

Ядерные фотоэмульсии и трековые детекторы как источники больших данных

Андрей Зайцев
к.ф.-м.н. ЛФВЭ ОИЯИ
эксперимент BECQUEREL



Почему ядерные эмульсии и ТТТД – это Big Data?

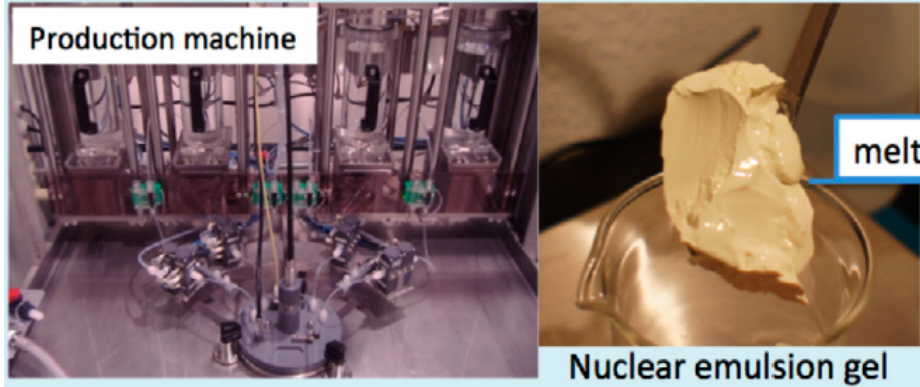
- большие площади детекторов (десятки м²);
- 3D-сканирование → десятки/сотни терабайт изображений;
- потребность в автоматической обработке;
- GPU-ускорение / нейросети;

Объемы данных

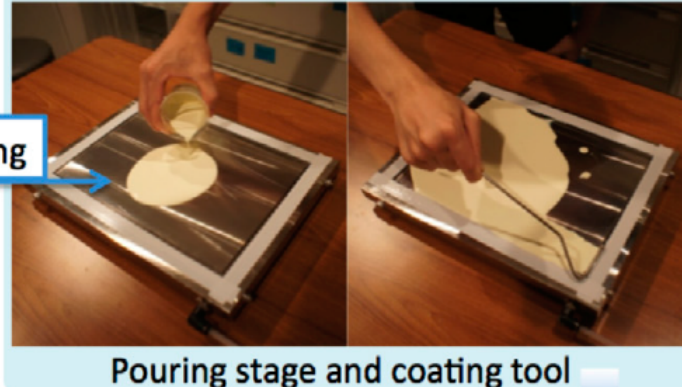
- одно 3D-поле зрения: десятки МБ → млн полей на большие эксперименты
- полный набор данных OPERA >1 PB

Метод ядерных фотоэмульсий (ЯЭ)

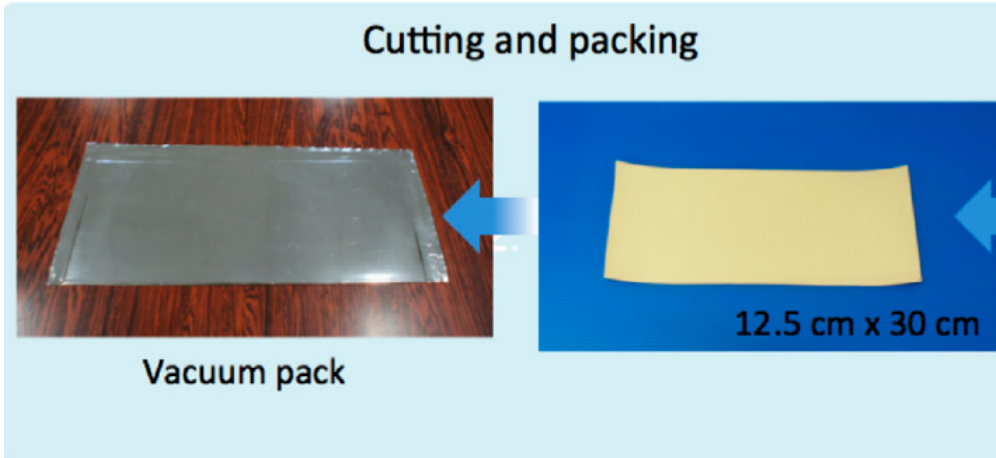
Emulsion gel production



Pouring



Cutting and packing

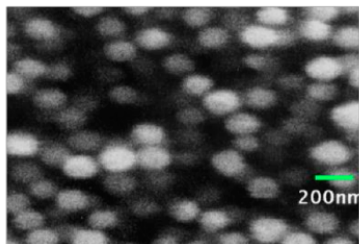


Drying

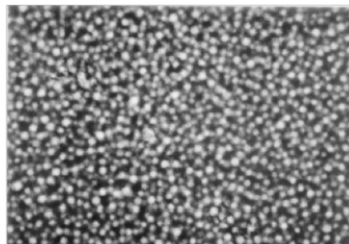


Элементарный состав ЯЭ

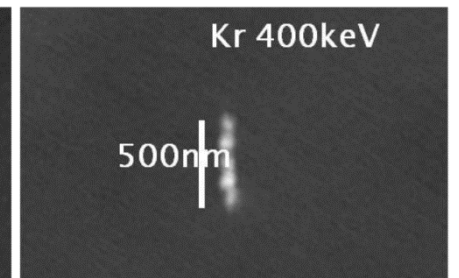
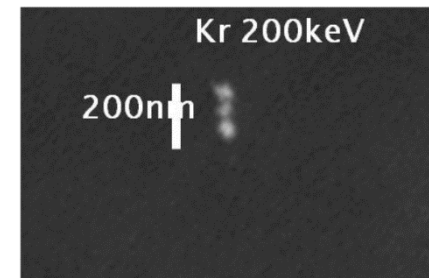
Element	Mass Fraction	Atomic Fraction
Ag	0.44	0.10
Br	0.32	0.10
I	0.019	0.004
C	0.101	0.214
O	0.074	0.118
N	0.027	0.049
H	0.016	0.410
S	0.003	0.003



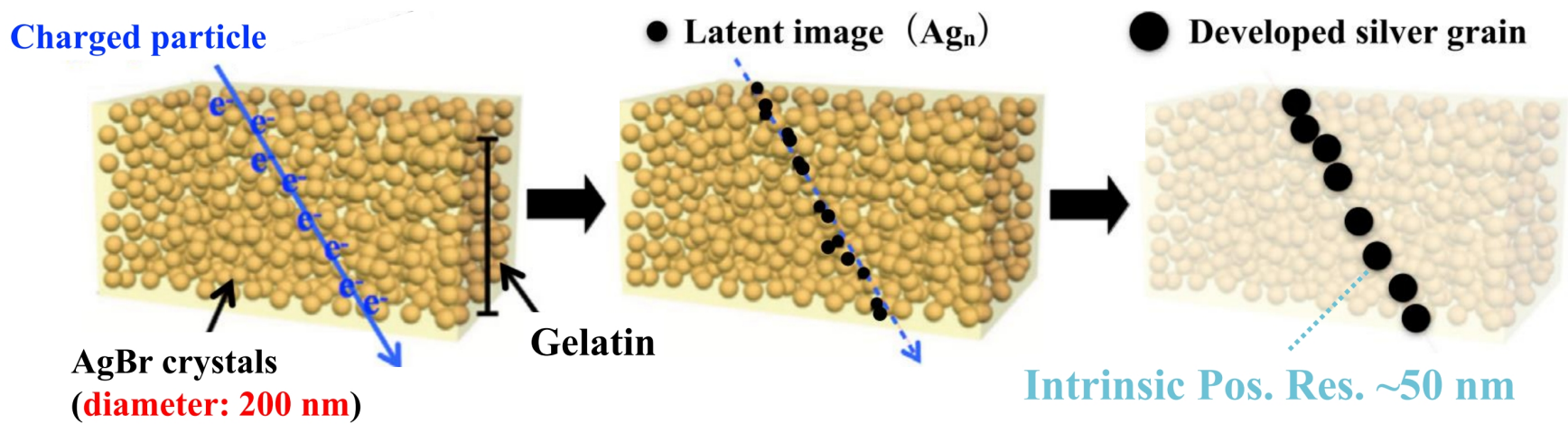
Grain size 200 nm



Grain size 40 nm



Метод ядерных фотоэмульсий (ЯЭ)

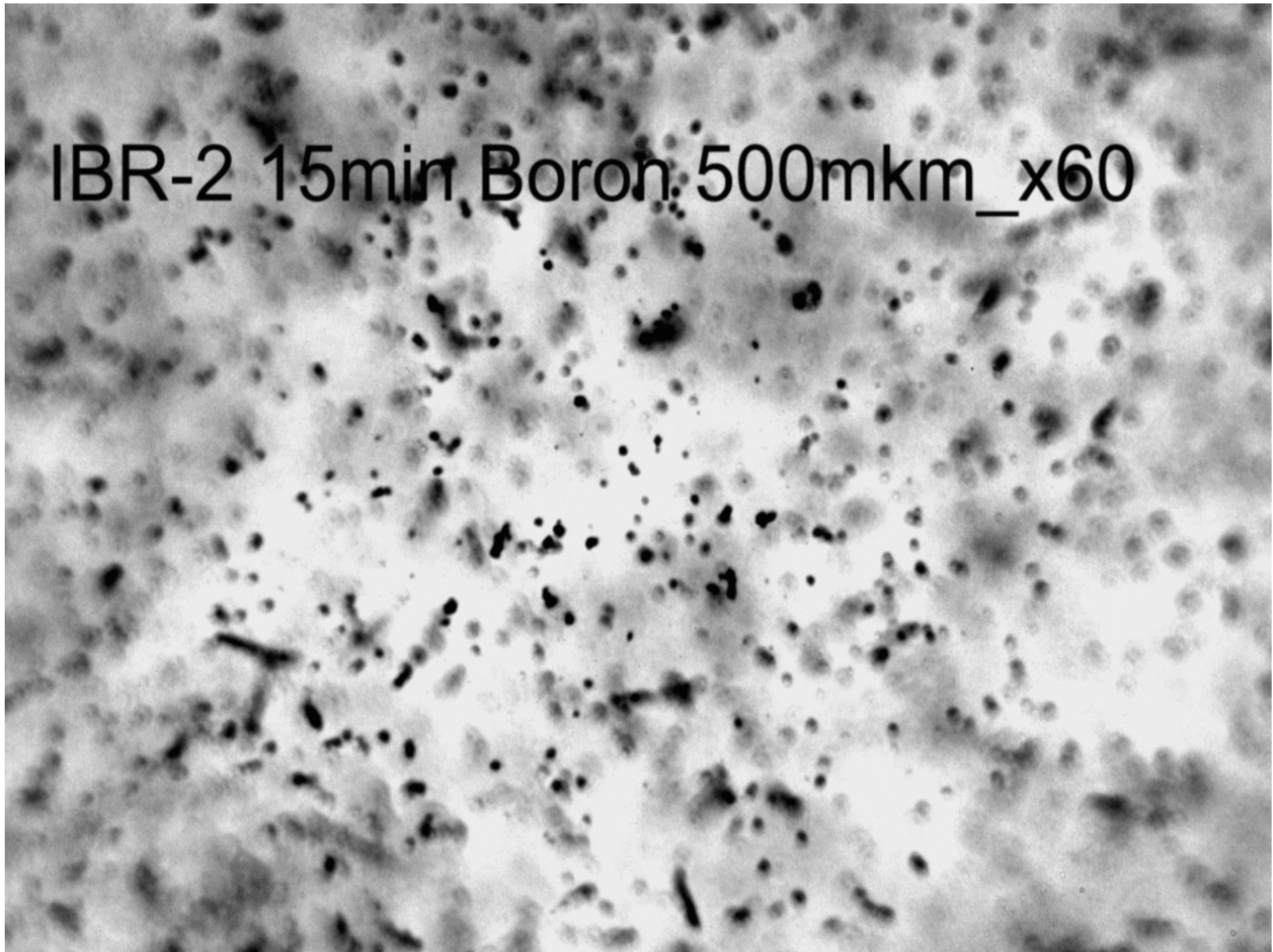


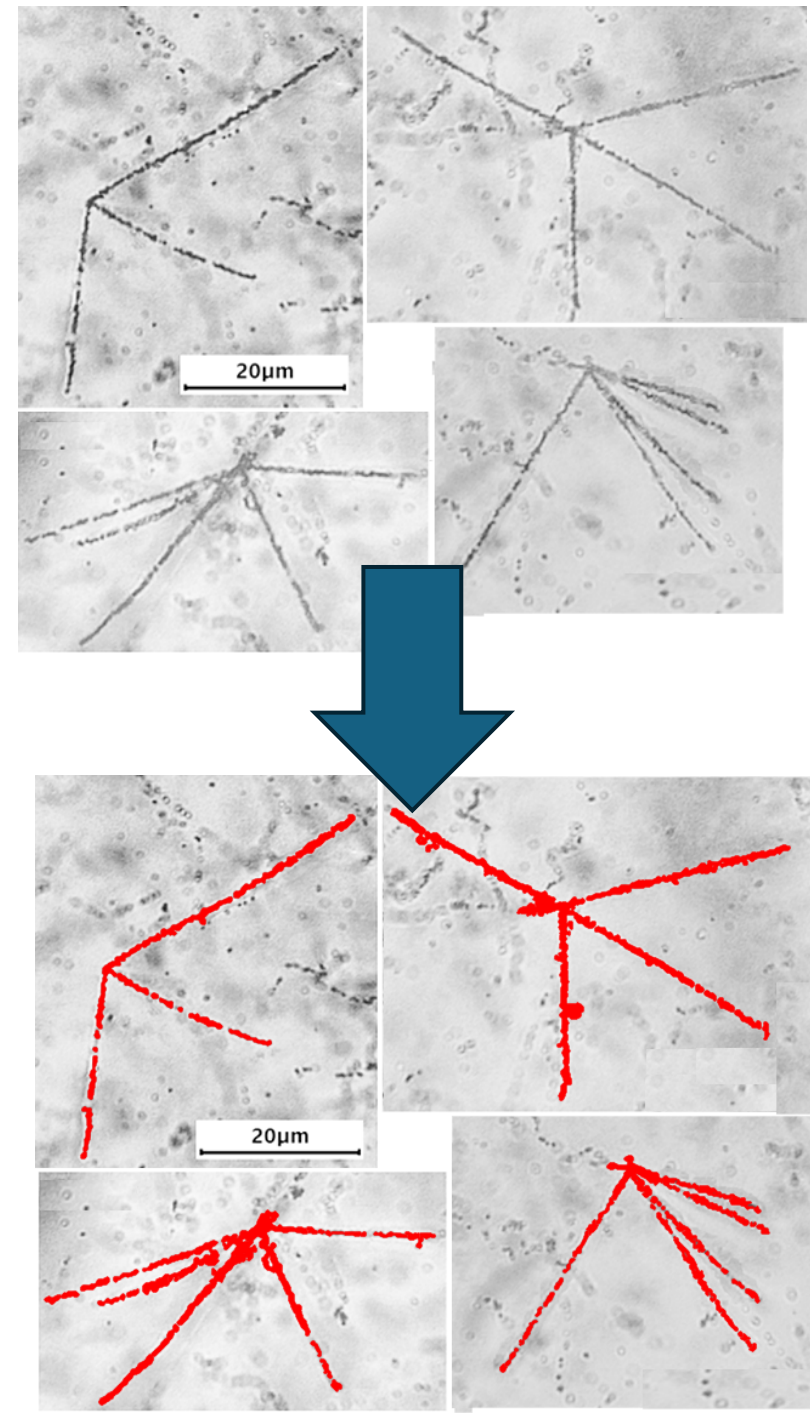
basic detector: **AgBr crystal**,
size = 0.2 micron
detection eff.= 0.16/crystal
 10^{13} “detectors” per film



	Square	Capacity	Readout speed
DVD disk	111 cm ²	8.5 GB	≤ 266 Mbps
Blue-ray disk	111 cm ²	50 GB	≤ 576 Mbps
Emulsion film	125 cm ²	1-10 TB	> 1 Gbps

IBR-2 15min Boron 500mkm_x60

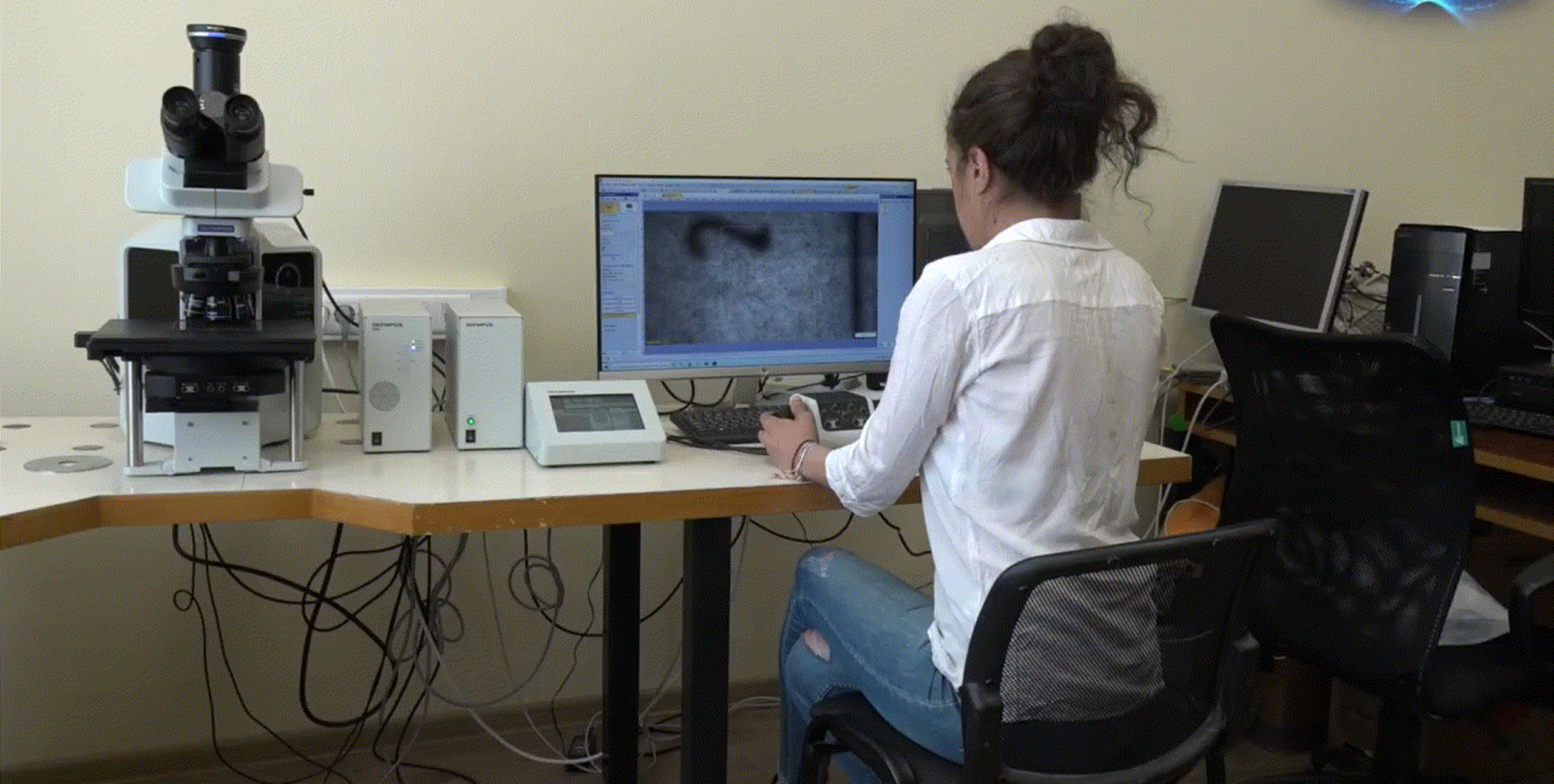




Моторизованный микроскоп Olympus BX63



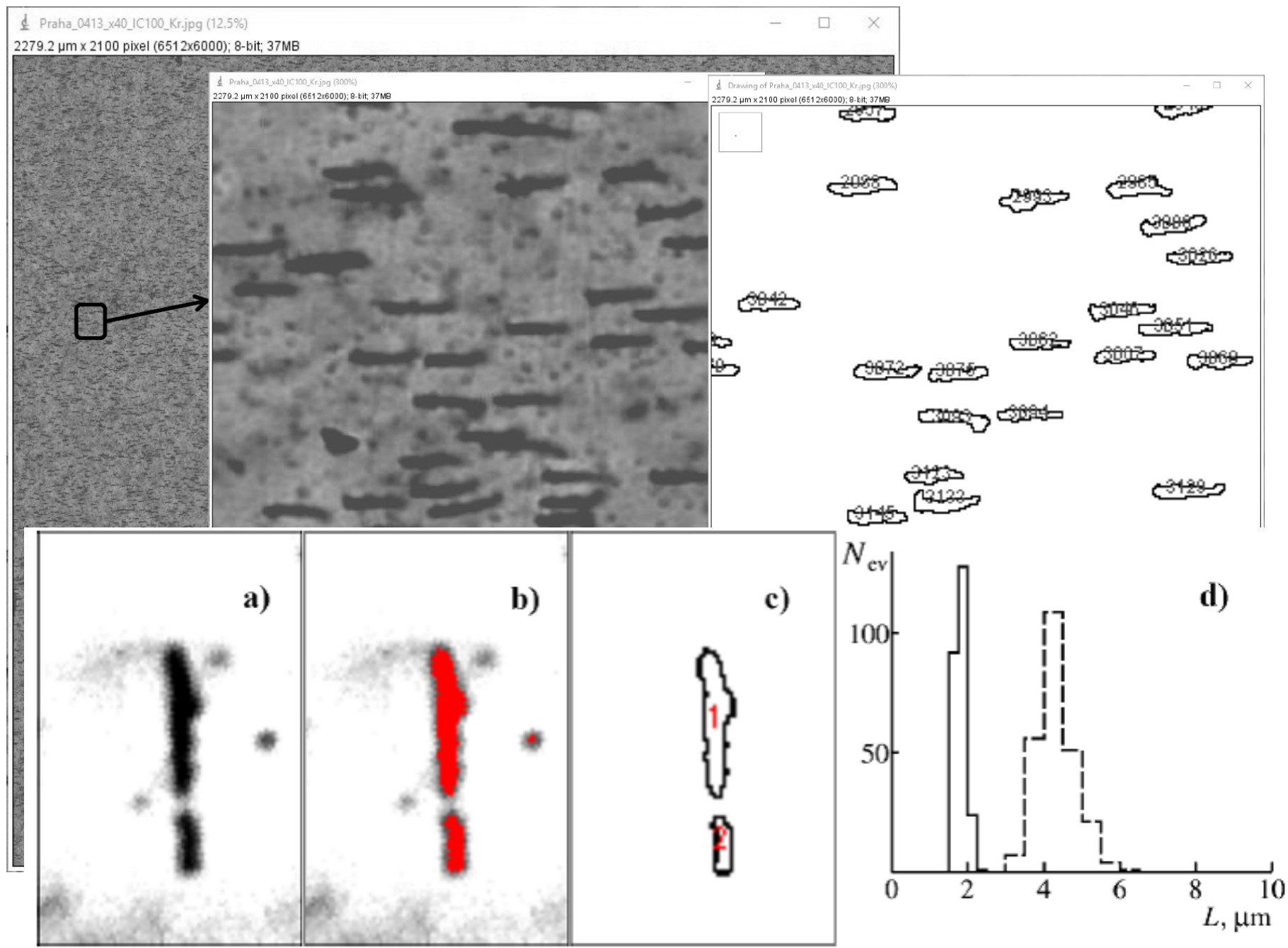
1. Цифровая CMOS камера DP74,
2. моторизованный предметный столик,
3. джойстики управления фокусом и перемещением предметного столика в плоскости XOY,
4. блок управления микроскопом,
5. ПК для работы с получаемым изображением



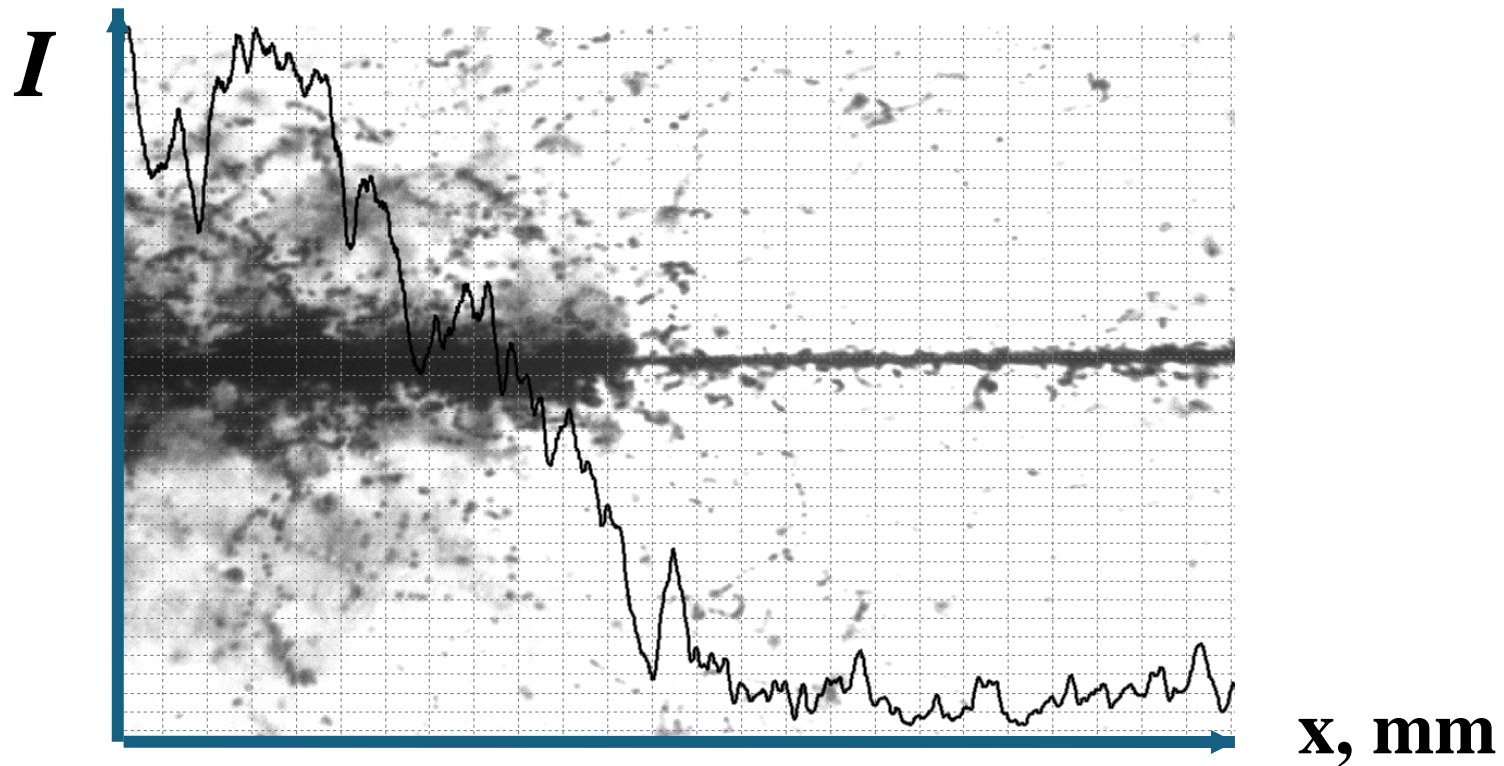
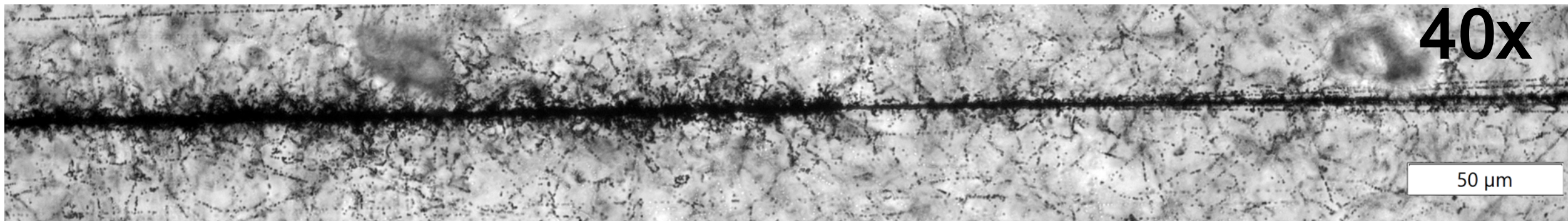
Анализ изображений с помощью ImageJ



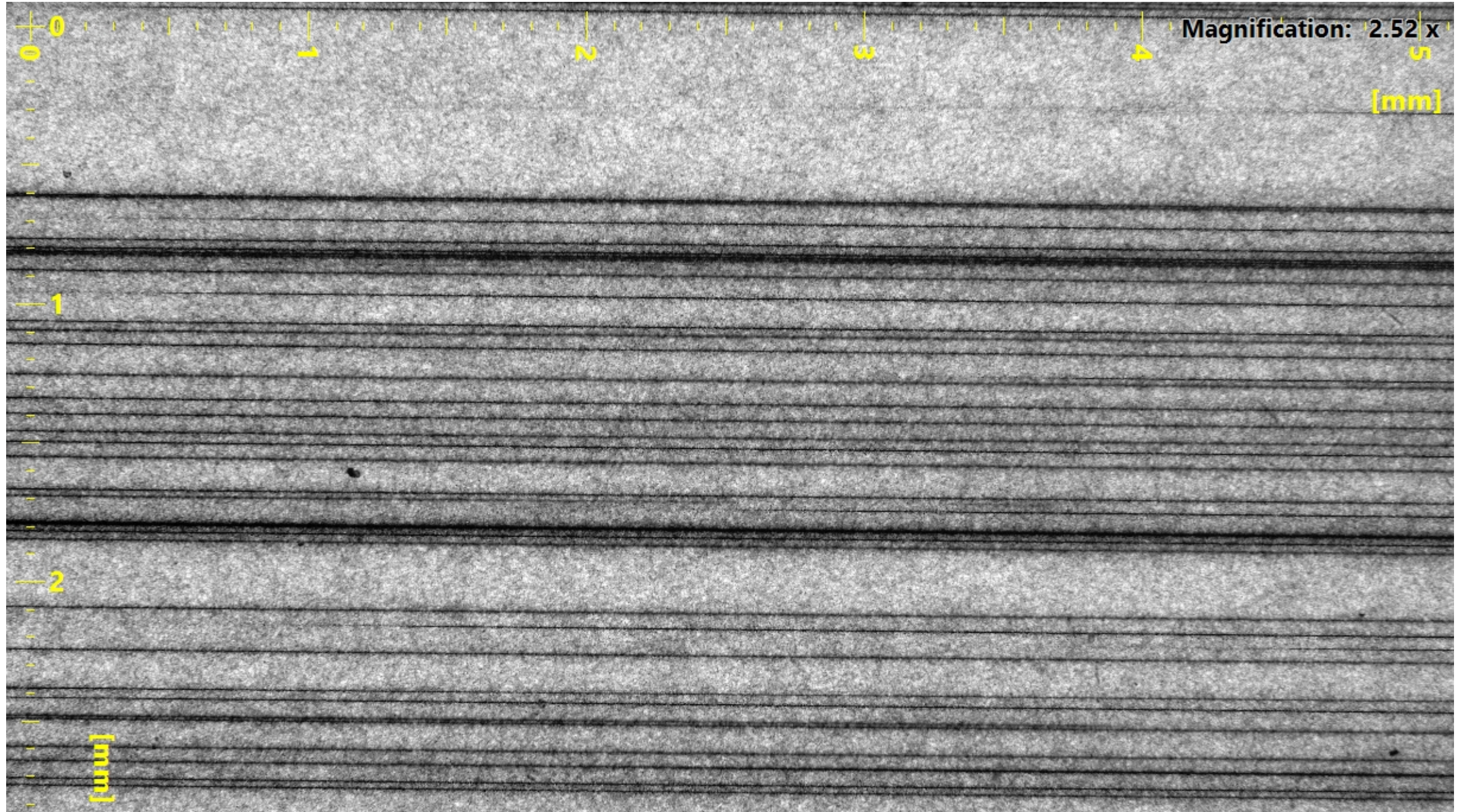
imagej.net



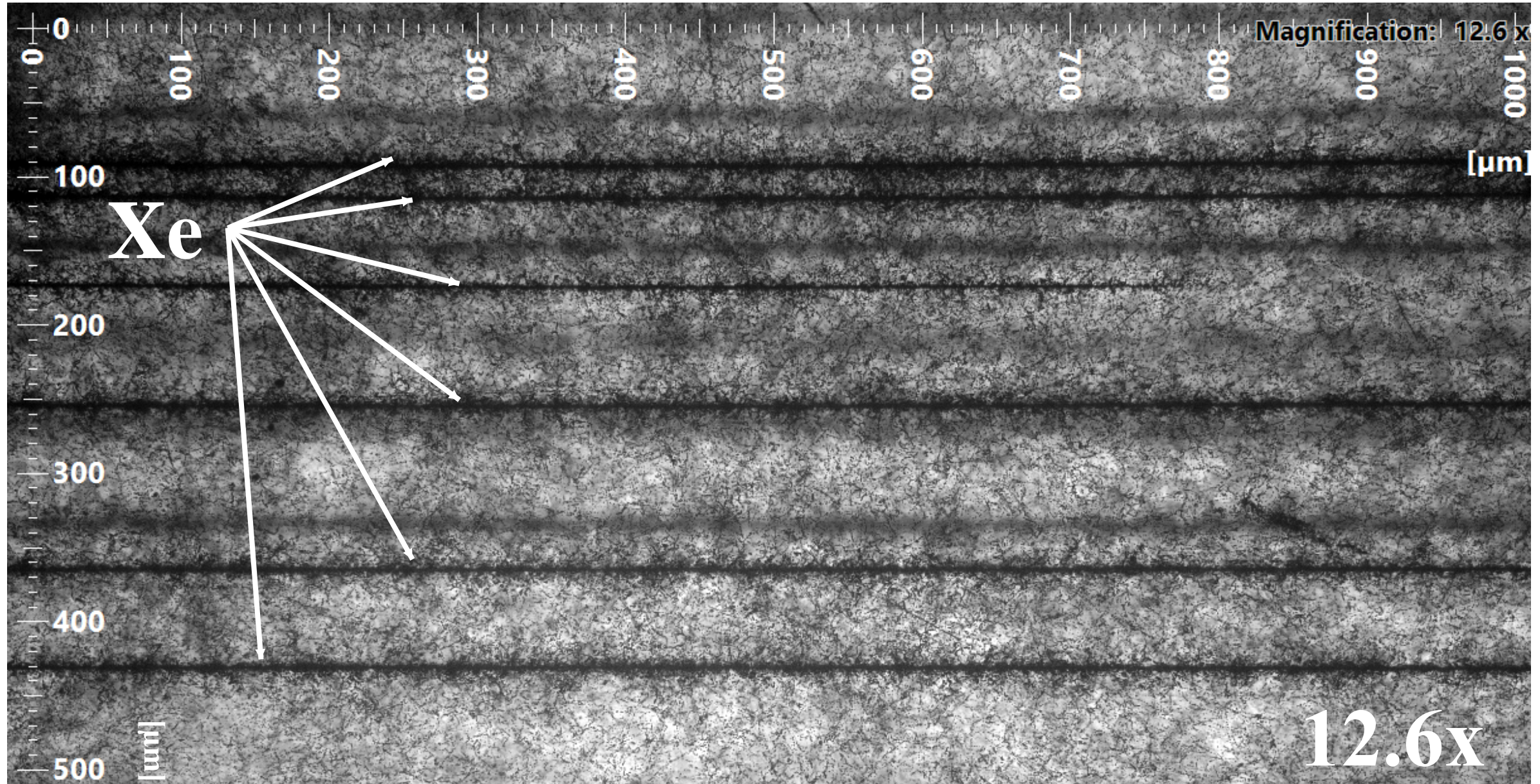
Автоматизированный поиск ядерных взаимодействий в ЯЭ



Облучение ядерной эмульсии ядрами ксенона F3 (2022 г.)

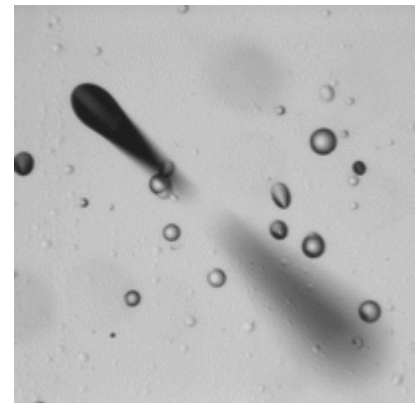
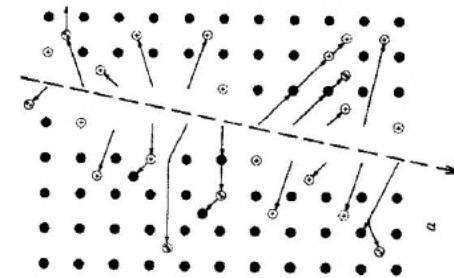
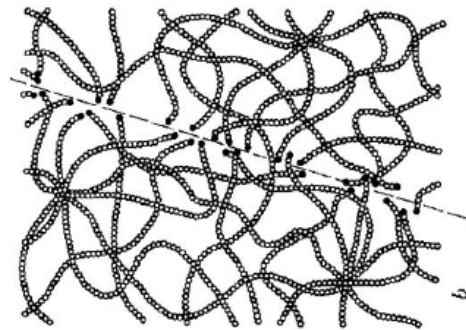
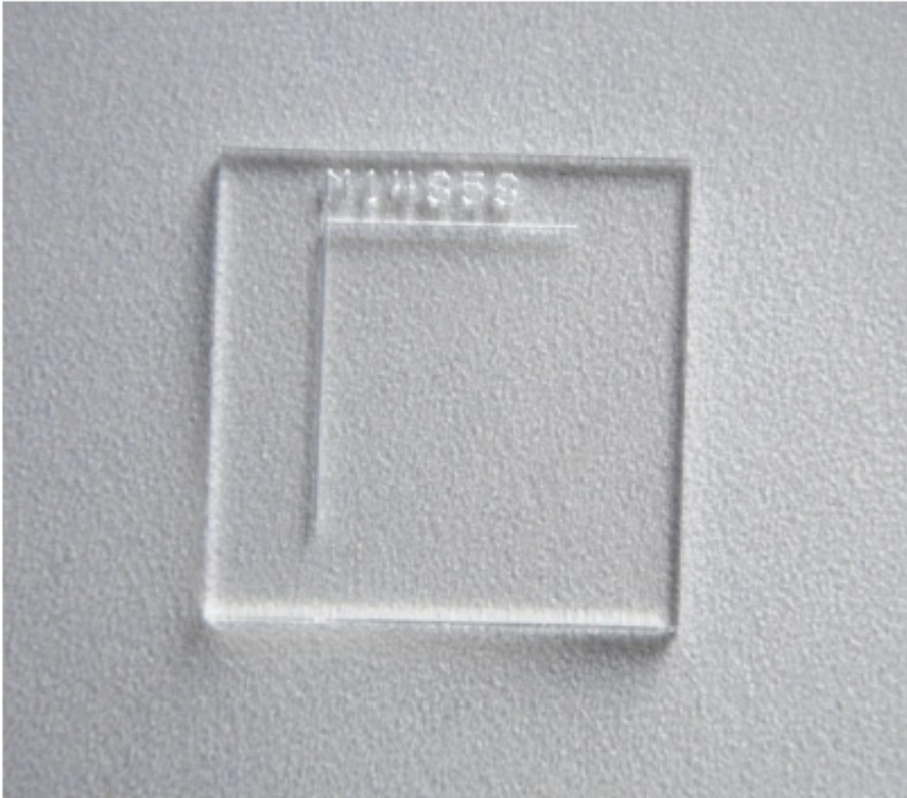
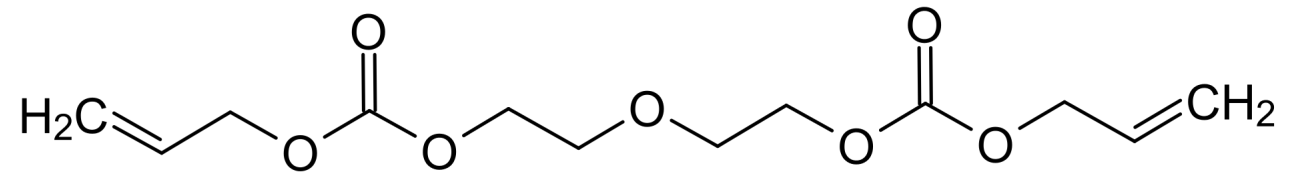


Увеличенное изображение ядерной эмульсии, облученной в пучке ядер Хе на выведенном канале в точке F3 (2022 г.)

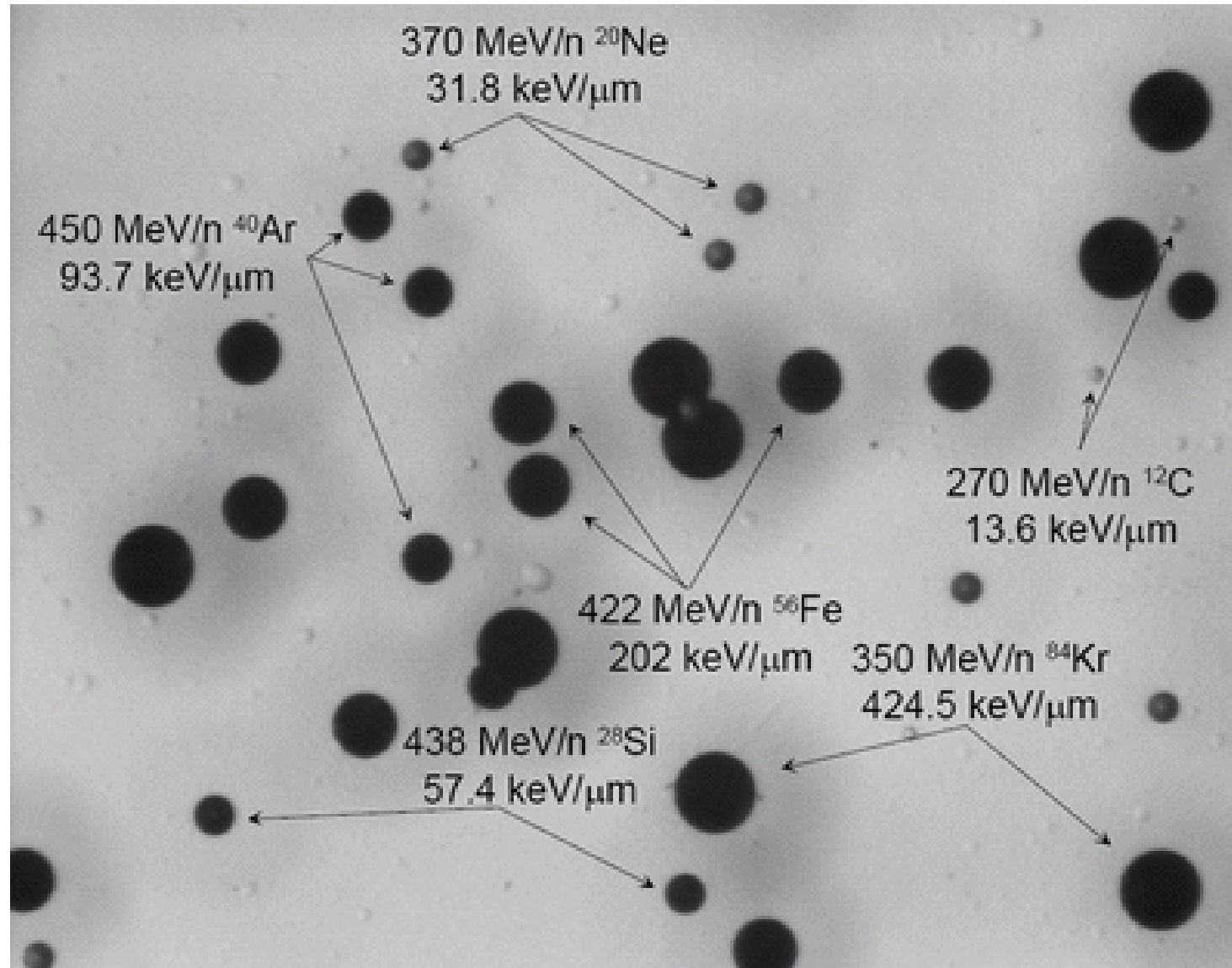


Метод твердотельных детекторов

Аллилдигликолькарбонат (АДК)
«Columbia Resin» №39



Метод твердотельных трековых детекторов



Автоматизированное сканирование ТТТД

OLYMPUS cellSens Dimension

File Edit View Acquire Image Process Measure Tools Window Help

Acquisition Processing **Count and Measure** Reporting Simple Layout

Live Snapshot 545.6 μ s AF Select digital reticle... Count and Measure...

Draw

Digital Reticle

Select digital reticle...

Font and Color

Color: [Yellow]

Opacity: [Slider]

Font: Segoe UI Size: 24

☒ Bold

Scale

Start Page Live (active) Image_270*

0.445 0.45 0.455 0.46 0.465 0.47 0.475 0.48 0.485 0.49 0.495 0.5 0.505 0.51 0.515 0.52 0.525 mm

130 135 140 145 150 155 μ m

0 10 20 30 40 50 60 70 80 μ m

20 μ m

Layers

Detected Objects

Layer 1

Dimension Selector

Gray

Count and Measure Results

Object Measurements Object Filter Class Measurements Class Histogram ROI Measurements ROI Histogram

	Object Class	Object ID	Area [μ m ²]	Center of Mass X [μ m]	Center of Mass Y [μ m]	Mea
1471	1	1471	3.9399	480.5583	143.8894	
1472	1	1472	3.0643	576.1028	143.8408	
1473	1	1473	3.5021	598.2294	143.8344	
1474	1	1474	3.7210	714.7018	143.9138	
1475	1	1475	3.5751	844.7516	143.8454	
1476	1	1476	4.0128	903.8446	143.9424	
1477	1	1477	5.9098	609.7833	144.6614	
1478	1	1478	11.3088	213.6015	144.7545	
1479	1	1479	254.6201	3.9399	144.5096	
1480	1	1480	3.5751	542.3260	144.5124	
Count	-	-	5803	5803	5803	
Count in filter ranges	-	-	5803	5803	5803	
Mean	-	-	4.1059	573.9250	283.8555	
Standard Deviation	-	-	1.7908	321.0697	165.1803	

Ready

Чтобы начать поиск, введите здесь запрос

ROI 1 ROI 4

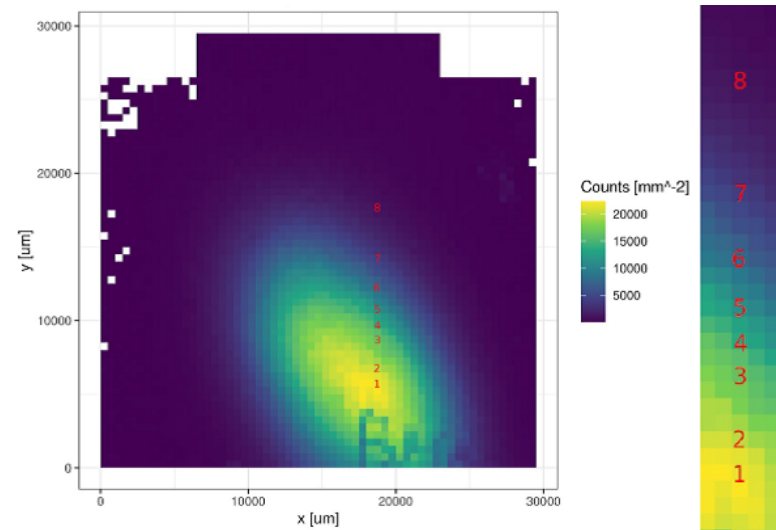
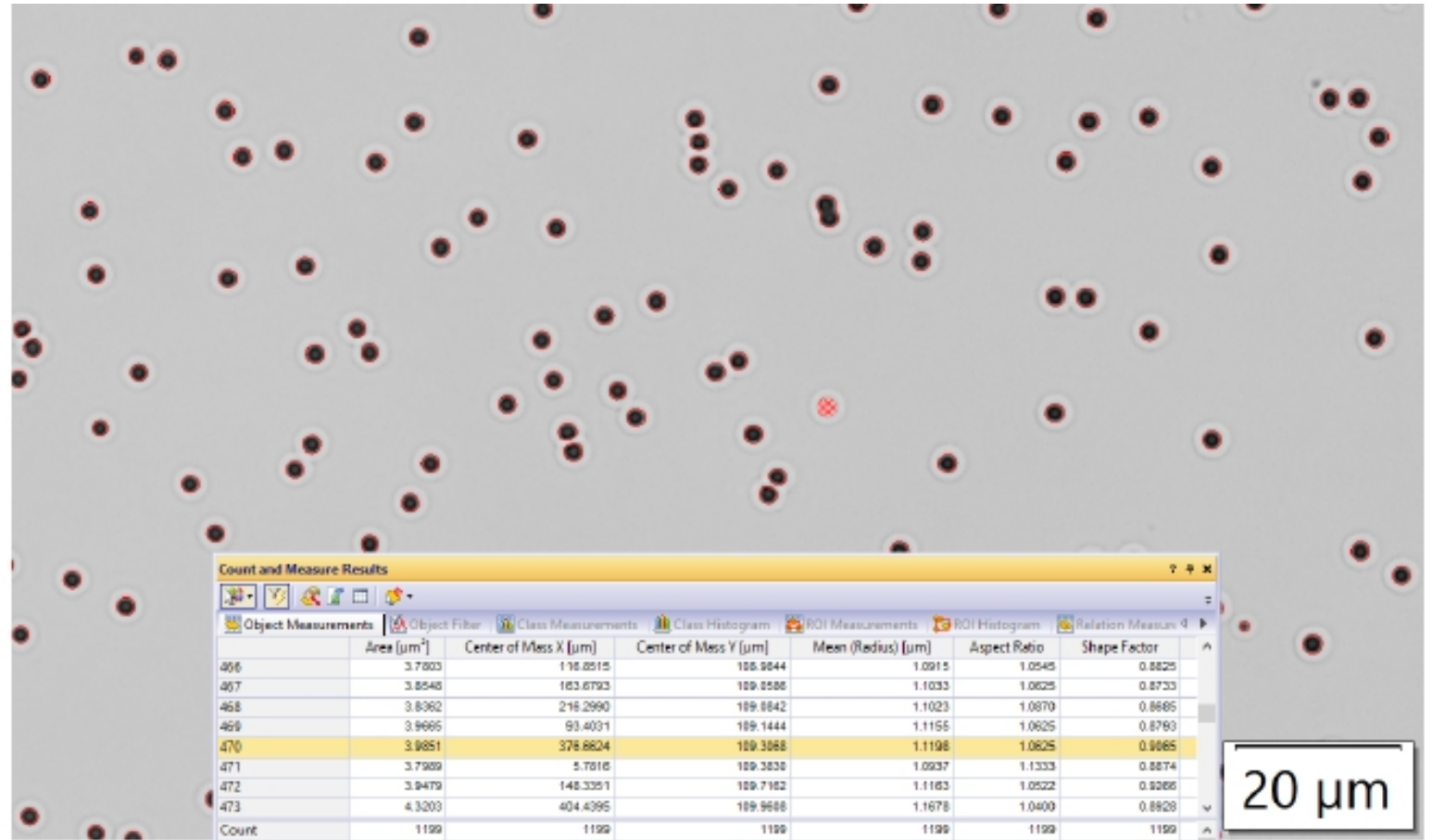
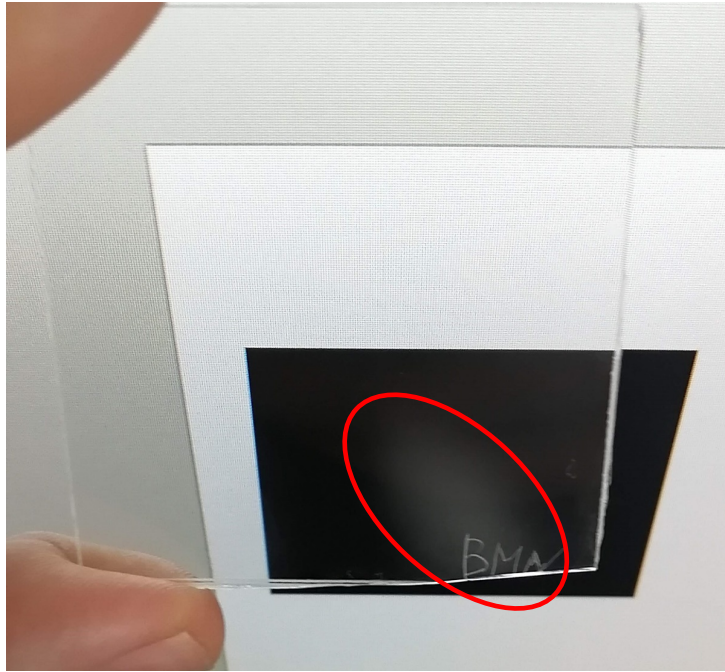
(7) Length 0.56 μ m

Count and Measure Results

Object Measurements Object Filter

	Aspect Ratio
235	1.27
236	1.25
237	1.26

Автоматический анализ ТТТД CR39



Увеличенное изображение облученного образца CR39, полученное с помощью микроскопа Olympus BX63. Представлена процедура автоматического анализа и счета входящих треков («дырок») ядер Хе в плоскость детектора CR39, реализованного в фирменном программном обеспечении CellSens Olympus.



научная программа START на базе ОИЯИ

- Условия:
- Область научных интересов соответствует одному из научных направлений ОИЯИ.
- Студент 3-го или 4-го курса бакалавриата, магистратуры или аспирант 1-го курса.

<https://start.jinr.ru/>



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH
Veksler and Baldin laboratory of High Energy Physics

FINAL REPORT ON THE START PROGRAMME

Analysis of the Irradiation of CR-39 Solid-State Nuclear Track Detector with a ^{124}Xe Beam at 3.85 A GeV

Supervisor:
Dr. Pavel Zarubin

Student:
Stanislau Murashka, Belarus
Belarusian State University

Participation period:
February 22 – March 11,
Winter Session 2023



Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

Факультет физики и информационных технологий
Кафедра теоретической физики

Допущена к защите
Зав. кафедрой Тюменков Г.Ю.
"___" _____ 20__ г.

**Анализ особенностей периферических
взаимодействий легких релятивистских ядер в
ядерной эмульсии**

Магистерская диссертация

Исполнитель
студентка группы КФ-57

О.Н. Кашанская

Научный руководитель
заведующий кафедрой теоретической физики,
к.ф.-м. наук, доцент

Г.Ю. Тюменков

Консультант
научный сотрудник НЭОФИ ЛФВЭ ОИЯИ,
к.ф.-м. наук

А.А. Зайцев

Рецензент
профессор кафедры оптики
д.ф.-м. наук, доцент

С.А. Хахомов

Заключение

- ядерные фотоэмульсии и твердотельные трековые детекторы остаются высокоточным инструментом для регистрации заряженных частиц
- современные системы сканирования превращают обработку эмульсий и CR-39 в задачу класса **Big Data**.
- автоматизация и нейросетевые методы значительно ускоряют анализ
- имплементация алгоритмов распознавания изображений позволяют исследовать редкие события и большие массивы данных
- развитие технологий и участие молодых исследователей открывают новые перспективы для фундаментальных и прикладных применений

Спасибо за внимание!



becquerel.jinr.ru