

ОТКРЫТАЯ И ЗАКРЫТАЯ ПОРИСТОСТЬ КАК ИНДИКАТОРЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЧВЕННОЙ СТРУКТУРЫ

Абросимов К.Н. Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва
Горбов С.Н. Южный Федеральный Университет. г. Ростов-на-Дону



Международная конференция
"ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ФИЗИКИ
ПОЧВ: РАЗВИТИЕ, СОВРЕМЕННЫЕ
ПРИЛОЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ"



Почвенный институт
им. В.В. Докучаева

Общая пористость – один из физических показателей, определяющих структурное состояние почвы, уплотнение структуры при механическом или ином воздействии. С развитием методов анализа структуры, в т.ч. не повреждающих – компьютерной томографии, появилась возможность изучения объемных структур. Показатель общей пористости стало возможно раскрыть на ряд составляющих: пористость открытую, пористость закрытую и связанность порового пространства.

Закрытая пористость – поры разного размера, обособленные от остального порового пространства в пределах заданного объема.

Открытая пористость – поры разного размера, выходящие на границы исследуемого объема.

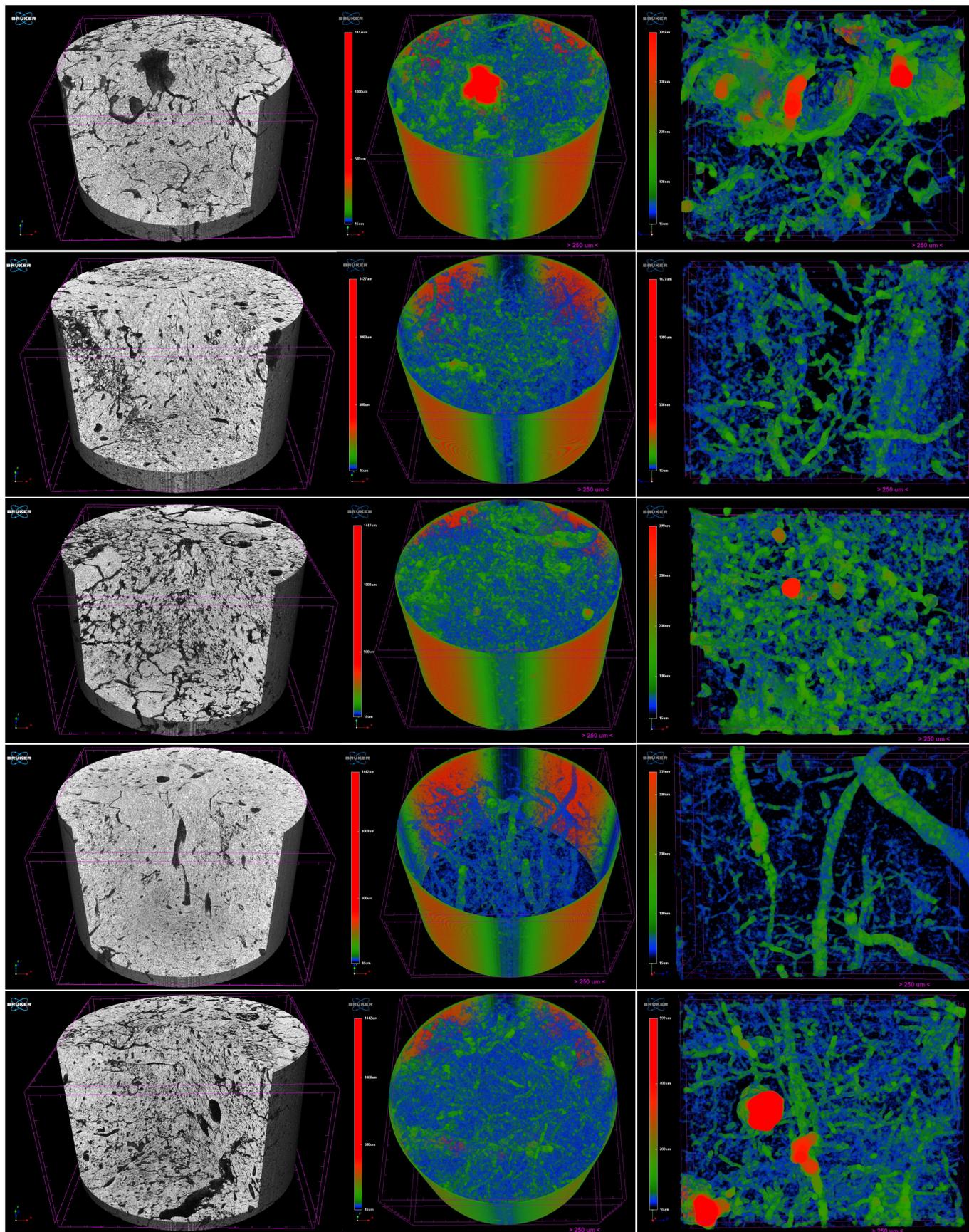
Связанность порового пространства – это фактически самый крупный связанный объем пор в пределах исследуемой области.

Таким образом, если общая пористость зависит от разрешения томографической съемки, то открытая и закрытая, как и связанность пор, должны быть привязаны к определенному одинаковому объему – стандарту для таких исследований, для возможности сравнения различных типов почв.

В качестве объекта исследования использованы микромонолиты почв ($d=3\text{см}$). В исследовании задействованы: 1) Почвы естественного сложения, существенно не затронутые процессами урбанизации; 2) Почвы естественного сложения, перекрытые рыхлыми антропогенными отложениями. 3) Почвы естественного сложения и антропогенно-преобразованные почвы, перекрытые асфальтовым и/или другим водонепроницаемым покрытием, под которым почвенный профиль схож с урбостратоземами (Urbic Technosol) и урбистратифицированными черноземами (Calcic Chernozem Novic (Technic) UR-[A–B–BC–Cca]). В качестве условного эталона сравнения был выбран чернозем обыкновенный карбонатный мощный на лёссовидном суглинке (Calcic Chernozem по WRB). Разрез был заложен на территории Персиановской заповедной степи, расположенной в 52 км северо-восточнее Ростовской агломерации. Томографическую съемку специально отобранных горизонтов проводили на микротомографе SkyScan1172 с общим разрешением на все исследуемые образцы $16\mu\text{m}$. Образцы снимали с сохранением условий естественной влажности и структуры, для чего пробы отбирали в специально подготовленные медицинские шприцы диаметром 3 см, с последующей герметичной упаковкой. Объем томографически исследованной зоны для каждого образца = $1,8\text{ см}^3$.

Объемная реконструкция части микромонолита с «резкой» внутрь для демонстрации внутренней структуры. Поры – черные.

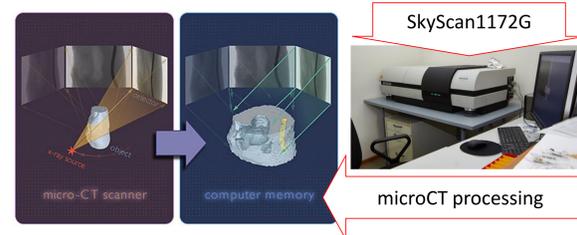
Объемная карта порового пространства с распределением пор по размерам (Structure separation). Сделано в ПО CTvox ©Bruker по результатам обработки томографических данных в Cтан ©Bruker. Слева – один сегмент микромонолита, справа – его вертикальный фрагмент толщиной 0,5 мм.



1. Отбор образцов

Аккуратное obtачивание, упаковка в шприц с центральным носиком и герметизация пленкой и скотчем

2. Съемка и постпроцессинг (реконструкция объемной структуры)



3. Компьютерная обработка стека томографических срезов и получение морфометрических показателей.

Все образцы чернозема обрабатываются по единым программным настройкам.

В ПО Cтан:

- Thresholding (35/255) – бинаризация
- Despeckle (удаление одиночных артефактов)
- ROI shrink-warp (определение границ объемной структуры и локализация открытых пор)
- 3D analysis (Работает по объемной зоне, определенной предыдущим параметром. Включает в себя вычисление площадей, объемов, количества элементов и процентное содержание каждой из двух рентген-контрастных фаз. В данном случае твердой фазы и пор – общую, открытую и закрытую пористость). Так же возможно получение данных по размерностям структурных элементов в виде таблицы (Percent volume in range) или стека данных для твердой фазы или пор (Structure separation)

Название почвы	Чернозем обыкновенный карбонатный мощный, г. Аксай, залежь	Урбистратифицированный карбонатный мощный, г. Ростов-на-Дону, селитебная зона	Чернозем обыкновенный карбонатный мощный на лёссовидном суглинке, г. Ростов-на-Дону, лесопарк	Урбистратифицированный карбонатный мощный на погрешенном черноземе	Чернозем обыкновенный карбонатный мощный, пос. Персиановский, целина
Общий объем образца, mm^3	1826,30	1826,30	1826,30	1826,3	1826,30
Закрытая пористость, %	2,48	3,03	1,64	3,10	1,97
Открытая пористость, %	15,15	15,19	26,09	5,08	21,46
Общая пористость, %	17,26	17,76	27,30	8,02	23,01
Связанность порового пространства, %	39,81	87,29	96,71	58,61	94,72

Максимальные значения закрытой пористости отмечены в наиболее антропогенно-трансформированных почвах – урбостратоземах и экранированных черноземах, более 3% (или от 17 до 39% от общей пористости). Низкая связанность порового пространства помимо урбостратоземов выявлена в залежи у города Аксай, в остальных случаях показатель незначительно отличается от эталонного образца.

Урбостратозем значительно отличается от эталона по всем показателям в худшую сторону – отмечены явные признаки переуплотнения и деградации порового пространства что прослеживается в моделях порового пространства и по соотношению открытой/общей и закрытой/общей пористости. Почвы лесопарков наоборот по некоторым параметрам незначительно превосходят эталонный образец. Чернозем урбистратифицированный и залежный из г. Аксай незначительно уступают по пористости эталону и лесопарковым черноземам, но при этом показатели закрытой пористости у них сопоставимы с уплотненными почвами.

Показатели открытой, закрытой пористости и связанности порового пространства дополняют друг друга и могут выявить проблемы там, где просто показатель общей пористости, рассчитанный традиционным способом, не далек от нормы.

