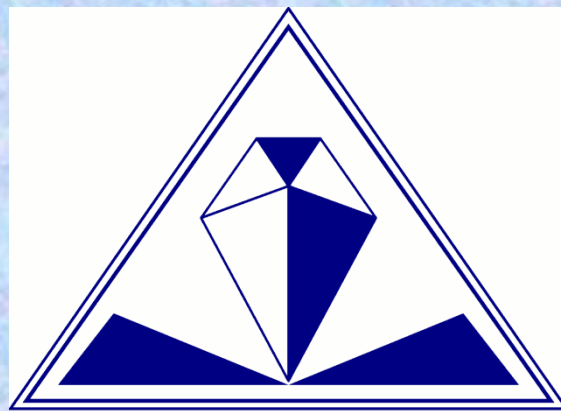


# Лабораторная микротомография на монохроматическом рентгеновском излучении

*Асадчиков В.Е. , Бузмаков А.В.,  
Золотов Д.А., Осадчая А.С., Якимчук И.В.  
asad@crys.ras.ru*

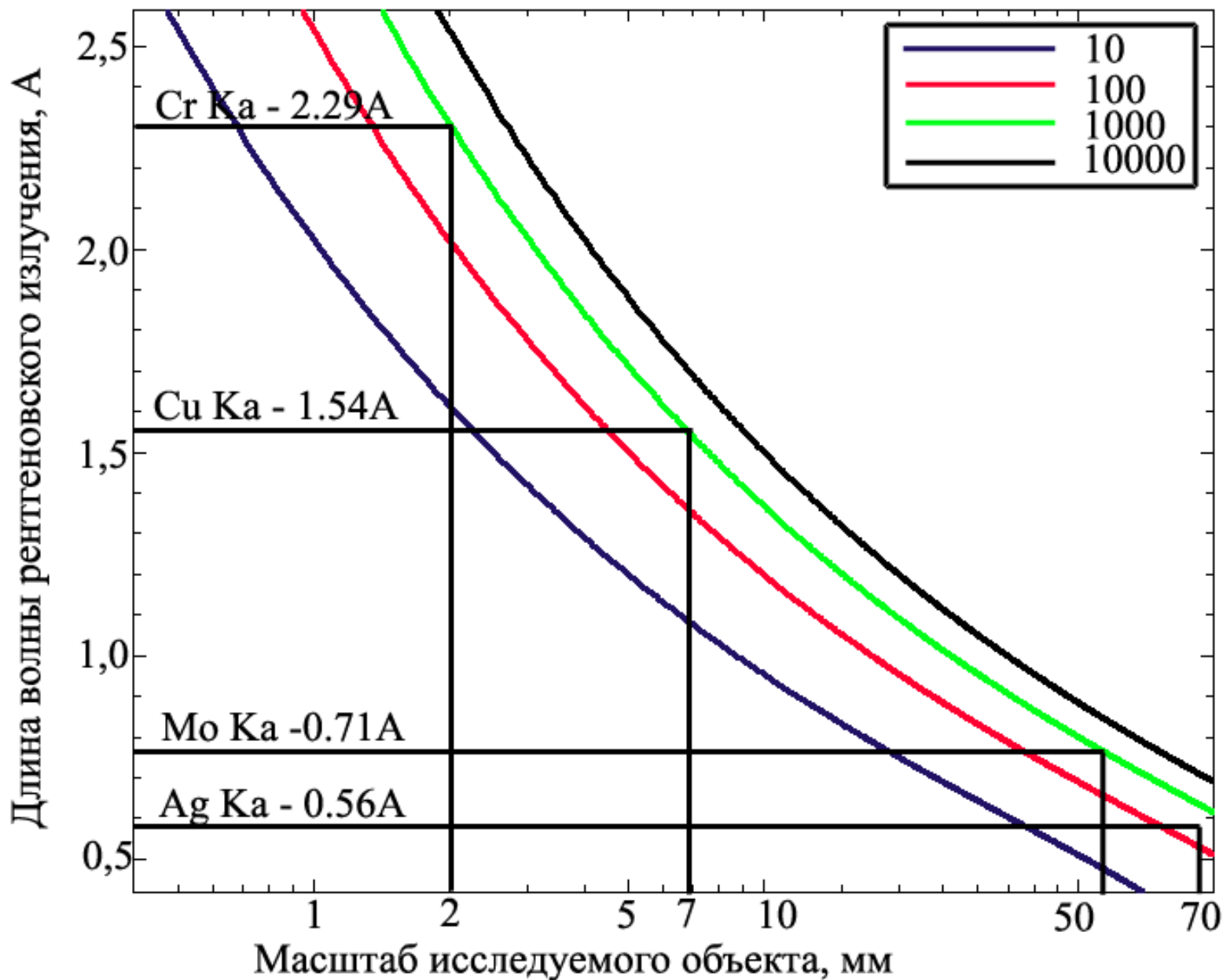
Институт кристаллографии им А.В. Шубникова, Москва, Россия

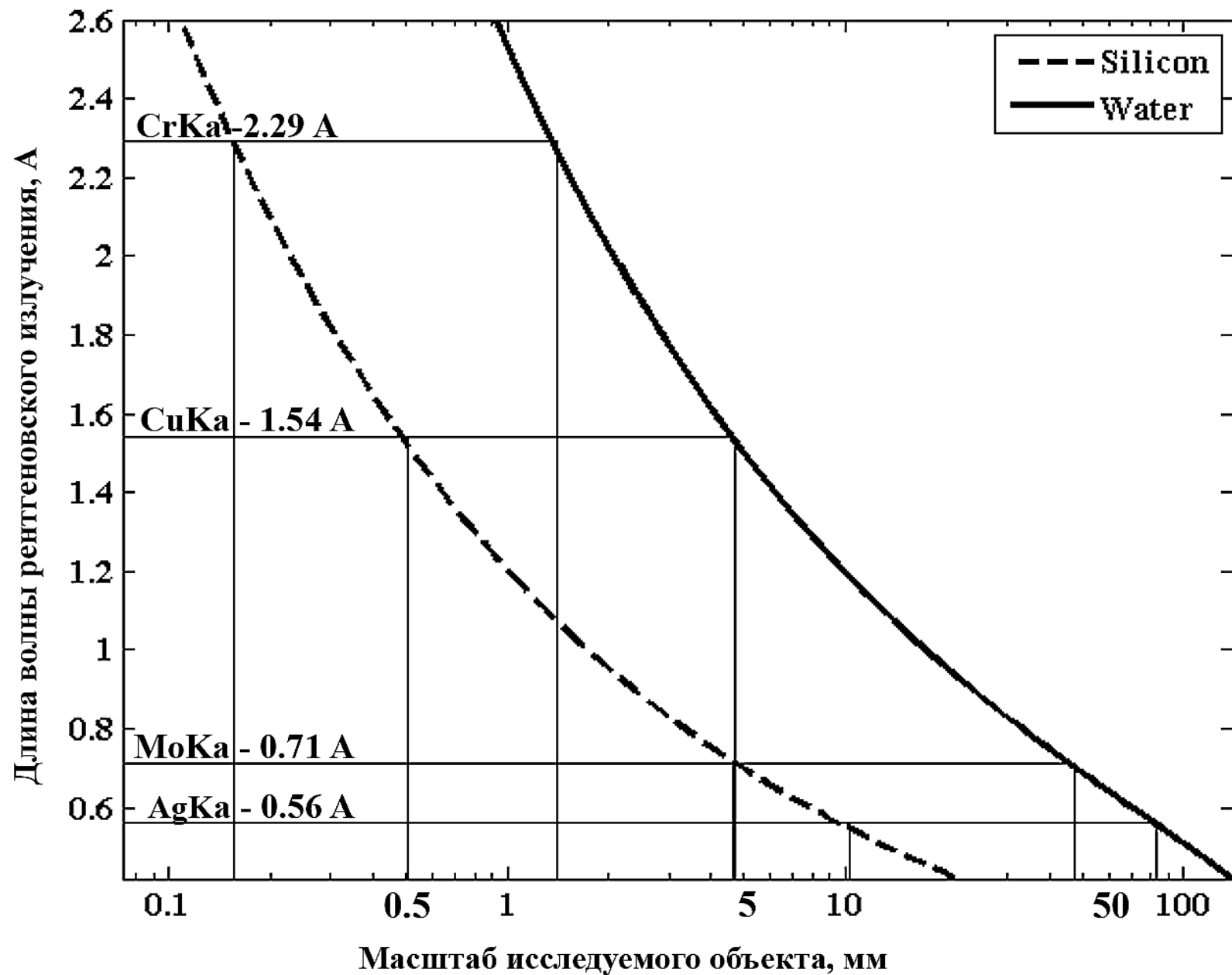


**Наша цель – повышение  
разрешения и чувствительности  
рентгеновских  
микротомографических  
исследований**

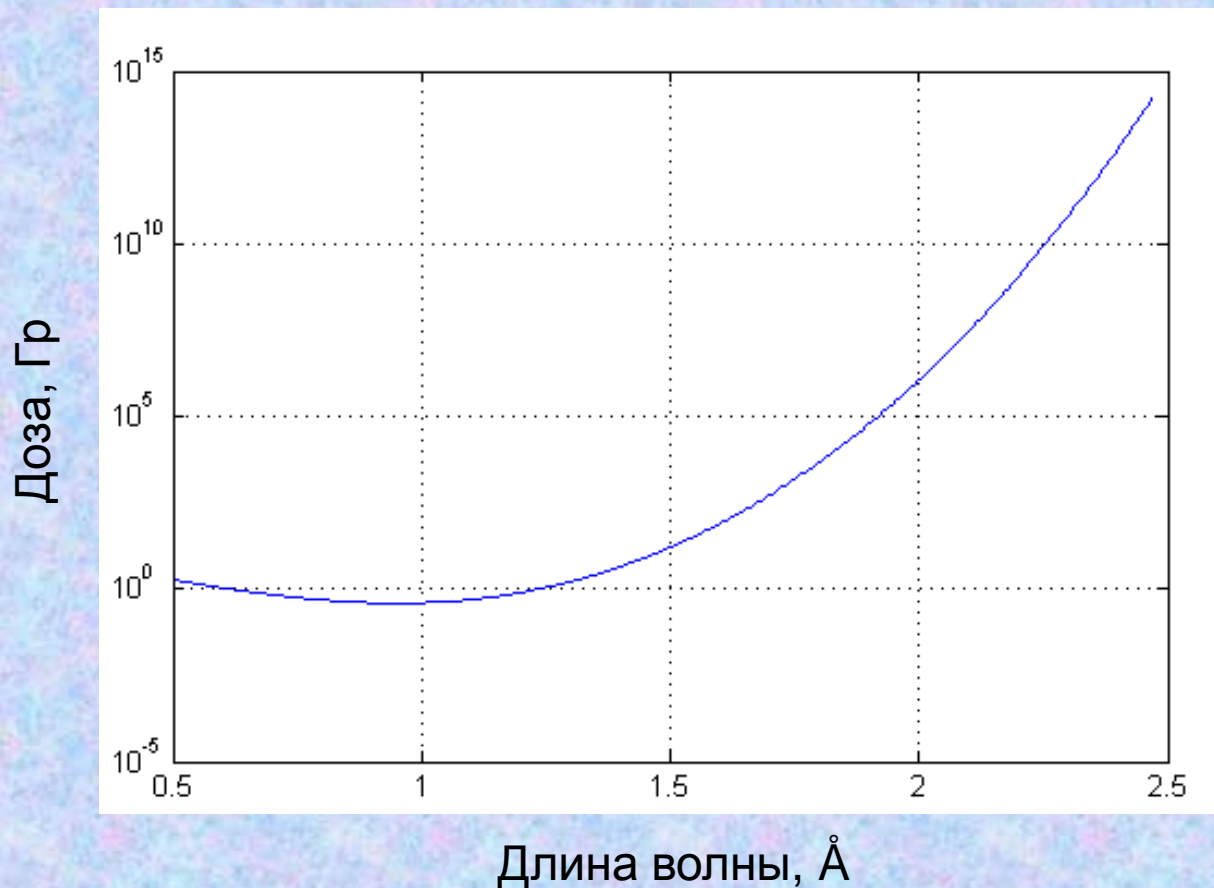
# Выбор диапазона рентгеновского излучения

	Вода	Глюкоза	Белок	Липиды	CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
E(Эв)	L(мм)	L(мм)	L(мм)	L(мм)	L(мм)
5000	0,234	0,194	0,233	0,500	0,029
5500	0,313	0,260	0,311	0,670	0,038
6500	0,522	0,435	0,516	1,123	0,059
7000	0,655	0,547	0,647	1,413	0,073
8000	0,989	0,826	0,972	2,135	0,106
17500	10,162	8,246	9,406	18,924	0,983
22000	17,753	13,876	15,821	28,805	1,896
30000	30,904	22,623	26,036	40,752	4,505



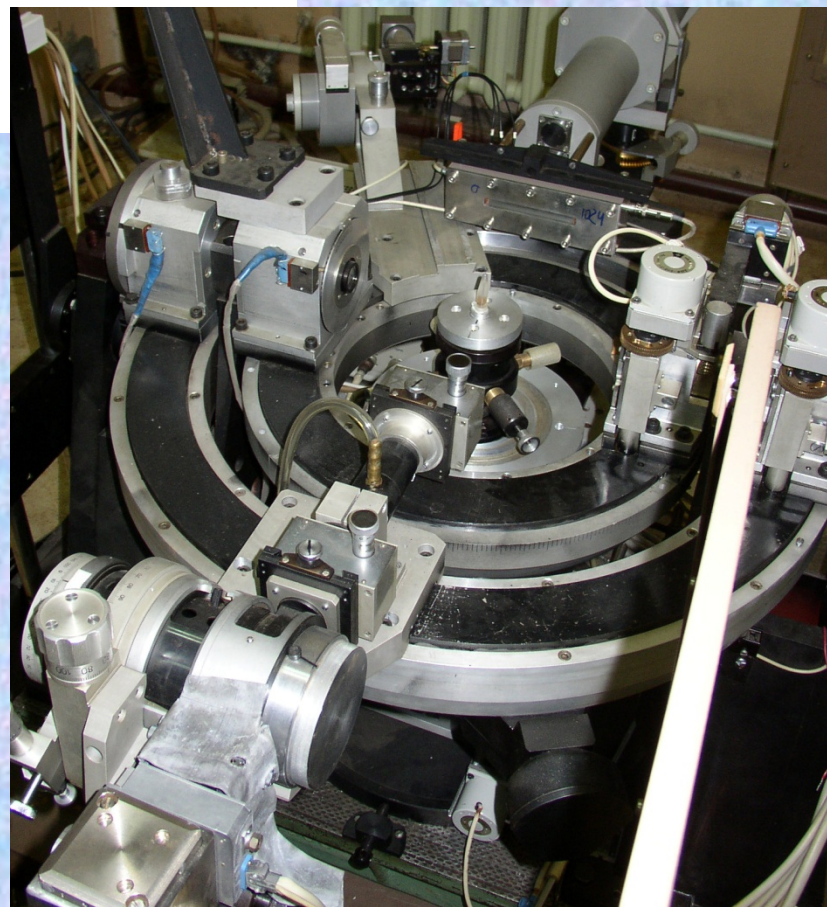
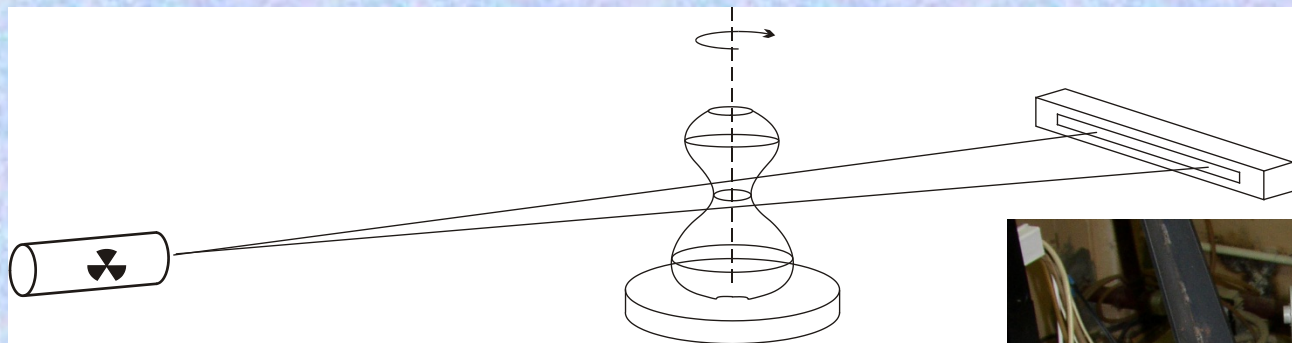


# Зависимость поглощенной дозы от длины волны зондирующего излучения при размере образца 10 мм

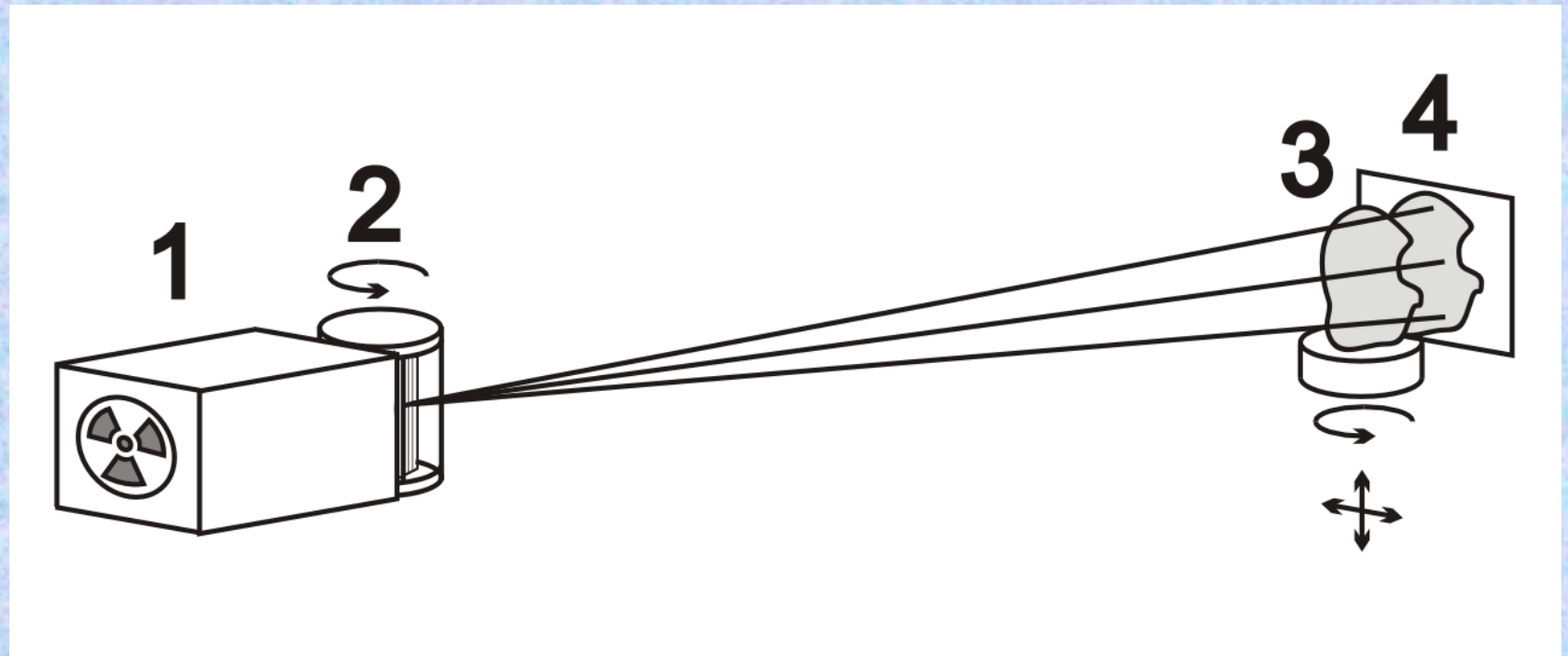


В.Е.Асадчиков, А.В.Бузмаков, Д.А.Золотов, Р.А.Сенин, А.С.Геранин.  
Лабораторные рентгеновские микротомографы на монохроматическом излучении. //Кристаллография, 2010, том 55, №1, с. 167 – 176

# Схема томографического эксперимента



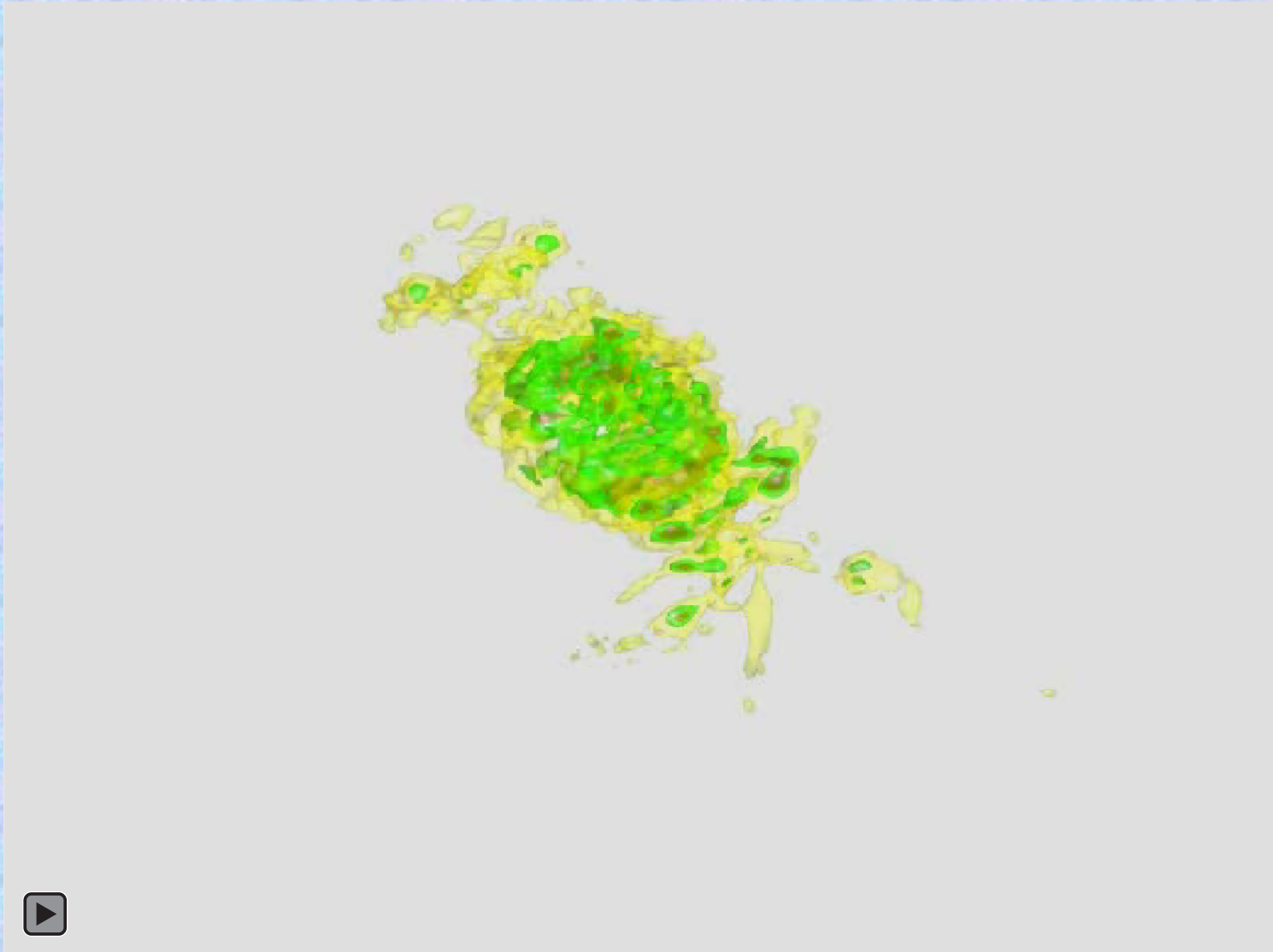
# Схема лабораторного микротомографа с разрешением на уровне 10 мкм



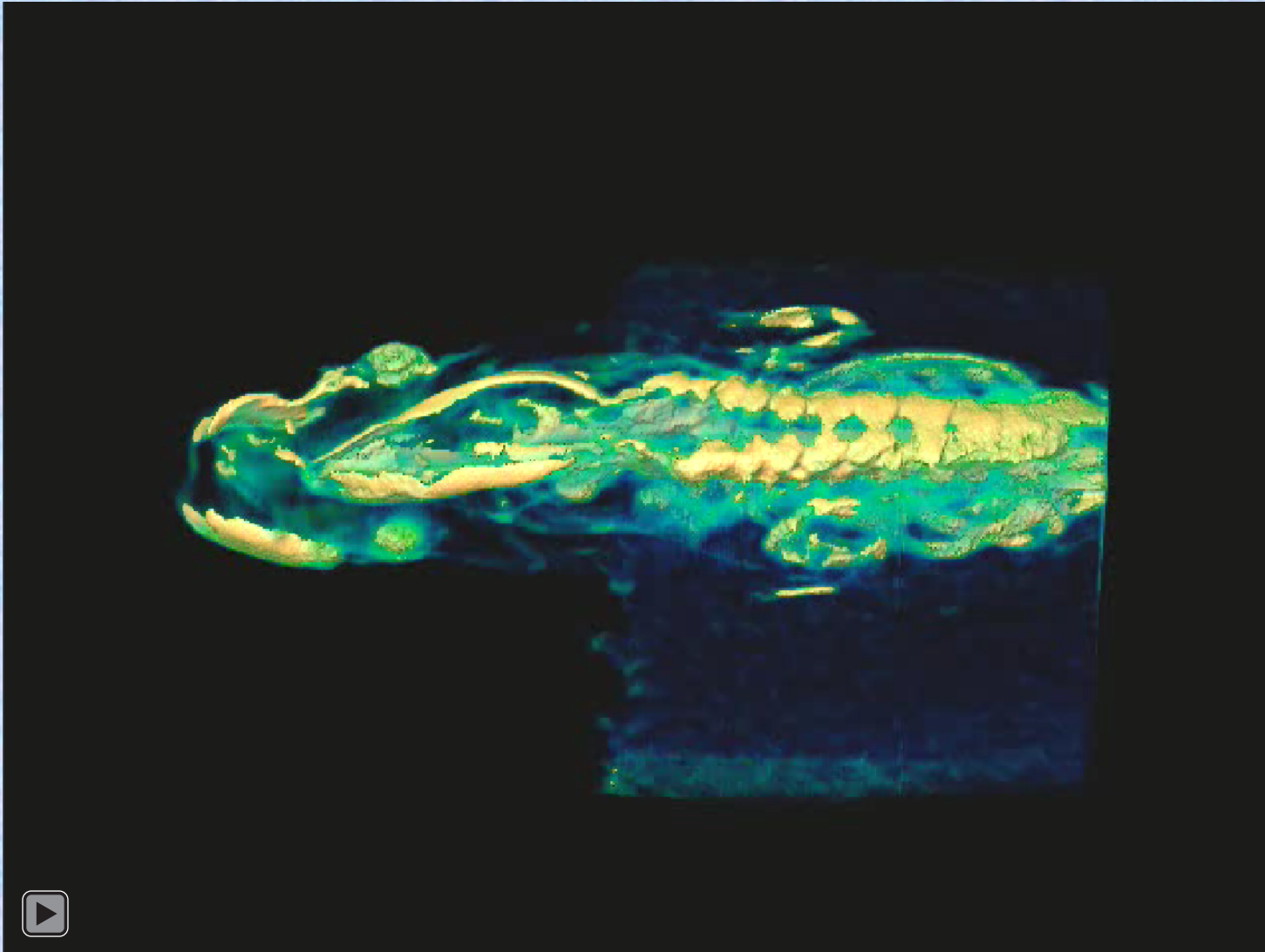
- 1 – Рентгеновская трубка;
- 2 – Монохроматор;
- 3 – Исследуемый образец;
- 3 – CCD - детектор (2048×2048 размер пикселя - 13 мкм).



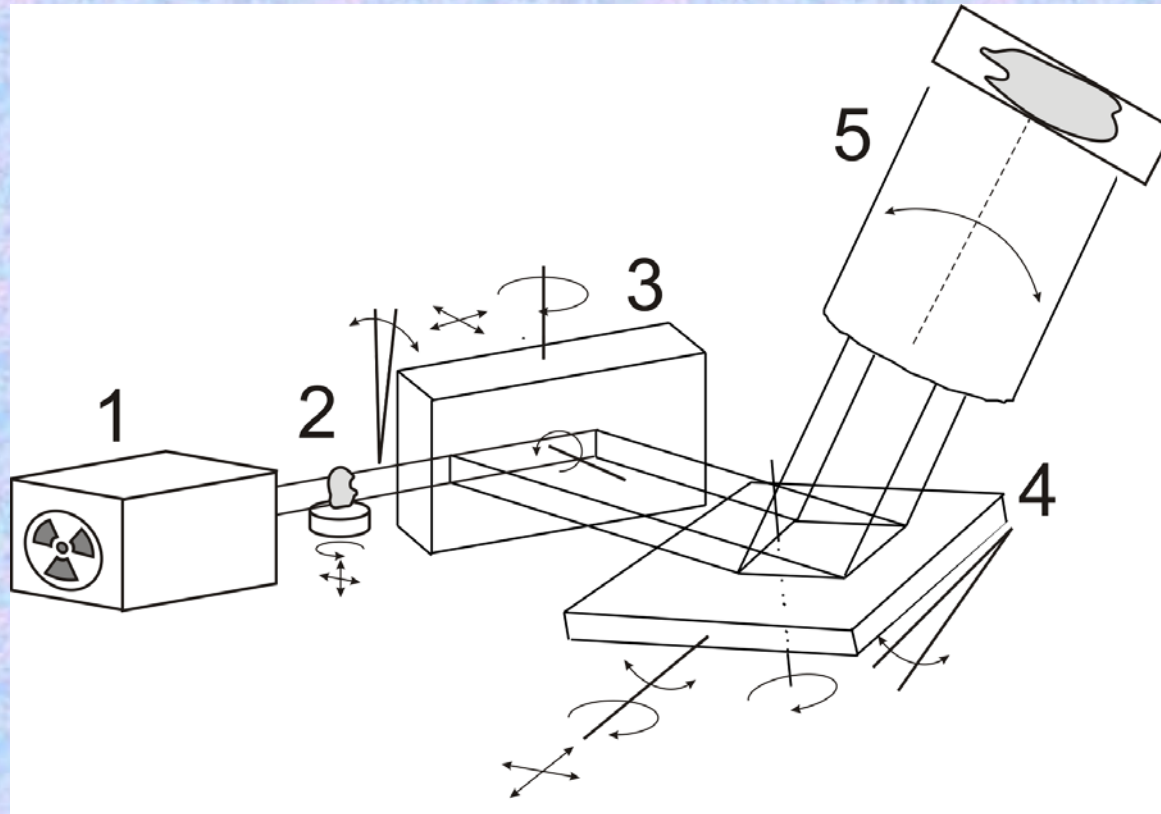
# Томография сибирского углозуба



# Томография сибирского углозуба



# Схема лабораторного микротомографа с двумя асимметричными кристаллами

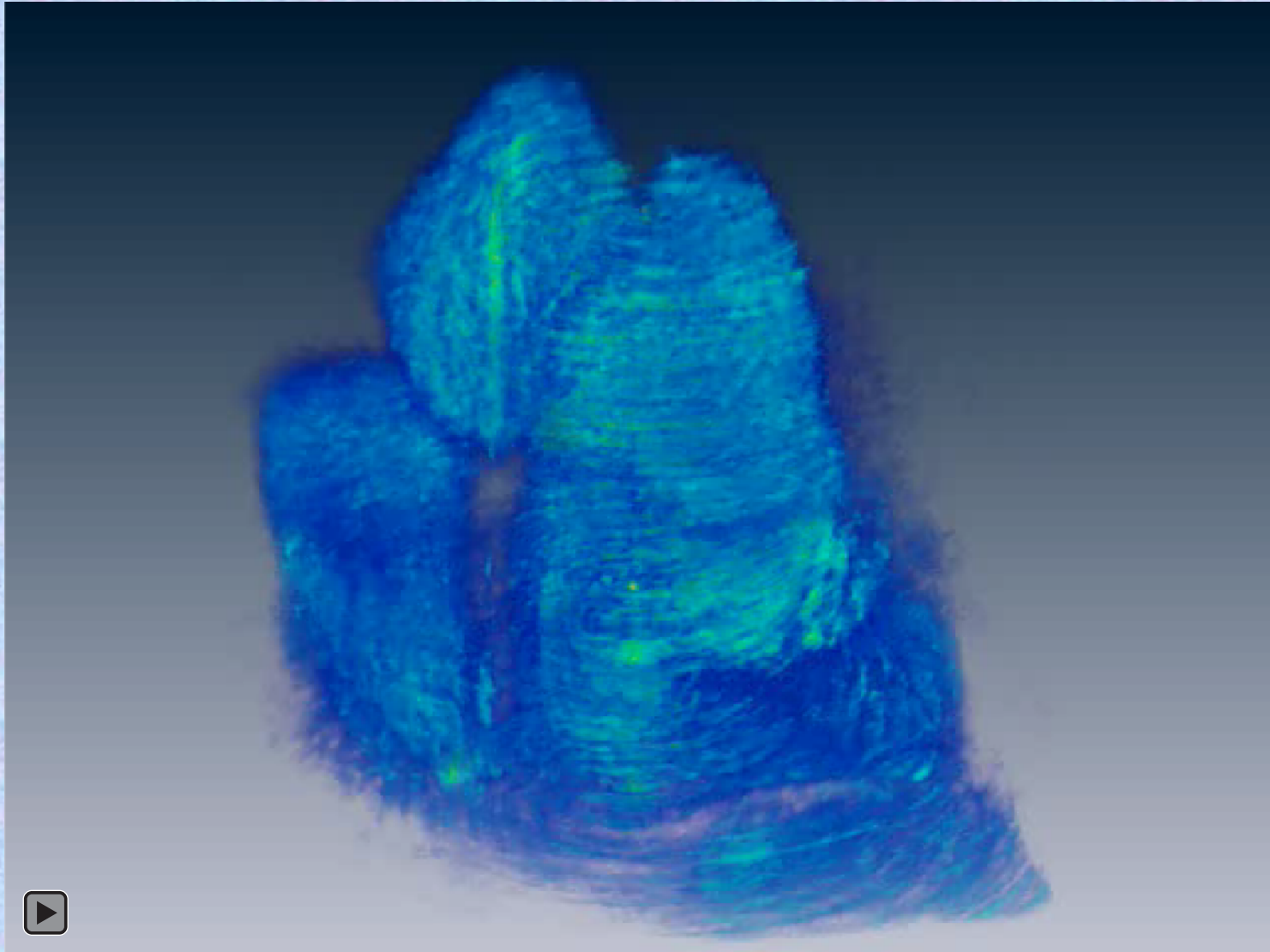


- 1 – рентгеновская трубка; 2 – исследуемый образец;  
3, 4 – увеличивающие асимметрично срезанные кристаллы;  
5 – CCD – детектор.

Одной из актуальных задач, стоящих перед нефтедобывающей промышленностью, является повышение эффективности разработок месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти.

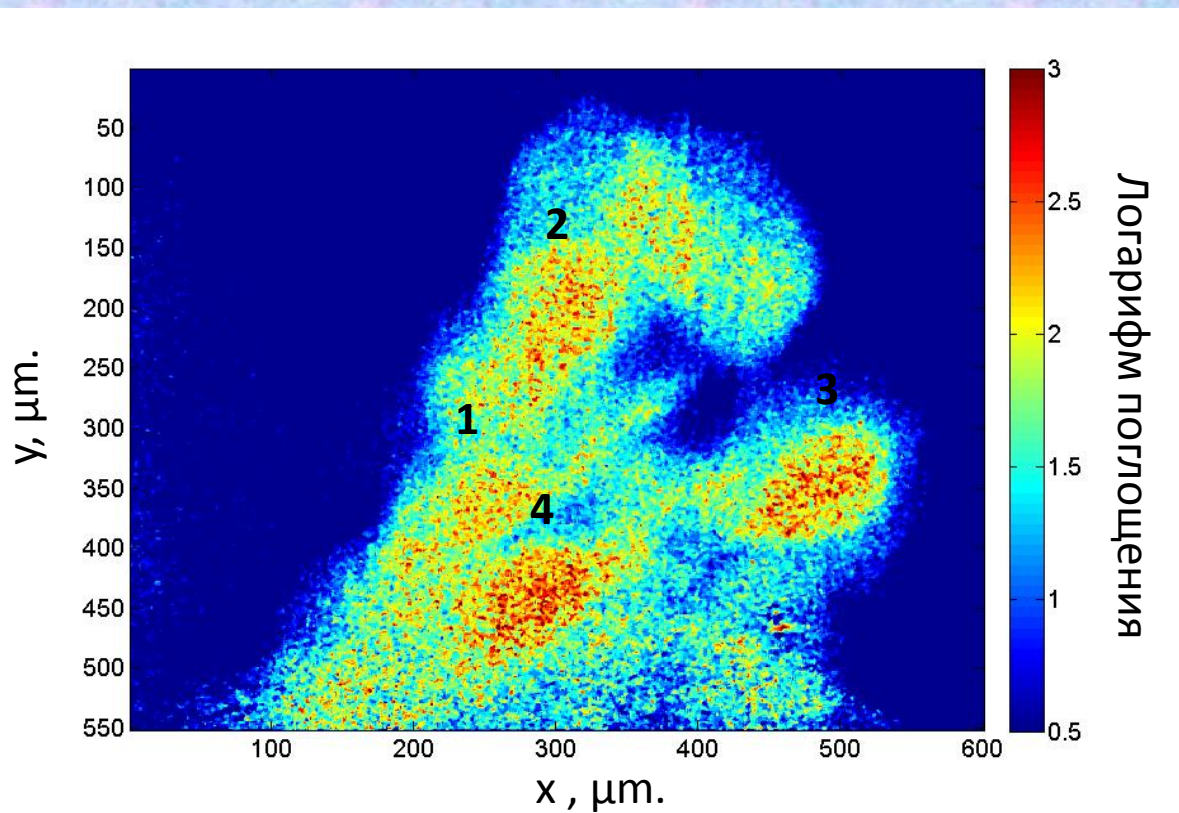


# 3D реконструкция



*V. Asadchikov et. al Characterization of oil nano-structures with monochromatic x-ray micro-tomography //Proceedings of SPIE. V. 8460. Pp. 8460-71.*

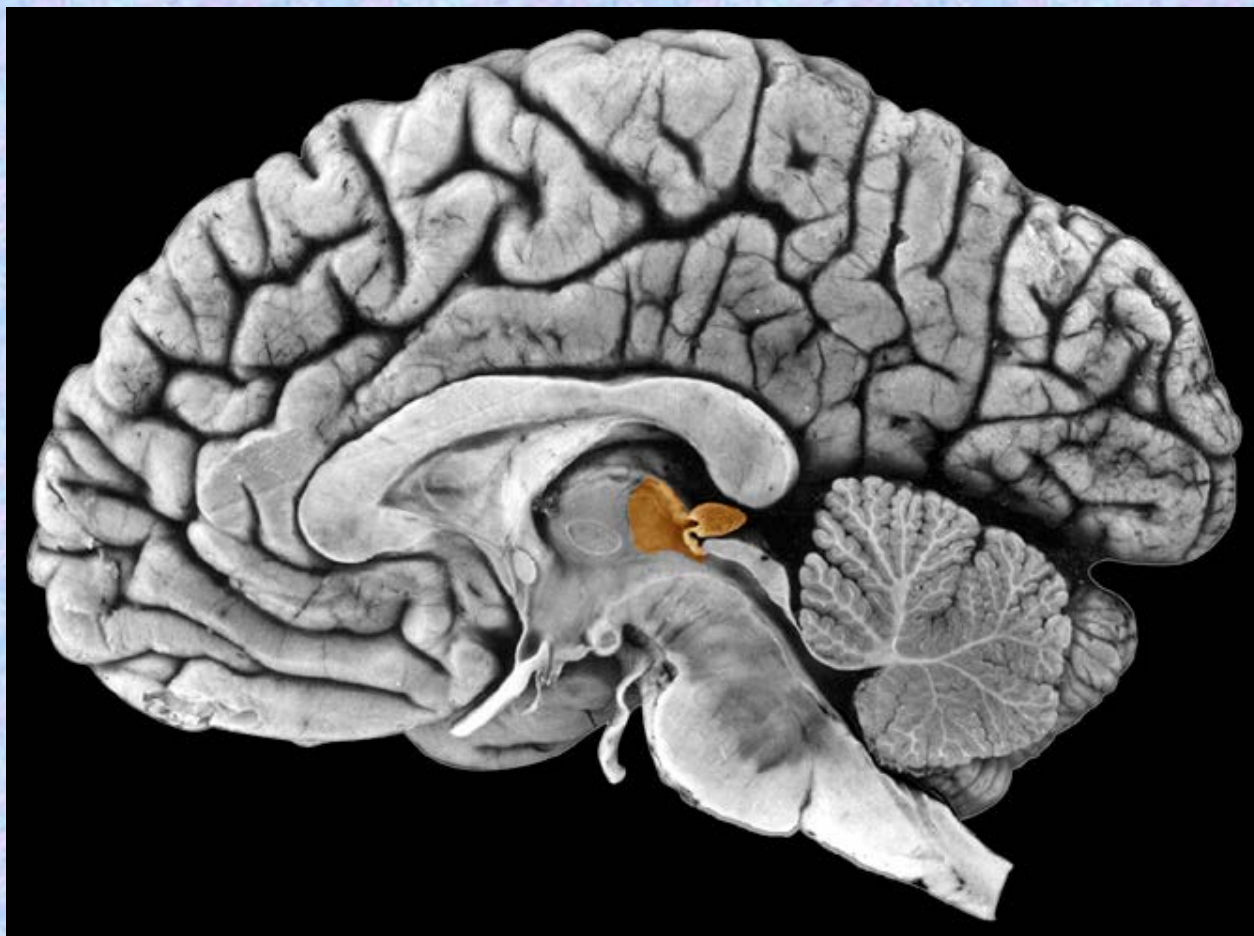
# Реконструкция томографических данных: срезы с включениями



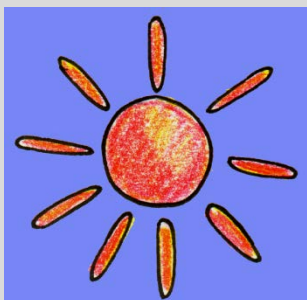
Поглощение образца SiO<sub>2</sub> (длина 7,6 мм)

Region	1	2	3	4
$\mu, \text{mm}^{-1}$	7.05	7,14	7,51	8,12

# Эпифиз человека



# Секреторная активность пинеалocytes в эпифизе человека при циркадианном ритме



■ СЕРОТОНИН

■ S-100 + 2 Ca

■ N-Ацетилтрансфераза

■ S-100 + 2 Ca

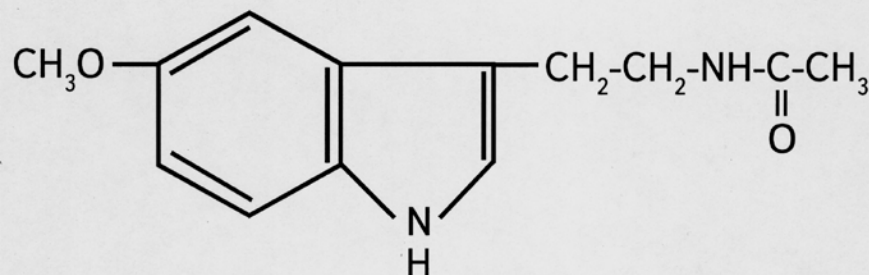
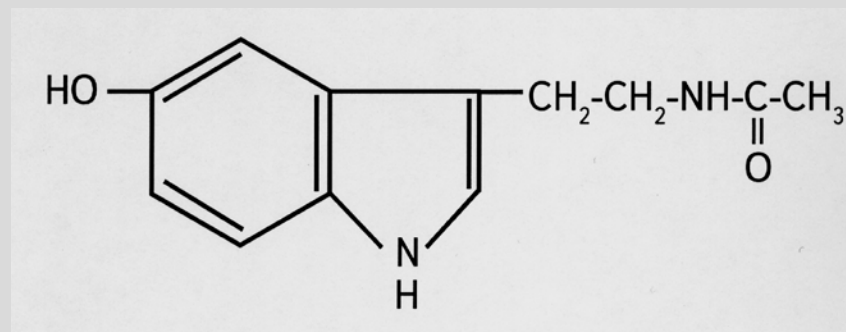
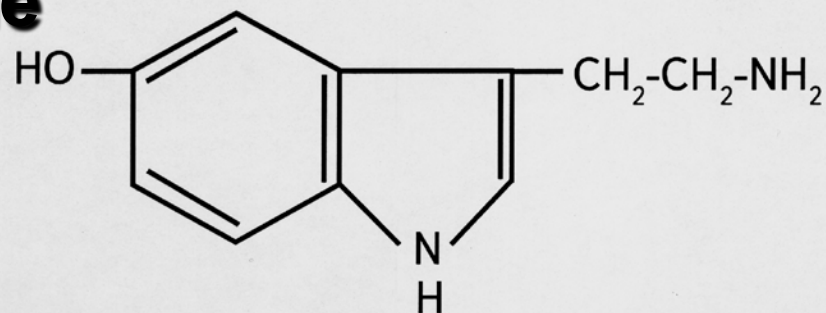
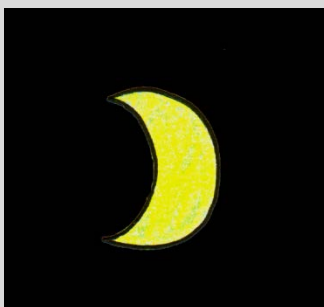
■ N-Ацетил-5-гидрокситриптамин

■ S-100 + 2 Ca

■ Гидроксииндол-0-метилтрансфераза

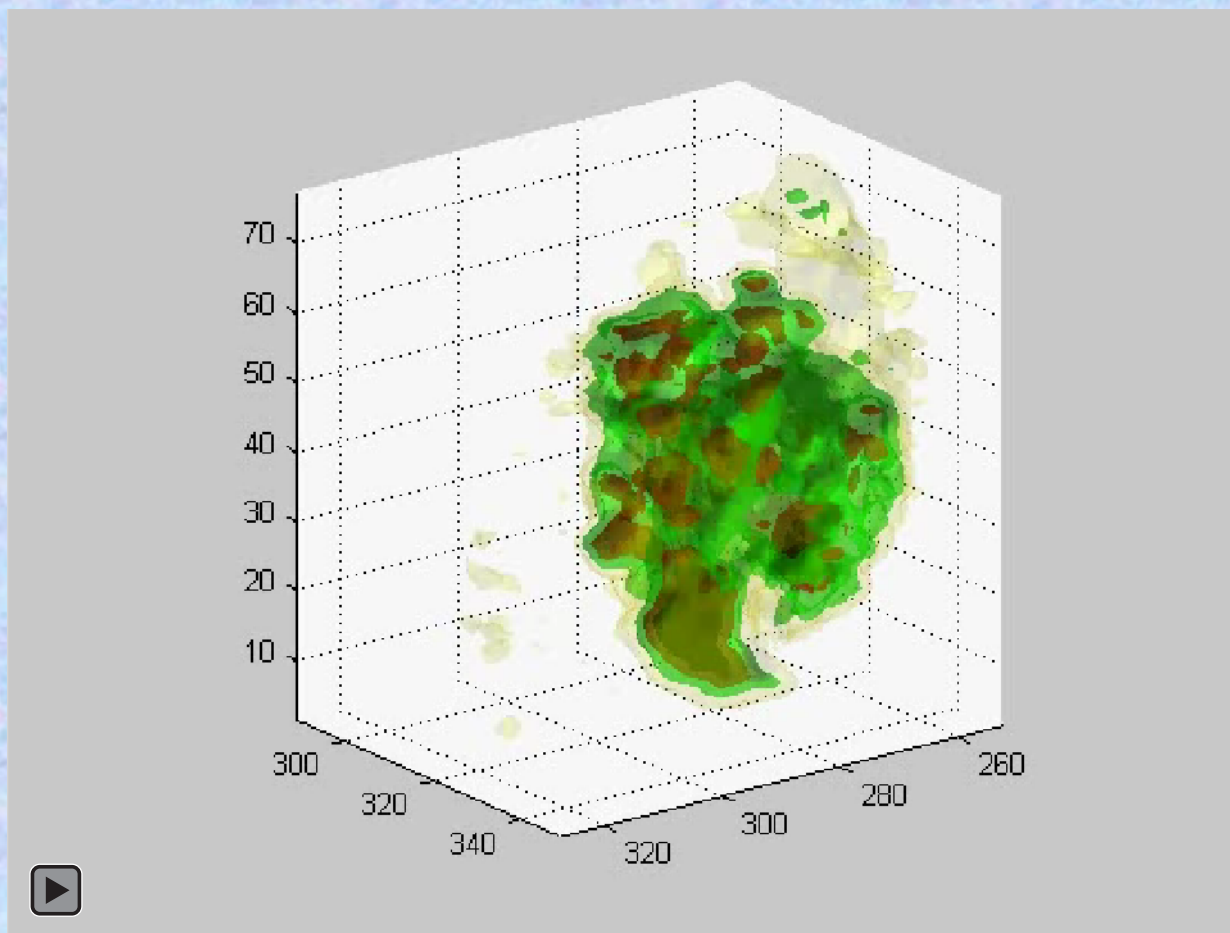
■ S-100 + 2 Ca

■ МЕЛАТОНИН



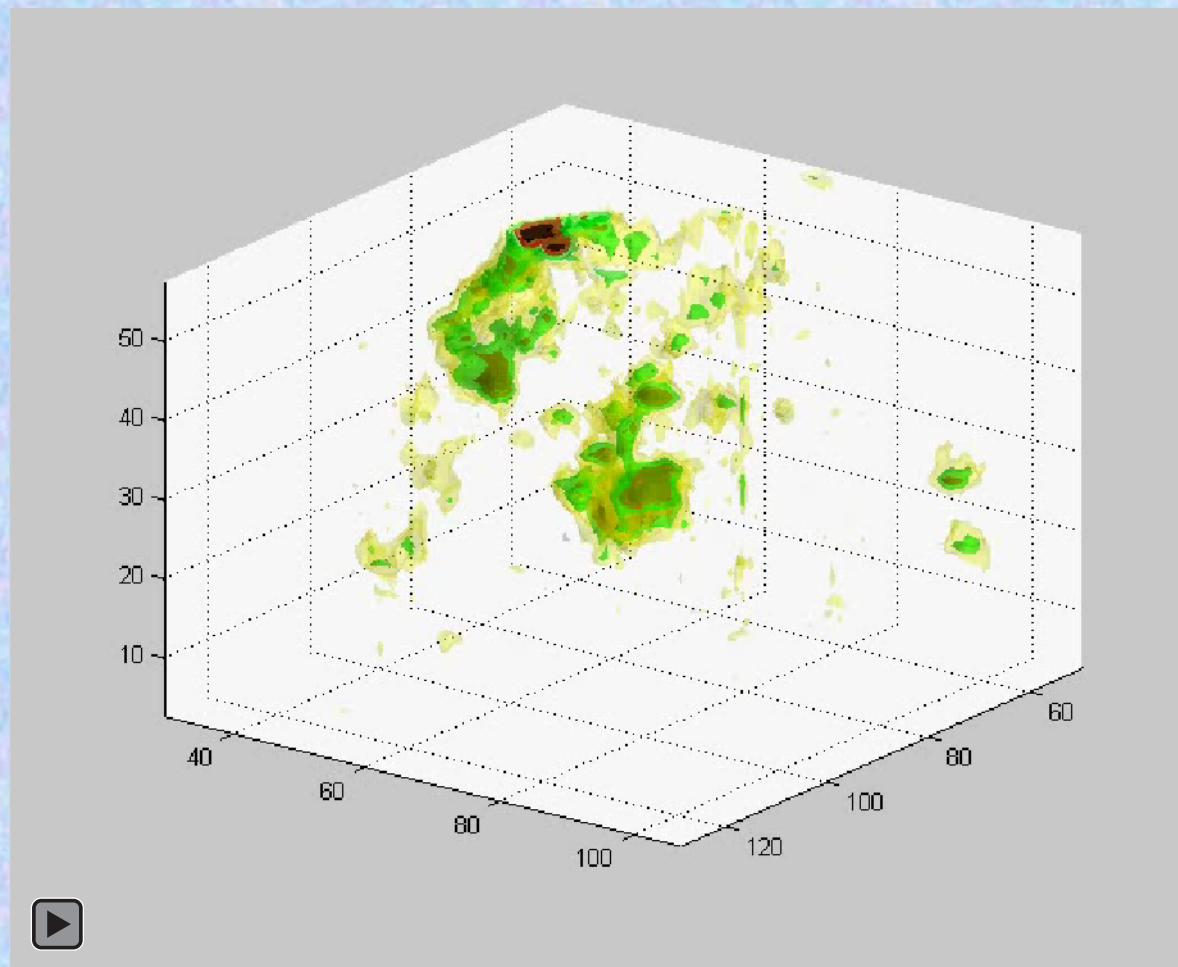


# Человеческий эпифиз в норме



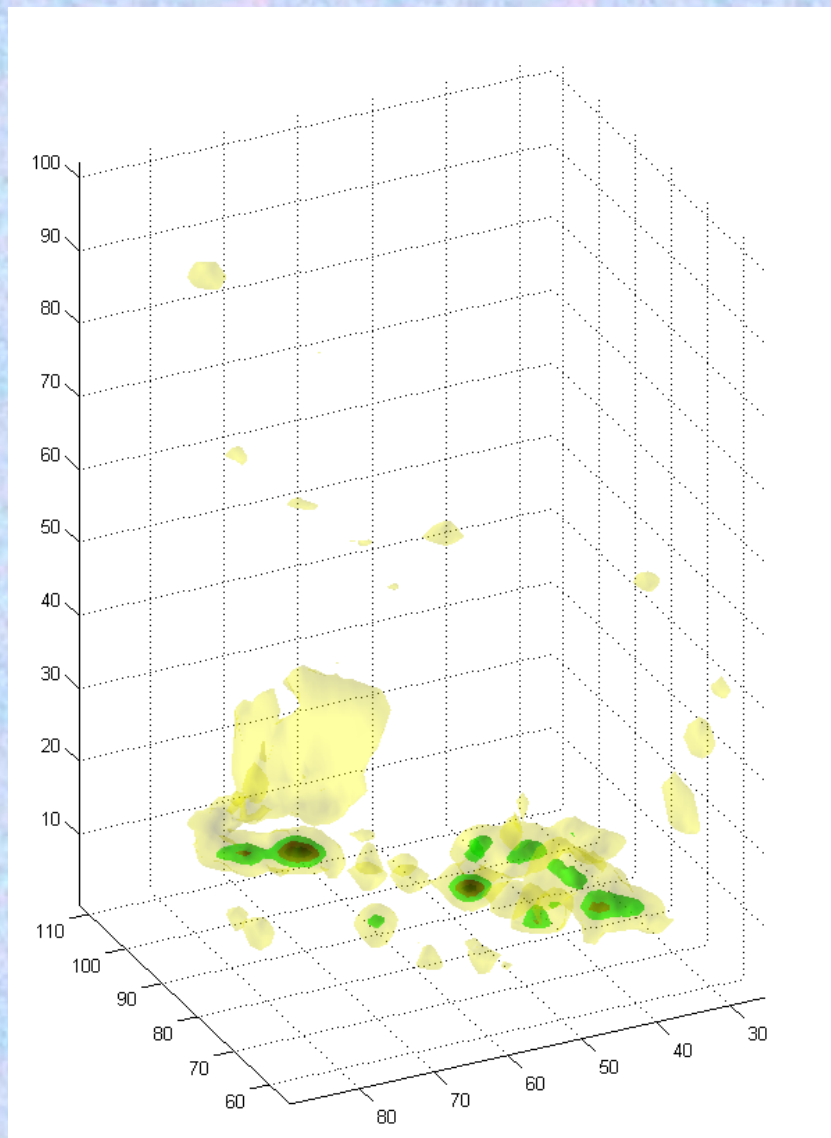
Масштаб (1 ед – 100 мкм)

# Пространственное распределение кальция в человеческом эпифизе при болезни Альцгеймера



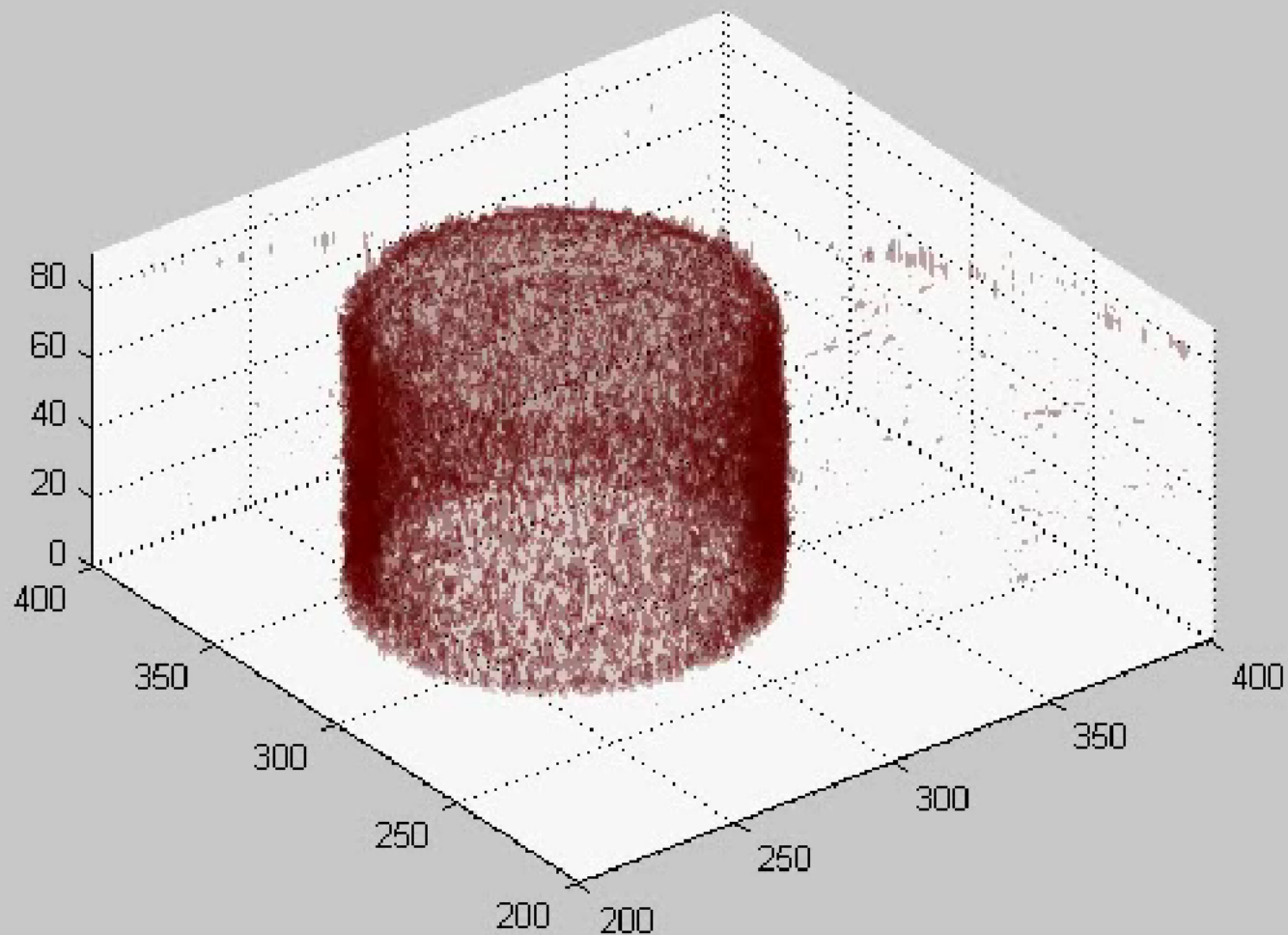
Масштаб (1 ед – 100 мкм)

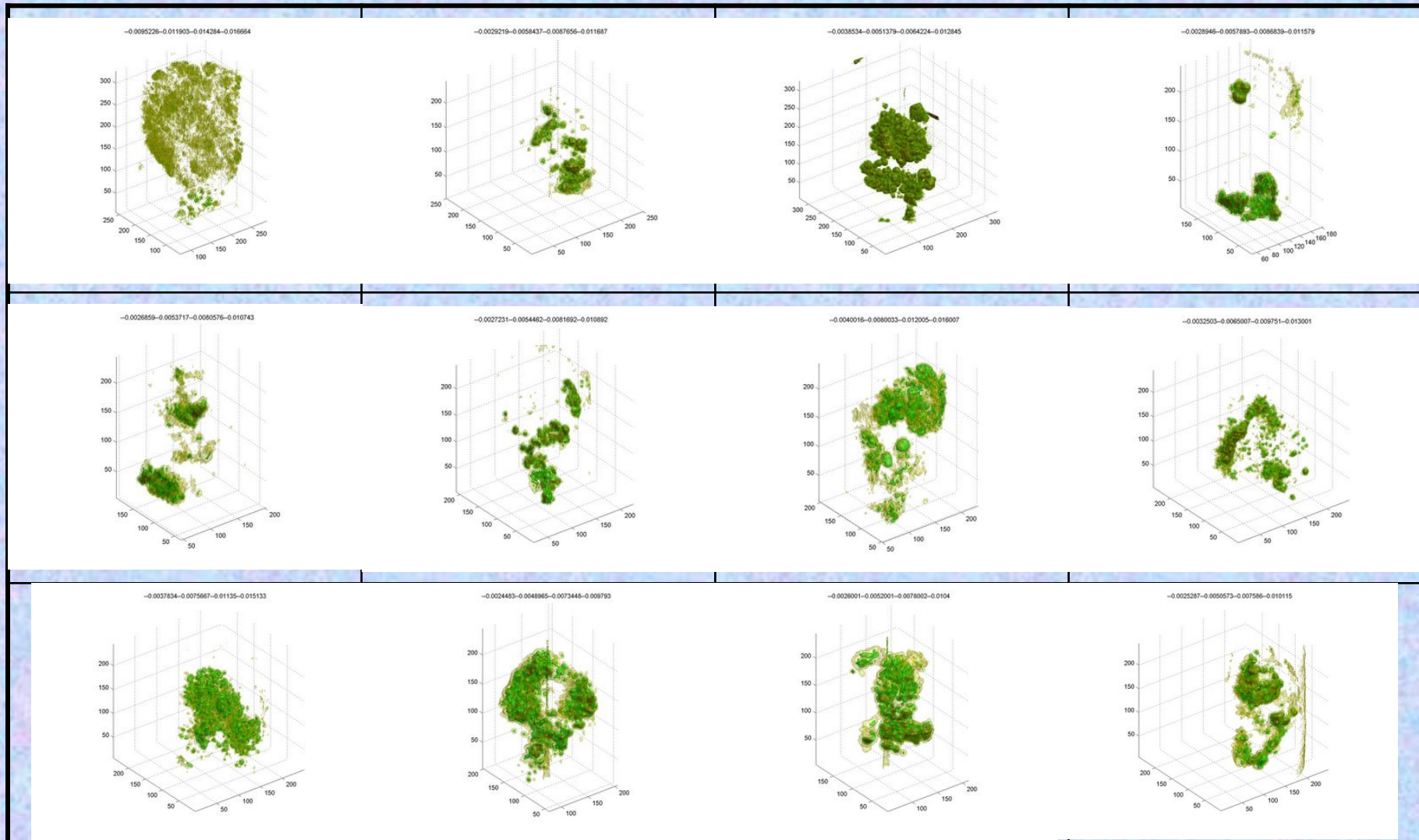
# Пространственное распределение кальция в человеческом эпифизе при шизофрении



# Человеческий эпифиз в норме

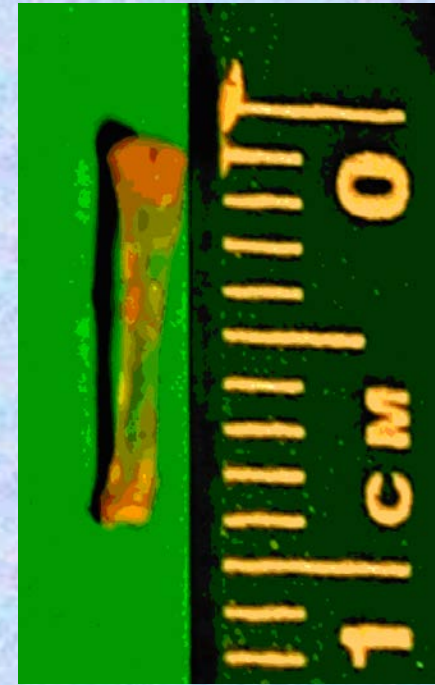
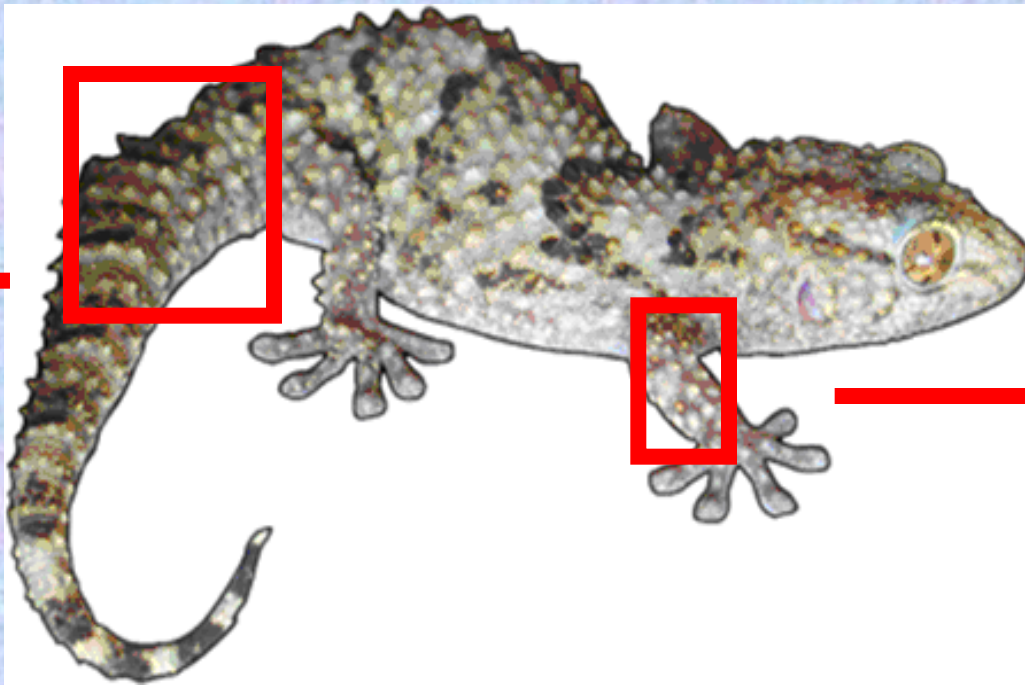
Unregistered HyperCam 2





Фокин Е.А., Савельев С.В., Гулимова В.И., Асадчиков В.Е., Сенин Р.А., Бузмаков А.В. Морфогенез и пространственная организация конкрементов эпифиза человека при болезни Альцгеймера, шизофрении и алкоголизме. Архив патологии, 2006, Т.68, №5, С.20-22.

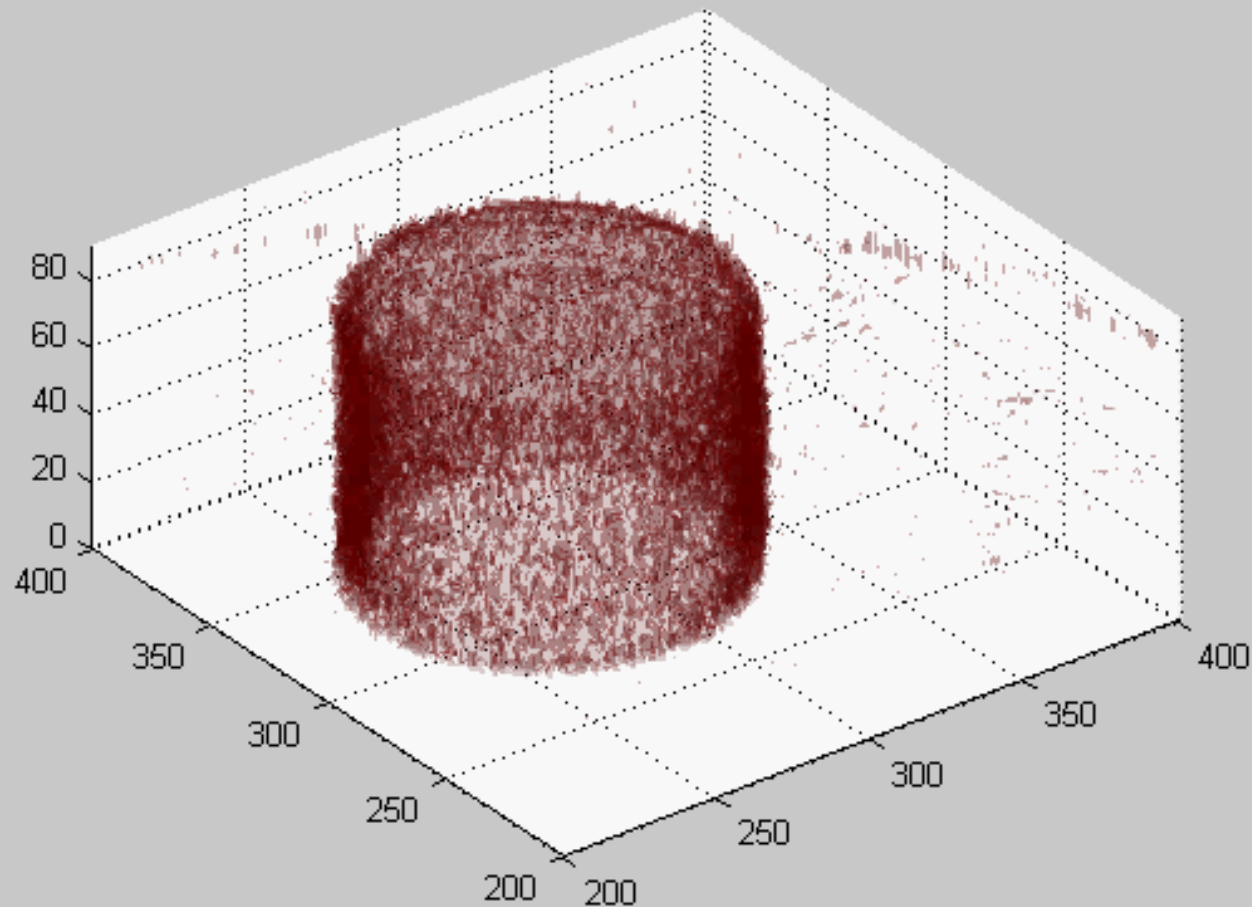
# Гистологический срез хвоста геккона



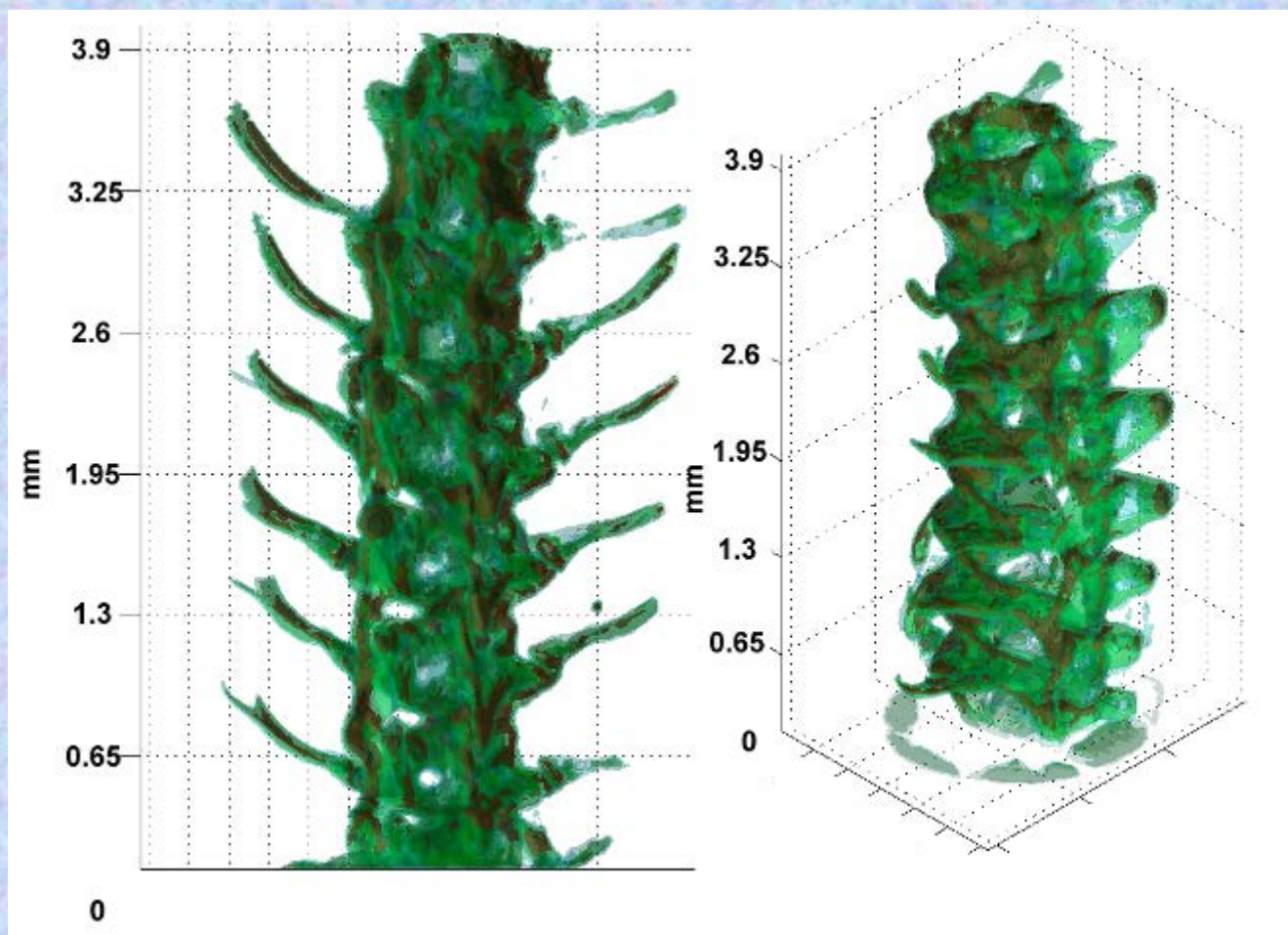
*V.I. Gulimova, V.B. Nikitin, V.E. Asadchikov et. al "Effect of 16-day spaceflight on the morphology of thick-toed geckos (Pachydactylus turnery Gray, 1846)." // Journal of Gravitational Physiology, 2006, V.13, N.1, P. 197-200.*

# Человеческий эпифиз в норме

Unregistered HyperCam 2

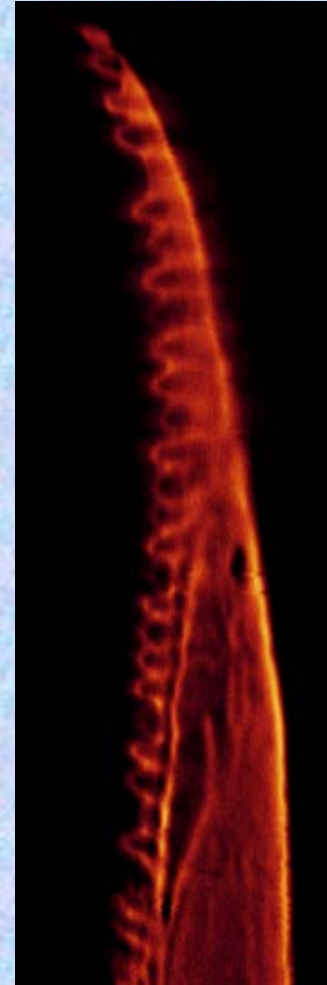
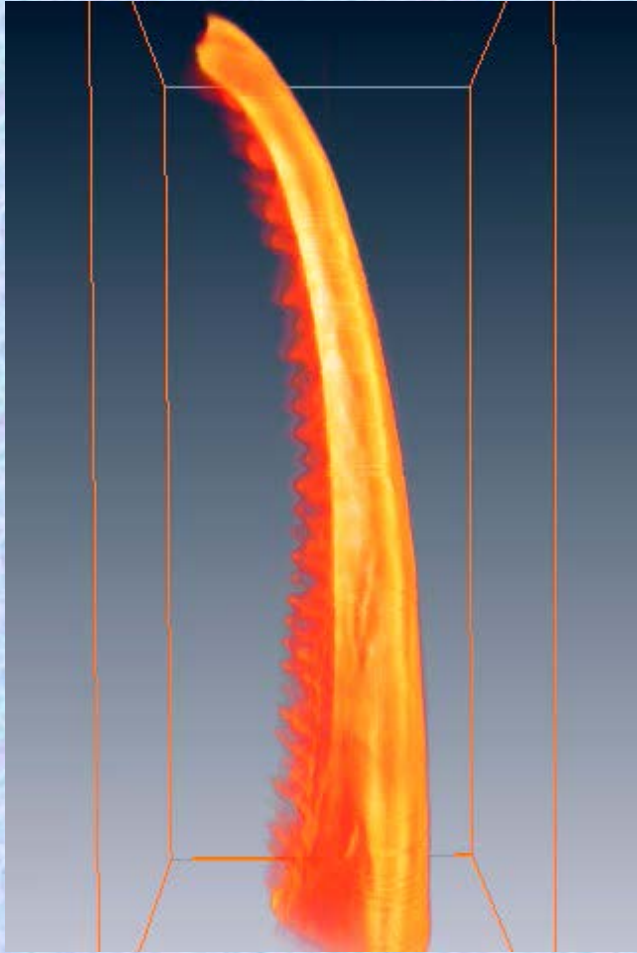


# Центральная часть позвоночника геккона

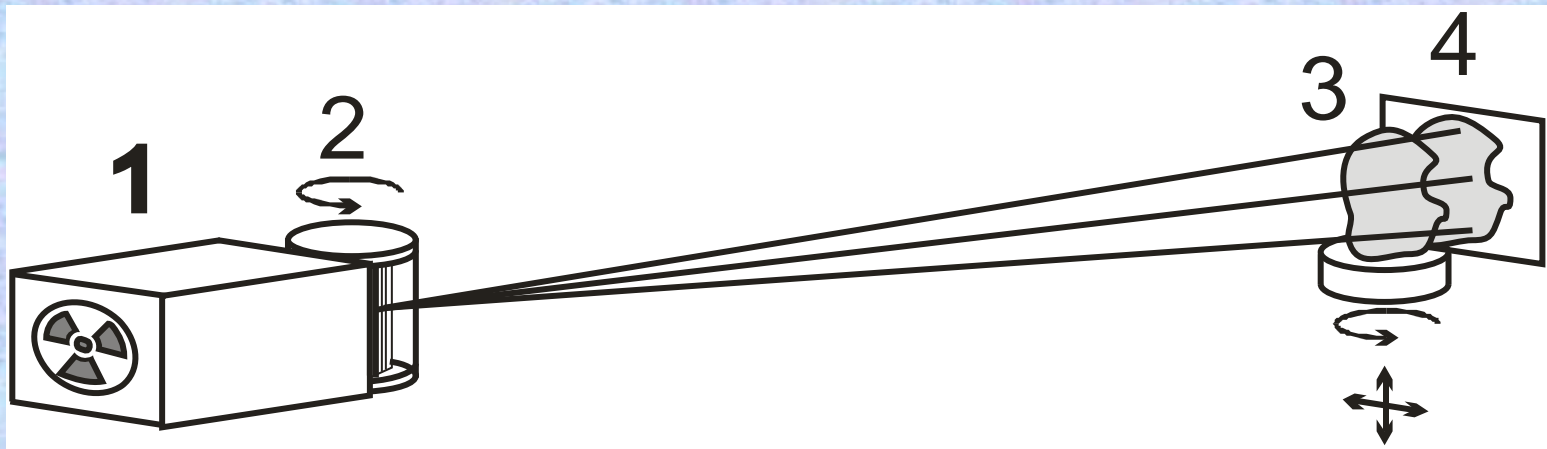




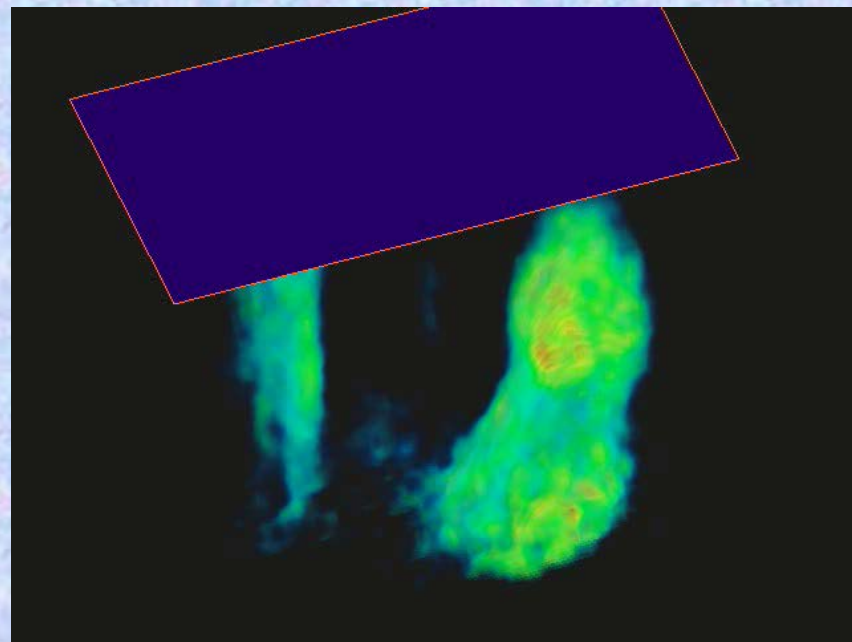
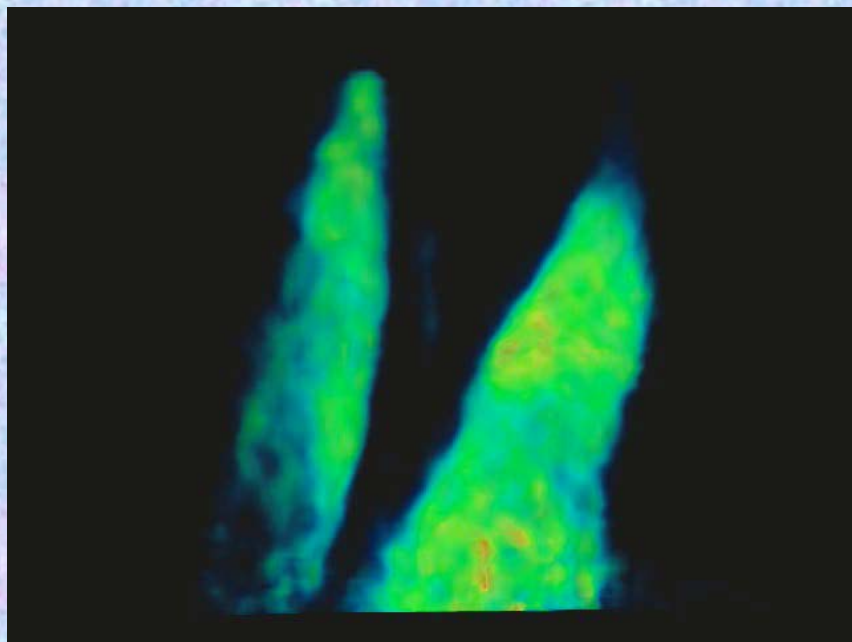
# Gekko mandible



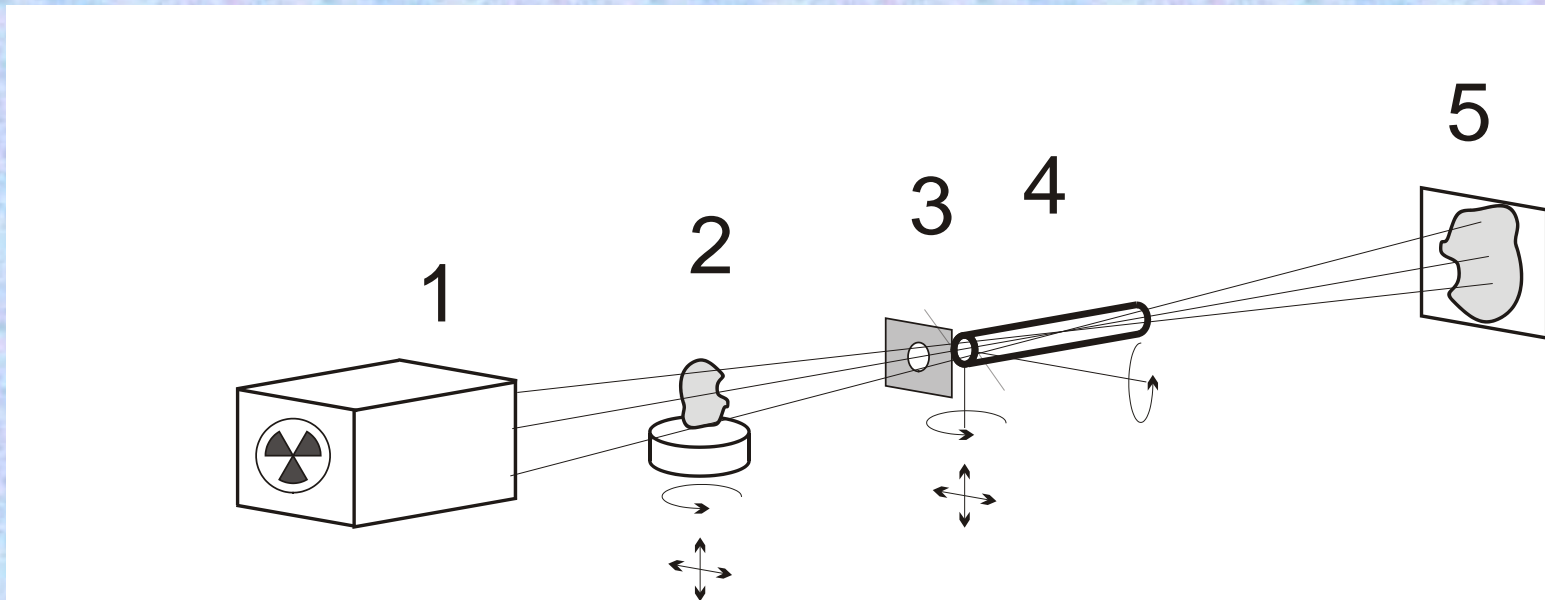
# Schematic diagram of X-ray laboratory tomograph with resolution at the level of $10\mu\text{m}$



# Reconstruction of gecko's teeth with 2x magnification.

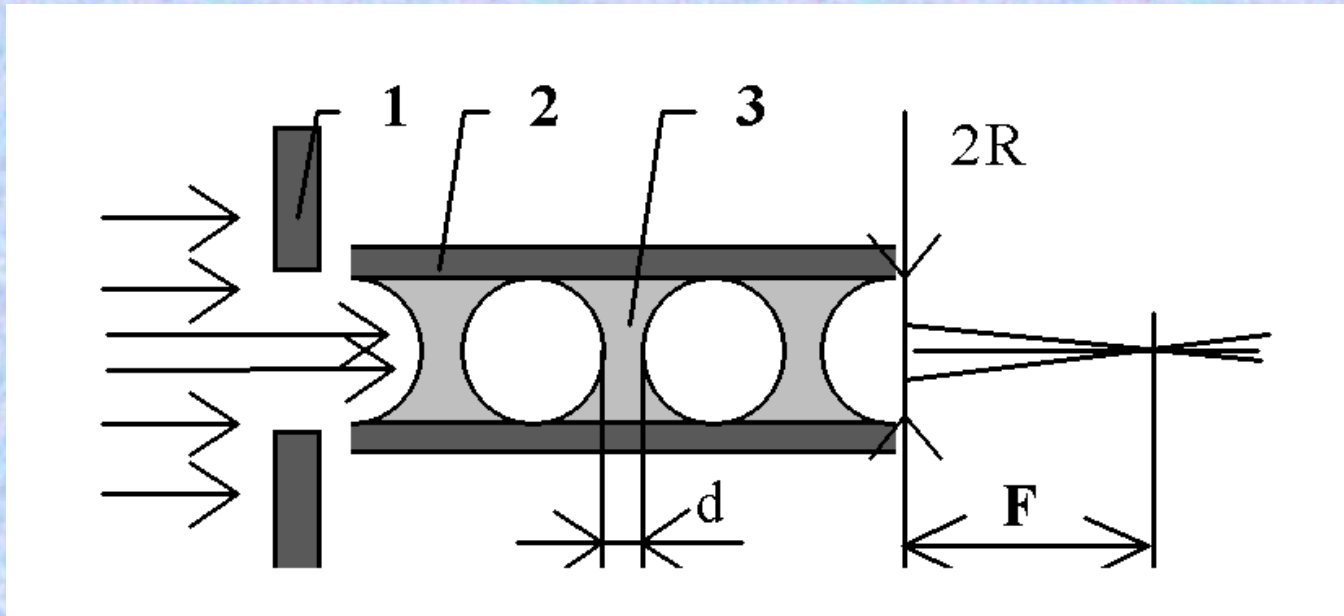


# Schematic diagram of X-ray laboratory microtomograph with bubble lens



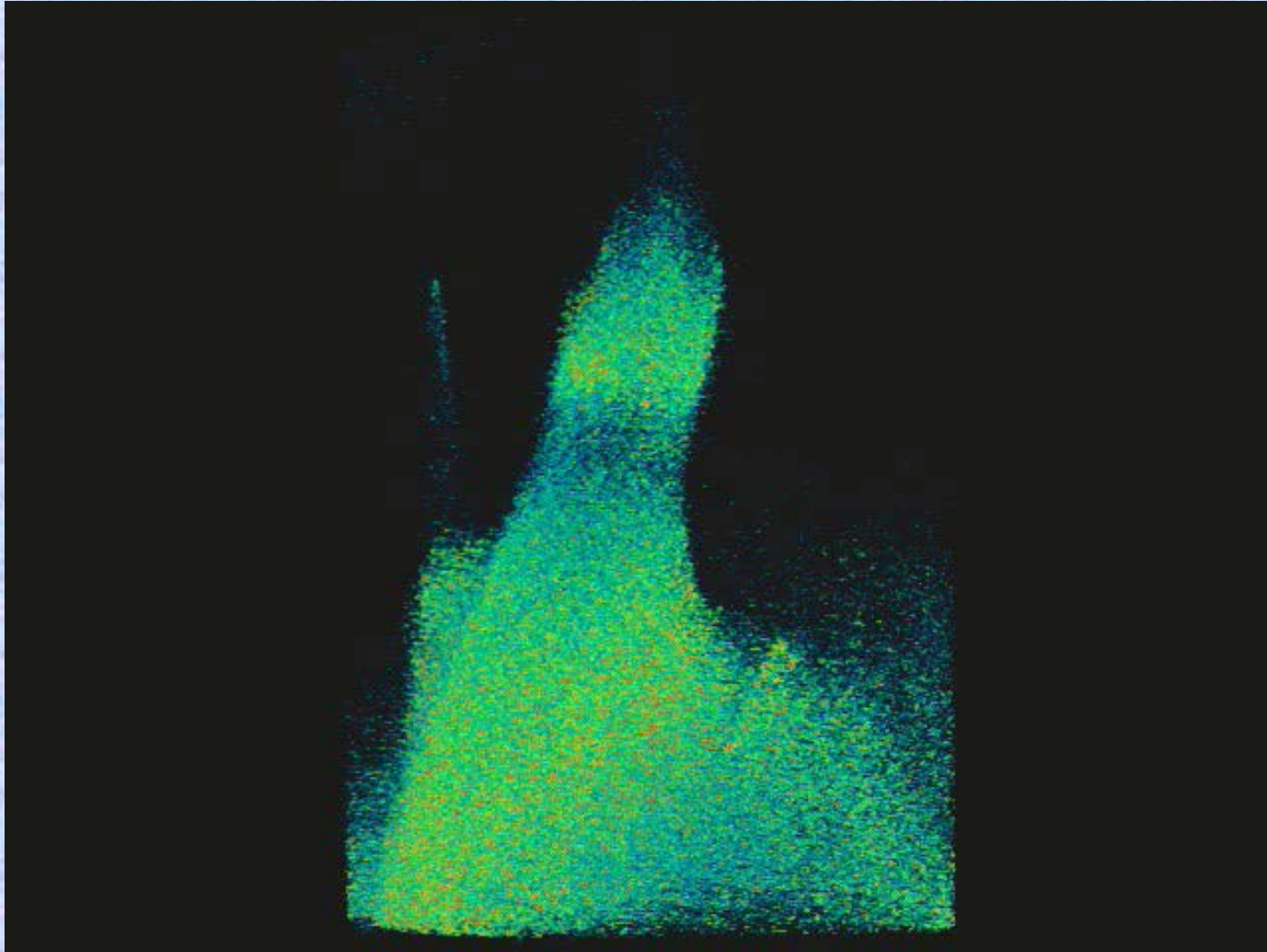
1 –X-ray tube with monochromator, 2 - the sample on the goniometer table, 3 – diaphragm, 4 - the bubble lens on the holder, 5 – CCD-detector

# How this lens works

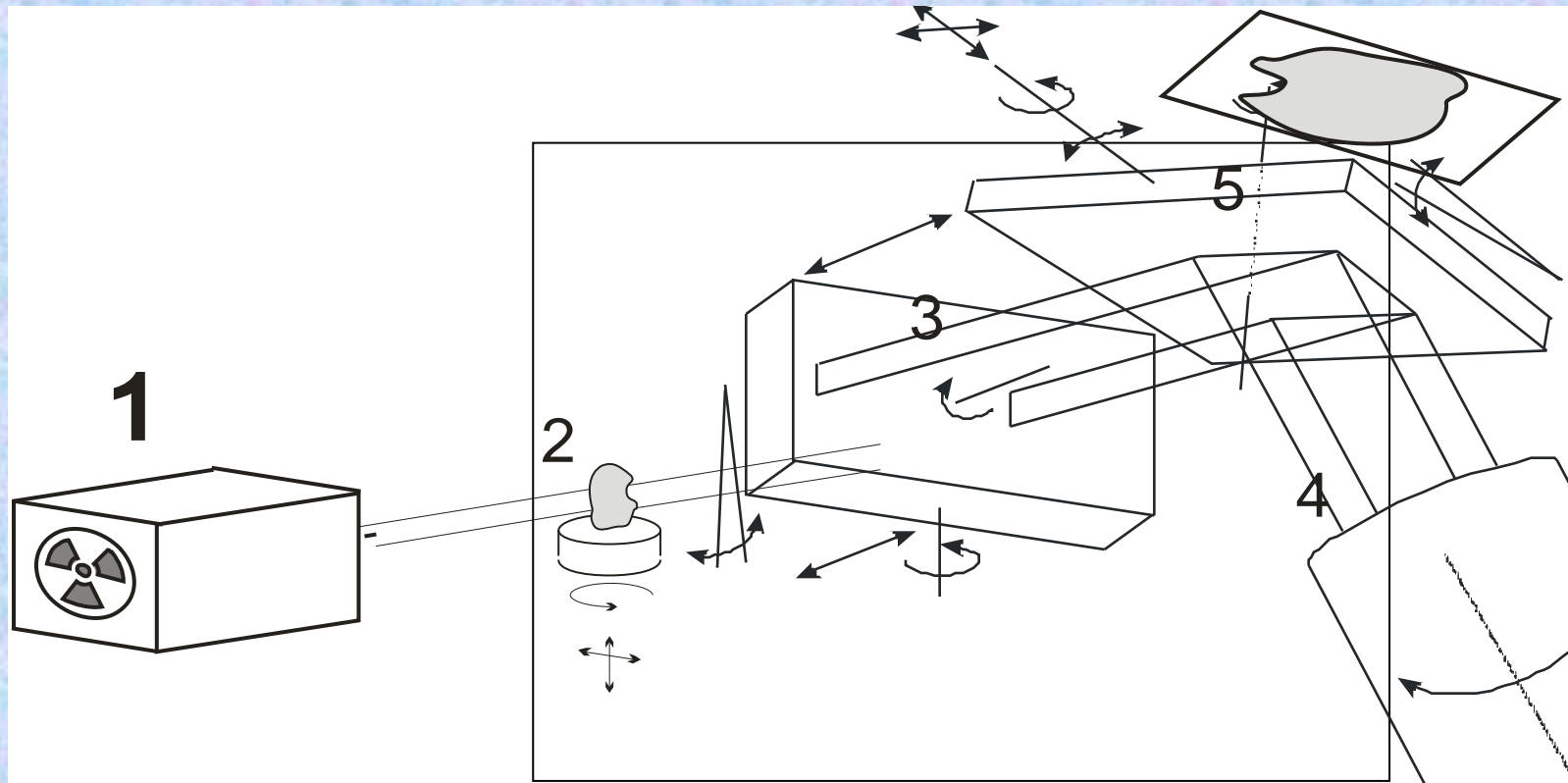


1 – diaphragm, 2 – capillar, 3 – polymer

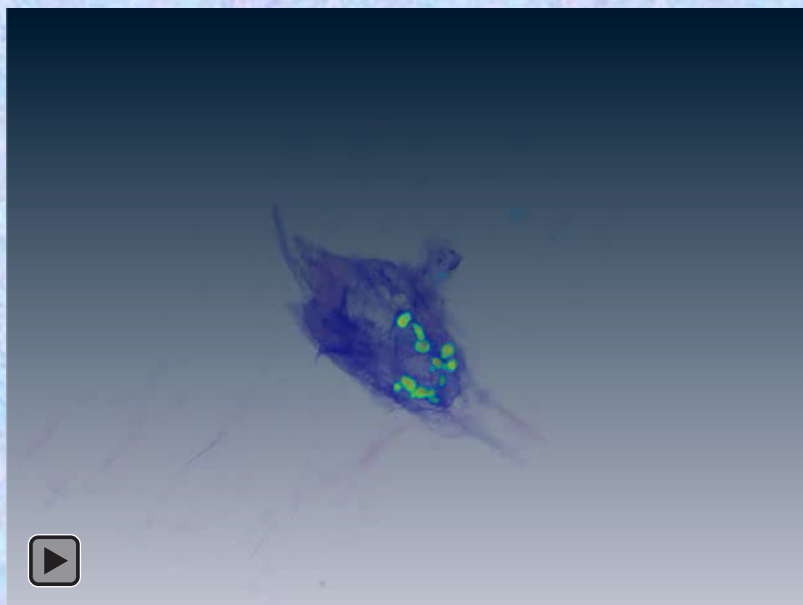
# Reconstruction of gecko's teeth with 14x magnification.



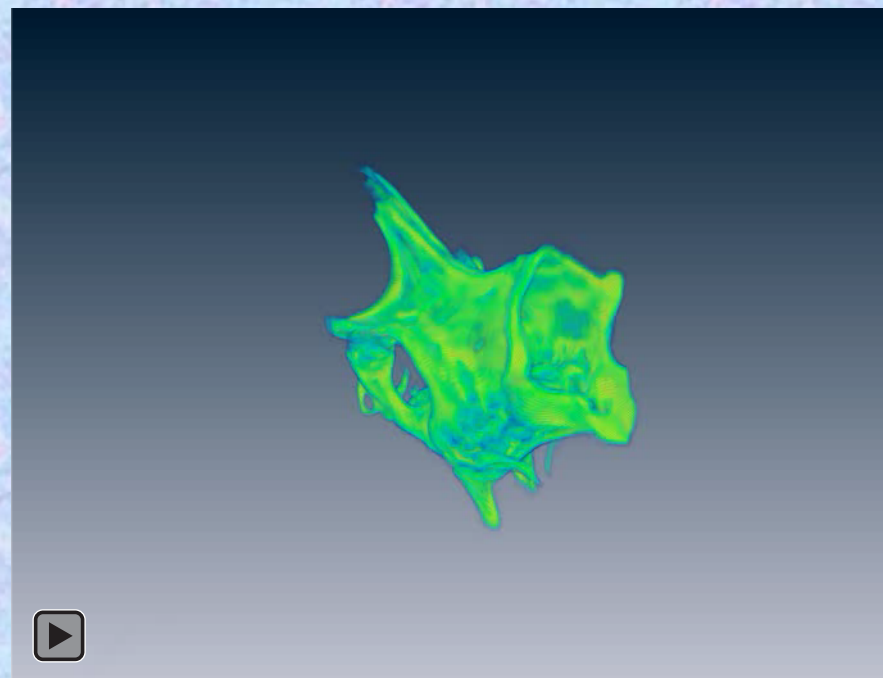
# Schematic diagram of X-ray laboratory tomograph with 2 asymmetrical crystals.



# Исследования на разных длинах волн



11 keV

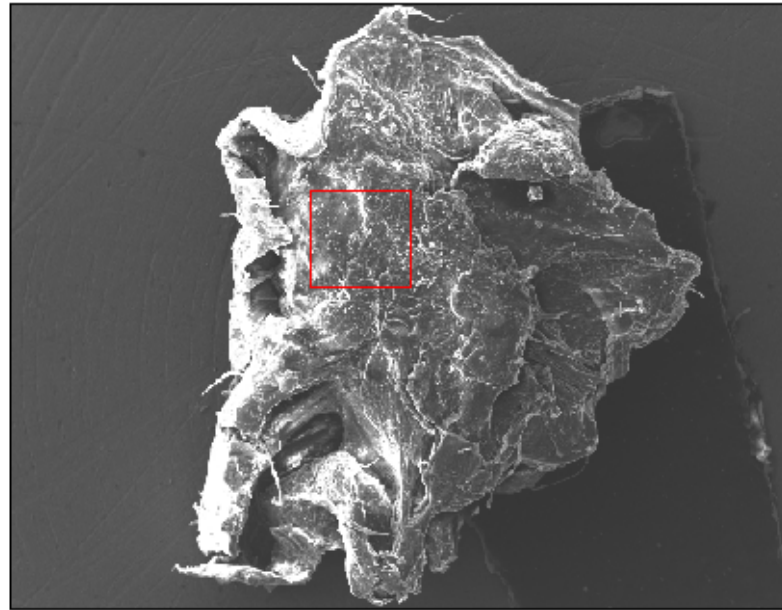


5.4 keV

*V. Asadchikov et. al Comparison of the Data of X-Ray Microtomography-and Fluorescence Analysis in the Study of Bone-Tissue Structure //Crystallography Reports, 2012, Vol. 57, No. 5, pp. 700–707.*



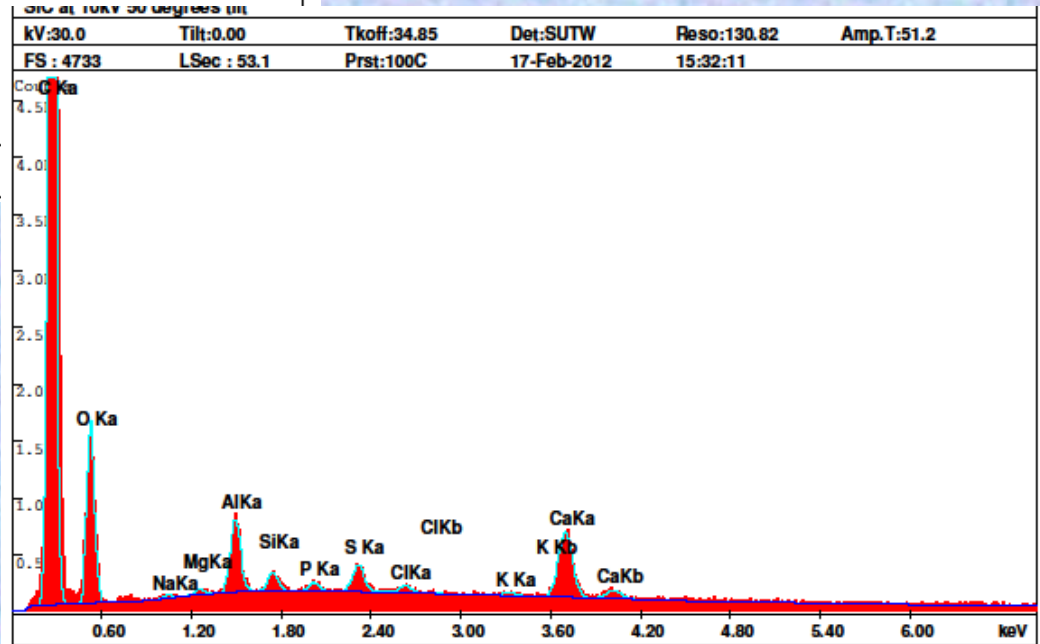
# Элементный анализ с помощью электронного микроскопа



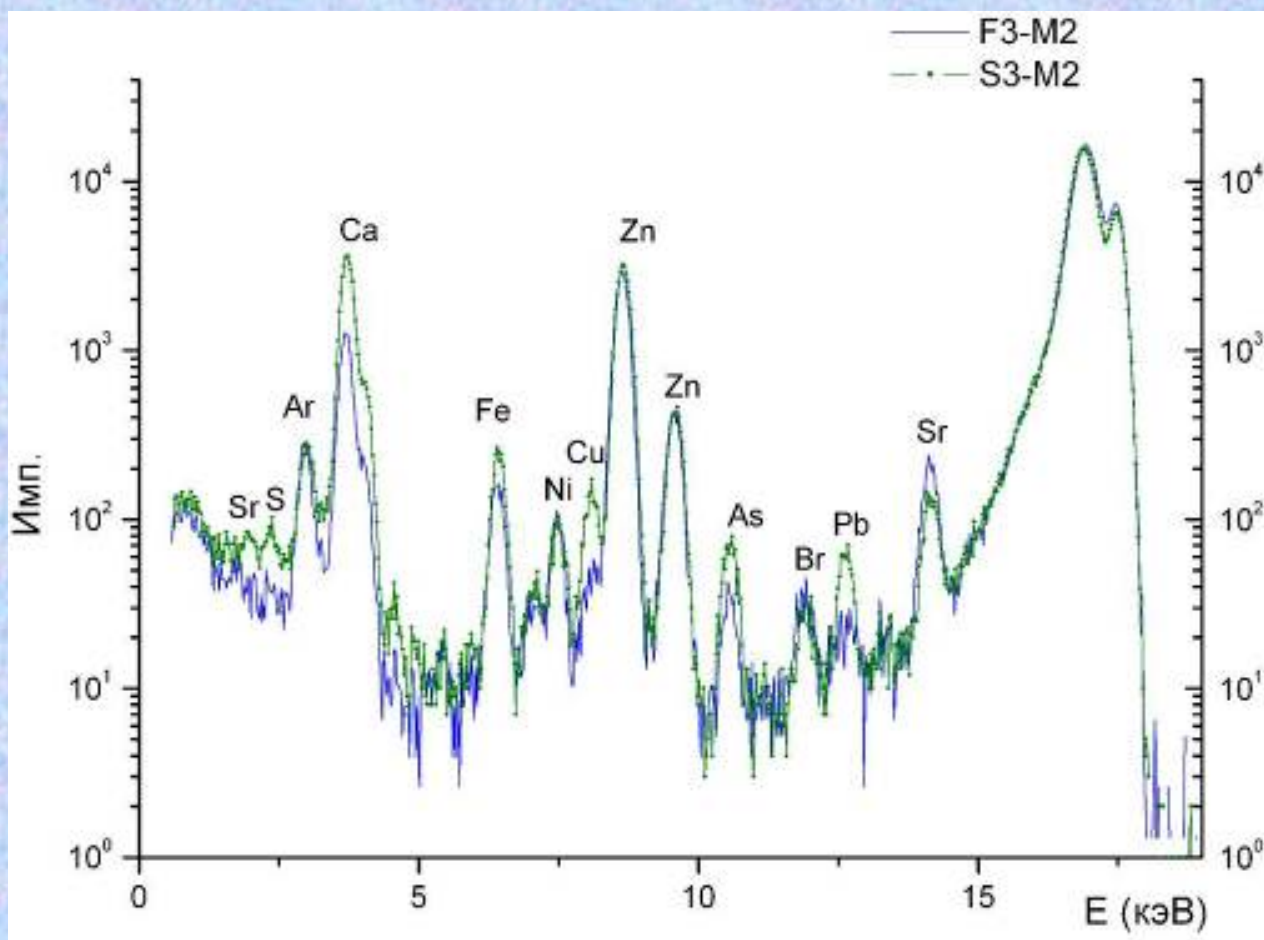
500um 70x

EDS Quantitative Results		
Element	Wt%	At%
CK	73.52	79.78
OK	23.06	18.79
NaK	0.11	0.06
MgK	0.12	0.06
AlK	1.15	0.56
SiK	0.26	0.12
PK	0.13	0.05
SK	0.36	0.15
ClK	0.10	0.04
KK	0.06	0.02
CaK	1.14	0.37

Глубина проникновения электронов при ускоряющем напряжении 30кВ составляет ~5-6 мм, что позволяет исследовать лишь приповерхностные области

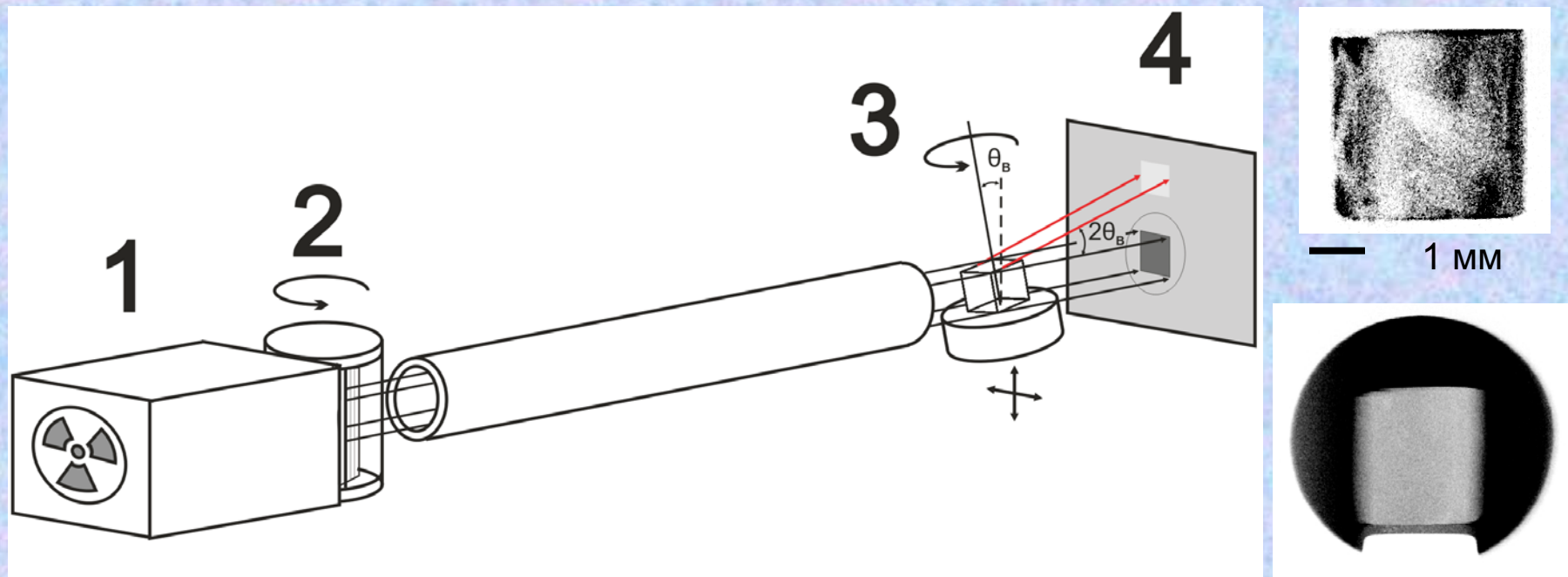


# XRF анализ



В.Е. Асадчиков, Р.А. Сенин, А.Е. Благоев и др. // Кристаллография. 2012. т.57. №5. с.782-790

# Лабораторная рентгеновская топо-томография



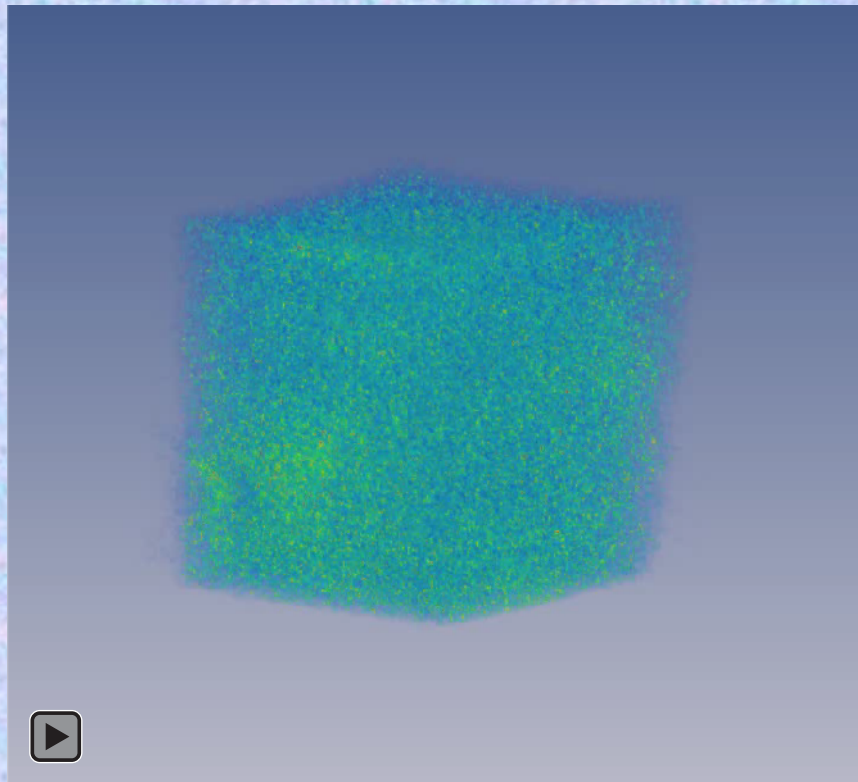
1 – рентгеновская трубка ( $\text{MoK}_{\alpha 1}$ ,  $\lambda = 0.71 \text{ \AA}$ );

2 – коллиматор;

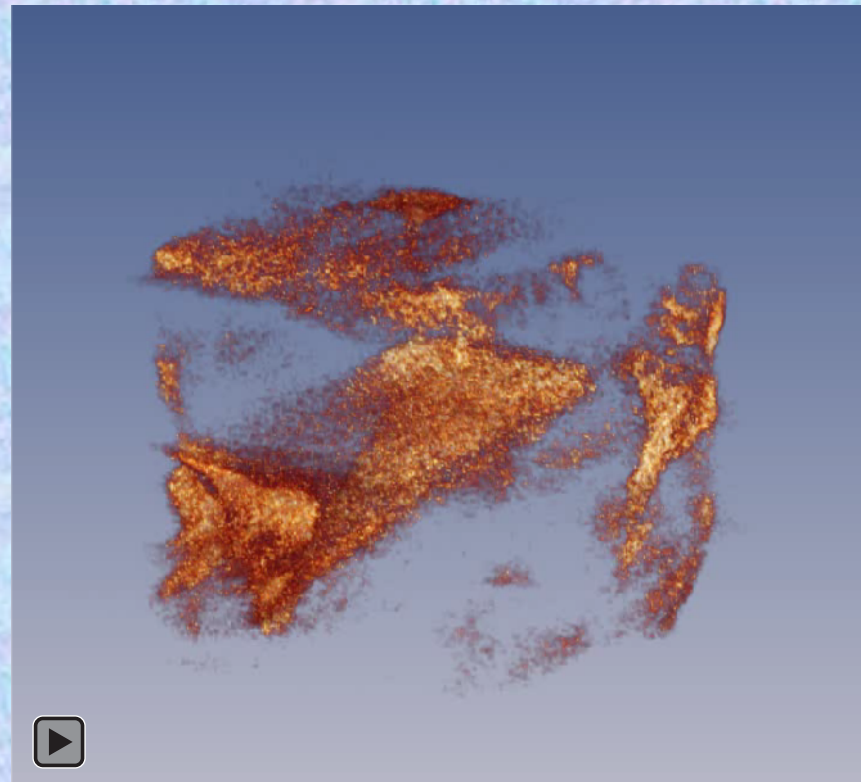
3 – кристалл;

3 – CCD – детектор (2048×2048 размер пикселя 13 мкм).

# Исследование кристалла LiF в монохроматическом пучке

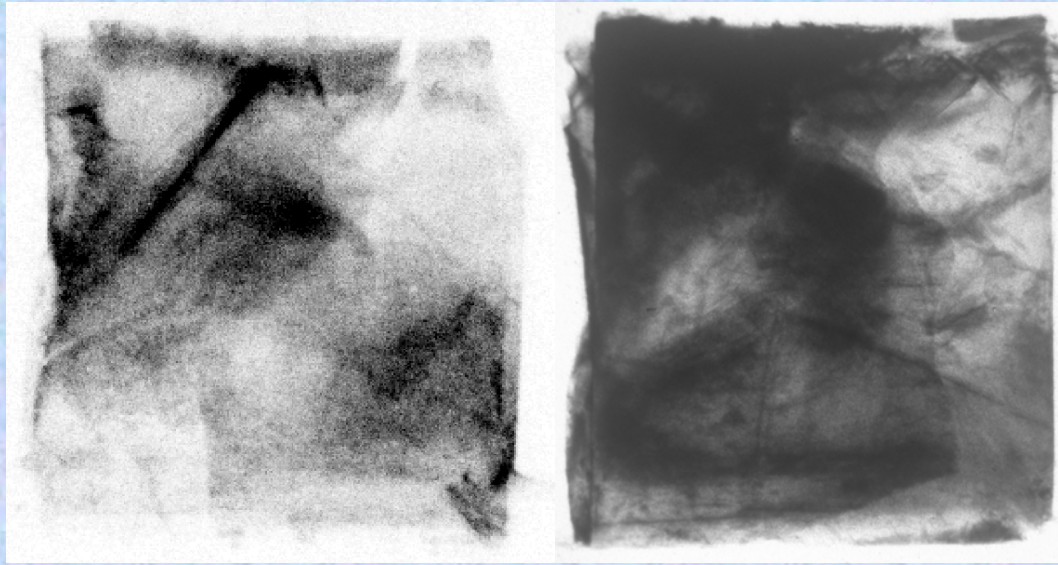


Абсорбционная томография



Дифракционная томография

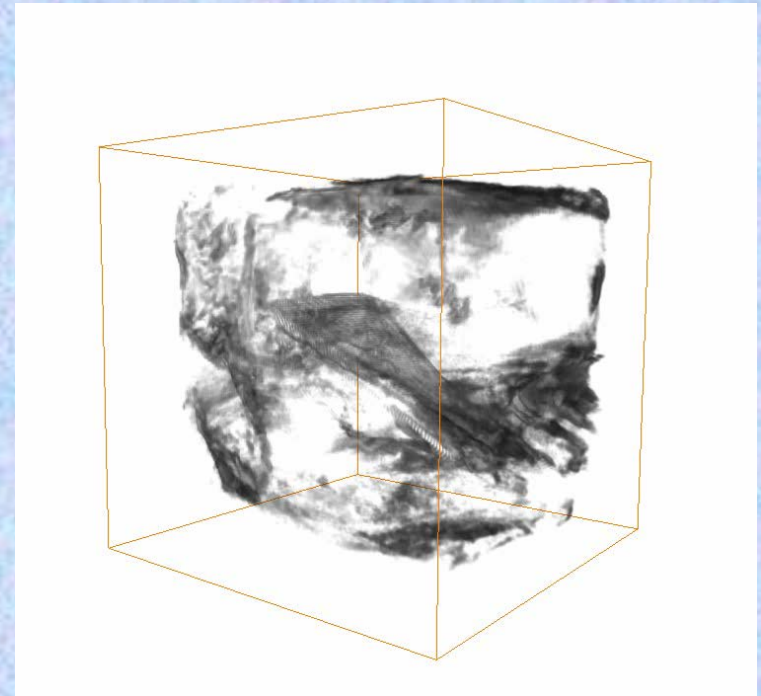
# Исследование кристалла LiF в полихроматическом пучке



1 мм

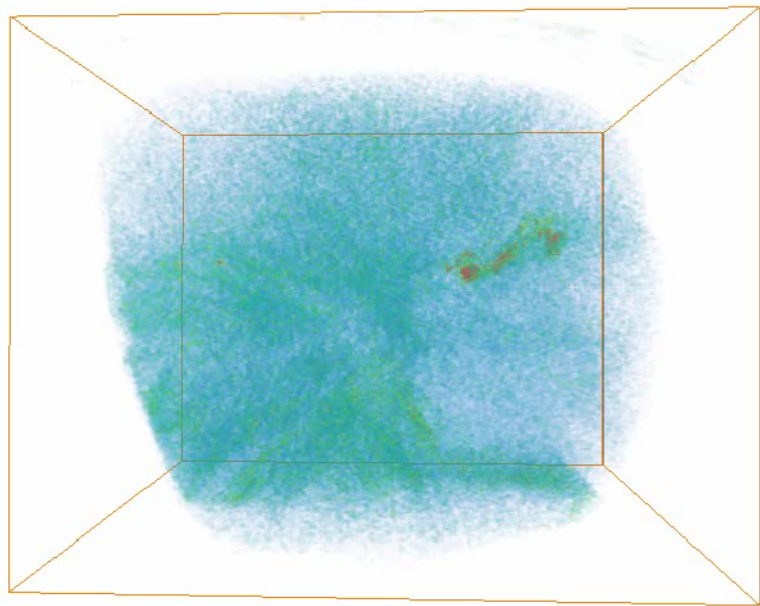
диффракционная проекция

топография Ланга

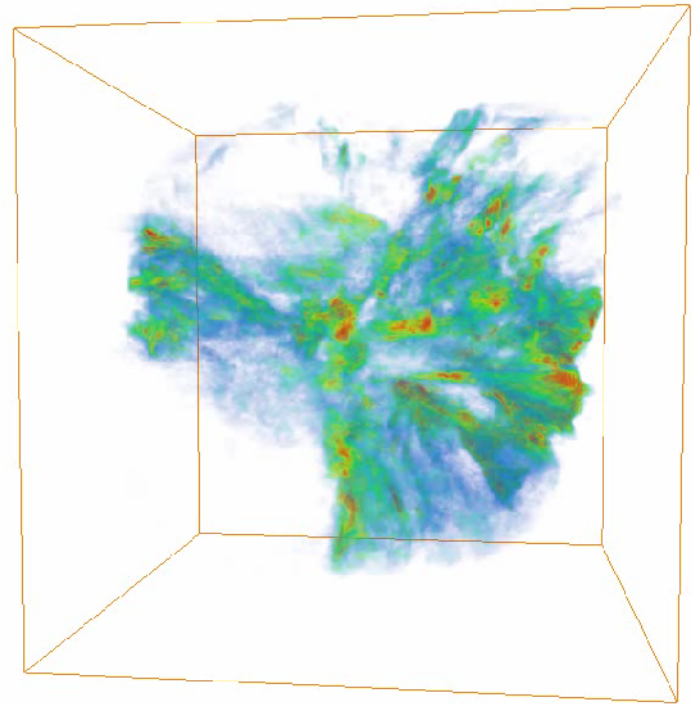


реконструкция

# Исследования природного алмаза

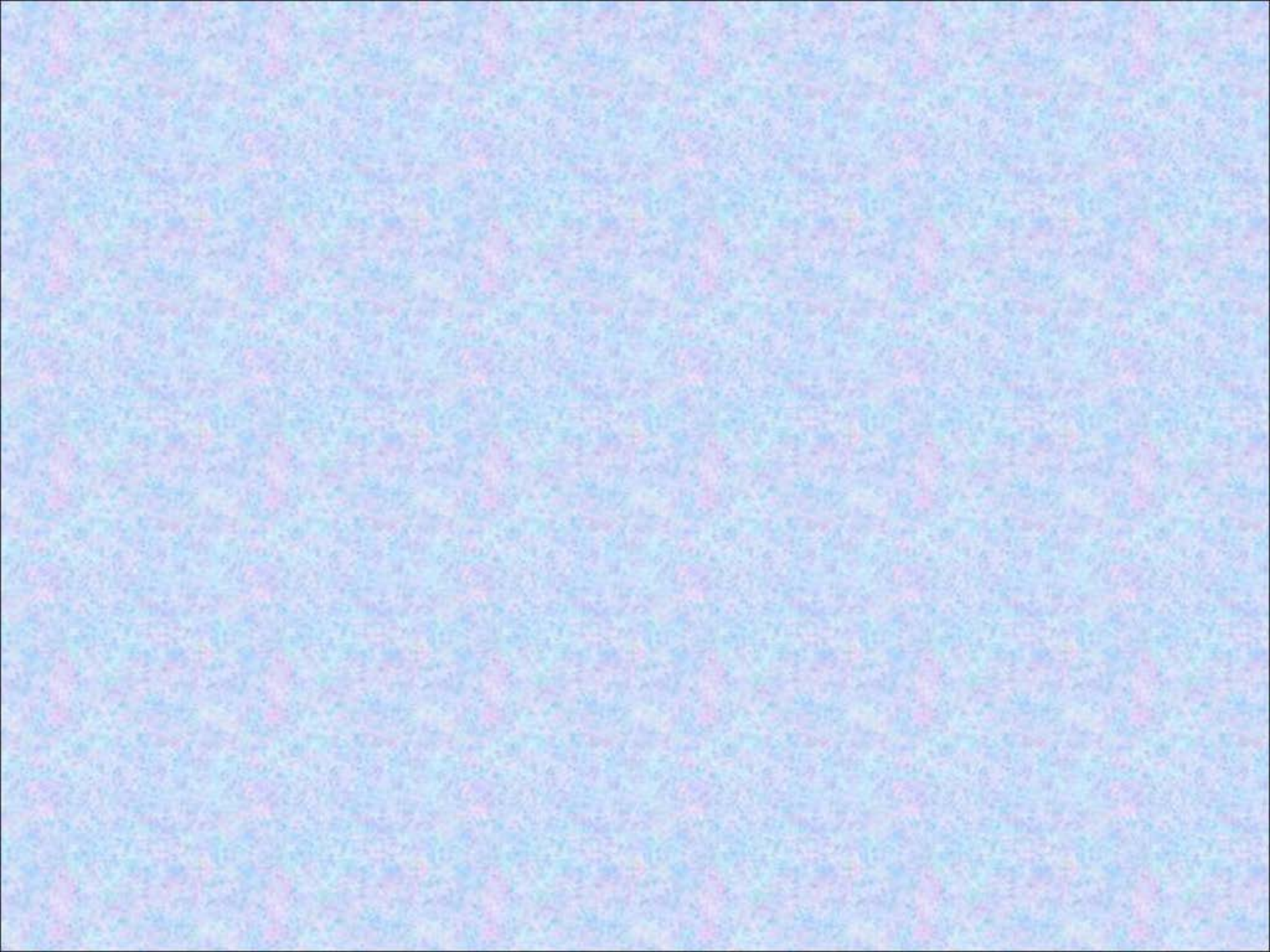


Абсорбционная томография



Дифракционная томография

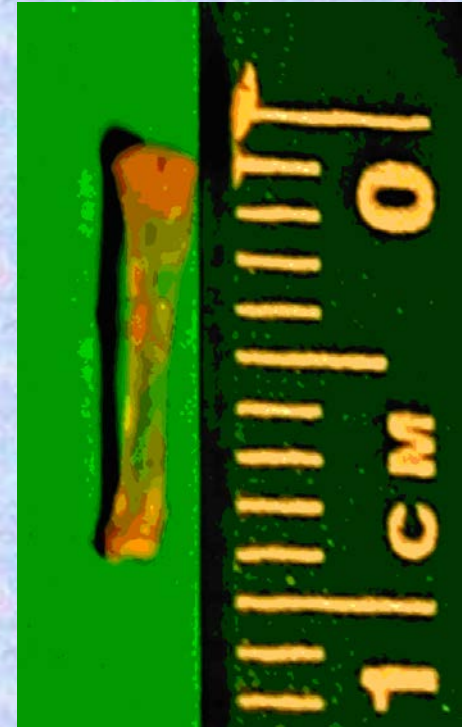
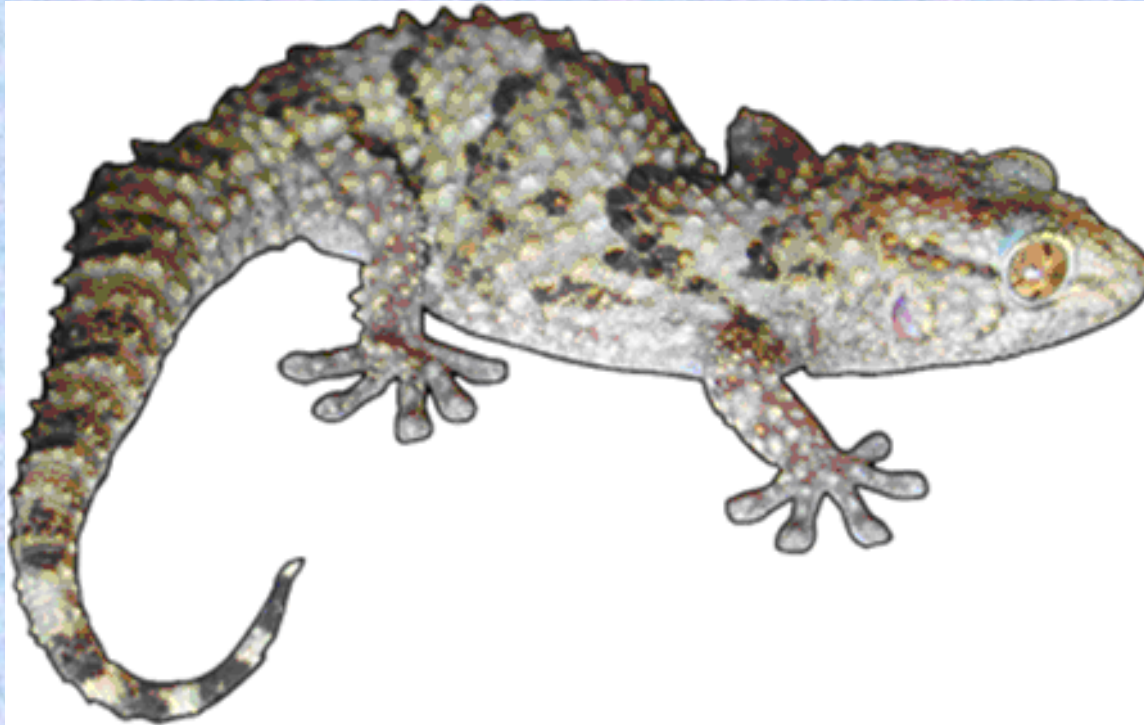
**Спасибо за  
внимание!**





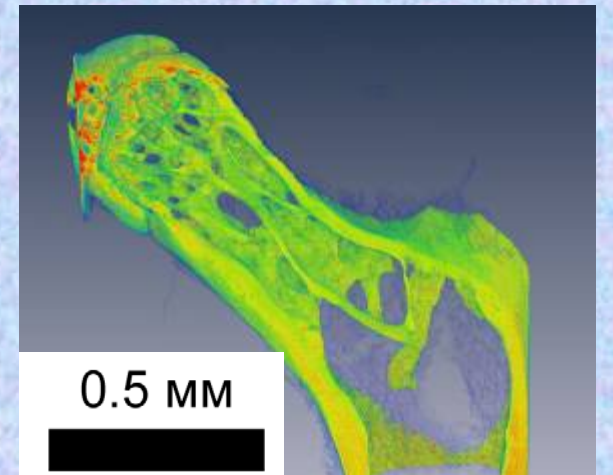
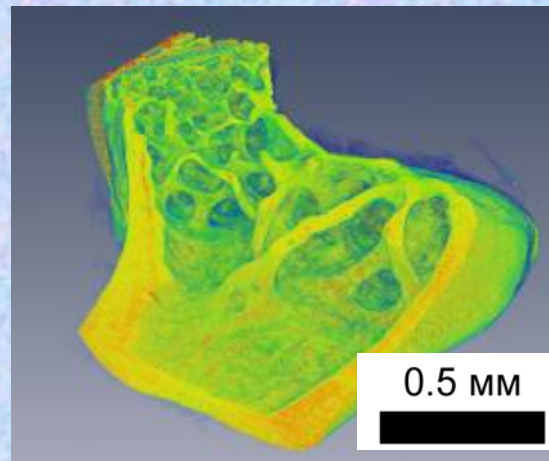
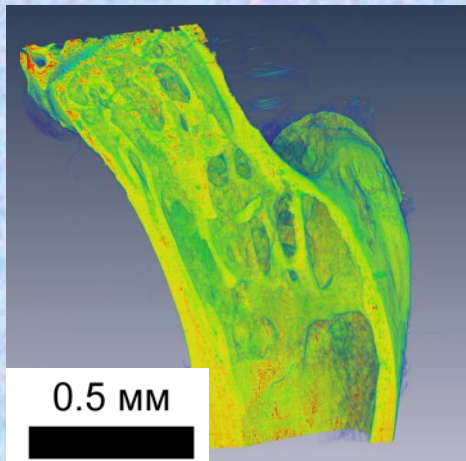
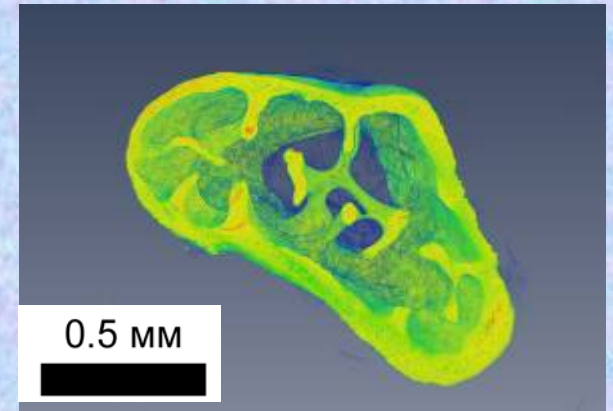
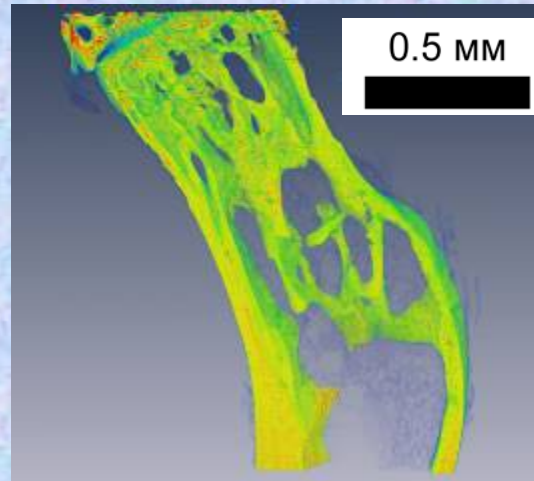
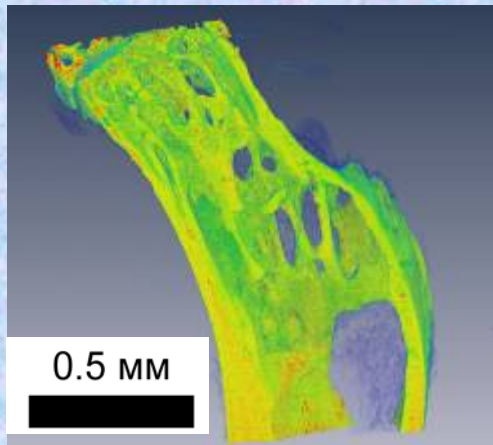
# Biological sample

Gekko *Pachydactylus bibroni*

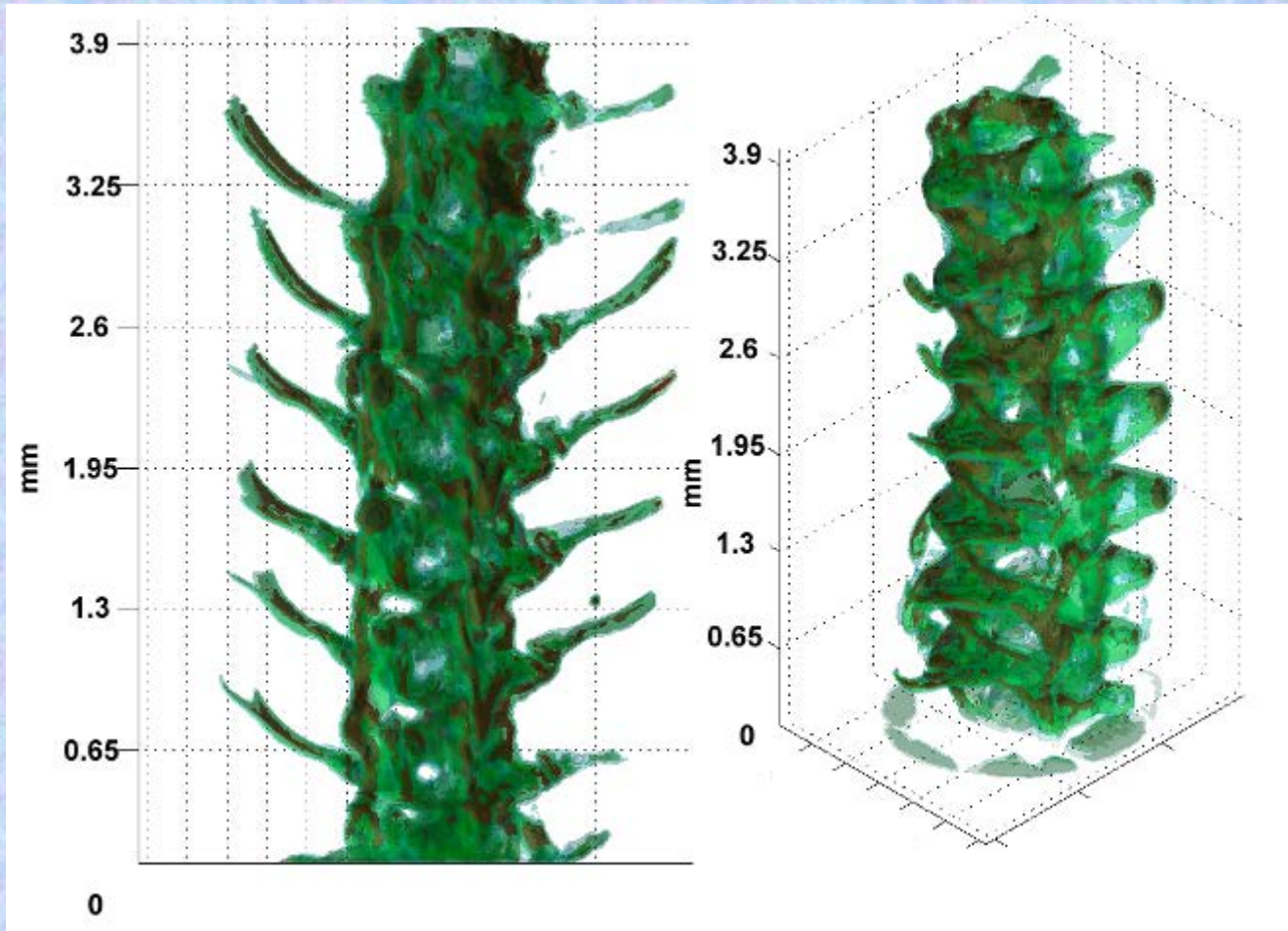


V.I. Gulimova, V.B. Nikitin, V.E. Asadchikov et. al "Effect of 16-day spaceflight on the morphology of thick-toed geckos (*Pachydactylus turnery* Gray, 1846)." // Journal of Gravitational Physiology, 2006, V.13, N.1, P. 197-200.

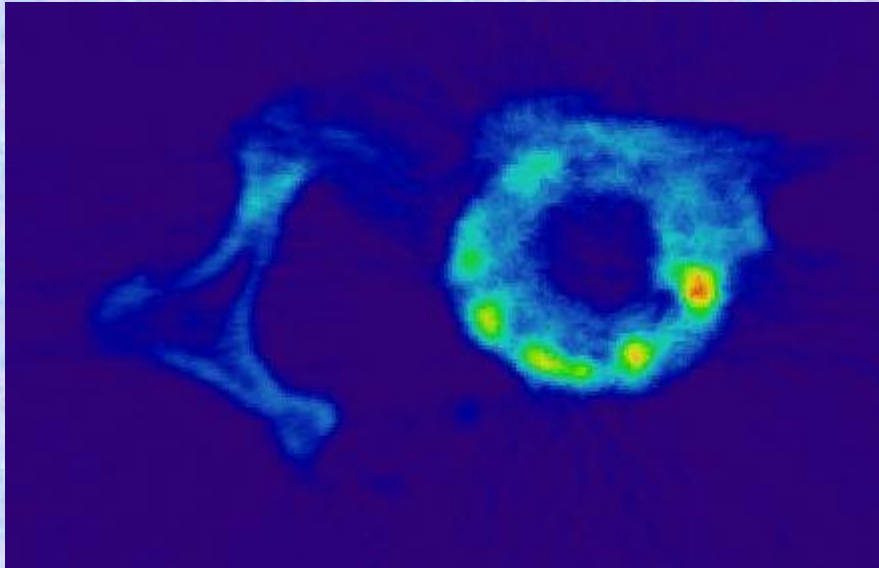
# Trabecular bone structure



# The central part of geckos backbone



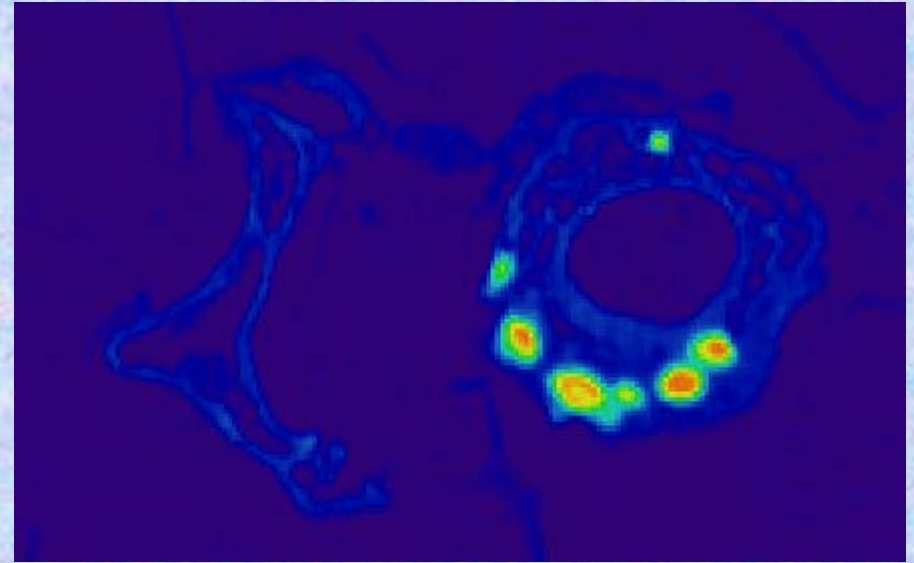
# Sample on different wavelengths



E=5.4 keV

Absorption proportion

2/1



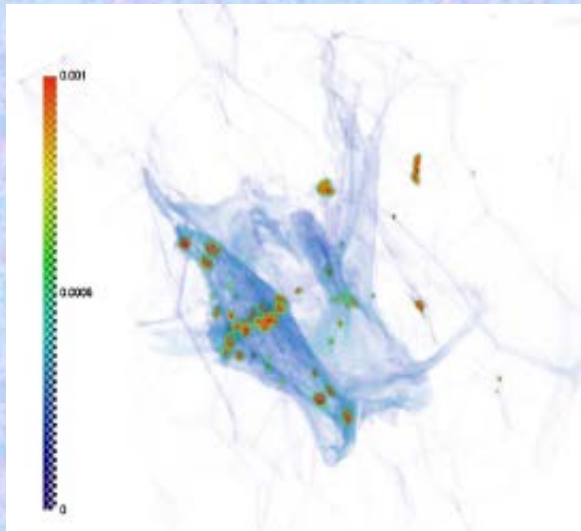
E=13.0 keV

Absorption proportion

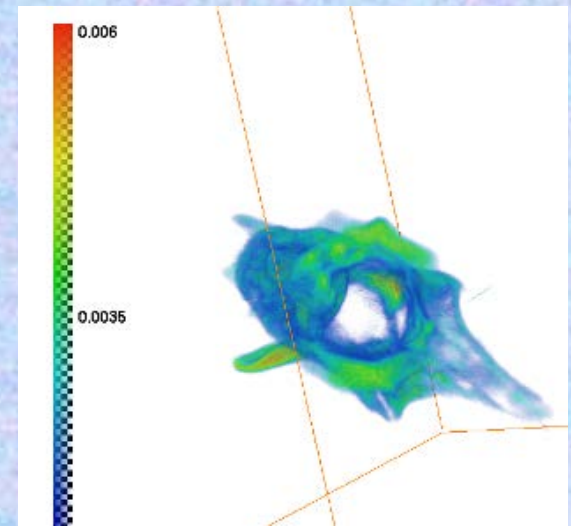
3/1

# Tomographic reconstructions

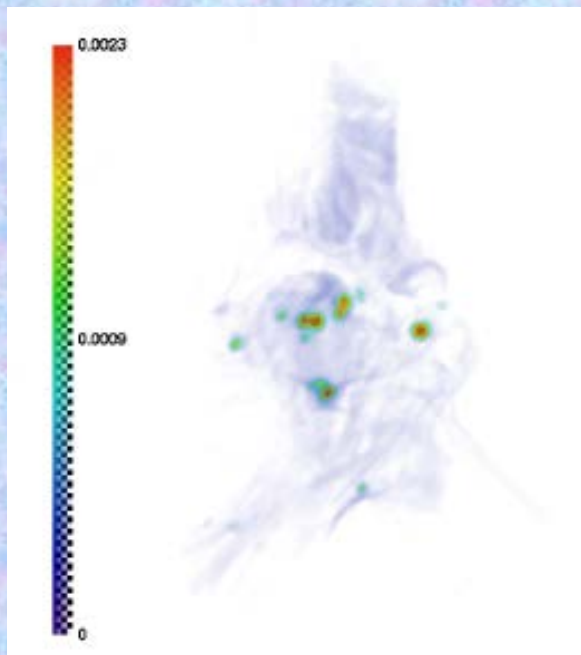
M2-F3



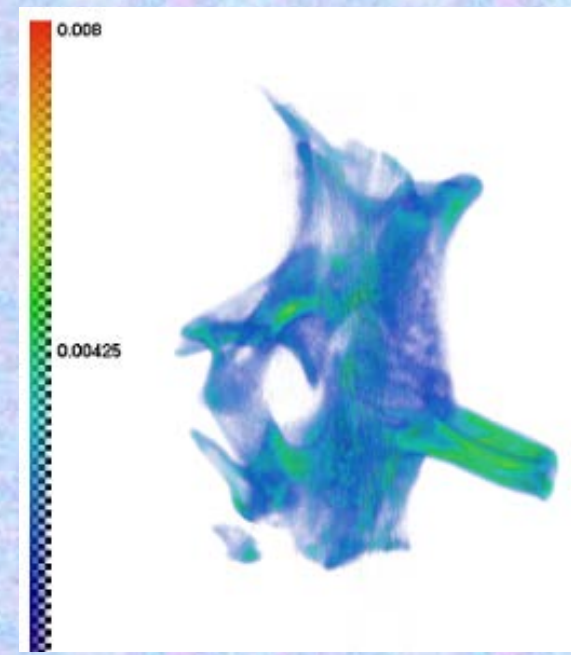
M3-F3



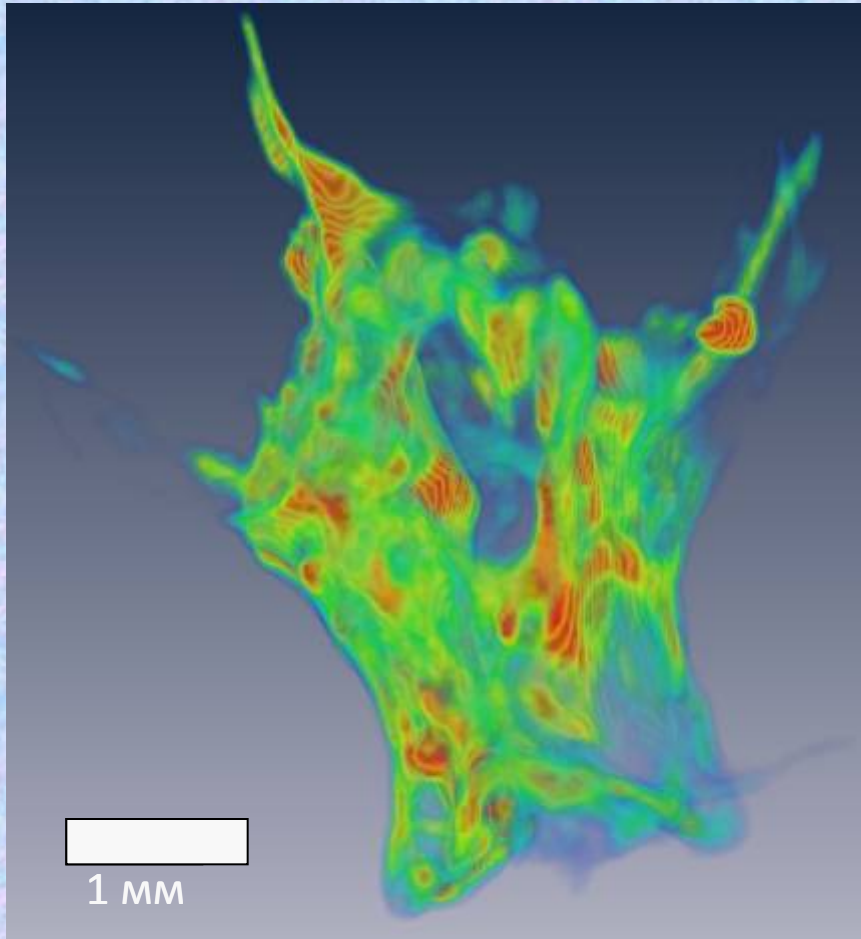
M2-S3



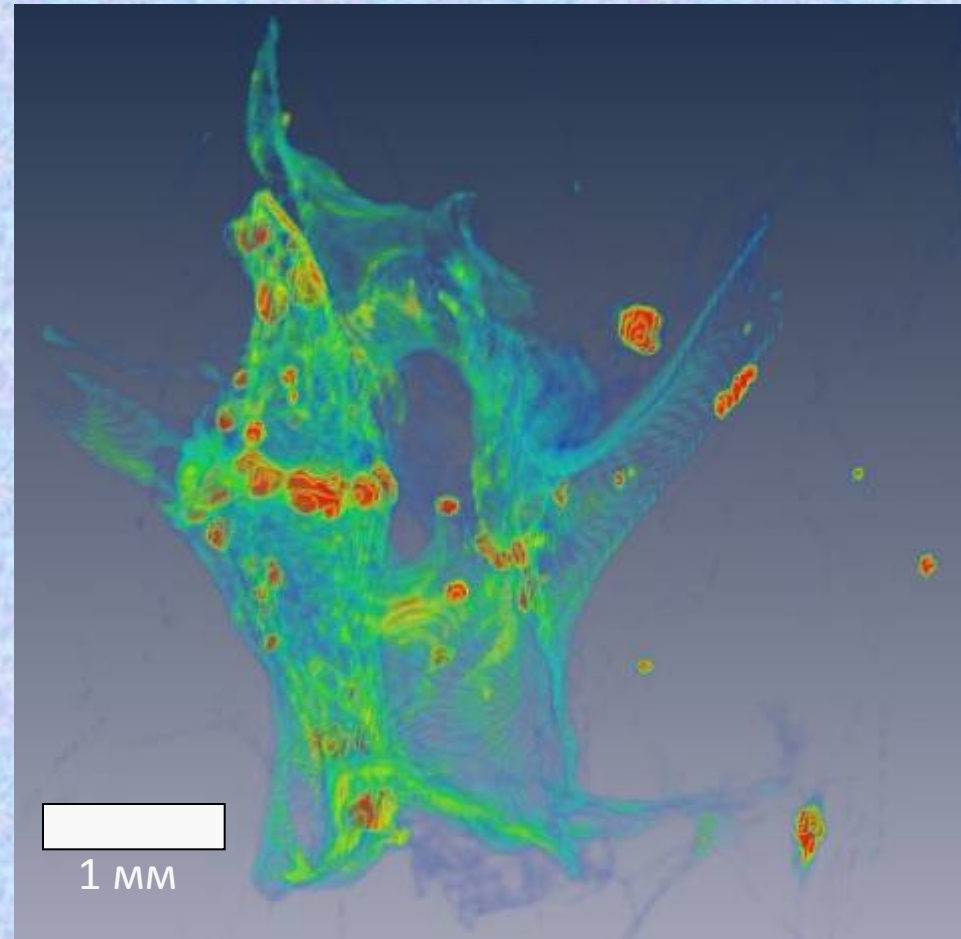
M3-S3



# Sample on different wavelengths



$E=5.4$  keV



$E=13.0$  keV