pm$ 0,07
	AUur (40-70)	54,5	1,84	45,7 $\pm$ 1,3	1,31 $\pm$ 0,04	6,5 $\pm$ 0,00	1,18 $\pm$ 0,08
Сочи	UR1 (0-10)	47,7	2,64	57,6 $\pm$ 0,3	0,68 $\pm$ 0,05	4,9 $\pm$ 0,00	3,06 $\pm$ 0,12
	UR2q (10-20)	47,01	2,00	52,3 $\pm$ 1,5	1,2 $\pm$ 0,30	3,8 $\pm$ 0,00	2,41 $\pm$ 0,46
	UR3q (20-32)	50	1,87	43,7 $\pm$ 1,5	1,16 $\pm$ 0,13	3,8 $\pm$ 0,00	1,98 $\pm$ 0,35
	U4q (32-51)	50,4	1,55	40,3 $\pm$ 1,8	0,97 $\pm$ 0,03	3,8 $\pm$ 0,00	2,38 $\pm$ 0,28
	TCHQ (51-62)	50	0,19	45,2 $\pm$ 0,8	0,84 $\pm$ 0,06	4,3 $\pm$ 0,00	2,97 $\pm$ 0,43

Переход почвенных образцов в область вязкого течения, характеризующийся точкой Crossover, в урбостратоземе г. Сочи наблюдается при большей нагрузке, чем в остальных исследованных почвах. Профиль урбастратозема дифференцирован и по этому параметру с минимальным значением в средней части профиля. Такая же тенденция наблюдается в профильном распределении значений Crossover урбанозема г. Сыктывкар.

Заключение

Исследованные урбаноземы отличаются повышенным содержанием песчаных фракций, включая урбочернозем г. Краснодар, и характеризуются высокими значениями содержания общего углерода в верхних горизонтах.

Исследование реологических характеристик показало, что урбочернозем г. Краснодар способен сохранять свою микроструктурность при более высоких нагрузках по сравнению с остальными исследованными почвами.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования реологических параметров при оценке устойчивости почв к нагрузкам при эксплуатации почв в городских условиях.

Литература

1. Бахматова, К. А., Матинян, Н. Н., Шешукова, А. А. Антропогенные почвы городских парков (обзор) // Почвоведение. 2021 No 1. С. 77-95.
2. Жукова Ю.А., Хайдапова Д.Д., Ковда И.В., Моргун Е.Г. Реологические характеристики слитоземных комплексов почв в разных климатических условиях // Почвоведение. 2015. No 3. 25.
3. Кузнецова И.В. Содержание и состав органического вещества черноземов и его роль в образовании водопрочной структуры // Почвоведение. 1998. № 1.
4. Милановский Е.Ю., Хайдапова Д.Д., Поздняков А.И., Тюгай З.Н., Початкова Т.Н., Черноморченко Н.И., Манучаров А.С. Практикум по физике твёрдой фазы почв: Учебное пособие. – М.: «Гриф и К», 2011. – 64с.
5. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И. Городские почвы: диагностика и классификационное определение по материалам научной экскурсии конференции SUITMA-9 по Москве // Почвоведение. 2018. No 9. С. 1057-1070.
6. Прокофьева Т.В., Попутников В.О. Антропогенная трансформация почв парка Покровское - Стрешнево (Москва) и прилегающих жилых кварталов // Почвоведение. 2010. No 6. С. 748-758.
7. Умарова А.Б., Бутылкина М.А., Сусленкова М.М., Александрова М.С., Ежелев З.С., Хмелева М.В., Шхапацев А.К, Гасина А.И. Агрегатная структура естественных и пахотных почв разного генезиса: морфологические и реологические характеристики // Почвоведение. 2021. № 9. С. 1019-1032.
8. Хайдапова Д.Д., Честнова В.В., Шеин Е.В., Милановский Е.Ю. Реологические свойства черноземов типичных (Курская область) при различном землепользовании // Почвоведение. 2016. No 8. С. 1–9.
9. Холопов Ю.В., Хайдапова Д.Д., Лаптева Е.М. Физико-механические свойства автоморфных таежных почв Республики Коми (по данным

реологических исследований) // Вестн. Томск. гос. ун-та. Сер. Биология. 2018. № 42.

10. Шеин Е.В., Милановский Е.Ю. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов // Почвоведение. 2003. No. 1.

11. Edwards, A.P. and Bremner, J.M., Microaggregates in soils, J. Soil Sci., 1967, no. 18.

12. Lehrs, G.A., Freeze-thaw cycles increase near-surface aggregate stability, Soil Sci., 1998, vol. 163, no. 1, pp. 63–70.

13. Rate, A. W. (Ed.) (2022). Urban soils. Principles and practice. Springer Nature.

14. Sillanpaa, M. and Webber, L.R., The effect of freezing- thawing and wetting-drying cycles on soil aggregation, Can. J. Soil Sci., 1961, no. 2, p. 41.

15. Six J., Elliott E.T., Paustian K. Soil macroaggregate turnover and micro-aggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture // Soil Biol. Biochem. 2000. 32.