



ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
им. В.В. Докучаева

Изучение микроструктуры агрегата
чернозема типичного методами
неразрушающего контроля.
Достоверность объемных
морфометрических показателей

АБРОСИМОВ К. Н.

ЮДИНА А. В.

ФОМИН Д. С.

Цели и задачи ИССЛЕДОВАНИЯ

Проект РФФИ 18-34-00825 «Физическое обоснование концепции микроструктурной организации почв»

Целью проекта является физическое и морфологическое обоснование понятий первичного элемента почв, элементарной почвенной частицы (ЭПЧ) и микроагрегата почв на основе комплекса современных физических инструментальных методов исследования. Для достижения цели поставлены следующие основные задачи:

- 1) количественная характеристика энергии связи внутри ЭПЧ и микроагрегатов исследуемых типов почв;
- 2) определение распределений первичных элементов почв, ЭПЧ и микроагрегатов по размерам;
- 3) **морфологическое описание и индексация параметров микроструктурной организации исследуемых типов почв**

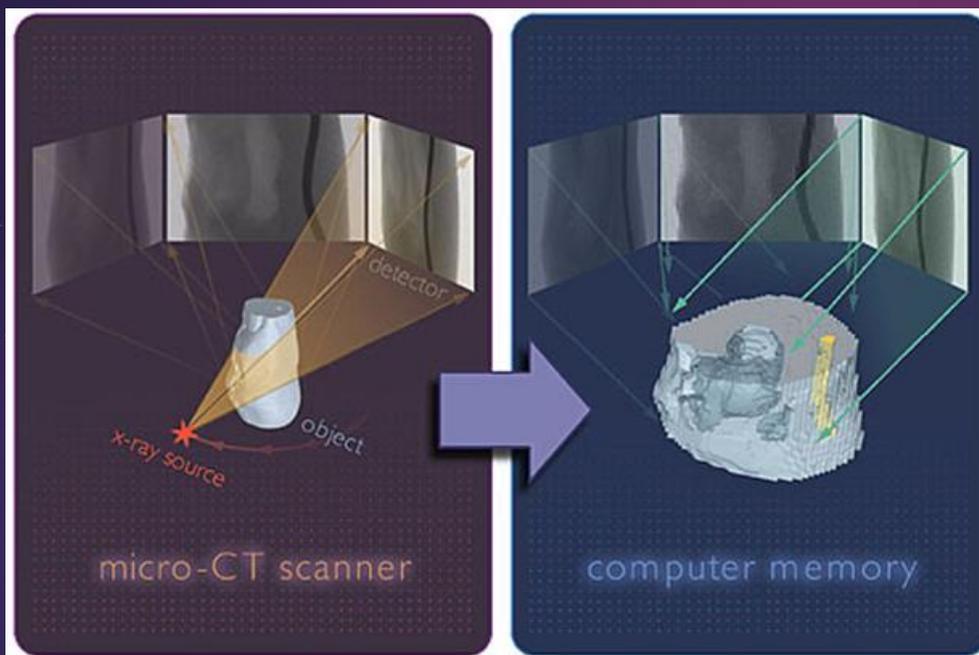
Объекты исследования:

Чернозем типичный, Курская область
3 разреза по линии ПАР – лесополоса – пашня.

Лесополоса 1962 года посадки, трехрядная, непродуваемой конструкции, шириной 20 м, основная порода – дуб черешчатый (*Quercus robur*)



Компьютерная томография как метод исследования структуры почв



Пробоотбор

- Отбор микромоделитов методом обтачивания и их герметизации
- Отбор агрегатов

Пробоподготовка

- Разделение сухих почвенных агрегатов на фракции
- Подготовка препаратов для томографической съемки

Томографическая съемка

- Осуществляется по единым параметрам для сразу нескольких исследуемых фракций (разрешение, энергия, фильтр и др.)

Реконструкция (получение стека срезов)

- Осуществляется по общим настройкам вообще для всех фракций агрегатов (шкала H_u, коррекция артефактов, фильтры и др.)

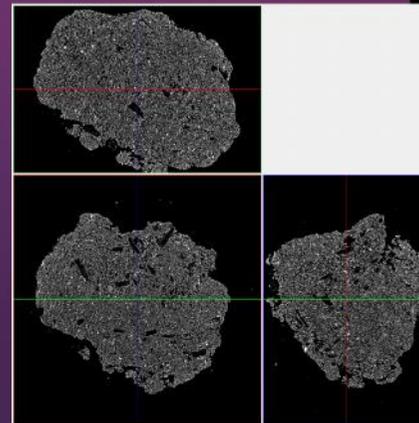
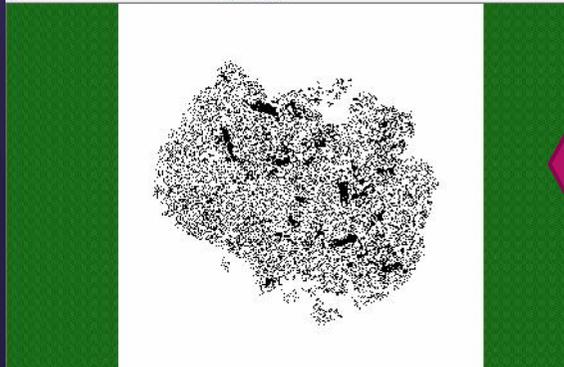
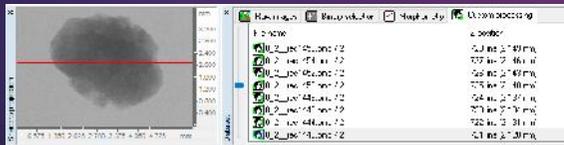
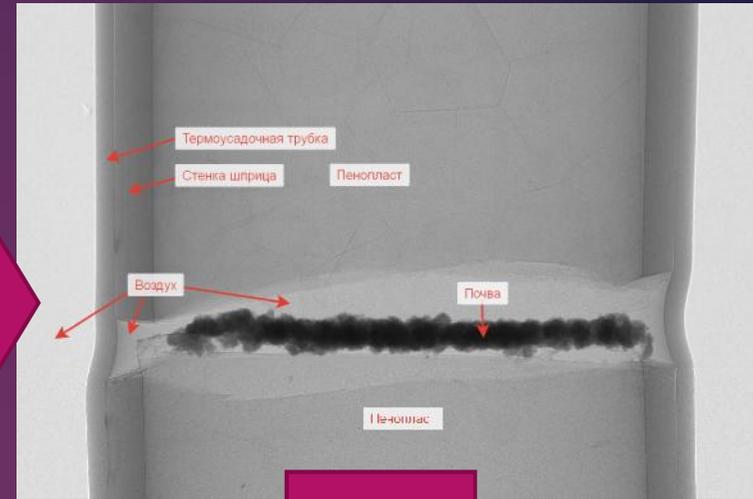
Бинаризация рентген-контрастных фаз (поры или твердая фаза)

- Общий порог бинаризации для всех фракций (например 0-30 поры, 31-255 твердая фаза)

Расчеты морфометрических показателей

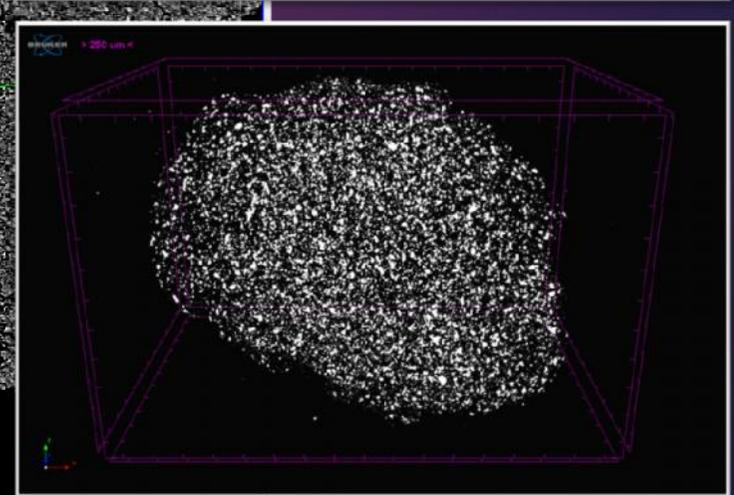
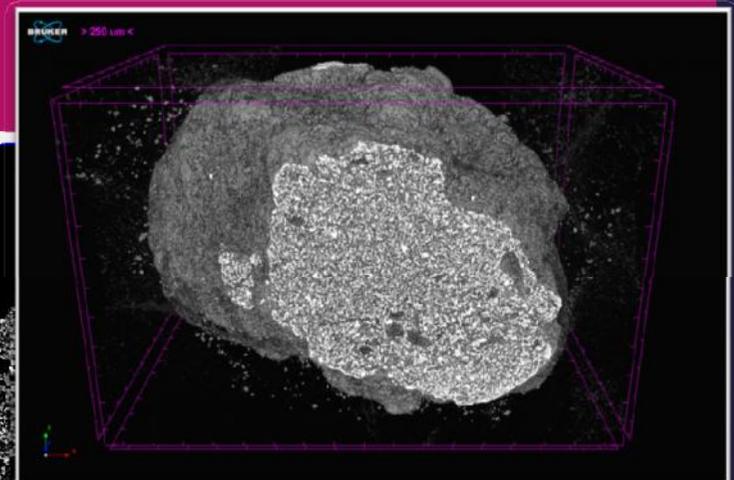
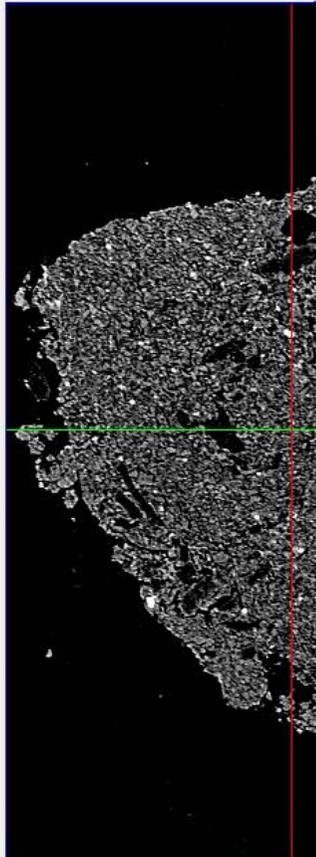
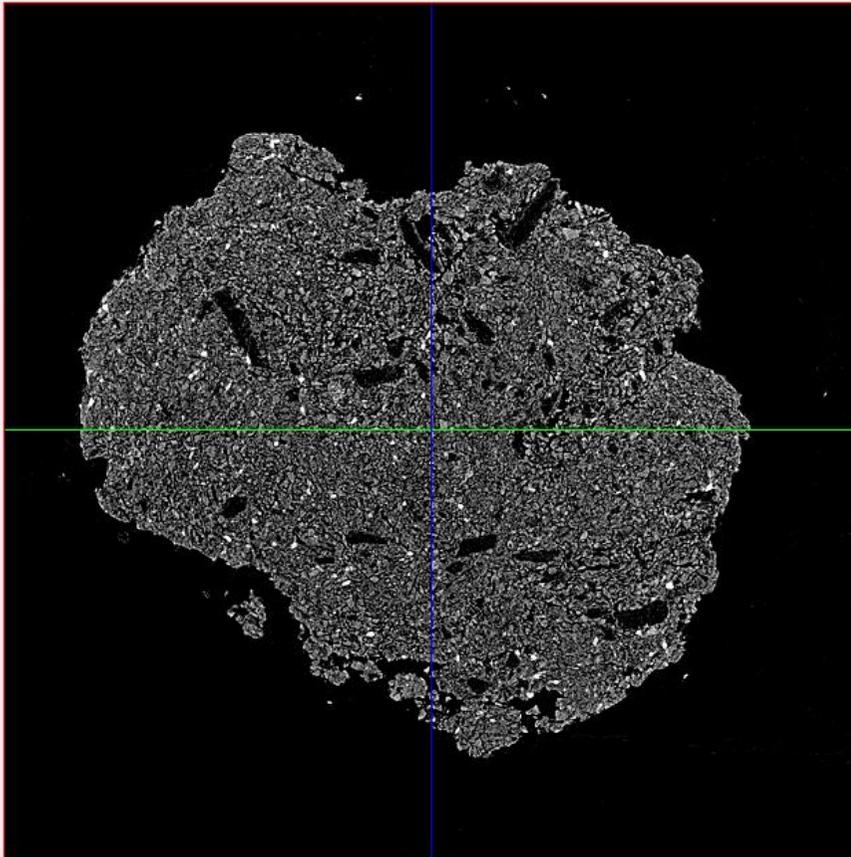
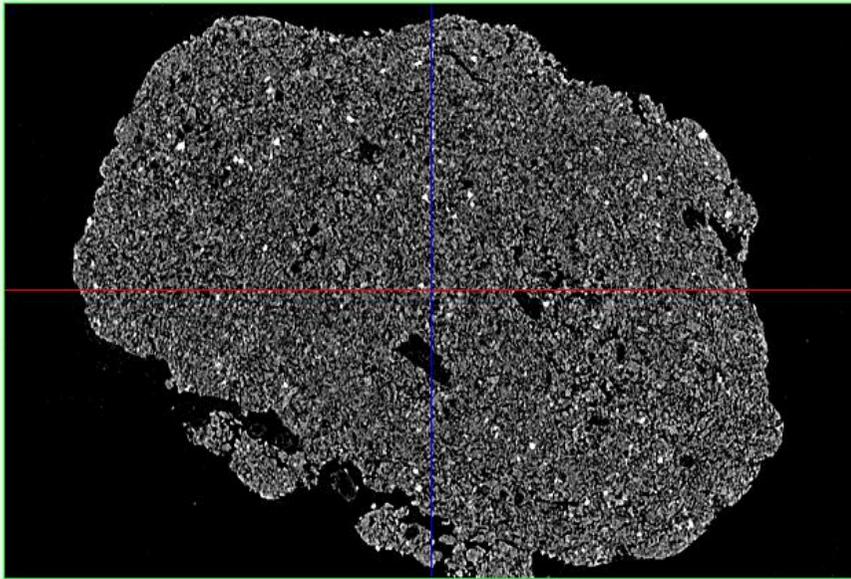
- 2d, 3d и i3d анализы в программе Stan по бинаризованным данным

Томография микроагрегатов чернозема типичного

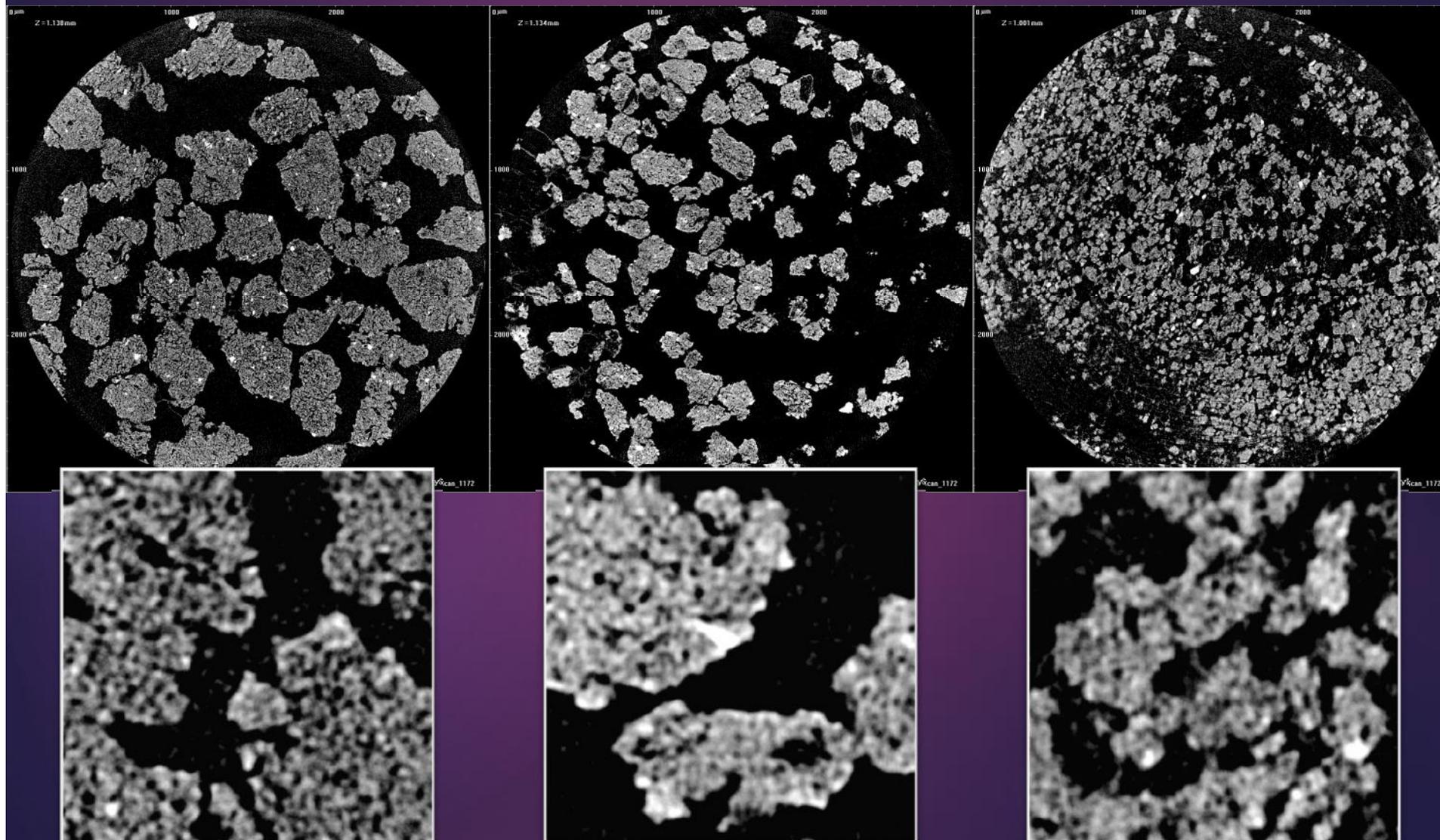


Результаты.

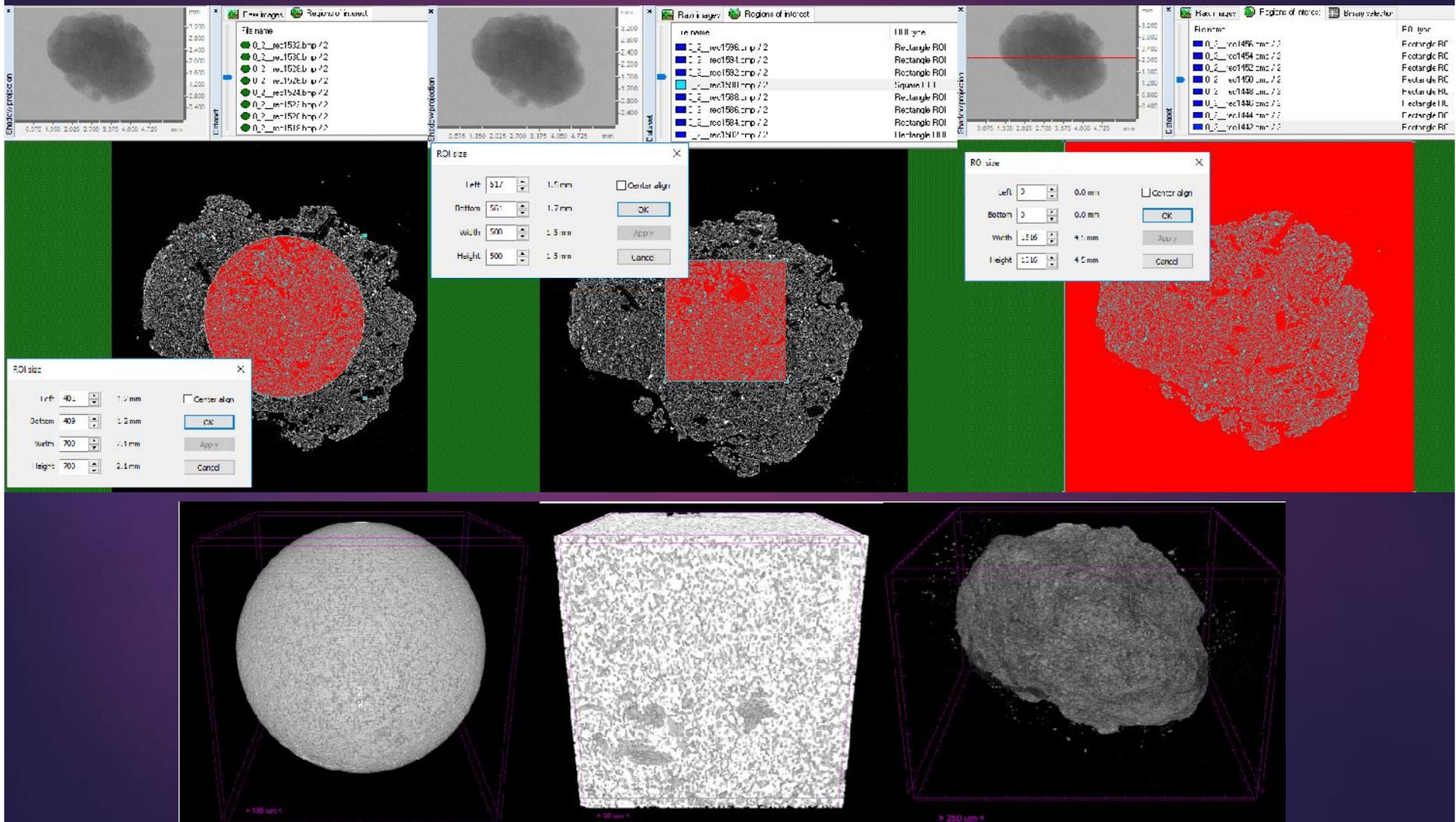
Томографические изображения и восстановленная объемная структура. Фракции 0,5 – 10мм



Результаты. Томографические изображения
и восстановленная объемная структура.
Фракции 0,5-0,25; 0,25-0,1; менее 0,1



Результаты. Области расчетов морфометрических показателей



Результаты. Морфометрические показатели (на примере агрегата фракции 2-3мм)

		лесополоса	пашня	пар
Total VOI volume	mm ³	3,7	3,7	3,7
Object volume	mm ³	2,2	2,4	2,4
Percent object volume	%	59,3	63,6	60,9
Total VOI surface	mm ²	12,8	12,8	12,8
Object surface	mm ²	474,4	455,6	460,5
Intersection surface	mm ²	6,5	6,9	6,9
Object surface / volume ratio	1/mm	216,3	193,4	204,1
Object surface density	1/mm	128,2	123,1	124,4
Structure thickness	mm	0,013	0,016	0,015
Number of objects	шт	13980	7491	8808
Number of objects	1/mm ³	3776,8	2023,8	2379,6
Number of closed pores	шт	18122	26251	28057
Number of closed pores	1/mm ³	4895,8	7091,9	7579,8
Volume of closed pores	mm ³	0,001	0,003	0,002
Surface of closed pores	mm ²	1,6	3	2,8
Closed porosity (percent)	%	0,061	0,123	0,108
Volume of open pore space	mm ³	1,5	1,3	1,4
Open porosity (percent)	%	40,7	36,3	39
Total volume of pore space	mm ³	1,5	1,3	1,445
Total porosity (percent)	%	40,74	36,4	39
Connectivity	шт	565430	544720	559725
Connectivity density	1/mm ³	0,00049	0,00047	0,00049

Объем (мм³): поры, твердая фаза, область исследования

Площади поверхностей (мм²)

Количество частиц твердой фазы и пор (шт.)

Общая / открытая / закрытая пористость (%)

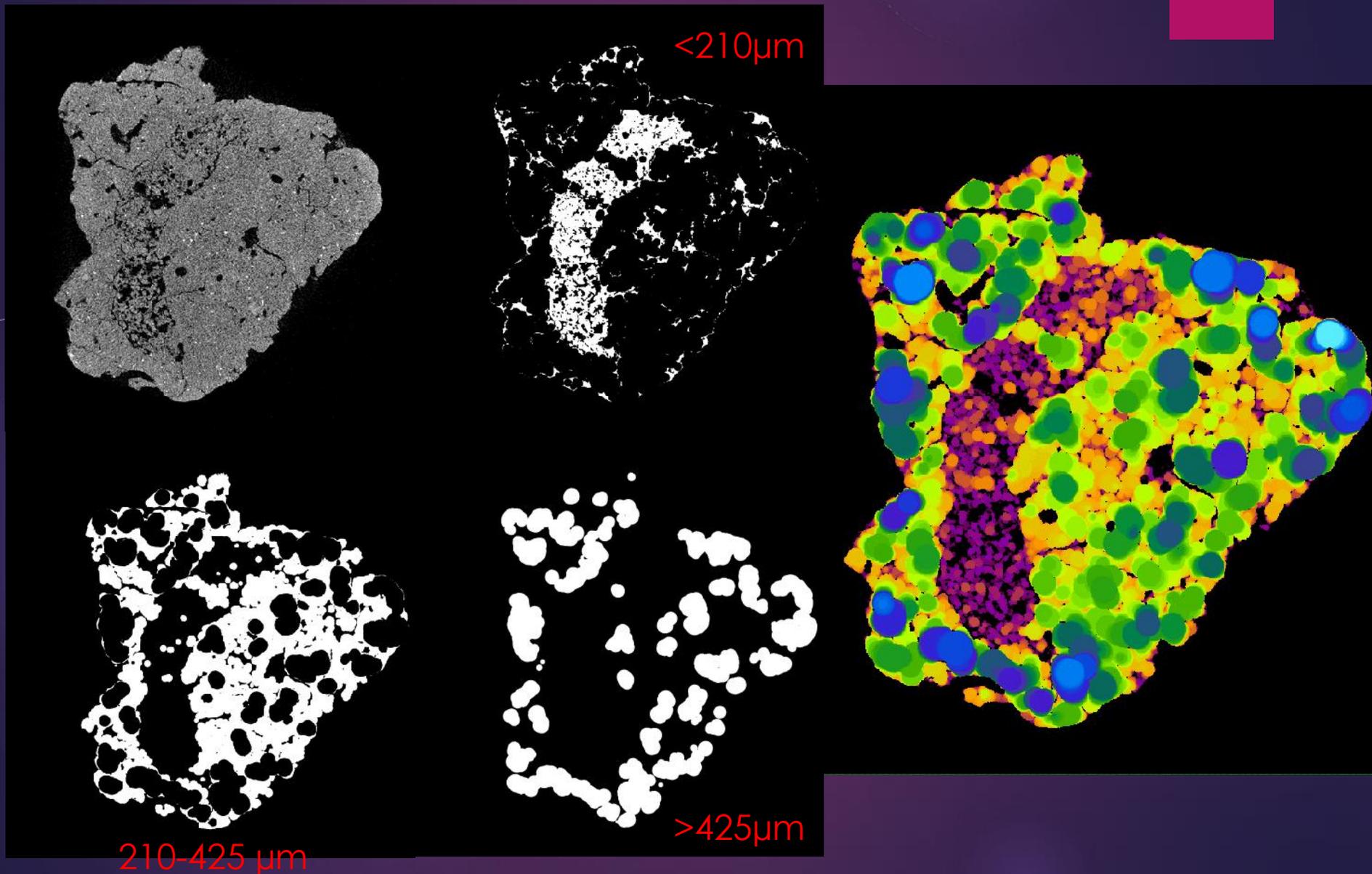
Средний размер частицы (мм)

Результаты. Размерность частиц твердой фазы и пор

Structure thickness distribution	St.Th	лесополюса	пашня	пар
Range	Mid-range	Percent volume in range		
um	mm	%		
1,48 - <4,43	0,003	0,609	0,464	0,542
4,43 - <7,38	0,006	4,919	3,850	4,518
7,38 - <10,33	0,009	10,367	8,010	9,484
10,33 - <13,28	0,012	23,513	18,865	21,810
13,28 - <16,23	0,015	25,692	22,923	24,908
16,23 - <19,19	0,018	16,515	17,881	17,476
19,19 - <22,14	0,021	10,507	14,400	12,244
22,14 - <25,09	0,024	4,496	7,471	5,344
25,09 - <28,04	0,027	1,977	3,450	2,117
28,04 - <30,99	0,030	0,814	1,590	0,810
30,99 - <33,94	0,032	0,335	0,659	0,307
33,94 - <36,90	0,035	0,131	0,221	0,135
36,90 - <39,85	0,038	0,053	0,110	0,071
39,85 - <42,80	0,041	0,041	0,048	0,053
42,80 - <45,75	0,044	0,011	0,023	0,028
45,75 - <48,70	0,047	0,011	0,012	0,026
48,70 - <51,65	0,050	0,009	0,002	0,019
51,65 - <54,60	0,053	0,004	0,005	0,020
54,60 - <57,56	0,056		0,003	0,016
57,56 - <60,51	0,059		0,007	0,007
60,51<	0,062		0,006	0,067

Structure separation distribution	St.Sp	лесополюса	пашня	пар
Range	Mid-range	Percent volume in range		
um	mm	%		
1,48 - <4,43	0,003	2,179	2,899	2,843
4,43 - <7,38	0,006	14,281	18,514	17,038
7,38 - <10,33	0,009	23,685	27,607	24,705
10,33 - <13,28	0,012	28,704	25,601	23,711
13,28 - <16,23	0,015	13,277	7,681	8,700
16,23 - <19,19	0,018	4,537	2,050	3,076
19,19 - <22,14	0,021	3,177	1,648	2,412
22,14 - <25,09	0,024	2,266	1,264	1,776
25,09 - <28,04	0,027	1,863	1,100	1,443
28,04 - <30,99	0,030	1,583	1,105	1,295
30,99 - <33,94	0,032	1,301	1,040	1,174
33,94 - <36,90	0,035	0,928	0,864	0,952
36,90 - <39,85	0,038	0,727	0,887	0,978
39,85 - <42,80	0,041	0,481	0,794	0,897
42,80 - <45,75	0,044	0,316	0,705	0,786
45,75 - <48,70	0,047	0,206	0,589	0,703
48,70 - <51,65	0,050	0,151	0,629	0,764
51,65 - <54,60	0,053	0,079	0,569	0,674
54,60 - <57,56	0,056	0,060	0,610	0,548
57,56 - <60,51	0,059	0,069	0,514	0,642
60,51<		0,103	3,330	4,884

Распределение размеров структурных элементов в пространстве агрегата



Контроль достоверности расчетов морфометрических показателей

- 1) Воспроизводимость.** Поворот и наклон стека данных на 45 градусов. Фактически, срезы программно пересобираются заново. Разница в показателях присутствует, но чем больший объем данных, тем меньше ошибка. При исследовании агрегатов разница в определении общей пористости не превышала 0,1%
- 2) Повторность, как показатель пространственной изменчивости.** Съёмка и анализ структуры нескольких агрегатов одной фракции. Разброс показателей 3д анализа зависит исключительно от индивидуальных особенностей микроструктуры.

Заключение

Томографические данные в совокупности с классическими и современными методами исследования физических свойств почв позволяют всесторонне описать строение почв, дать дополнительную оценку классическим физическим параметрам

Микротомографический анализ помимо визуализации и описания порового пространства почв способен сразу дать оценку агрегатов, описать не только их размер и соотношение, но и, собственно, особенности строения. В частности, данные метода позволяют понять причины водоустойчивости агрегатов.

Спасибо за внимание!

Abrosimov_kn@esoil.ru

