



Опытное облучение ядерной эмульсии и твердотельных трековых детекторов в прошедшем сеансе

Докладчик: Зайцев Андрей Александрович
нс ЛФВЭ НЭОФТИ сектор №4

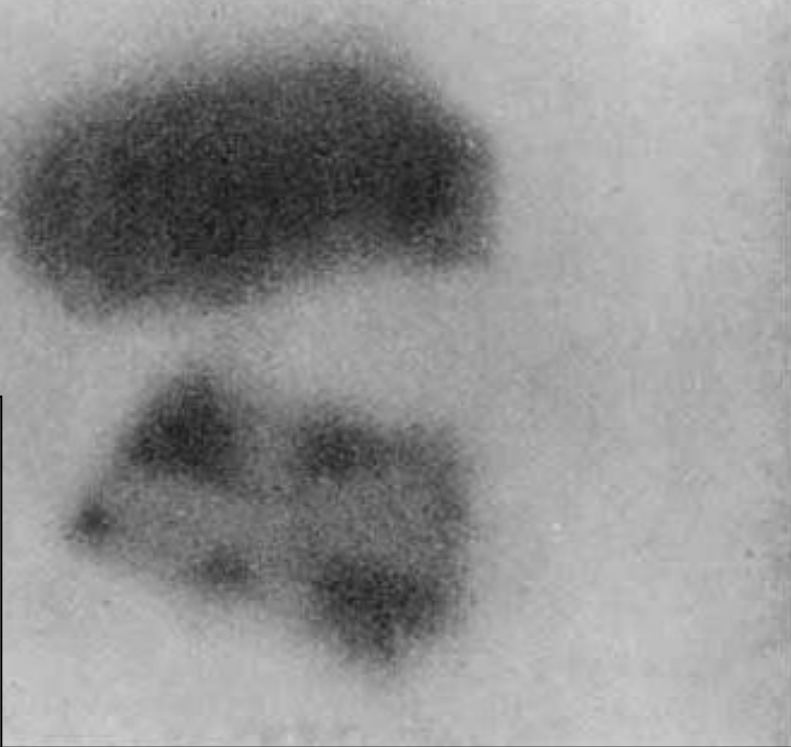
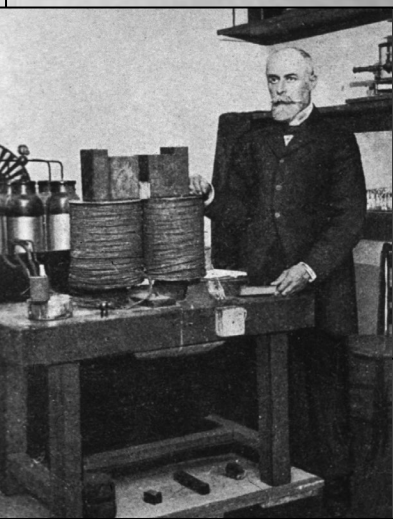
becquerel.jinr.ru

Содержание

- **Метод ядерных эмульсий**
- **Метод пластиковых ТТД**
- **Исследование опытных образцов облученных:**
 - **На выведенном канале в точке F3**
 - **На экспериментальной установке VM@N**
 - **На станции облучения SOChI**

Метод ядерных фотоэмульсий

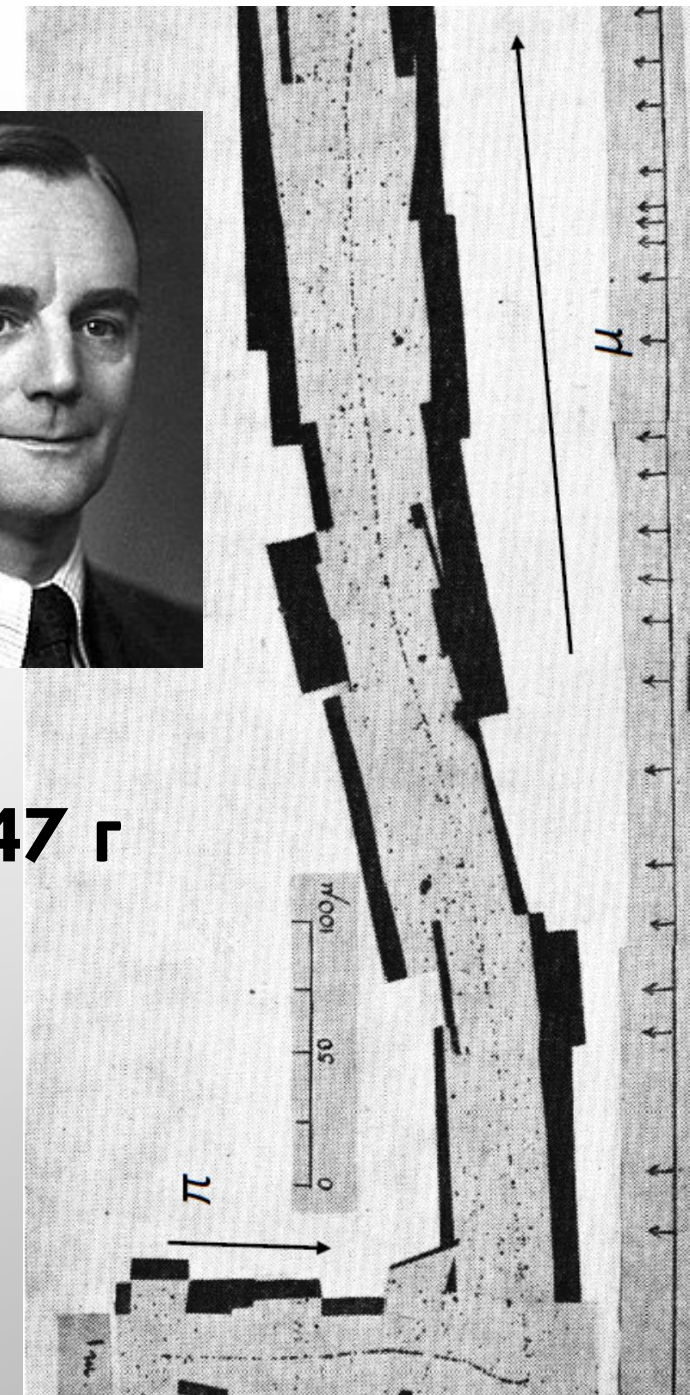
60 - 1-10-90. Dalford 'Verble' 'D'uray et de Polarisations
Papier noir. Cuir de laiton mince -
Exposé au soleil le 27. et à la lune diffuse le 26. -
Développé le 1-10-90.



1896 г.

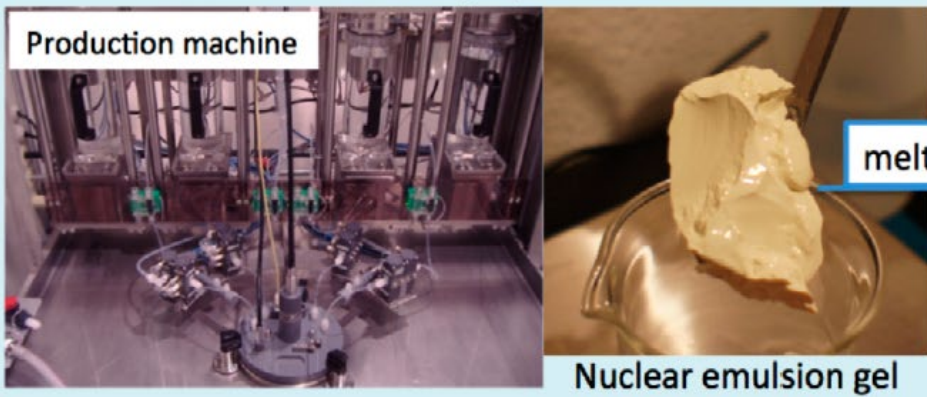


1947 г

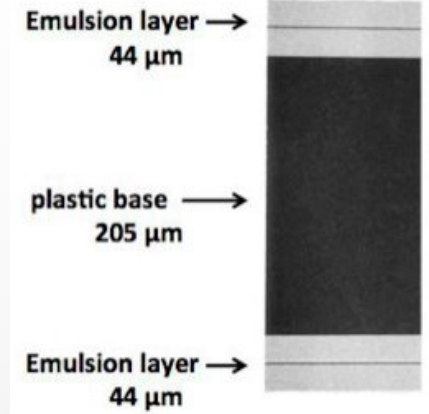
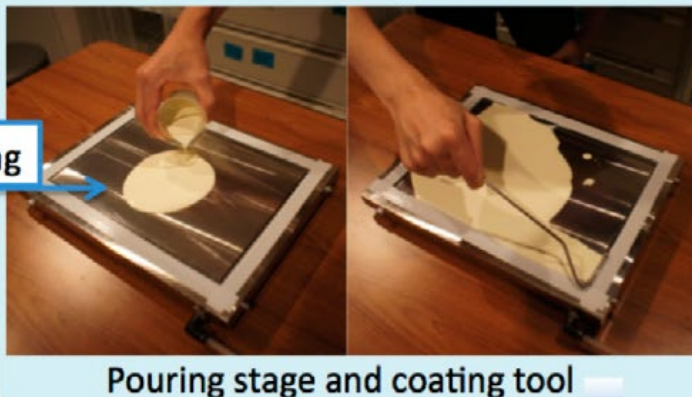


Метод ядерных фотоэмульсий

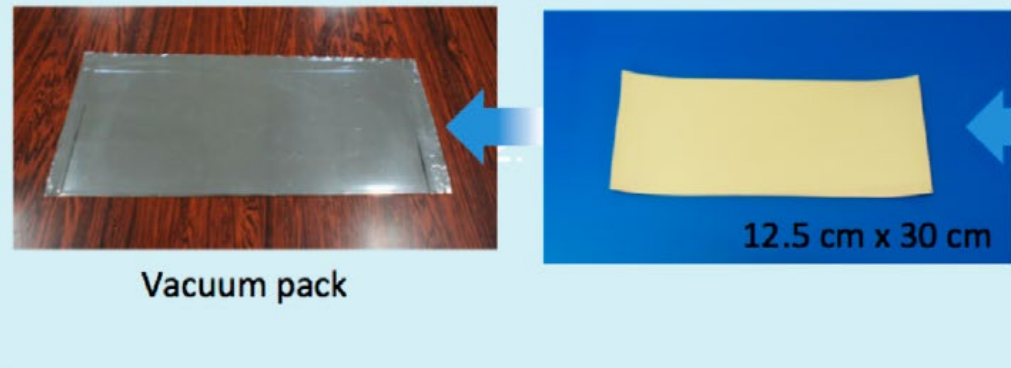
Emulsion gel production



Pouring



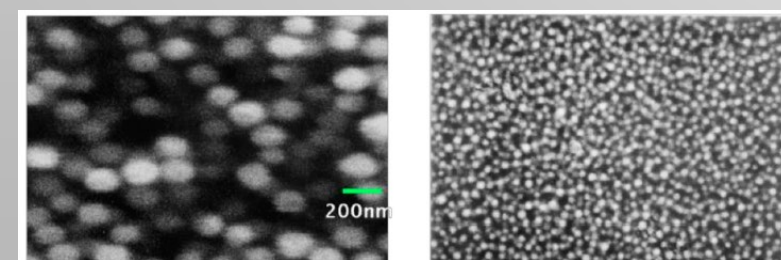
Cutting and packing



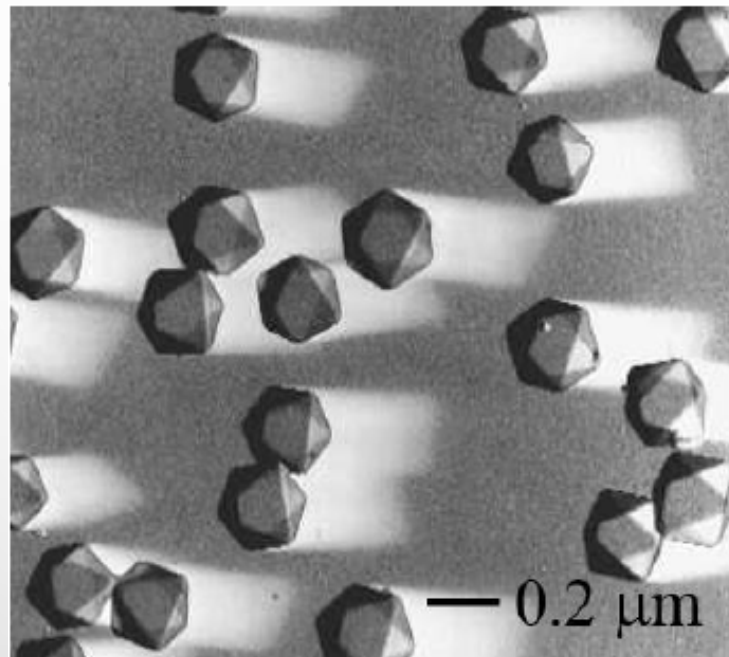
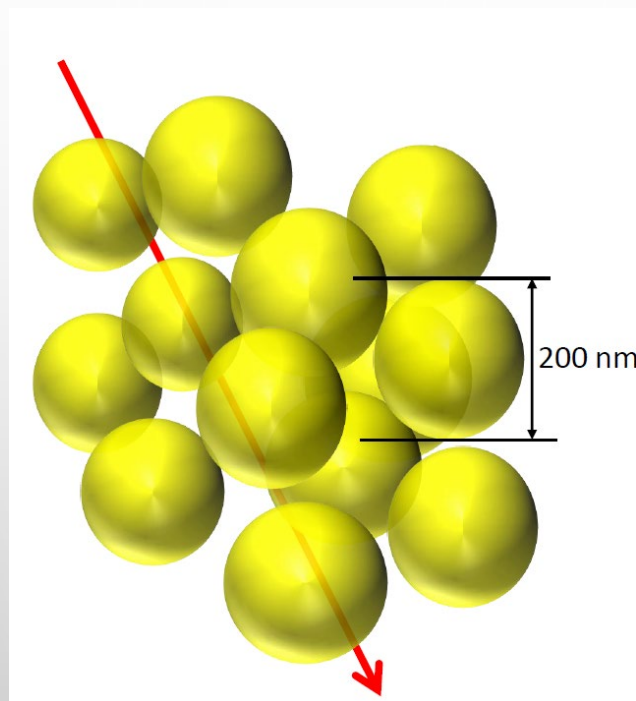
Drying



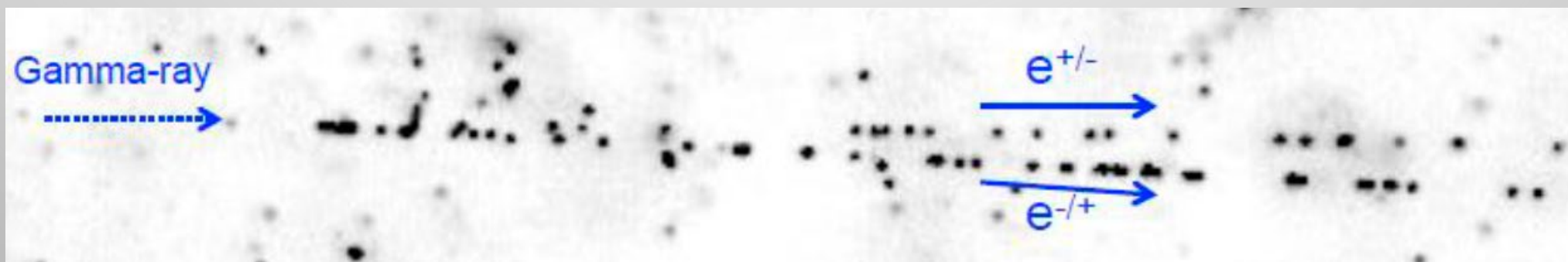
Element	Mass Fraction	Atomic Fraction
Ag	0.44	0.10
Br	0.32	0.10
I	0.019	0.004
C	0.101	0.214
O	0.074	0.118
N	0.027	0.049
H	0.016	0.410
S	0.003	0.003



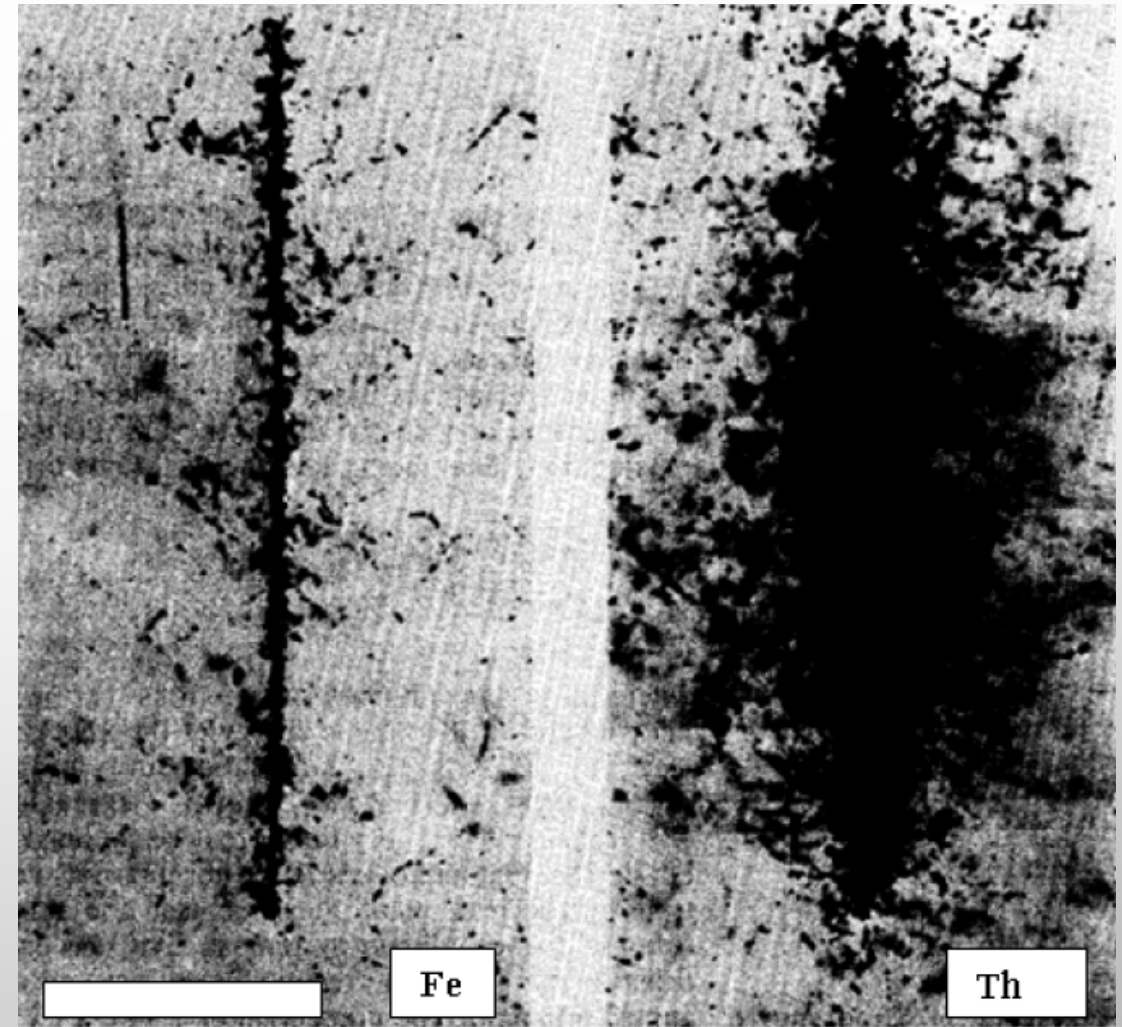
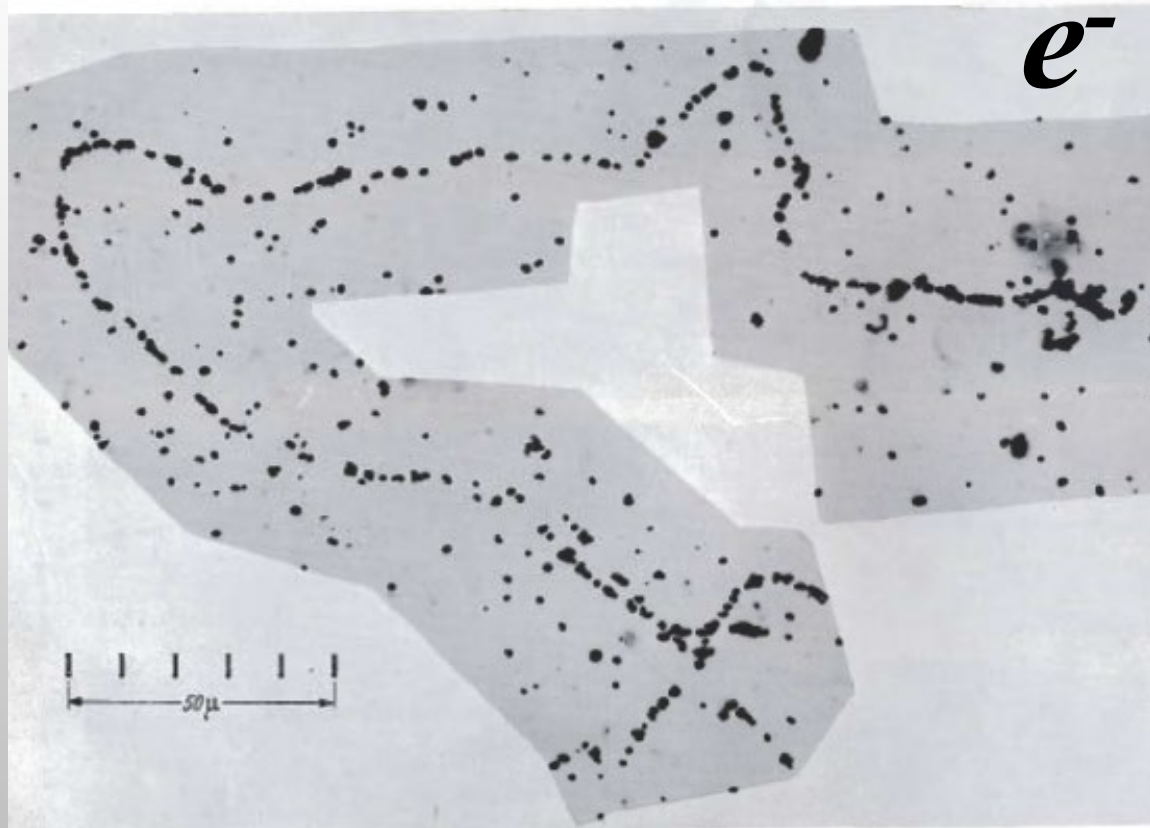
Метод ядерных фотоэмульсий



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

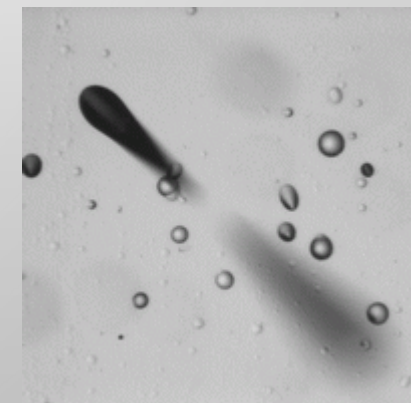
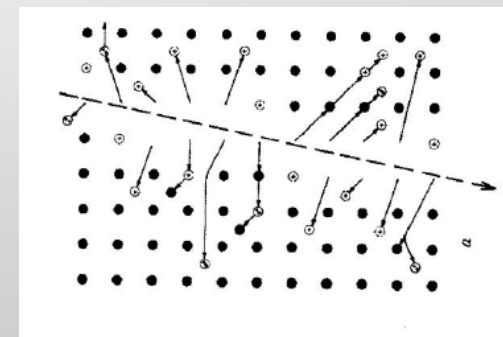
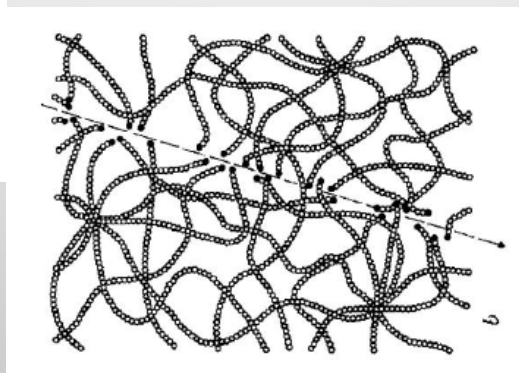
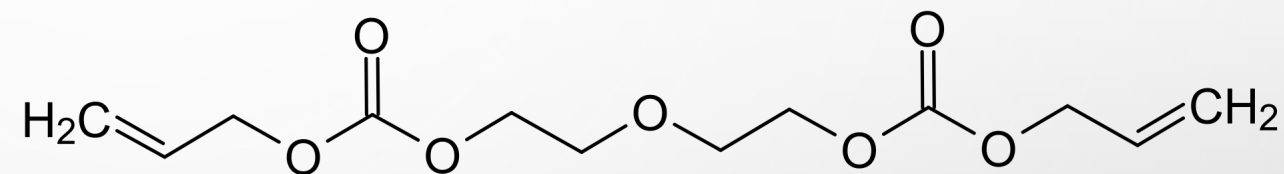


Метод ядерных фотоэмульсий



Метод твердотельных детекторов

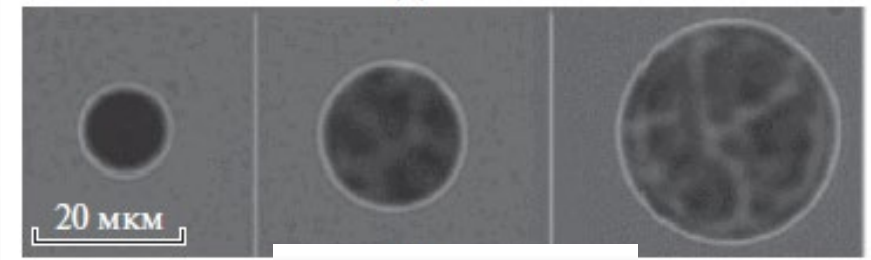
Аллилдигликолькарбонат (АДК)
«Columbia Resin» №39



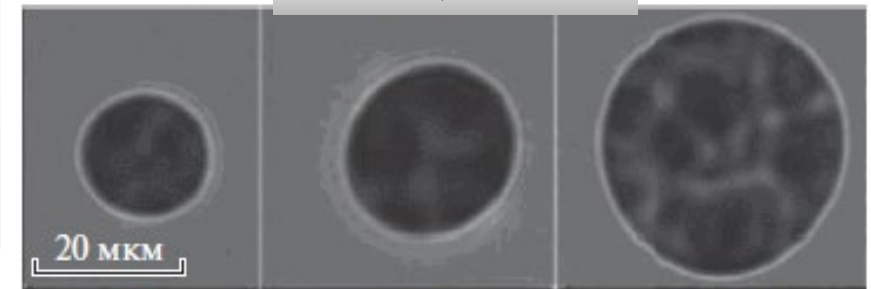
Метод твердотельных детекторов

Материал	Условия травления	Самые легкие регистрируемые частицы	Критический угол	Эффективность регистрации в режиме 2л	Фон трек см ⁻²	Обычное использование
полиаллилдигликолькарбонат PADC (CR-39, SR-86, CZ)	6 N NaOH, 70°C, 1–4 ч; 6 N NaOH, 85°C, 180 мин	H (<20 МэВ)	~10°	0.7	5–500	альфа-частицы, протоны

Протоны 1МэВ



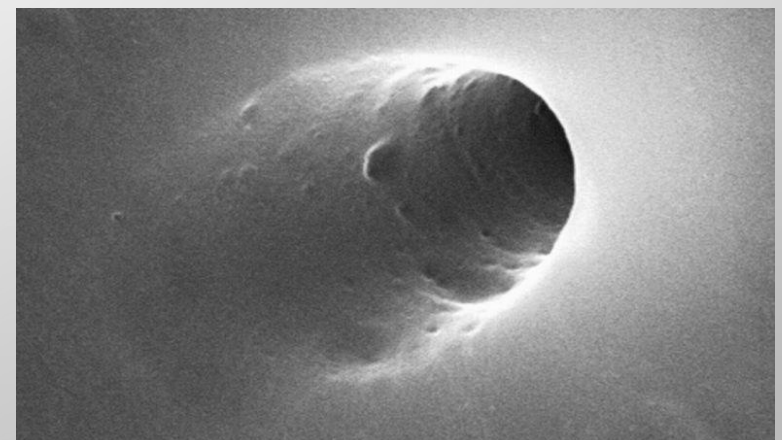
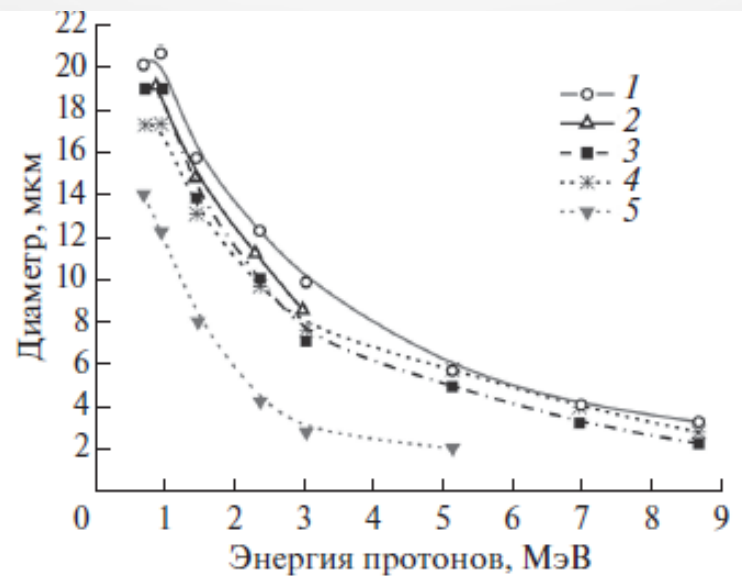
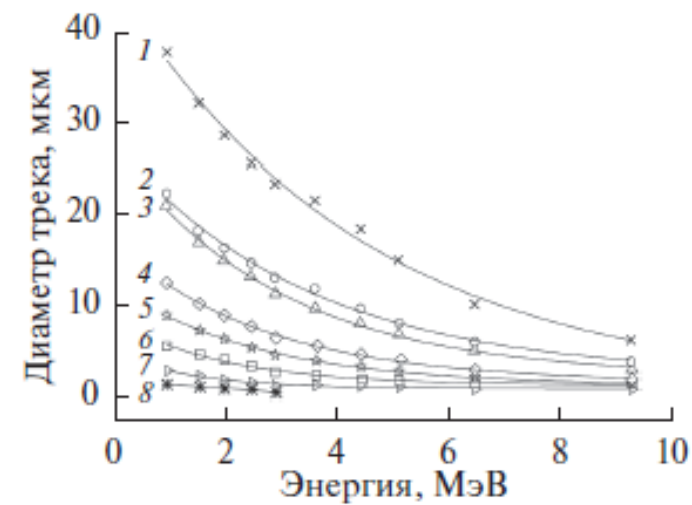
α-частицы 5.5 МэВ



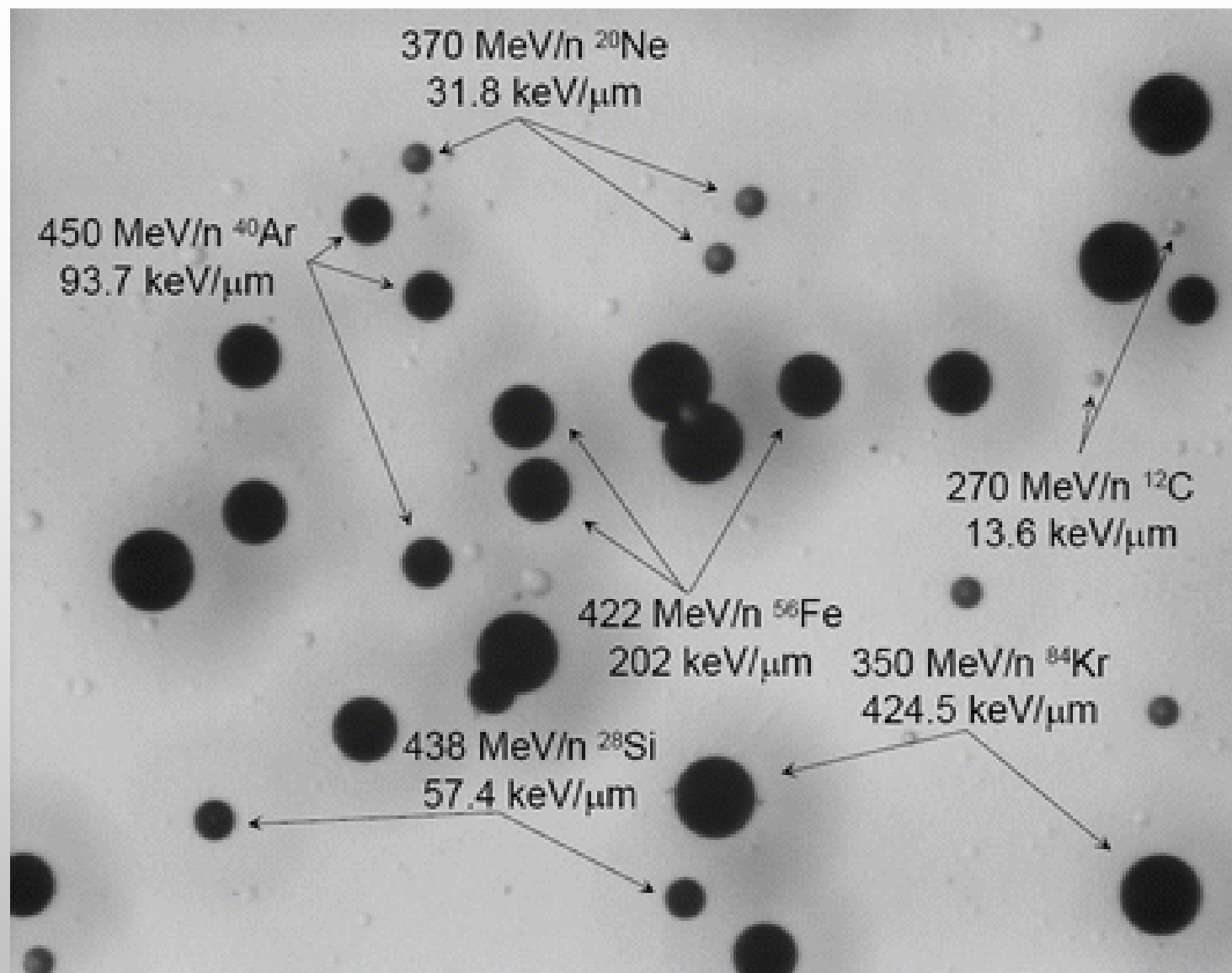
75°C

80°C

85°C

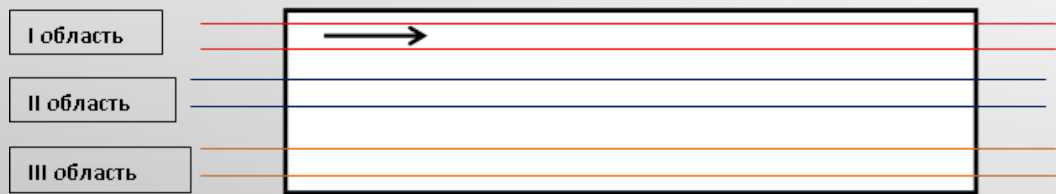
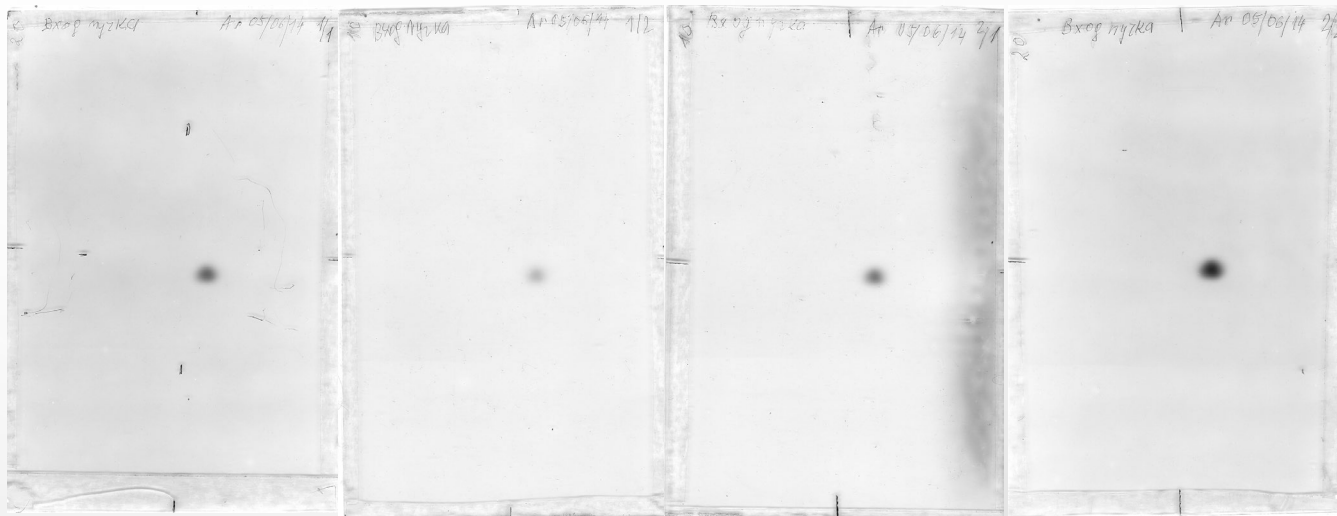


Метод твердотельных детекторов



Облучение ядерной эмульсии ядрами аргона (2014 г.)

Ar 1.2 А ГэВ при интенсивности 10^5



Z=18 (38%)

Z < 18 (14%)

Z = 2 (5%)

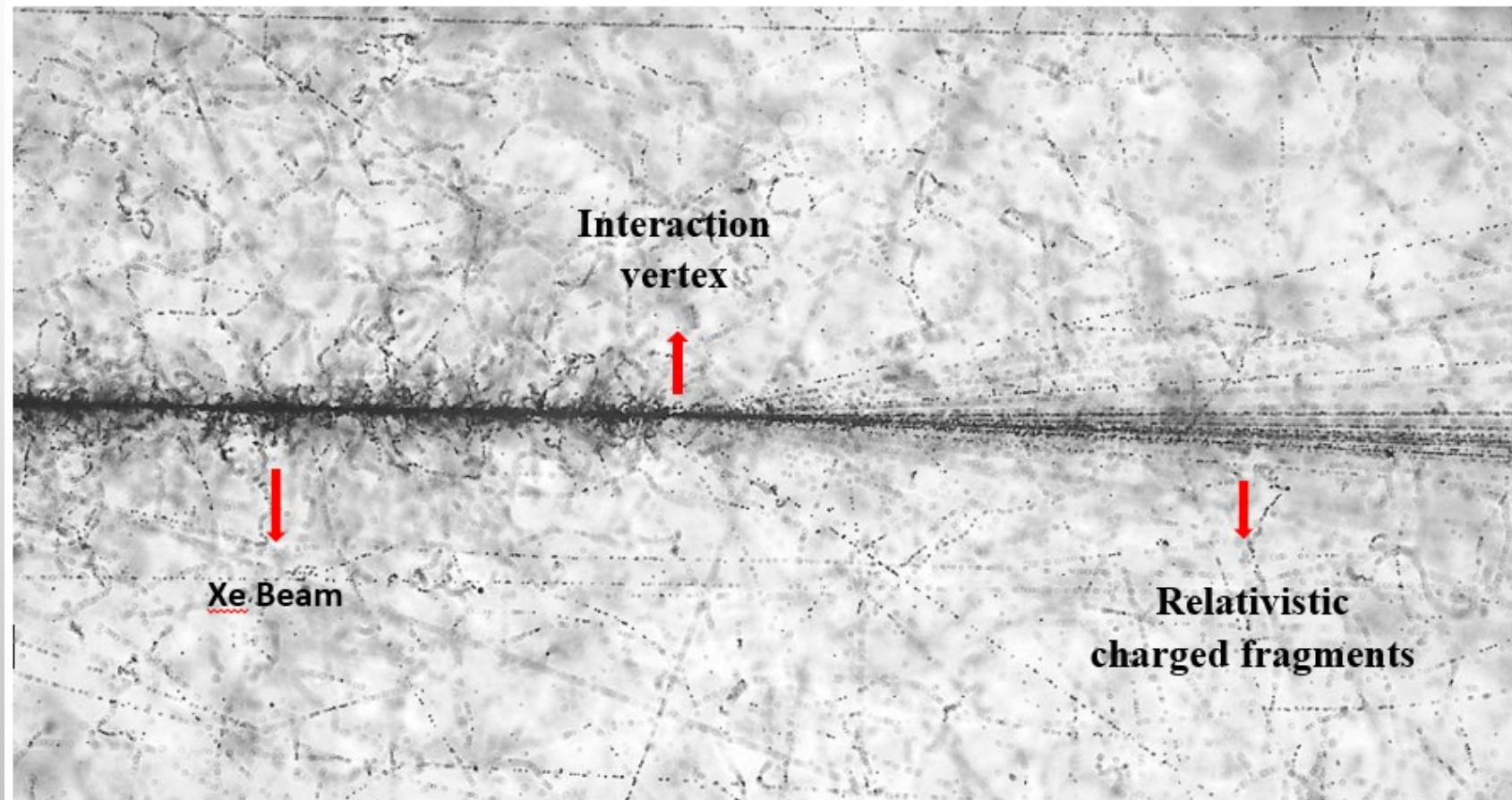
Z = 1 (43%)

треков	I область	II область	III область	Все
просмотренных квадратов	13	15	15	43
черных (Z=18)	63	65	96	224
черных (Z<18)	16	35	33	84
серых (Z=2)	10	8	11	29
релят. (Z=1)	64	93	92	249

Облучение ядерной эмульсии ядрами ксенона F3 (2022 г.)



Больше изображений на сайте: besquerel.jinr.ru



Облучение ядерной эмульсии ядрами ксенона F3 (2022 г.)



1 цикл

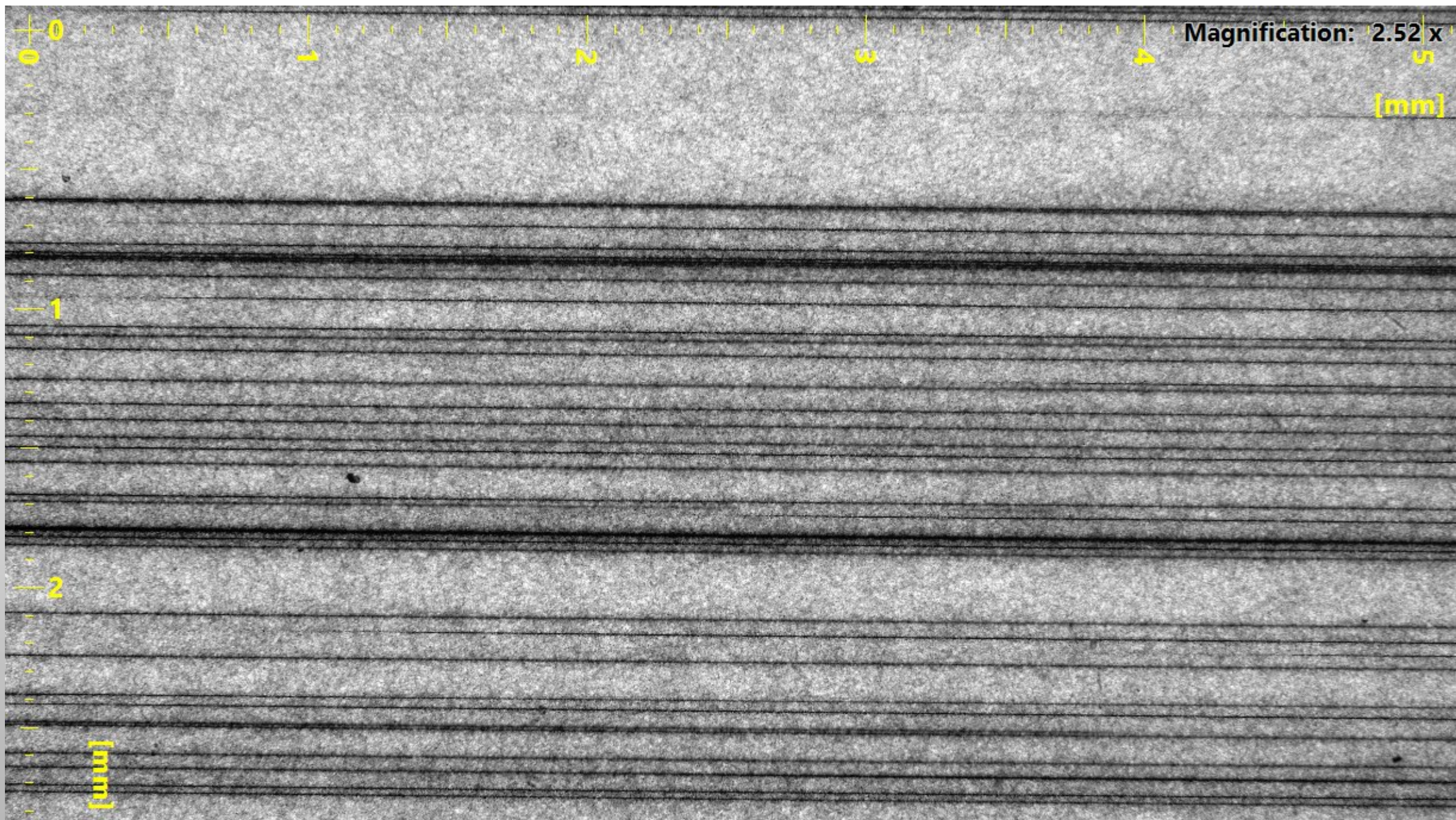


5 циклов

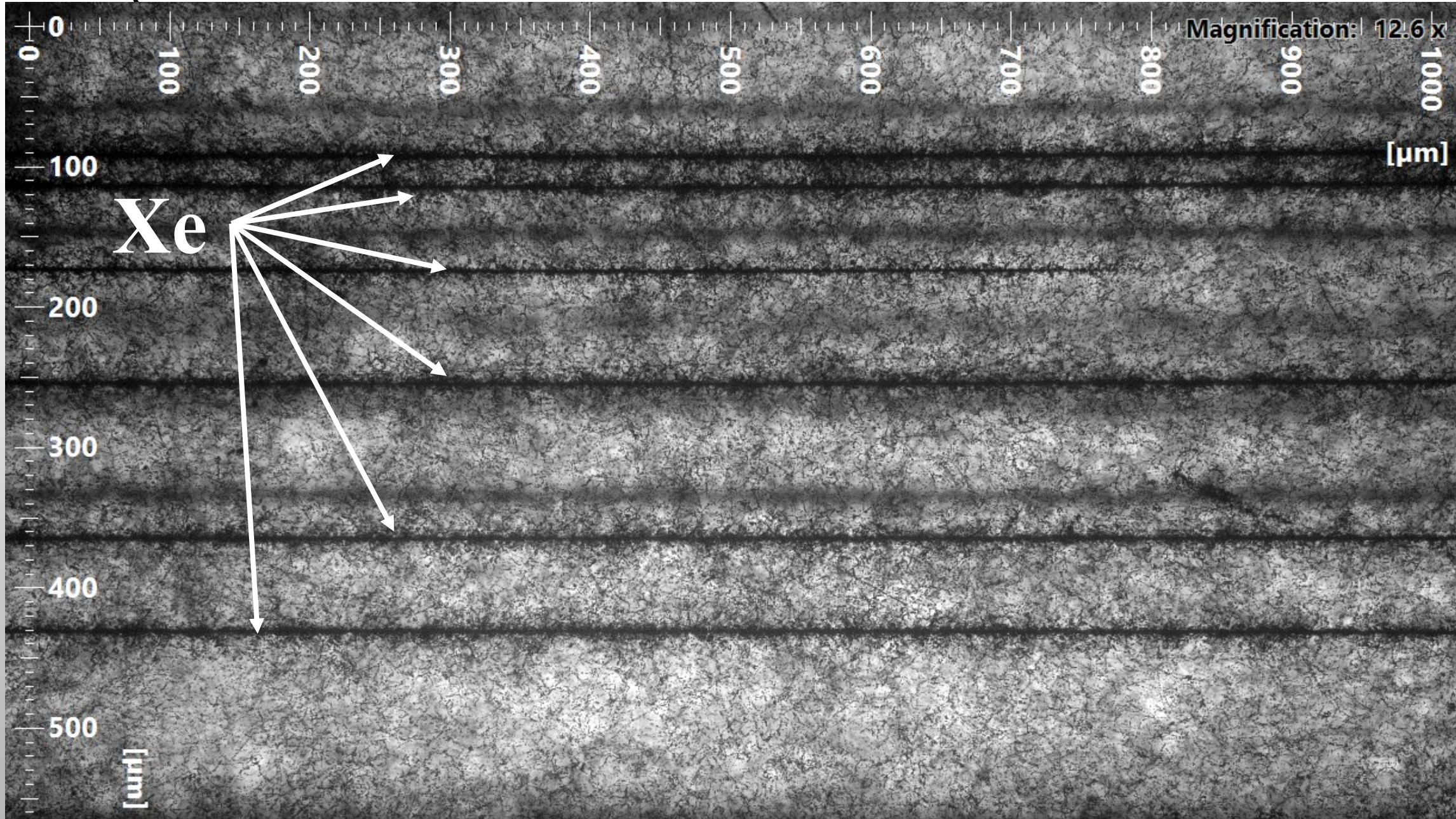


25 циклов

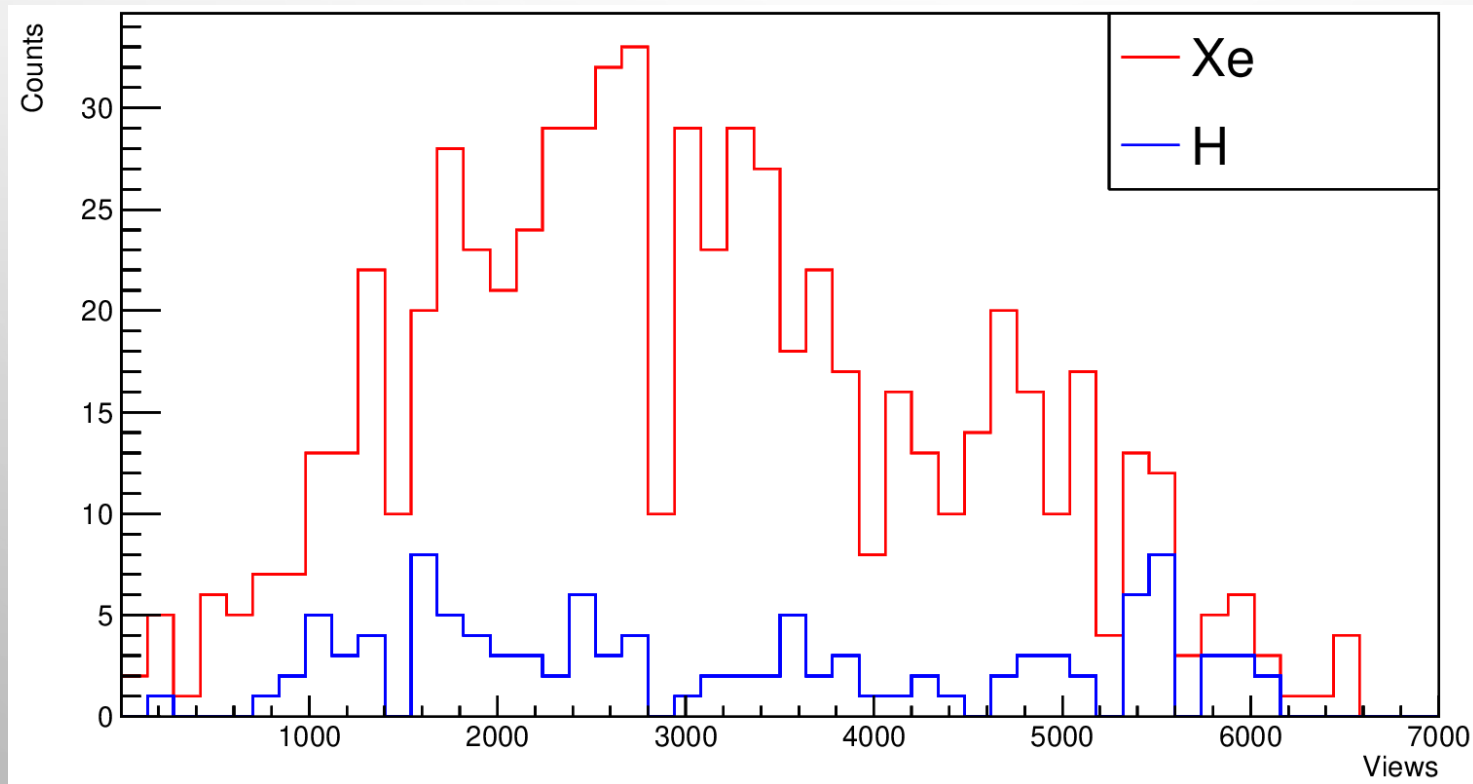
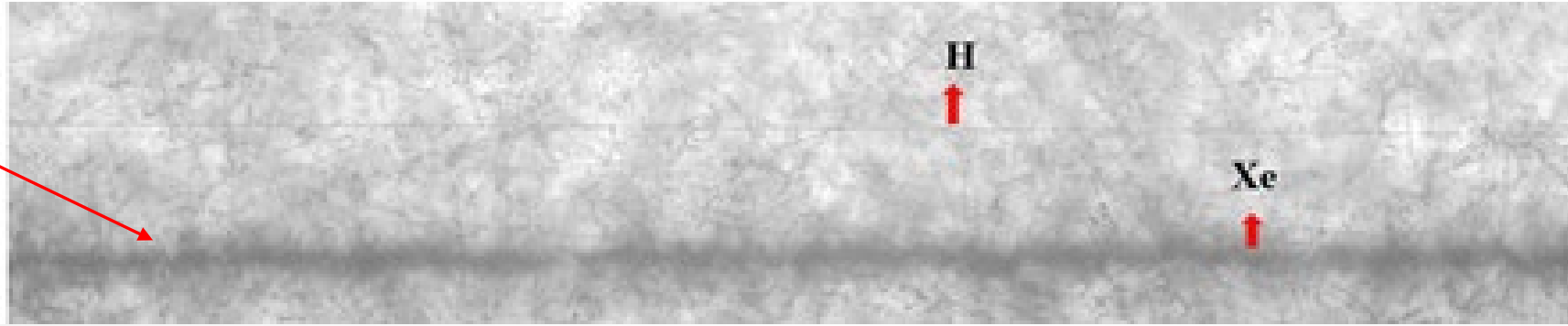
Облучение ядерной эмульсии ядрами ксенона F3 (2022 г.)



Облучение ядерной эмульсии ядрами ксенона (2022)



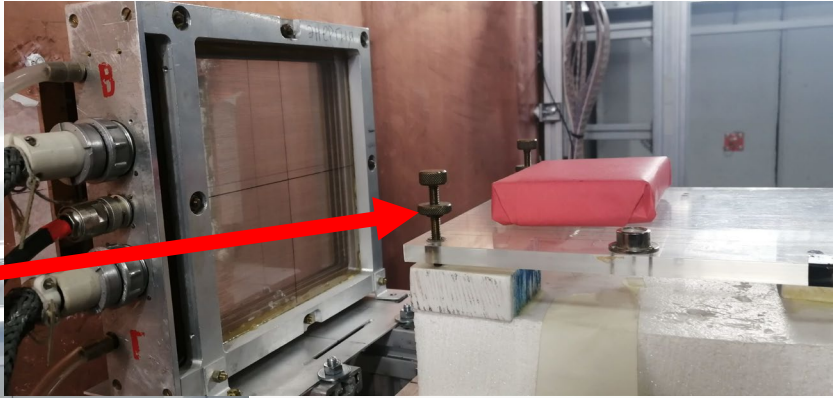
Облучение ядерной эмульсии ядрами ксенона (2022 г.)



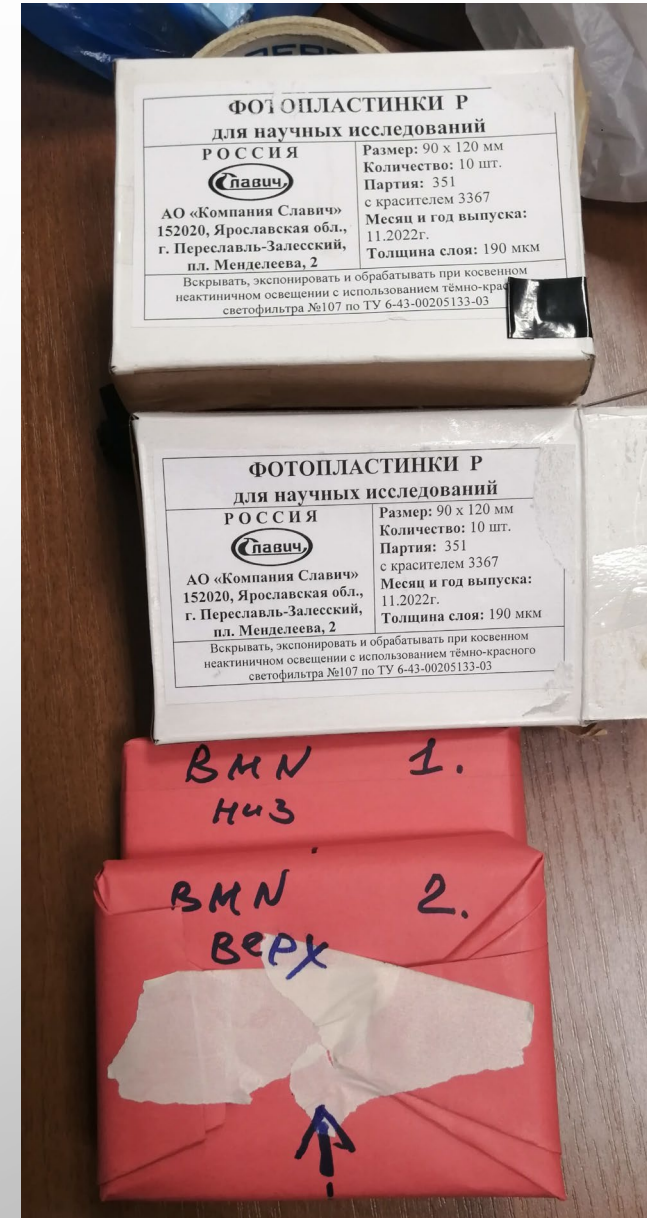
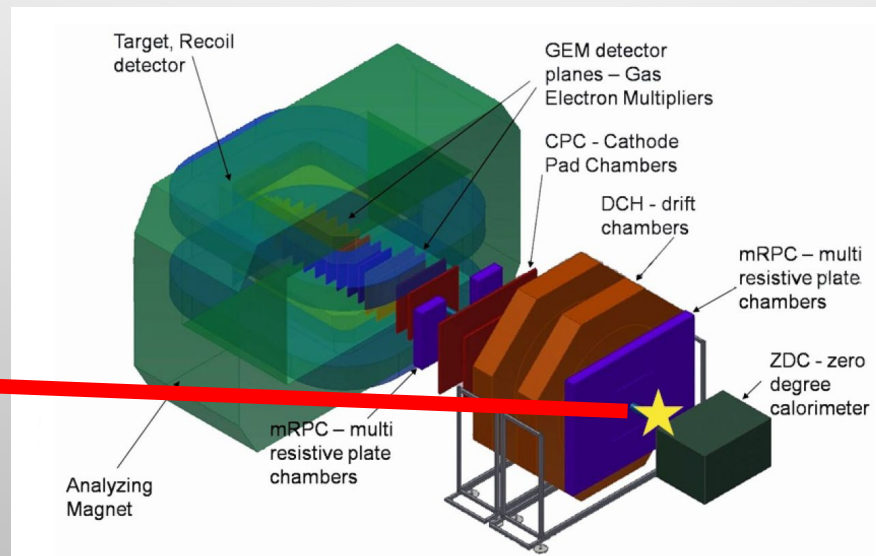
Z=54 – 85%

Z=1 – 15%

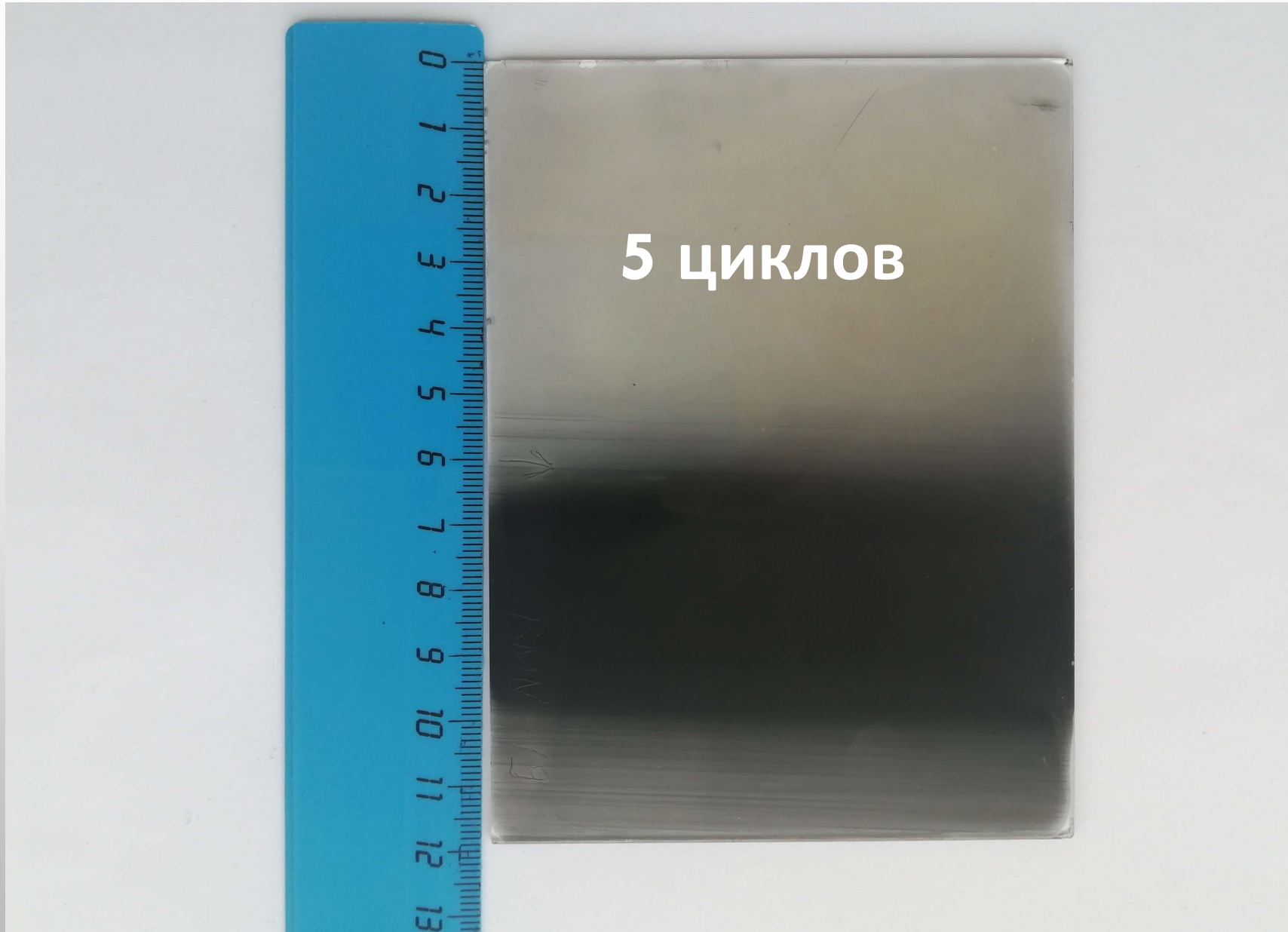
Облучение ядерной эмульсии VM@N (2023 г.)



$\text{Xe } 3.86 \text{ A GeV } \sim 10^7$



Облучение ядерной эмульсии ВМ@N (2023 г.)



Сканирование ТТД

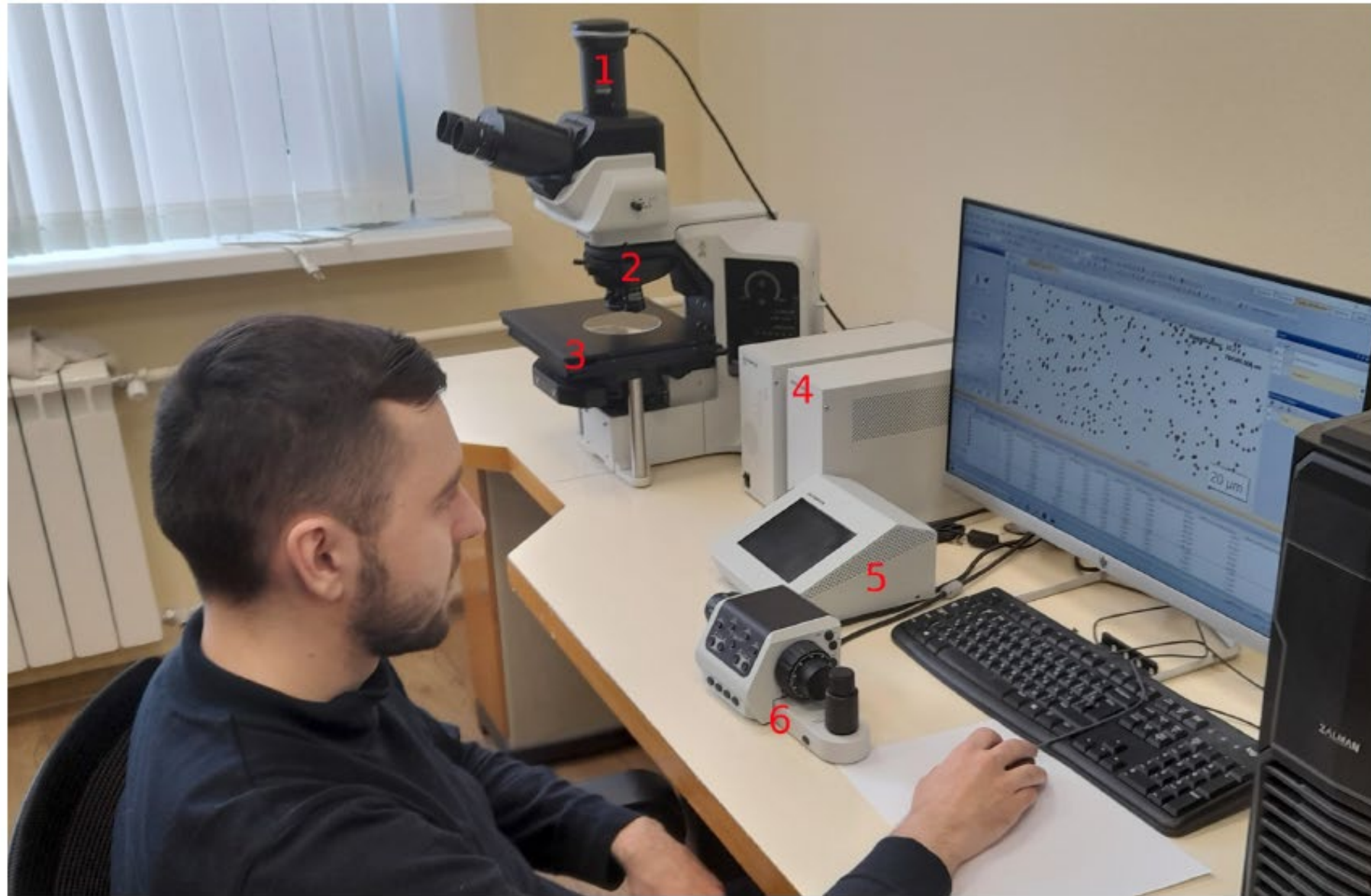
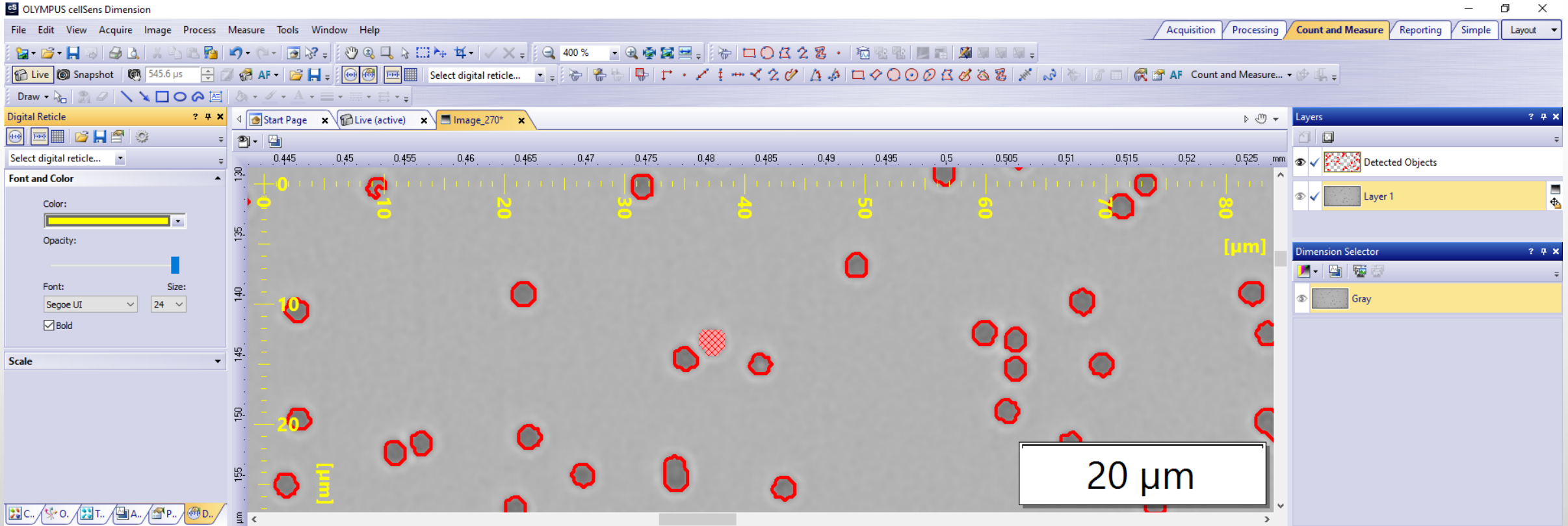


Figure 5: Olympus BX63 motorised microscope. 1) microscope camera, 2) lens revolver, 3) motorised stage, 4) microscope control units, 5) controller, 6) touch panel controller.

Сканирование ТТД

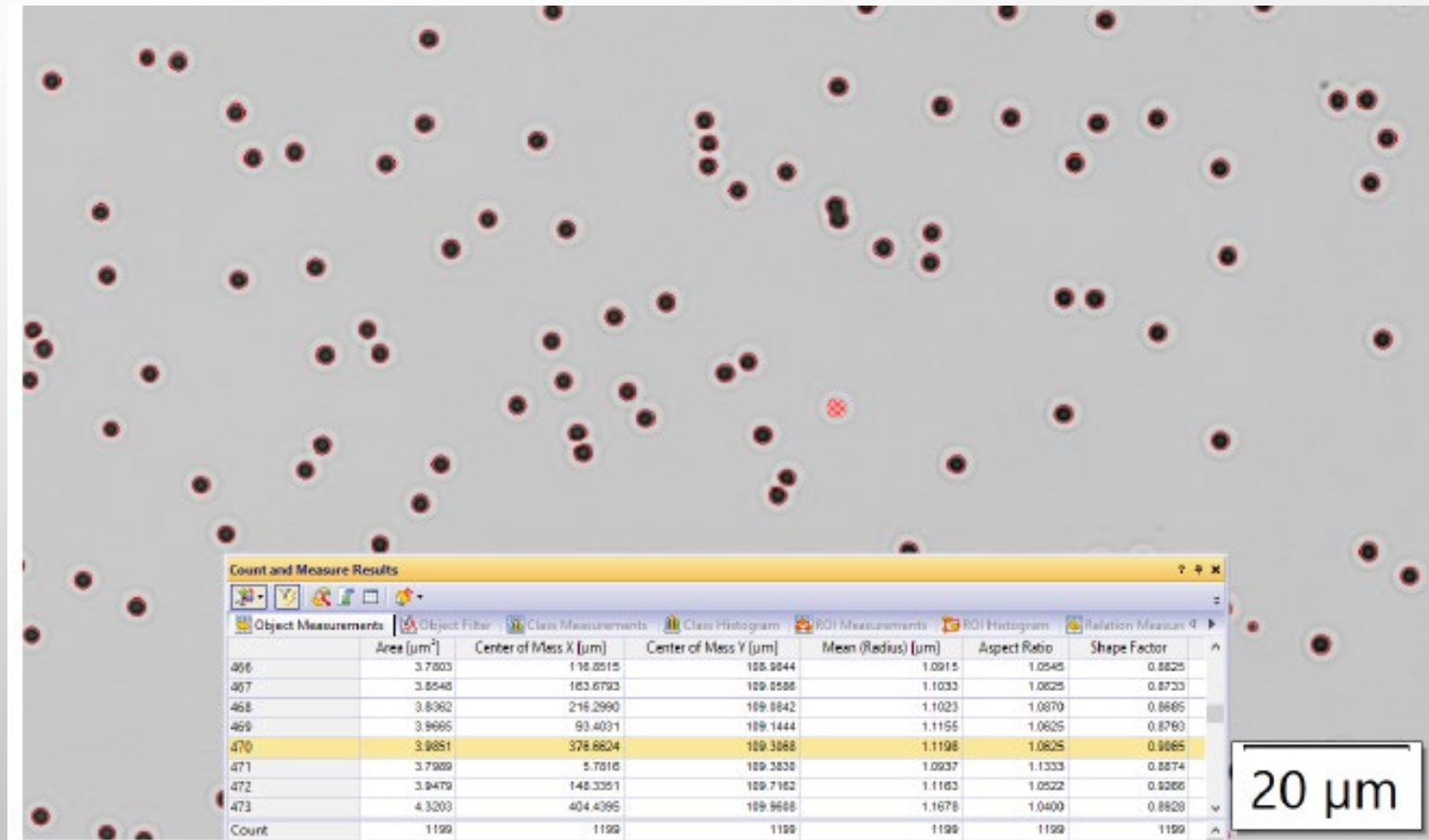
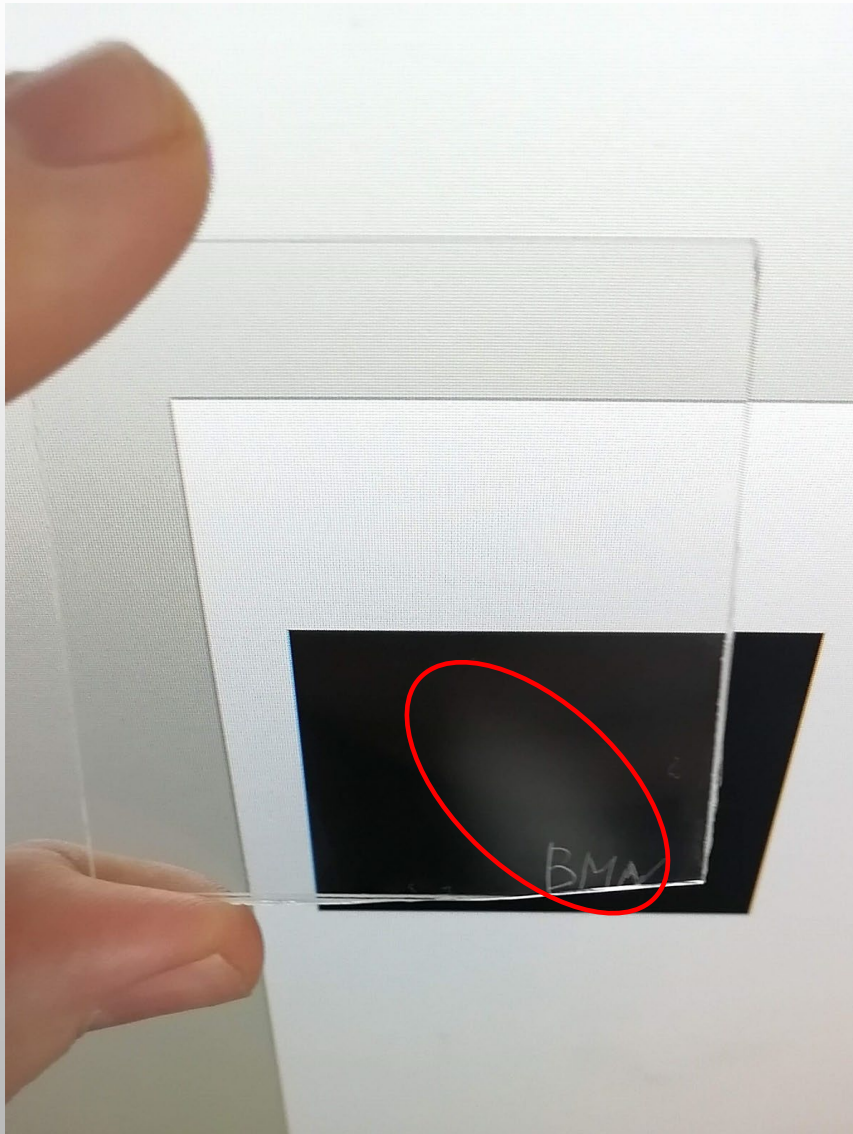


Object Class	Object ID	Area [μm^2]	Center of Mass X [μm]	Center of Mass Y [μm]	Mean (Radius) [μm]	Aspect Ratio	Shape Factor	Perimeter [μm]	Mean (Gray Intensity Value)	Std Dev (Gray Intensity Value)	Mean (Color Intensity Value)	Convexity
1	1471	3.9399	480.5583	143.8894	1.1178	1.0626	0.8803	6.6138	548.2963	50.5659	-	0.9818
1	1472	3.0643	578.1028	143.8408	0.9608	1.1429	0.8852	5.7571	559.8333	46.3650	-	0.9767
1	1473	3.5021	598.2294	143.8344	1.0247	1.1429	0.9196	6.0735	544.2083	50.3078	-	1.0000
1	1474	3.7210	714.7018	143.9138	1.0754	1.0833	0.8690	6.4555	551.8039	51.2457	-	0.9808
1	1475	3.5751	844.7516	143.8454	1.0542	1.1250	0.8193	6.5211	543.4898	61.7312	-	0.9423
1	1476	4.0128	903.8446	143.9424	1.1293	1.1250	0.8940	6.6793	545.0545	65.6712	-	0.9821
1	1477	5.9098	609.7833	144.6614	1.3088	1.5000	0.8326	8.5893	538.2716	58.7182	-	0.9759
1	1478	11.3088	213.6015	144.7545	1.7245	2.0000	0.4209	16.6655	535.1032	59.6994	-	0.8031
1	1479	254.6201	3.9399	144.5096	1.1013	1.1615	0.8237	6.8375	545.8889	58.0401	-	0.9474
1	1480	3.5751	542.3260	144.5124	1.0465	1.0772	0.8786	6.2973	540.6327	48.0619	-	0.9800
Count	-	5803	5803	5803	5803	5803	5803	5803	5803	5803	0	5803
Count in filter ranges	-	5803	5803	5803	5803	5803	5803	5803	5803	5803	0	5803
Mean	-	4.1059	573.9250	283.8555	1.0998	1.2537	0.7739	7.6998	561.3611	51.9048	-	0.9308
Standard Deviation	-	1.7908	321.0697	165.1803	0.2066	0.4723	0.2221	4.4597	30.7914	17.3440	-	0.1131

Облучение ТТД CR39 в ВМ@N (2023 г.)

Условия травления:

6M NaOH, T=85°C, t=20 min



Object Measurements	Area [μm ²]	Center of Mass X [μm]	Center of Mass Y [μm]	Mean (Radius) [μm]	Aspect Ratio	Shape Factor
466	3.7803	118.8515	188.9844	1.0915	1.0545	0.8825
467	3.8548	163.6793	189.8586	1.1033	1.0625	0.8733
468	3.8362	216.2990	189.8842	1.1023	1.0870	0.8685
469	3.9665	93.4031	189.1444	1.1155	1.0625	0.8760
470	3.9851	378.8824	189.3888	1.1198	1.0825	0.8685
471	3.7989	5.7916	189.3838	1.0937	1.1333	0.8874
472	3.9479	148.3391	189.7162	1.1163	1.0522	0.9366
473	4.3203	404.4395	189.9688	1.1678	1.0400	0.8828
Count	1199	1199	1199	1199	1199	1199

20 μm

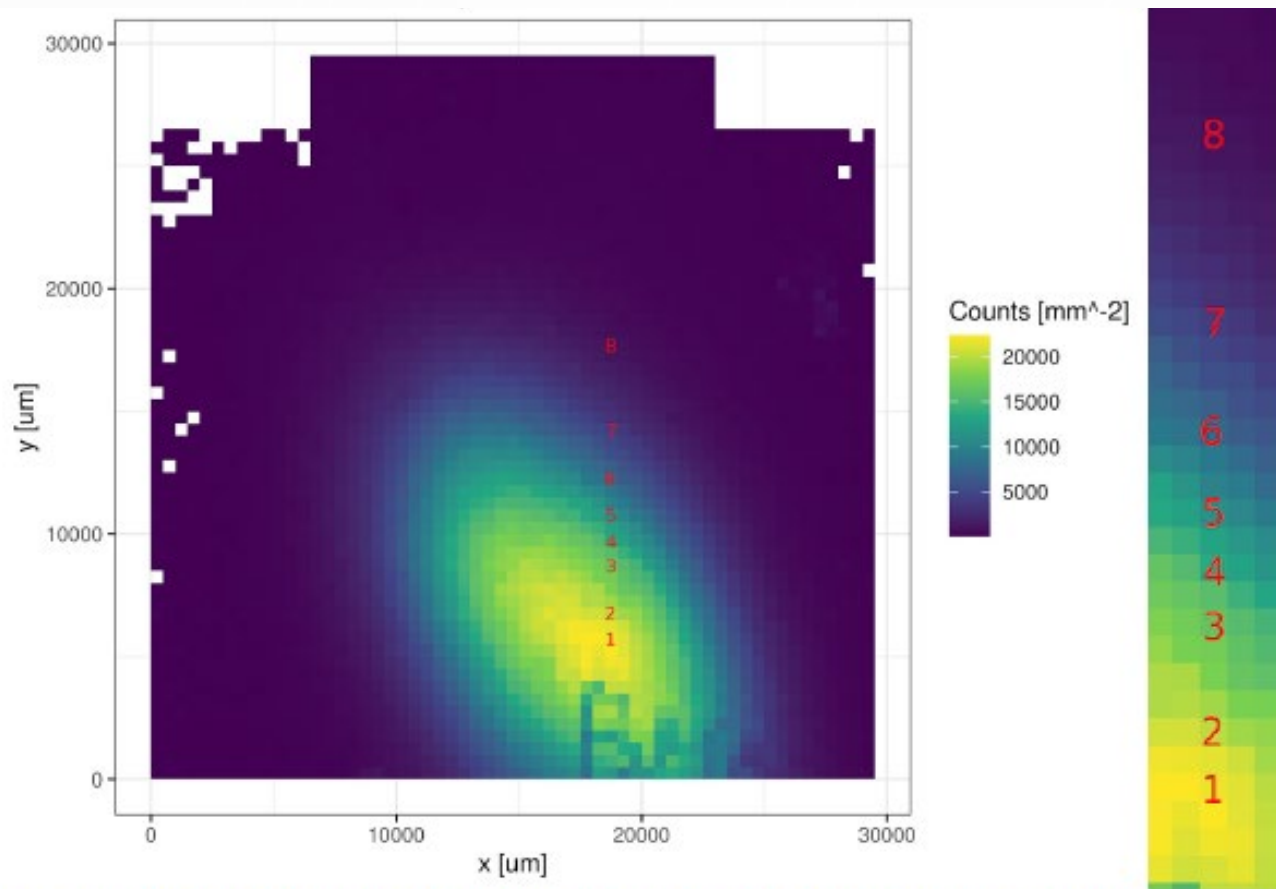


Figure 14: Spatial distribution of dip over the area of the CR-39 SSNTD. The bin width is 0.5 mm. On the right there are the centres of the analysed squares.

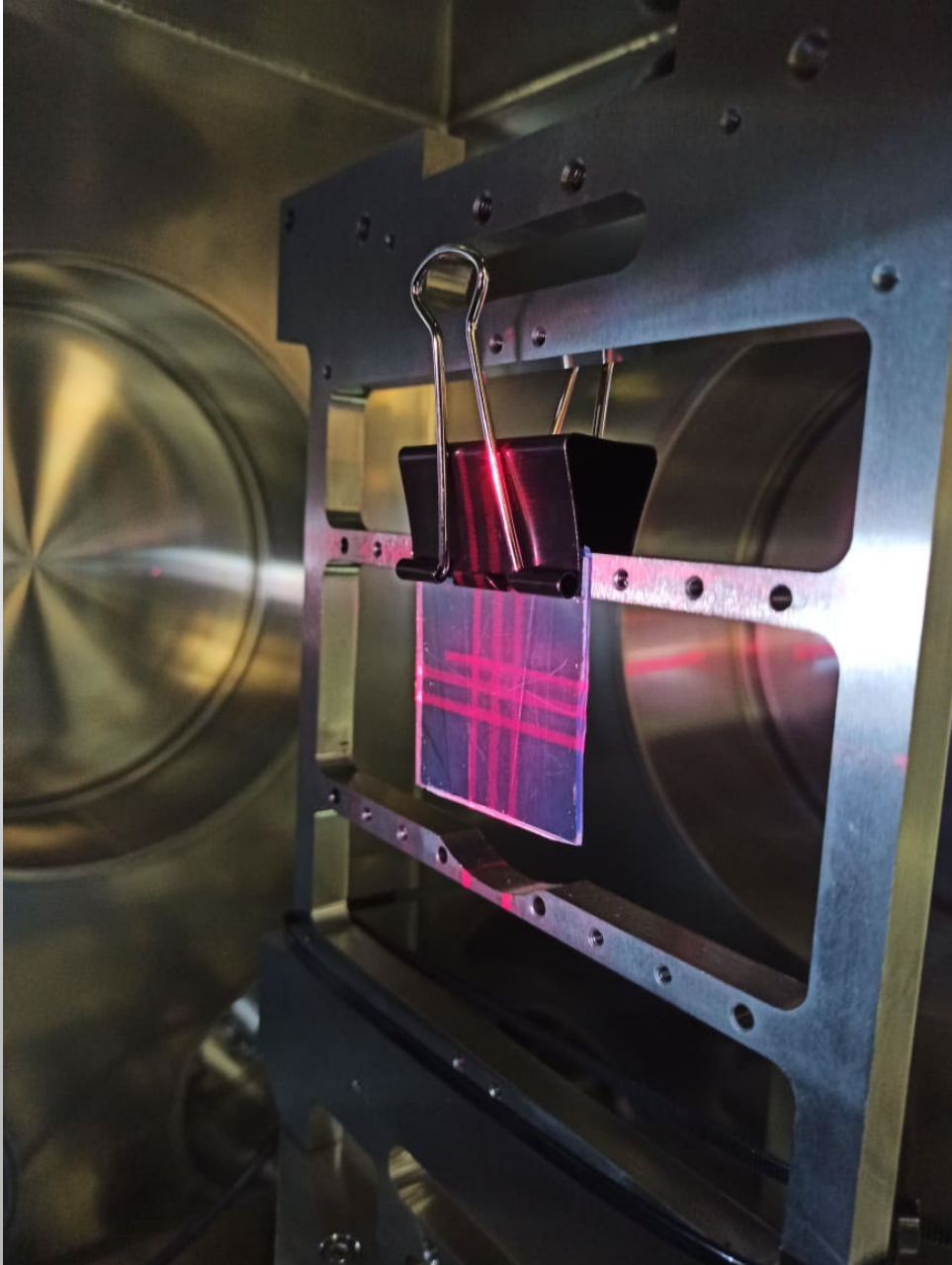
Table 3. Estimation of track density by the visual method.

No. Square	Square side [mm]	Total number of dips	Number of tracks	ratio of tracks to dips	Fluence [mm ⁻²]
1	0.25	1370	1601	1.16862	25616
2	0.25	1288	1487	1.15450	23792
3	0.25	1110	1250	1.12613	20000
4	0.25	982	1077	1.09674	17232
5	0.25	744	776	1.04301	12416
6	0.25	502	528	1.05179	8448
7	0.5	980	991	1.01122	3964
8	1	772	772	1.00000	772

Пучок имеет эллиптическую форму с наклоном эллипса около 45°.

Эллипс пучка, внутри которого плотность «дырок» превышает 10³ мм⁻² имеет размеры большой и малой полуосей порядка 16 и 8 мм соответственно.

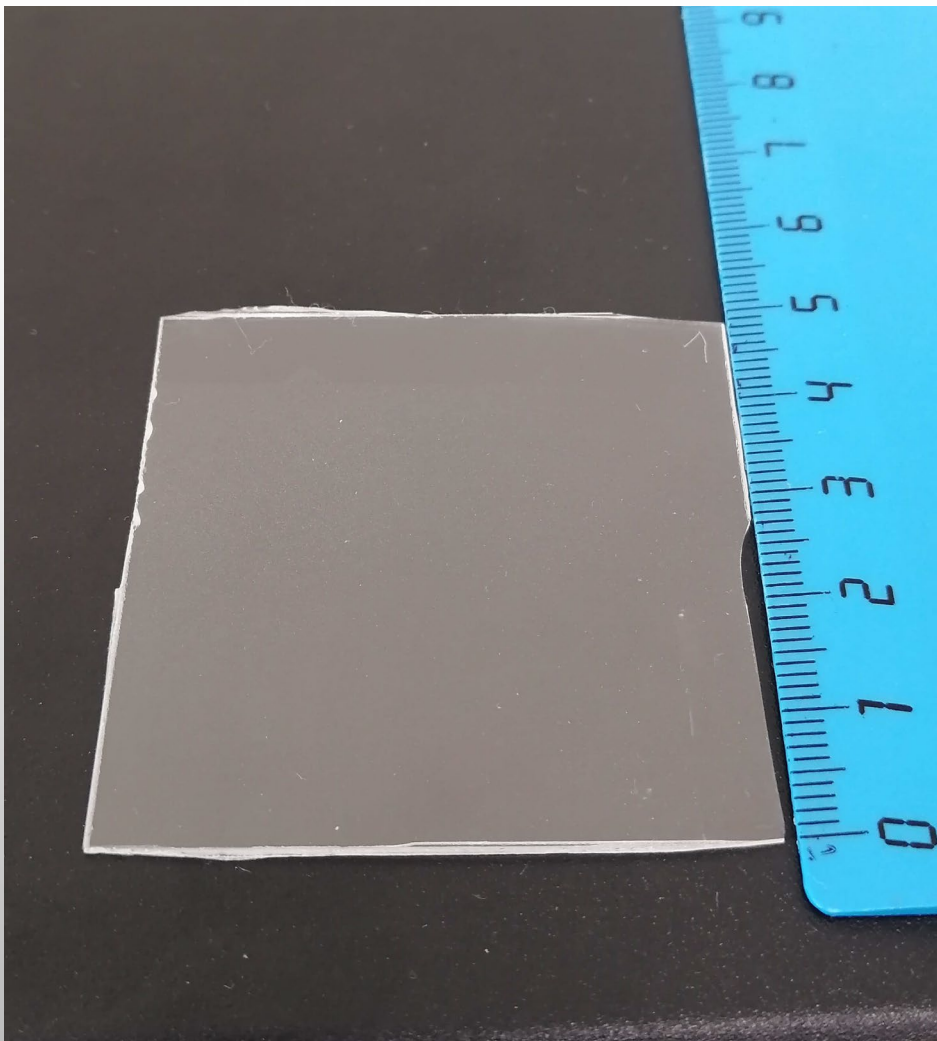
Облучение ТТД в SOChI (2023 г.)



Режимы облучения:

1. CR39. Расфокусированный пучок с флюенсом $1,8 \cdot 10^3$ частиц/см² за сброс. Набрано 3 сброса.
2. CR39. Расфокусированный пучок с флюенсом $2,8 \cdot 10^4$ частиц/см² за сброс. Набрано 4 сброса.
3. ПЭТФ. Расфокусированный пучок с флюенсом $2,8 \cdot 10^4$ частиц/см² за сброс. Набрано 36 сбросов.
4. CR39. Сфокусированный пучок с флюенсом $\approx 10^6 - 10^7$ частиц/см² за сброс. Набран 1 сброс.

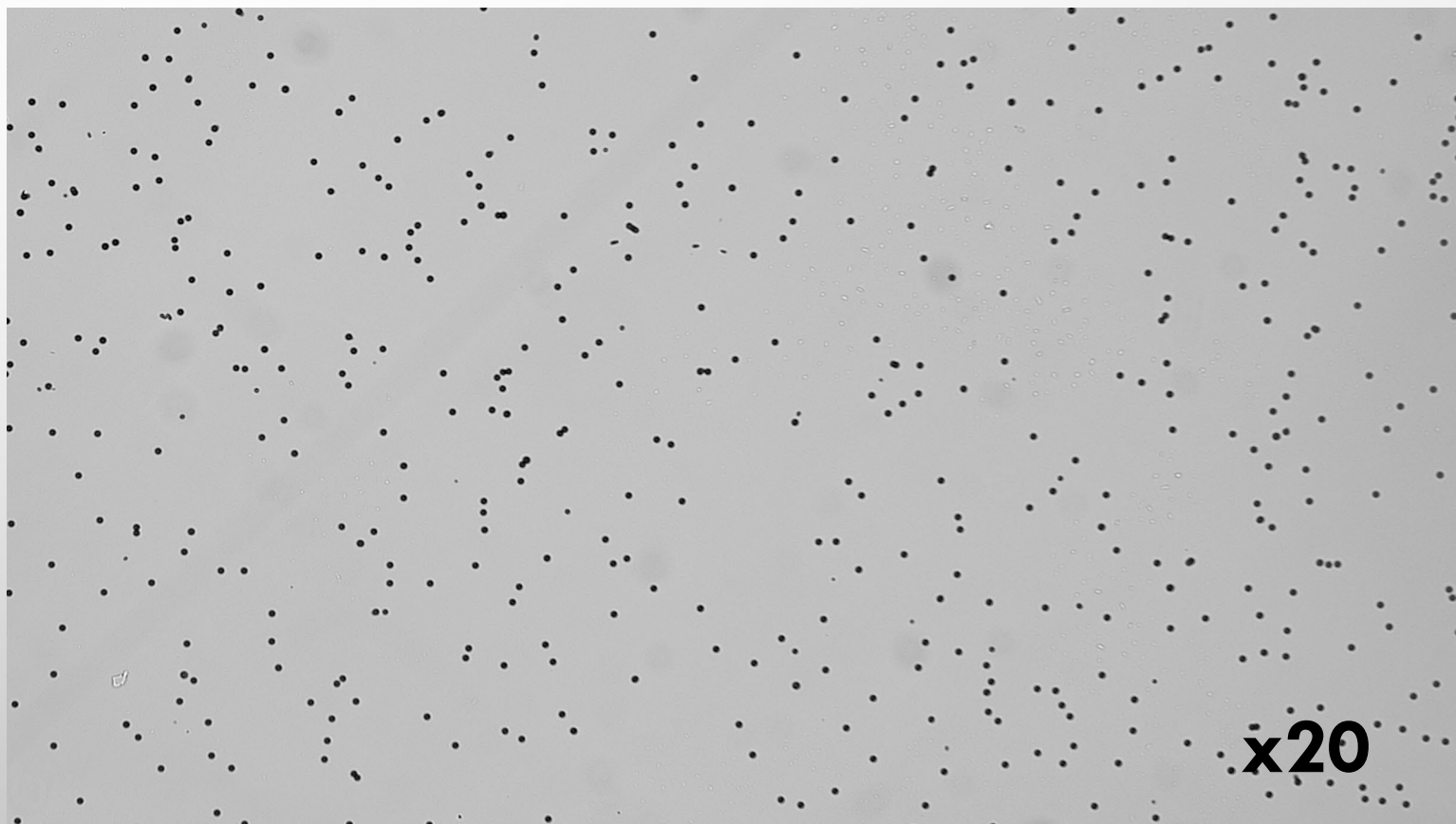
Облучение ТТД в SOChI (2023 г.)



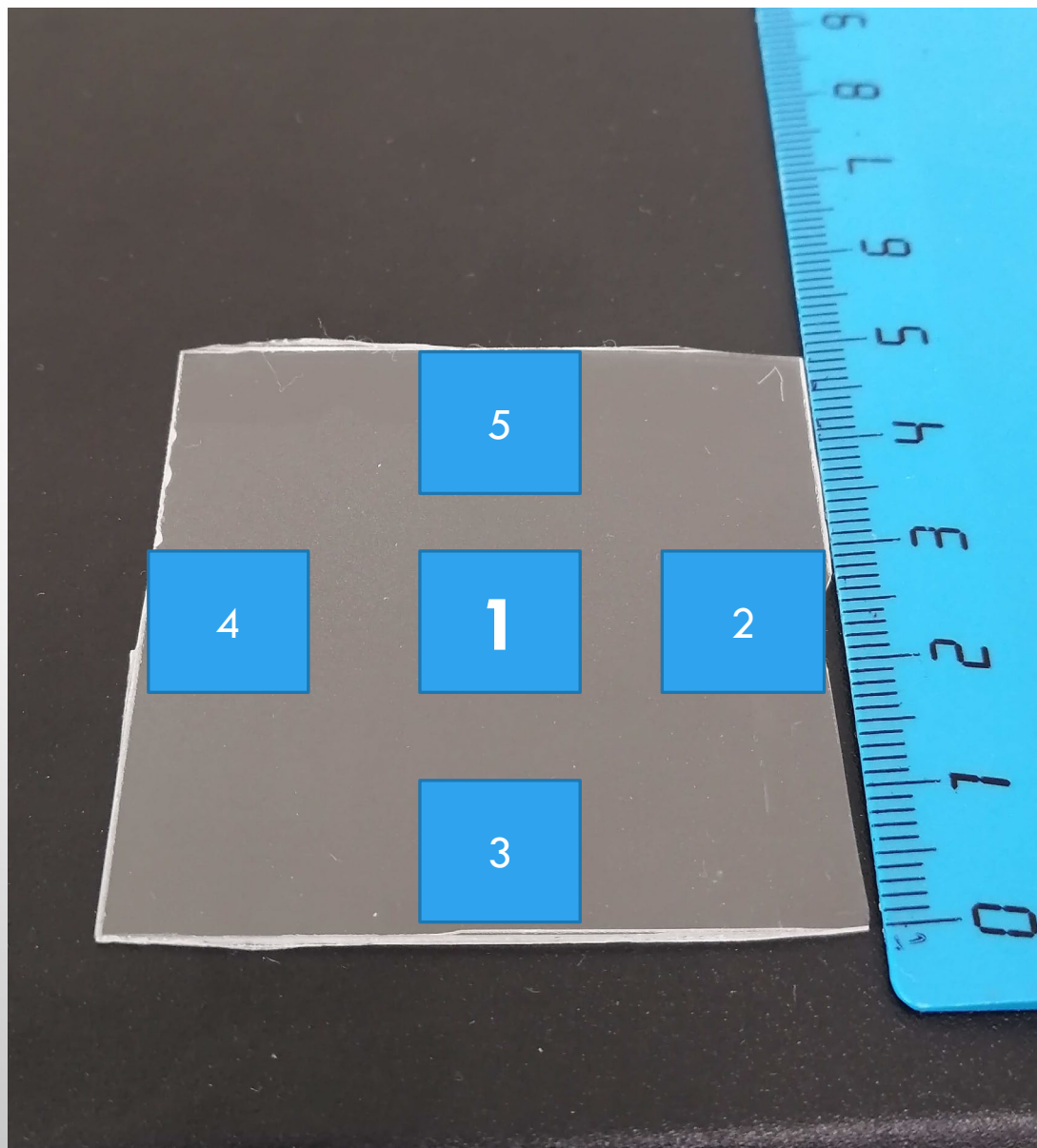
Образец №1

Условия травления:

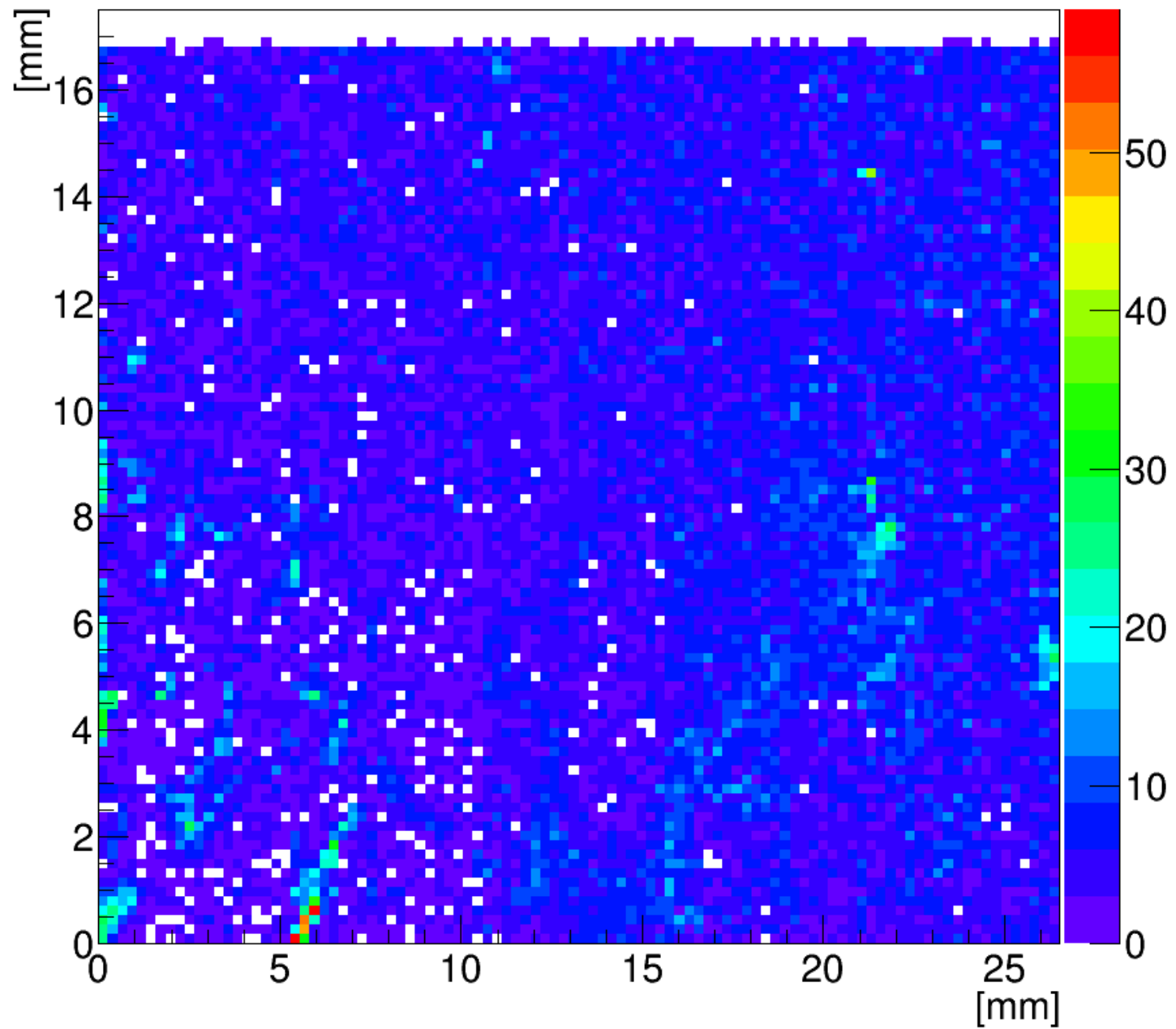
6M NaOH, T=85°C, t=120 min



x20

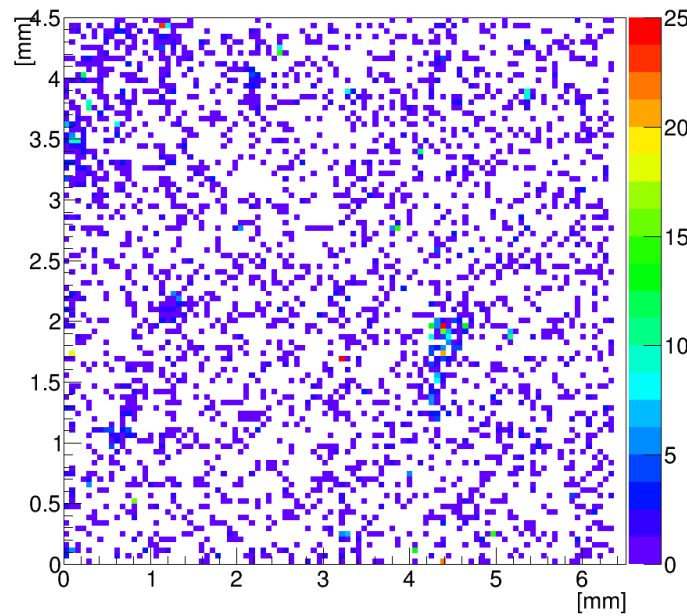
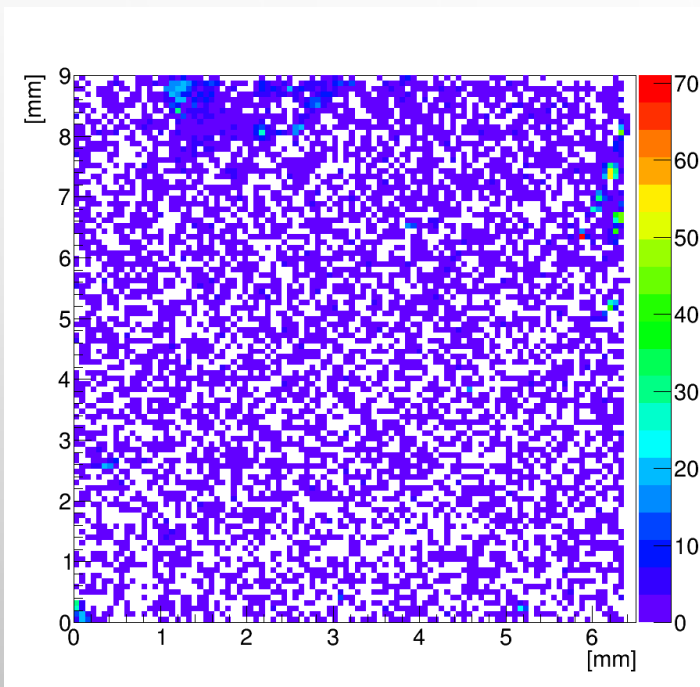


1



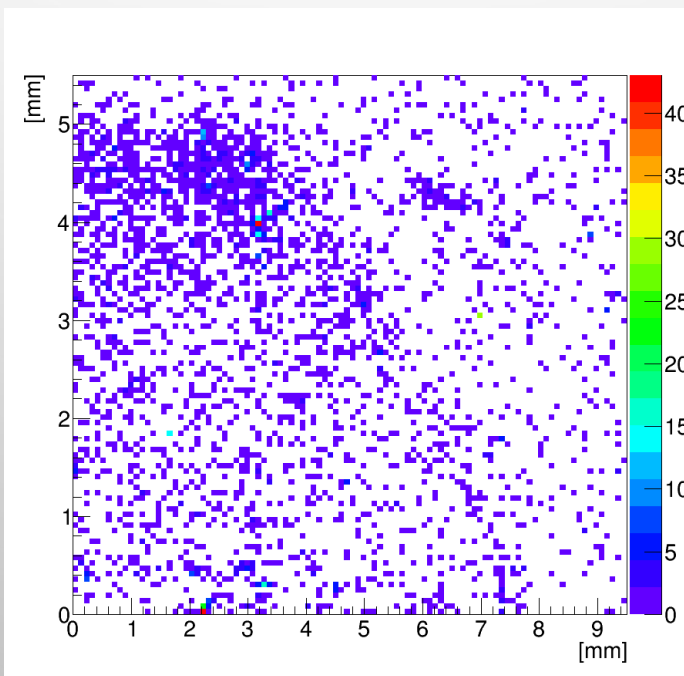
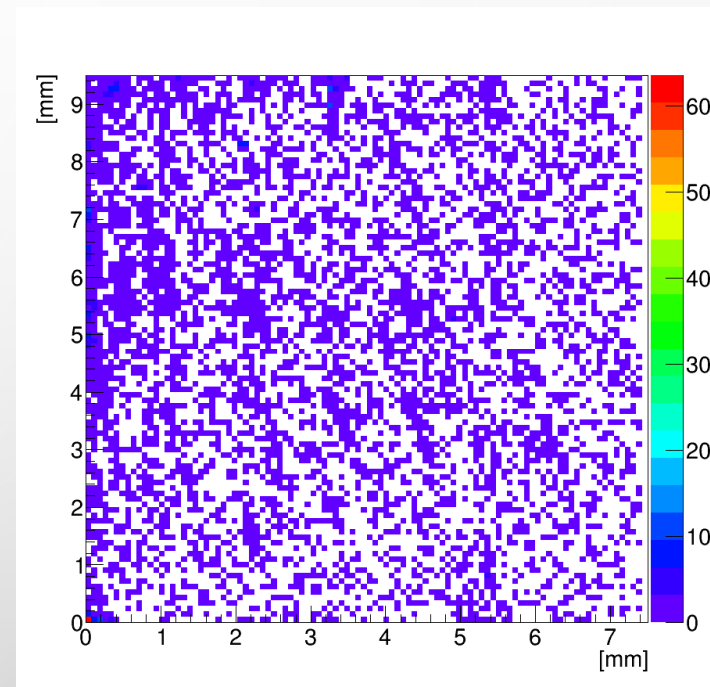
$\sim 8 \cdot 10^3 \text{ cm}^2$

$\sim 1 \cdot 10^4$



$\sim 4 \cdot 10^3$

$\sim 1 \cdot 10^4$

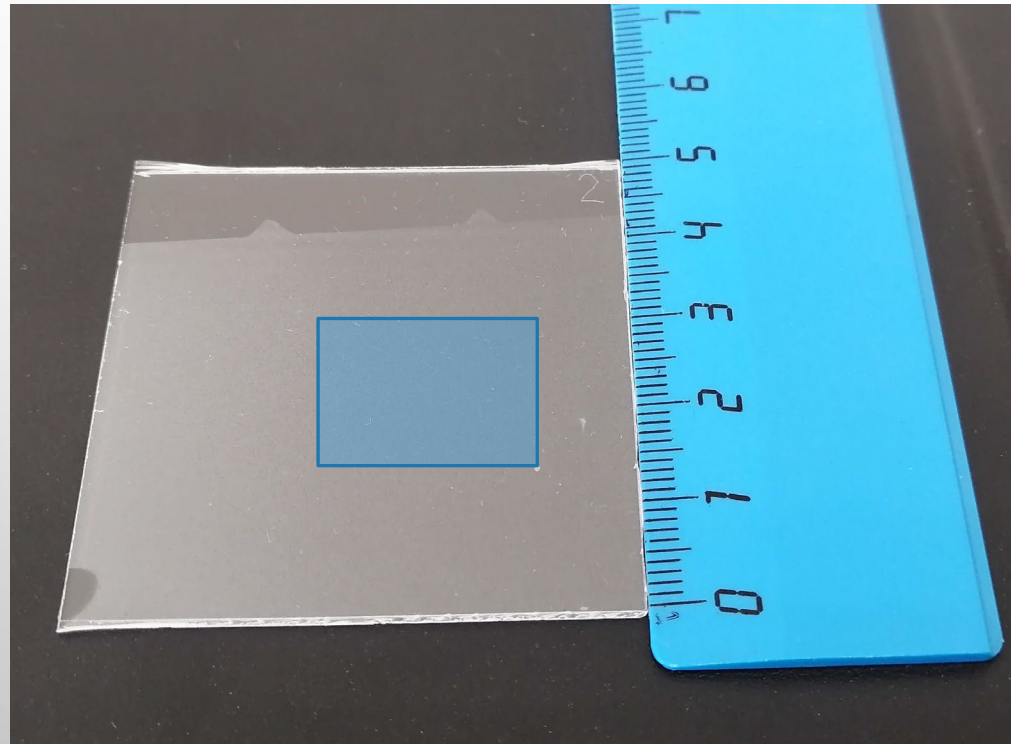


$\sim 5 \cdot 10^3$

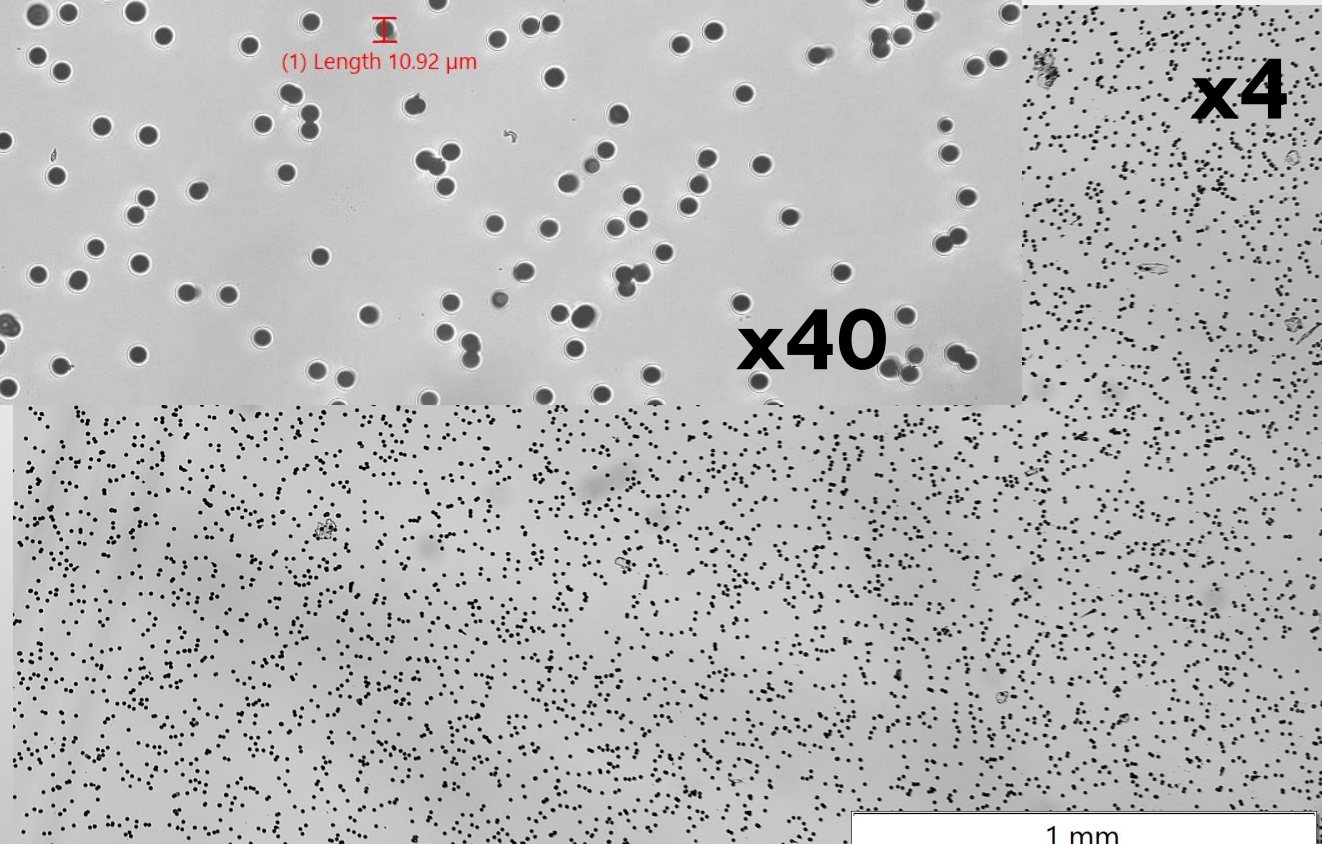
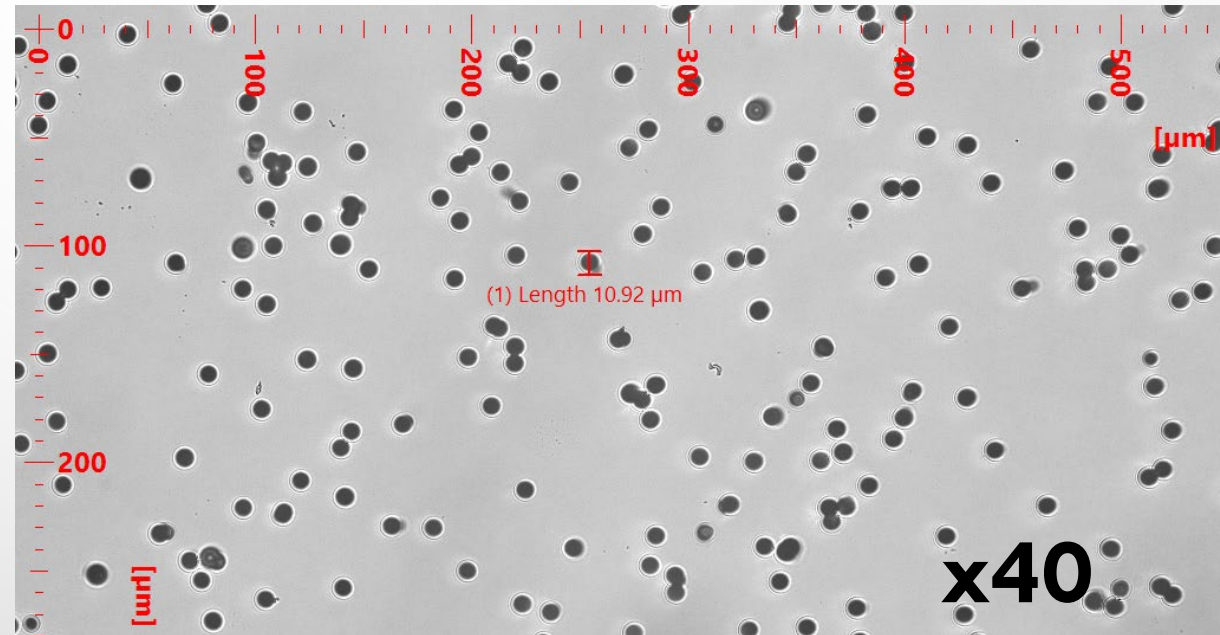
Облучение ТТД в SOChI (2023 г.)

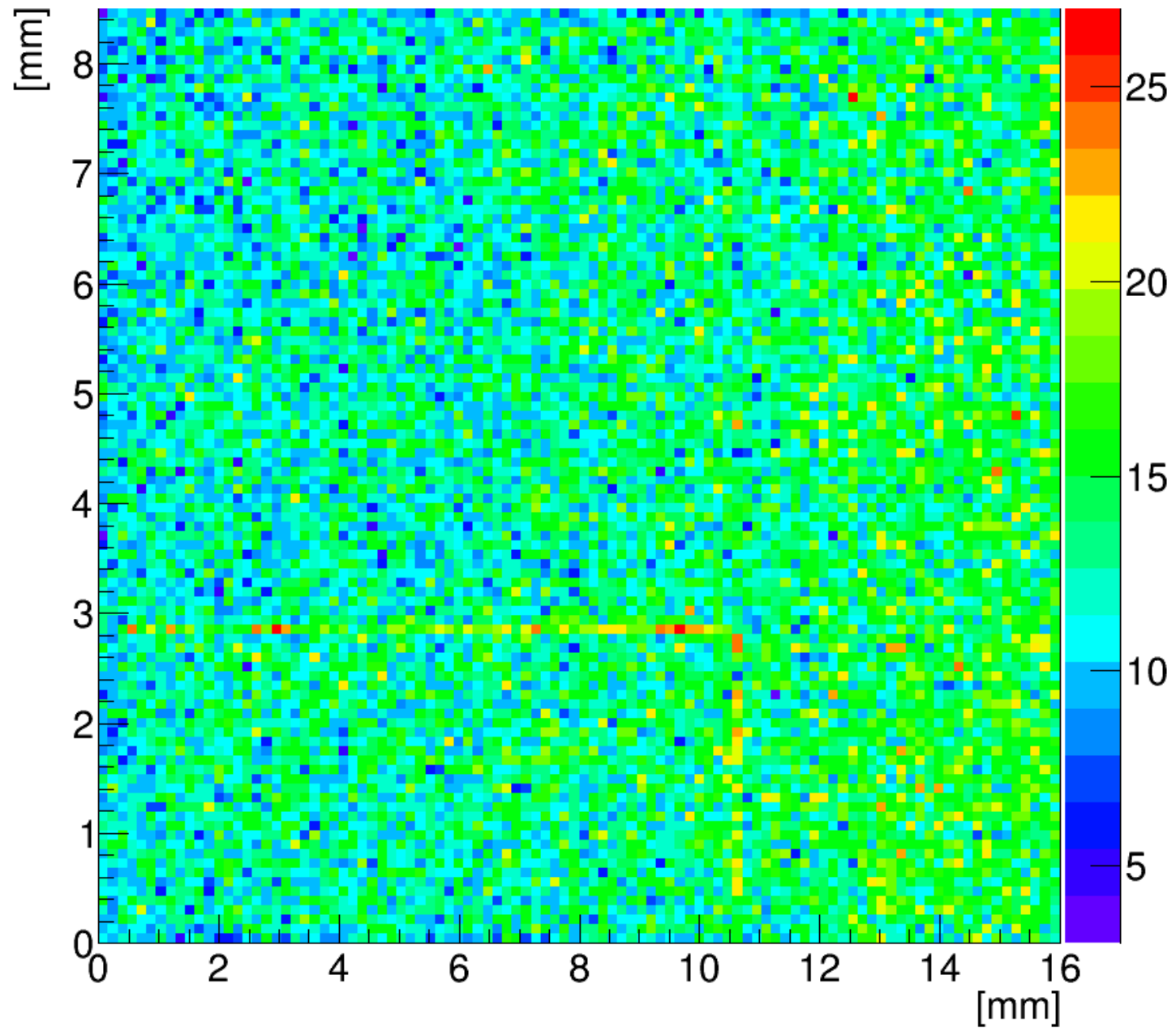
Условия травления:

6M NaOH, T=85°C, t=80 min



Образец №2



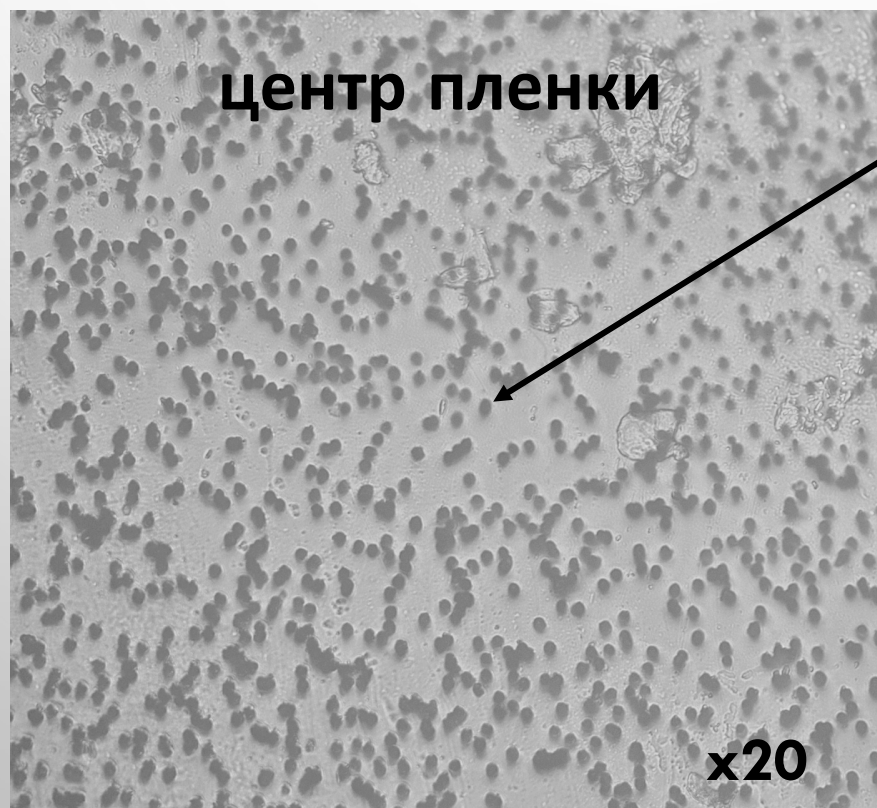


$\sim 1 \cdot 10^5$

Облучение ТТД в SOChI (2023 г.)

Условия травления:

6M NaOH, T=85°C, t=10 min (можно меньше)

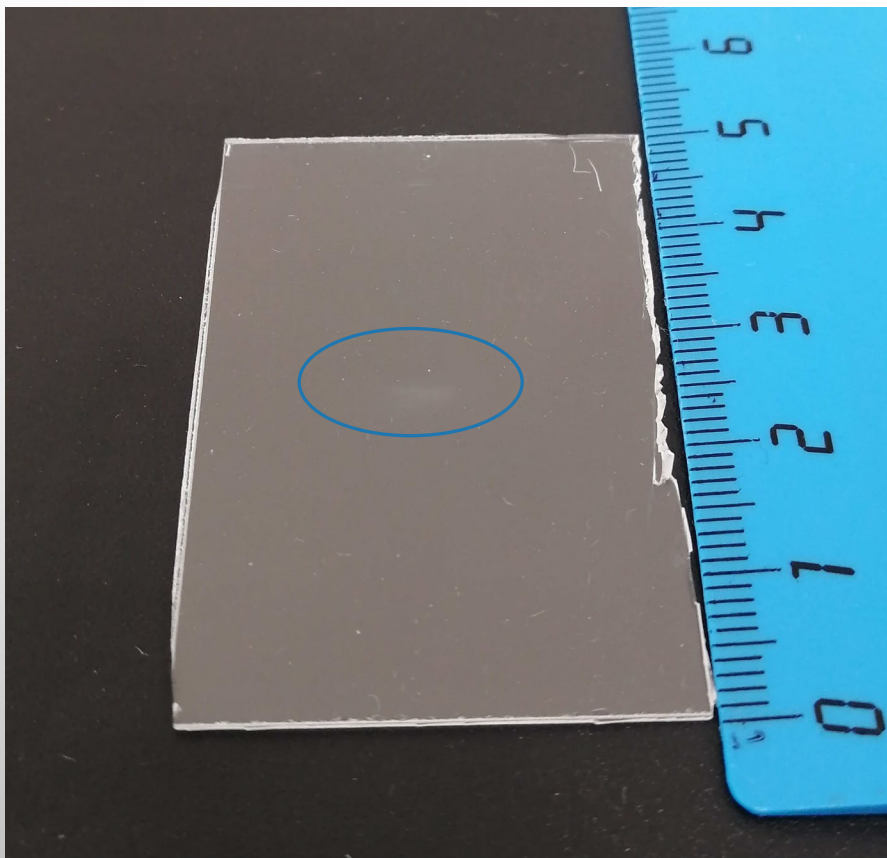


$\langle d \rangle = 10 \text{ мкм}$

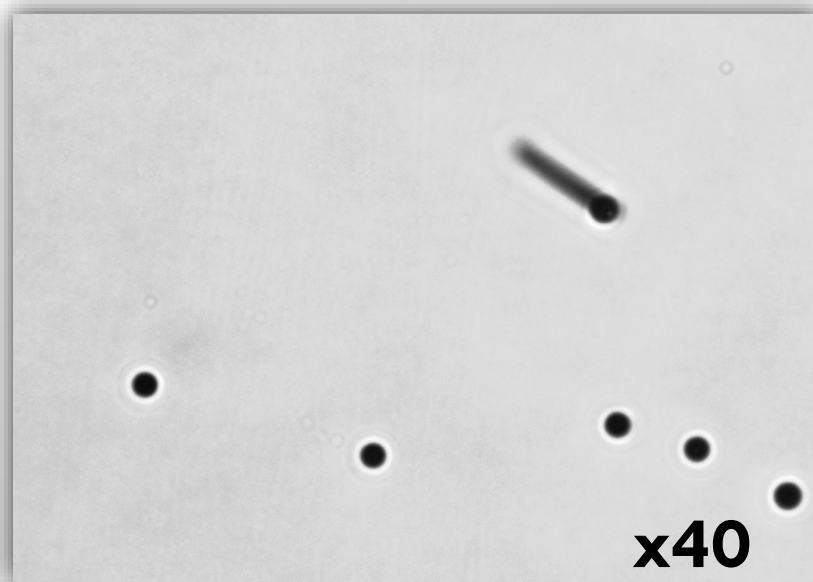
Облучение ТТД в SOChI (2023 г.)

Условия травления:

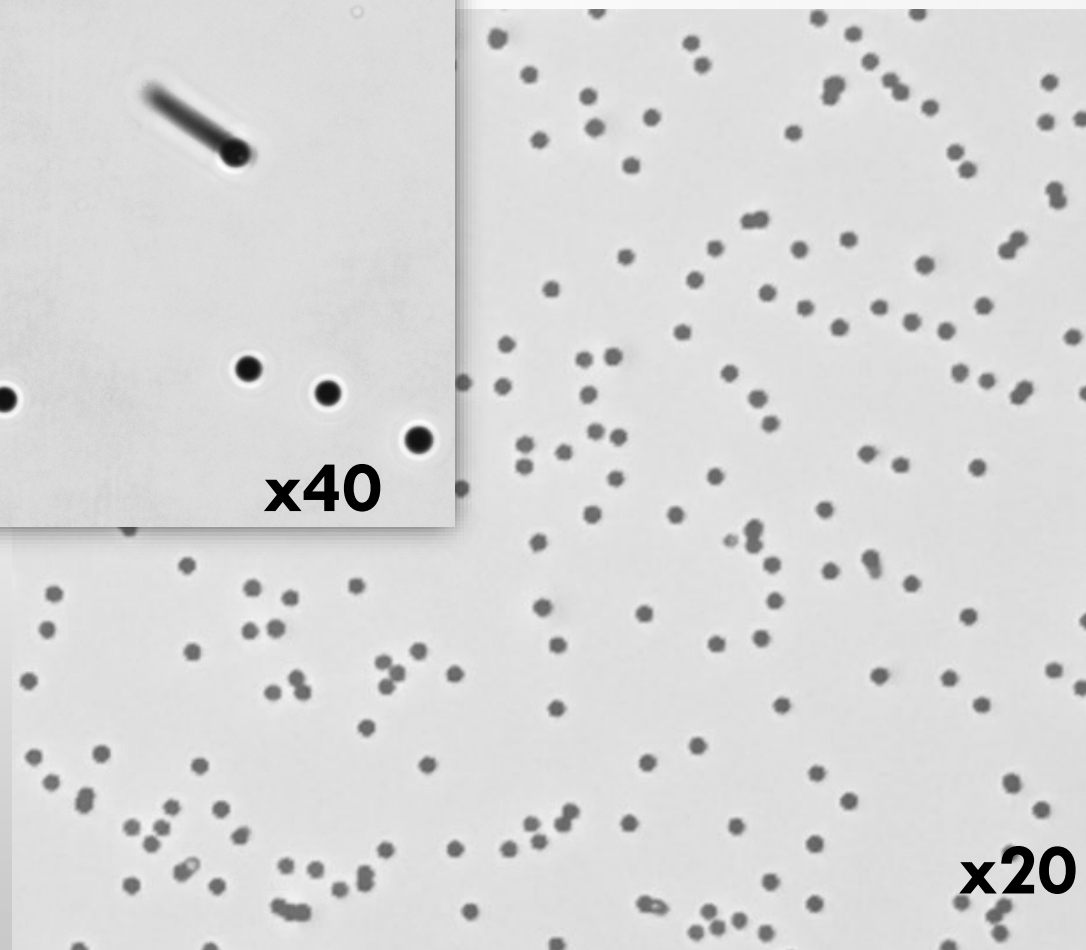
6M NaOH, T=85°C, t=30 min



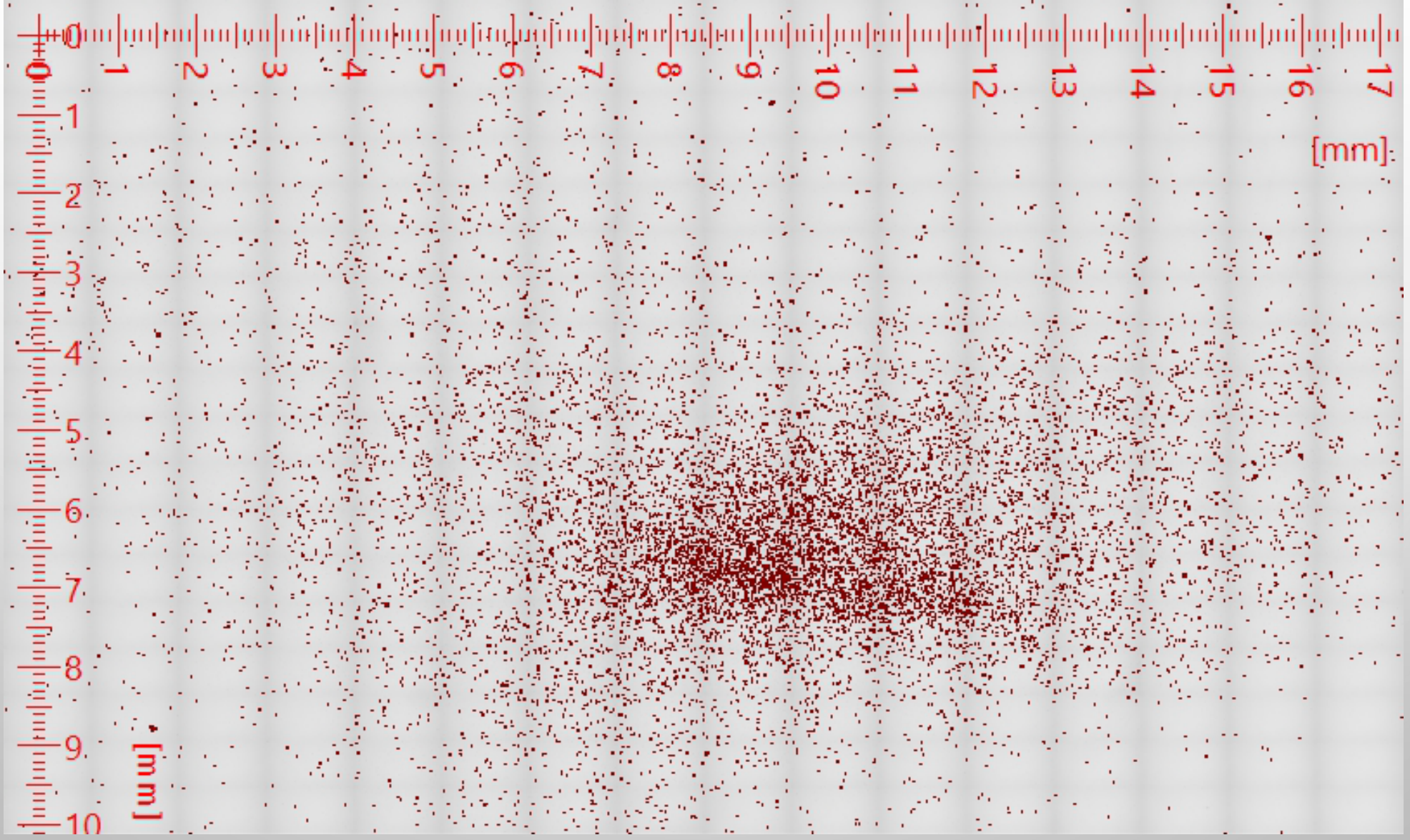
Образец №4

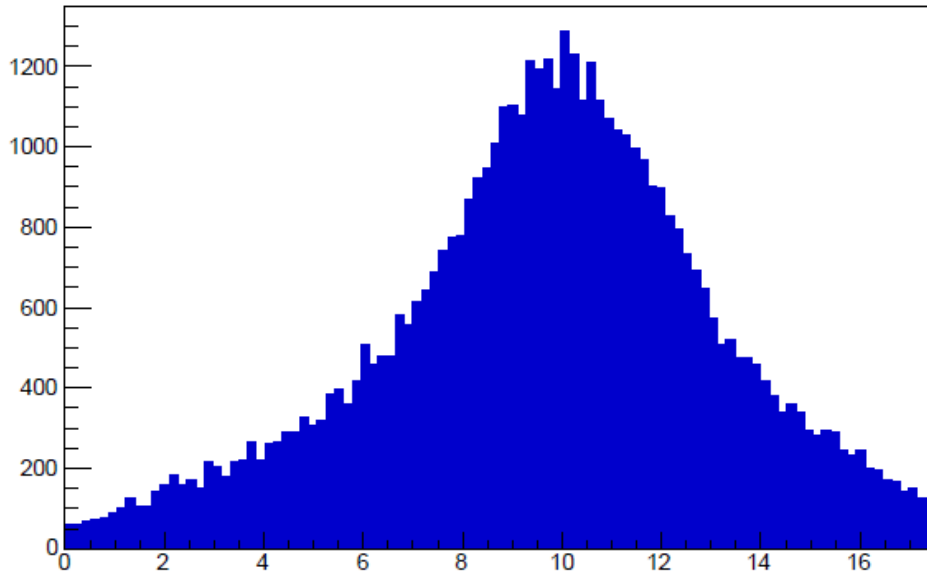


x40

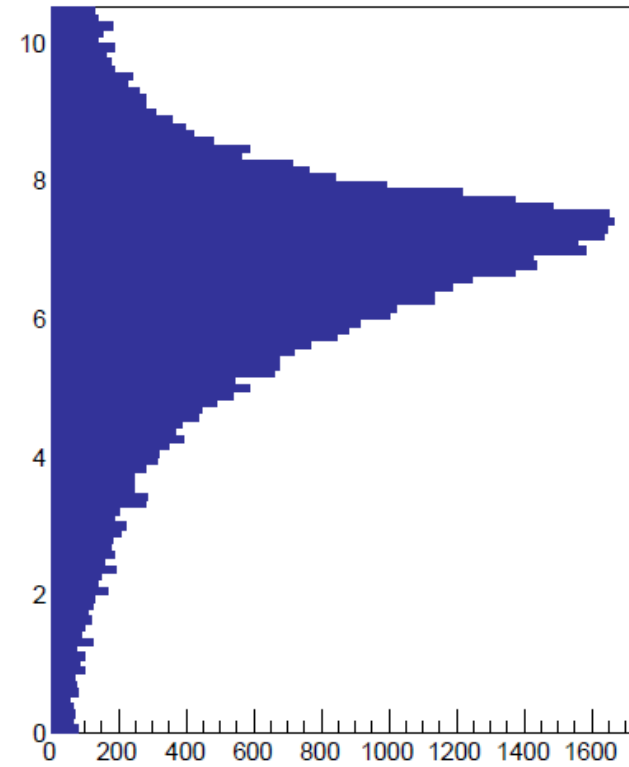
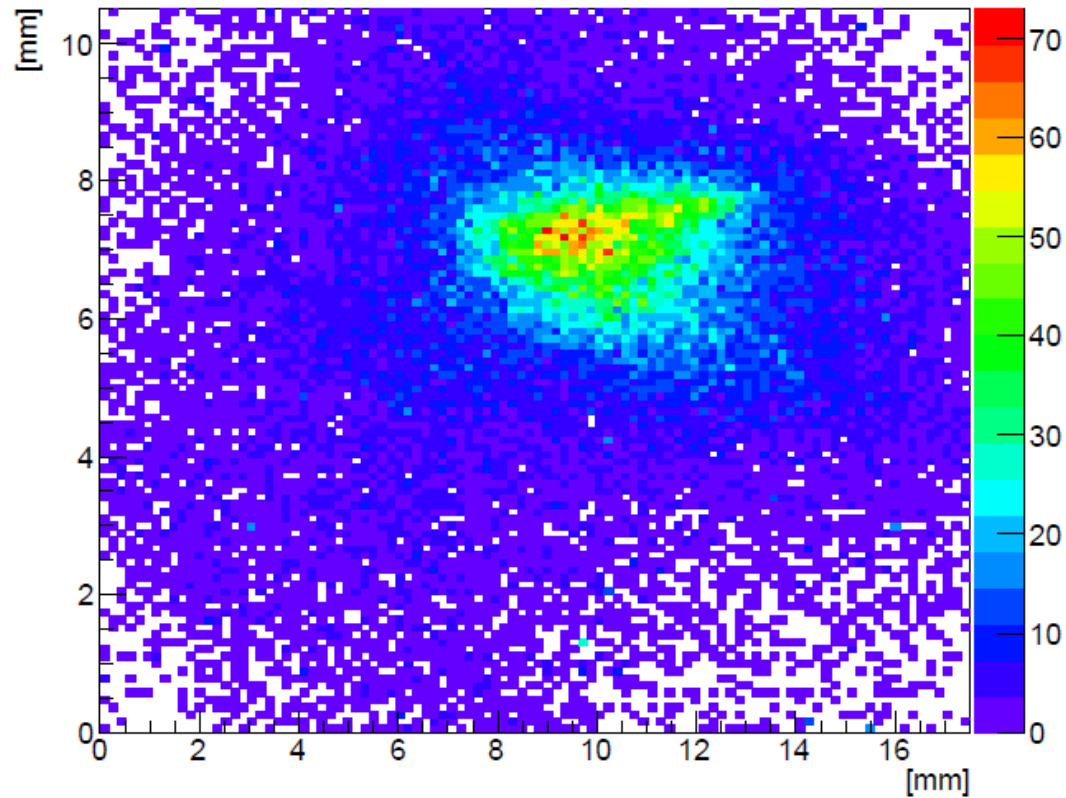


x20





Xe^{+28} SOCHI Focused
Two projections X and Y axes.
Bin $0.175 \times 0.105 \text{ mm}^2$
Total number of ions - 50776



Спасибо за внимание