

# Эксперименты с использованием СИ на ВЭПП-3 и ВЭПП-4 в 2019 г.

Научная сессия ИЯФ СО РАН

31.01.2020



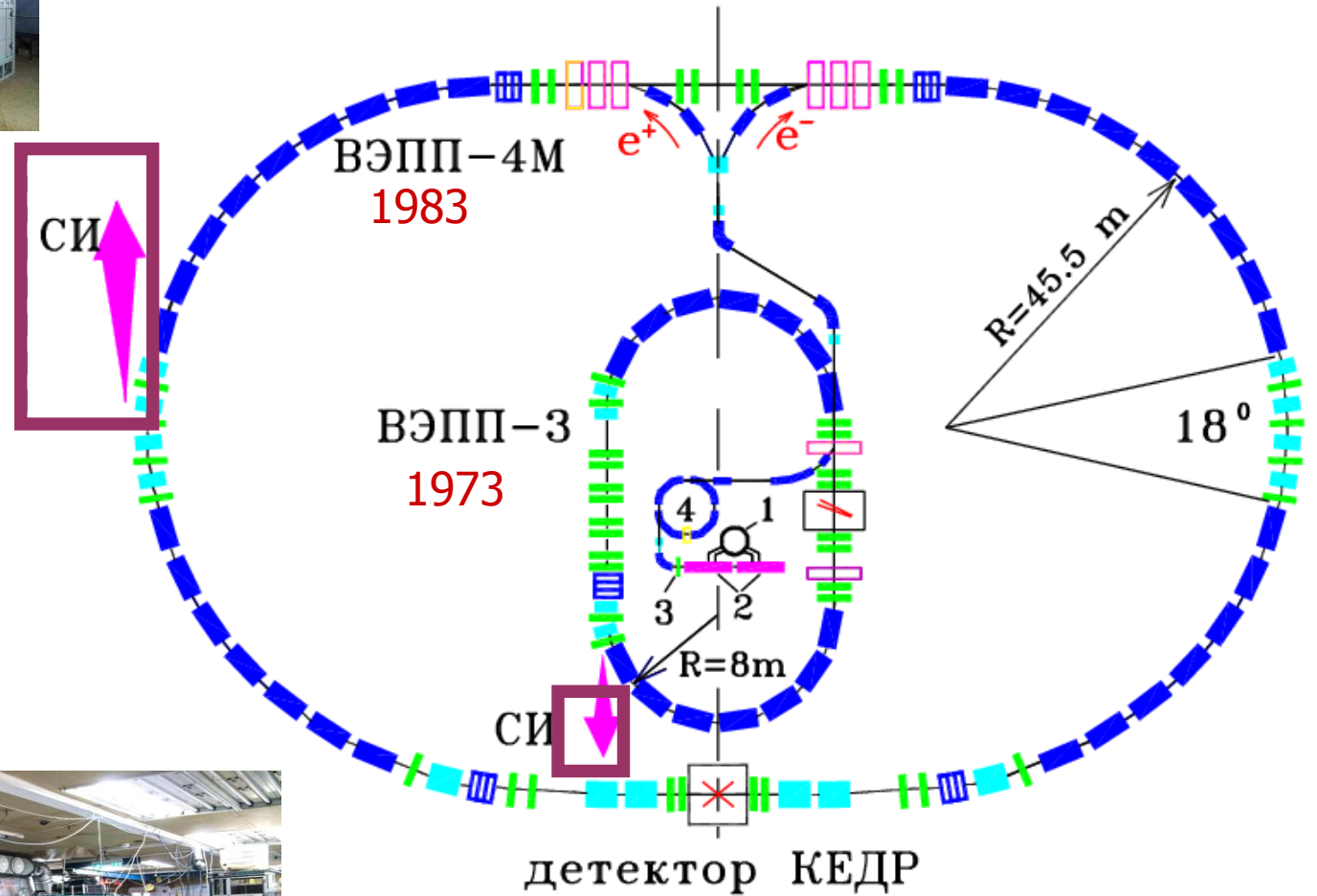
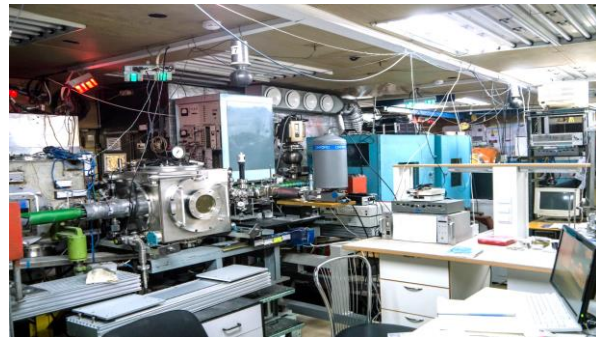
## СИ – ВЭПП-4М

- 10 "Космос" (метрологическая станция ВУФ и мягкого рентгеновского диапазона 10-2000 эВ)
- 8a «Фазоконтрастная микроскопия и микротомография» и элементный анализ
- 8b "Взрыв-2" (наносекундная диагностика)
- 8c «Плазма»
- 3 Прецизионная дифрактометрия и малоугловое рассеяние (в стадии запуска)
- 1 Учебная станция



## СИ - ВЭПП-3

- 0a LIGA-технология и рентгеновская литография
- 0b "Взрыв" (наносекундная диагностика)
- 2 Прецизионная дифрактометрия и аномальное рассеяние
- 3 Локальный и сканирующий рентгенофлуоресцентный элементный анализ
- 4 Дифрактометрия при высоких давлениях
- 5a Рентгеновская микроскопия и томография
- 5b Малоугловое рассеяние
- 6a Прецизионная дифрактометрия-2
- 6b Спектроскопия с временным разрешением
- 7 [Диагностика и обратная связь](#)
- 8 EXAFS-спектроскопия





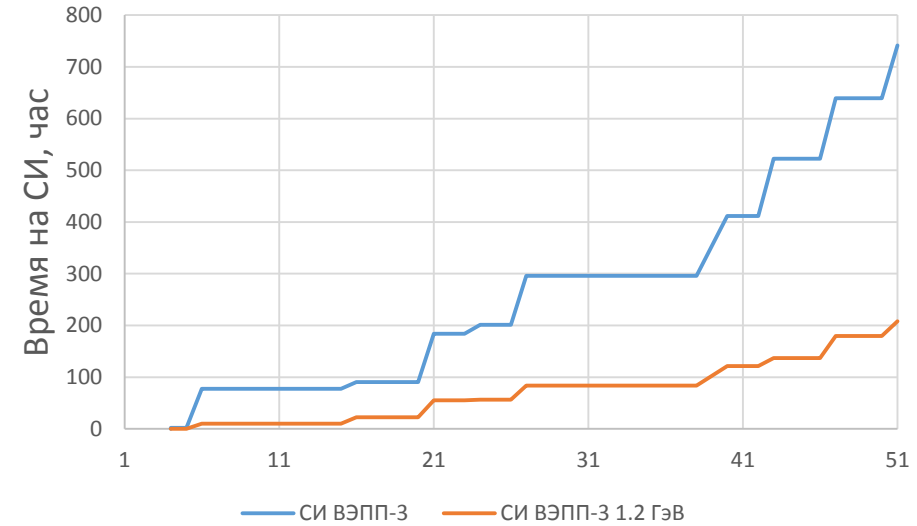
# Статистика работ с использованием СИ в 2019 г.

**2019 факт**

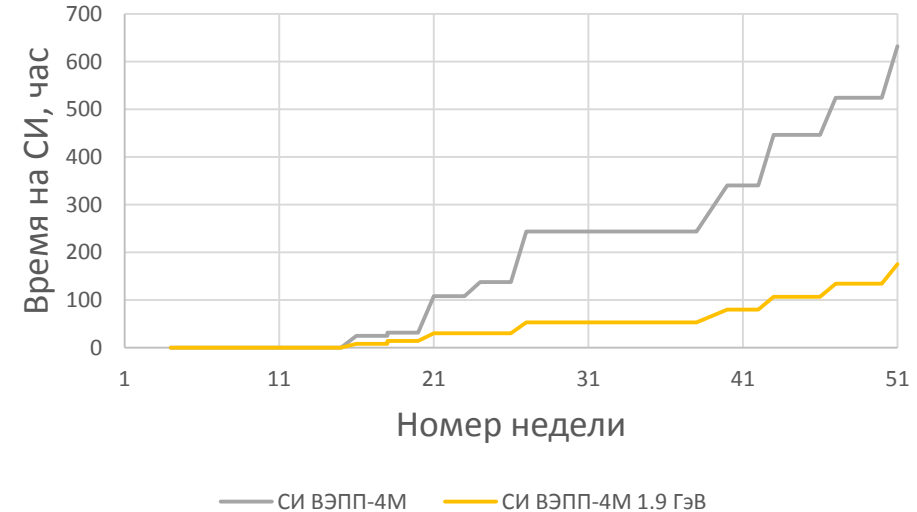
	ЯНВАРЬ					ФЕВРАЛЬ					МАРТ					АПРЕЛЬ				
пн																				
вт	1	8	15	22	29	5	12	19	26		5	12	19	26		2	9	16	23	30
ср	2	9	16	23	30	6	13	20	27		6	13	20	27		3	10	17	24	
чт	3	10	17	24	31	7	14	21	28		7	14	21	28		4	11	18	25	
пт	4	11	18	25		1	8	15	22		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
сб	5	12	19	26		2	9	16	23		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
вс	6	13	20	27		3	10	17	24		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
	МАЙ					ИЮНЬ					ИЮЛЬ					АВГУСТ				
пн																				
вт																				
ср	1	8	15	22	29	5	12	19	26		3	10	17	24	31					
чт	2	9	16	23	30	6	13	20	27		4	11	18	25		1	8	15	22	29
пт	3	10	17	24	31	7	14	21	28		5	12	19	26		2	9	16	23	30
сб	4	11	18	25		1	8	15	22	29	6	13	20	27		3	10	17	24	31
вс	5	12	19	26		2	9	16	23	30	7	14	21	28		4	11	18	25	
	СЕНТЯБРЬ					ОКТЯБРЬ					НОЯБРЬ					ДЕКАБРЬ				
пн																				
вт																				
ср																				
чт																				
пт																				
сб																				
вс																				

Общее время работ на СИ почти в 2 раза больше чем в 2017 и 2018 годах  
 Устойчивая параллельная работа на двух машинах (ВЭПП-3 и ВЭПП-4М)  
 Различные моды работ и их сочетания

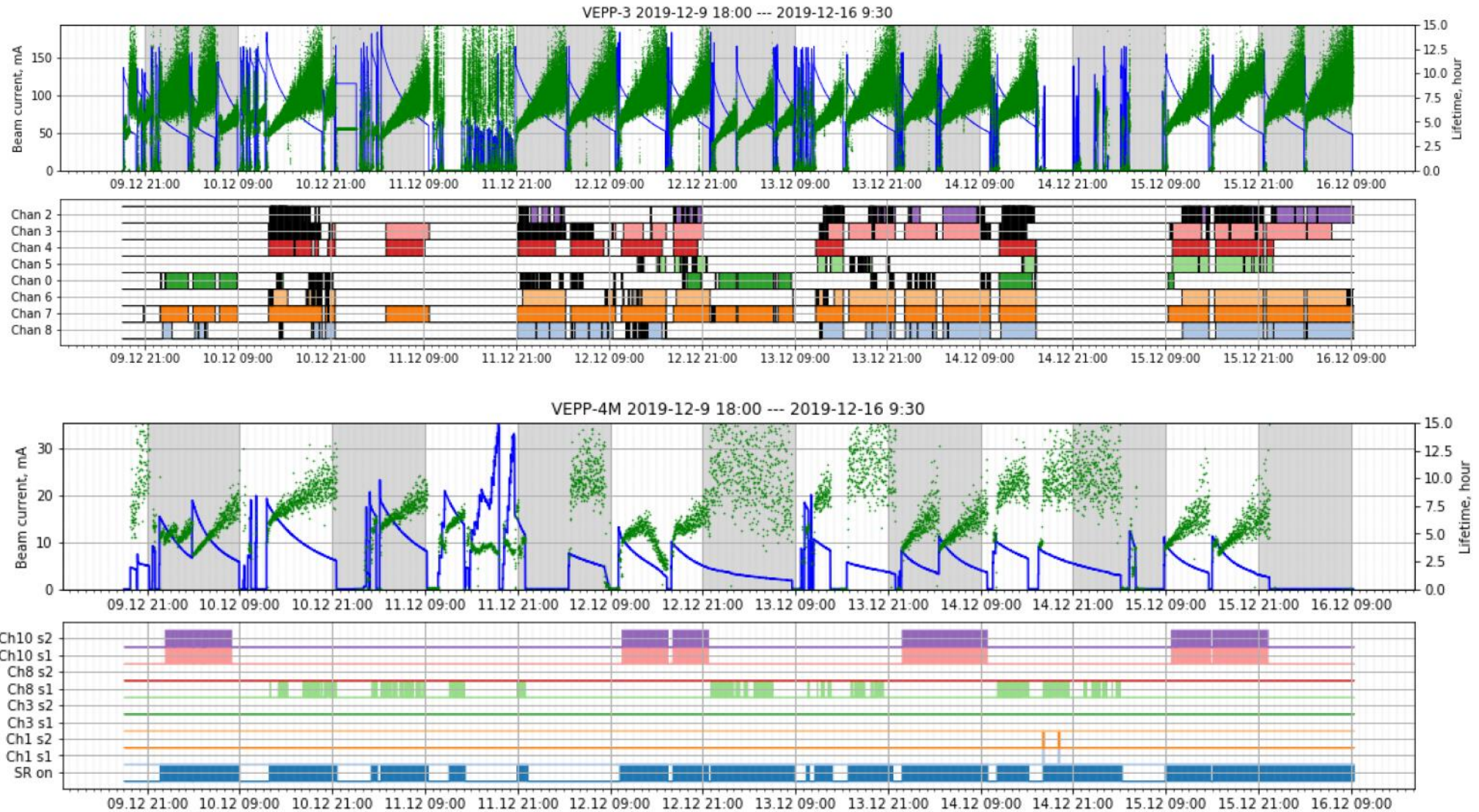
Интеграл времени работы на СИ на ВЭПП-3



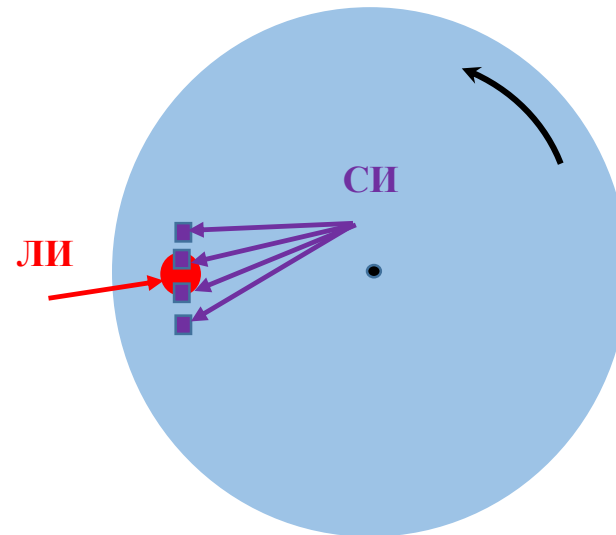
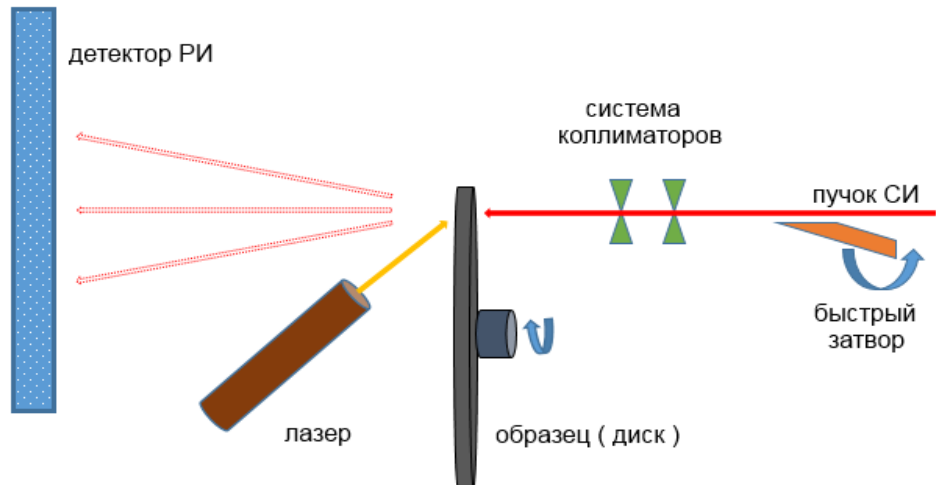
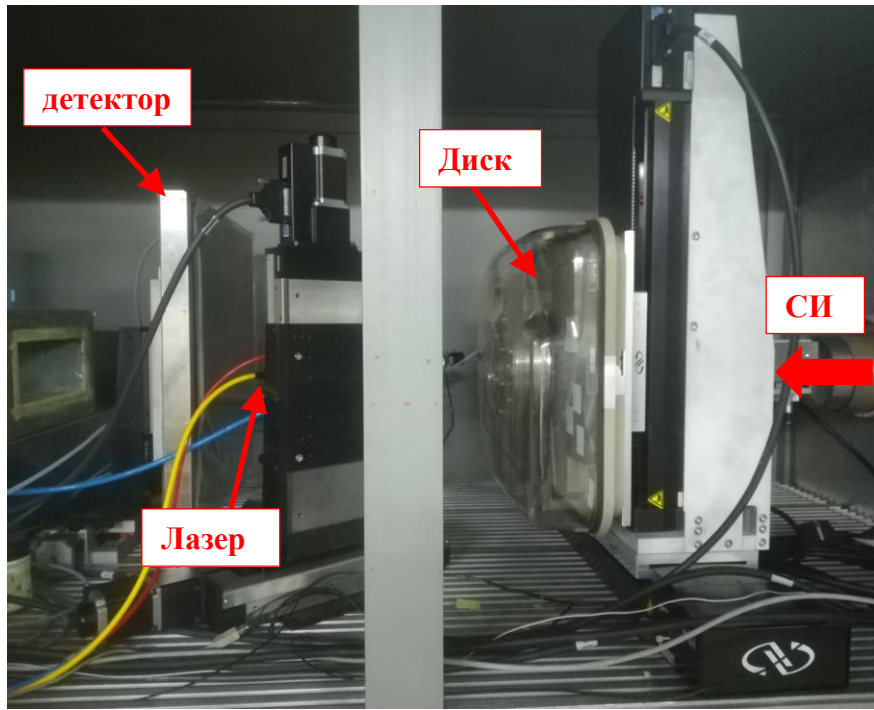
Интеграл времени работы на СИ на ВЭПП-4М



# Характерный заход



# Установка для рентгеноструктурных исследований последовательности кристаллизации металлов с высоким временным разрешением.





# Рентгеноструктурные данные последовательности кристаллизации стали AISI 304 с высоким временным разрешением.

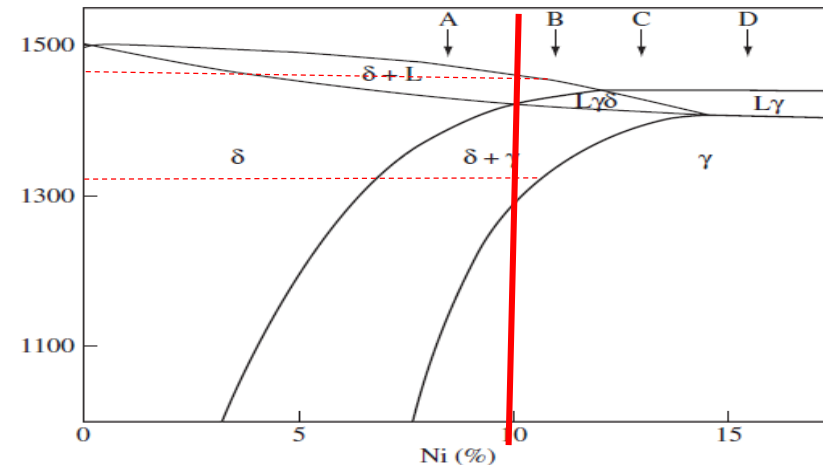
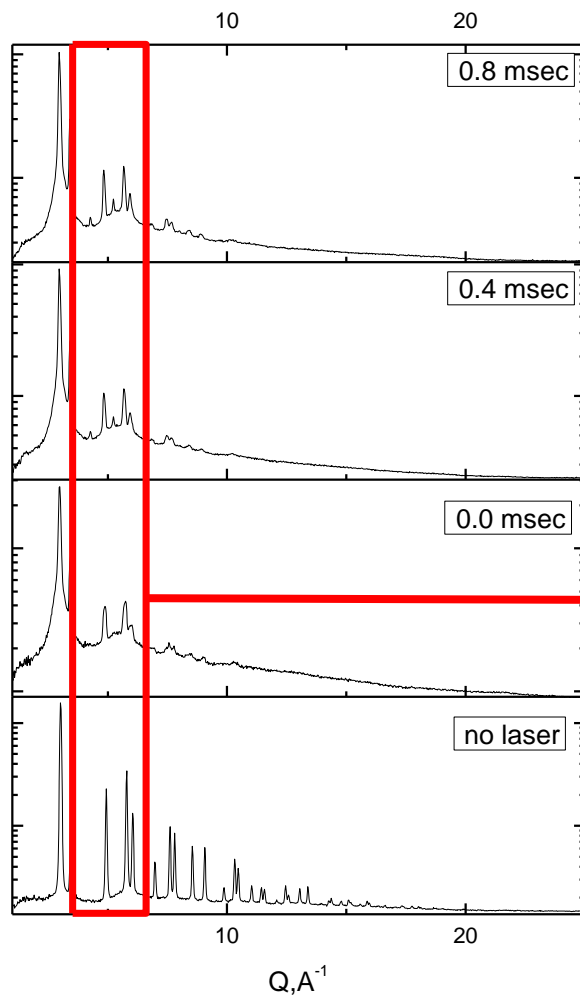
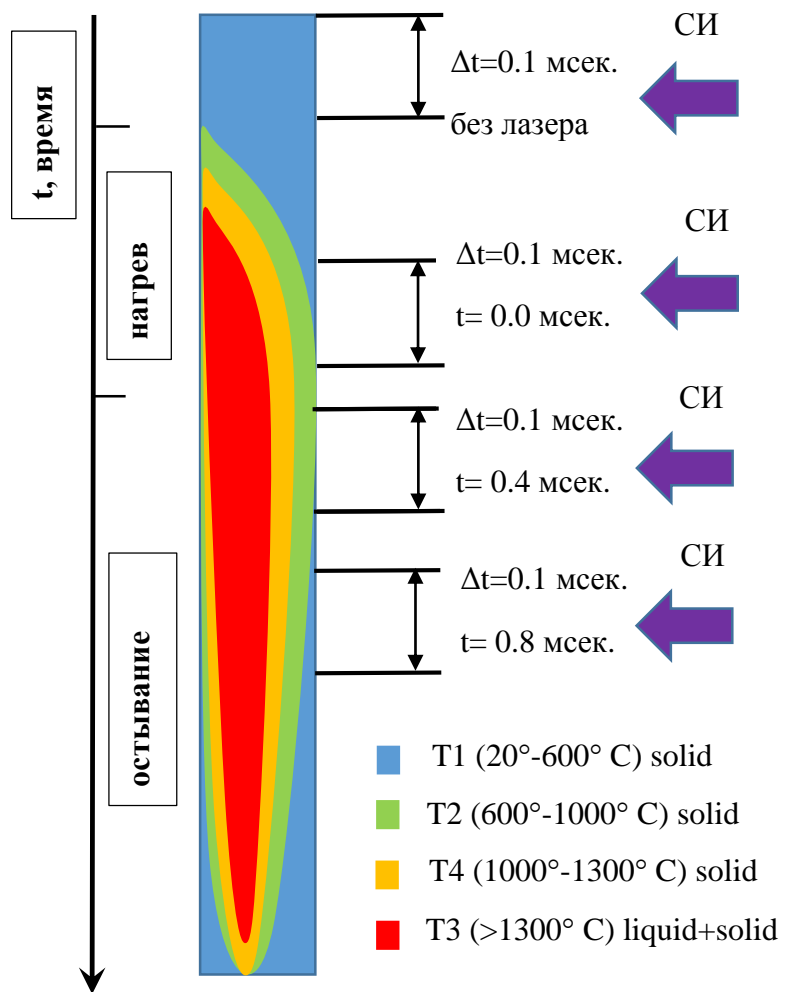
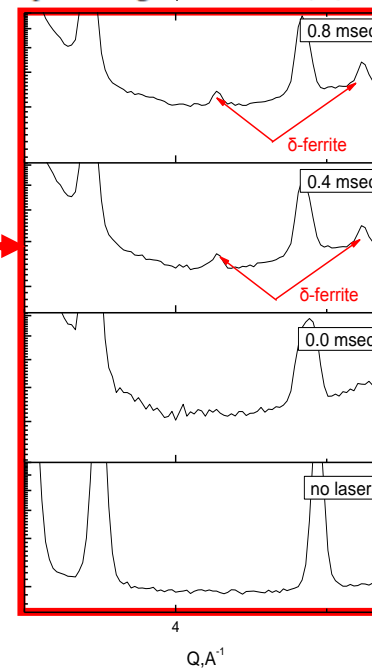
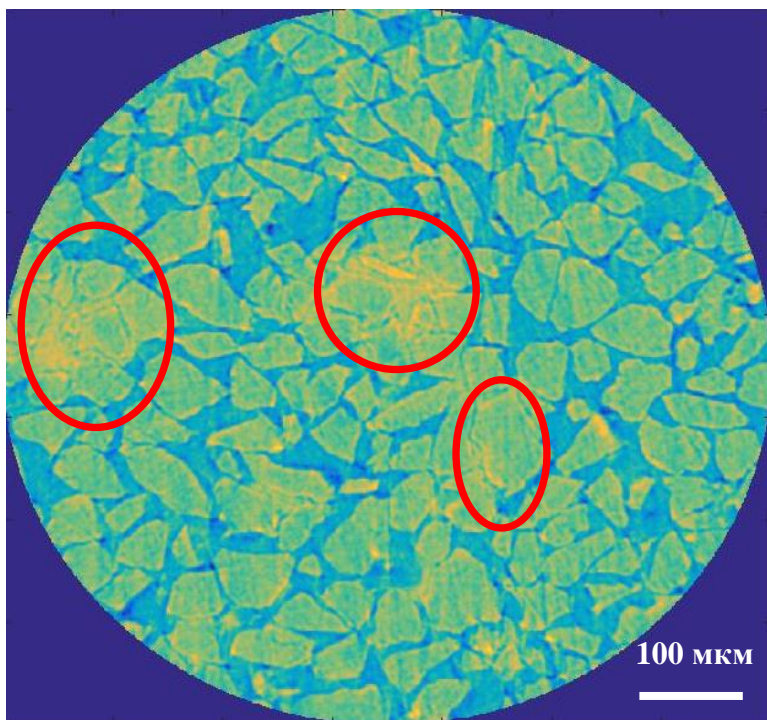
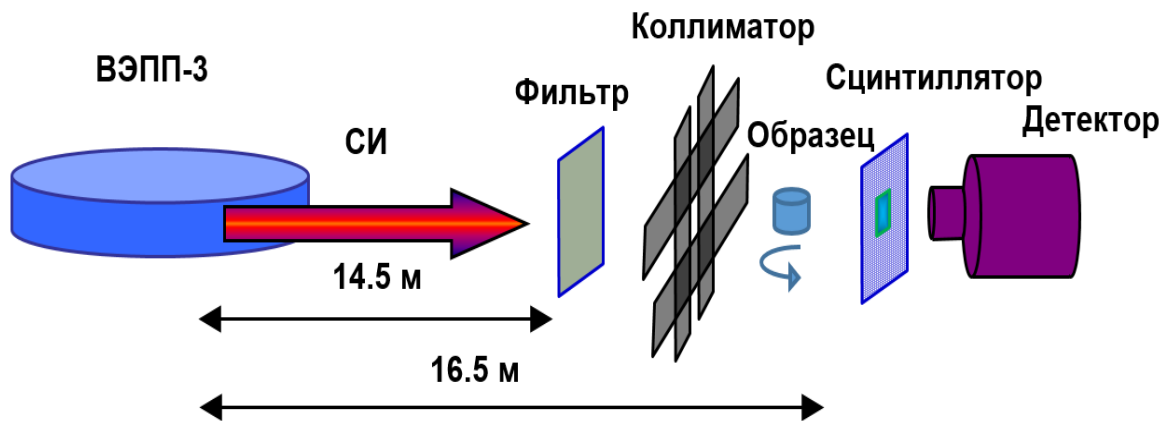


Figure 1. Temperature (°C) vs. nickel content (in wt. (%)). Section through Fe-Ni-Cr phase diagram at 19 wt. (%) Cr showing four solidification modes<sup>3</sup>.



# Исследования структуры газогидрата при различных внешних условиях методом вычислительной рентгеновской томографии.



Томографический срез гидросодержащего образца. Выделенные зоны показывают локализацию газогидрата.



Комплексное исследование динамики пылевого облака в газовых средах методами СИ, лазерным комплексом PDV и пьезодатчиками.

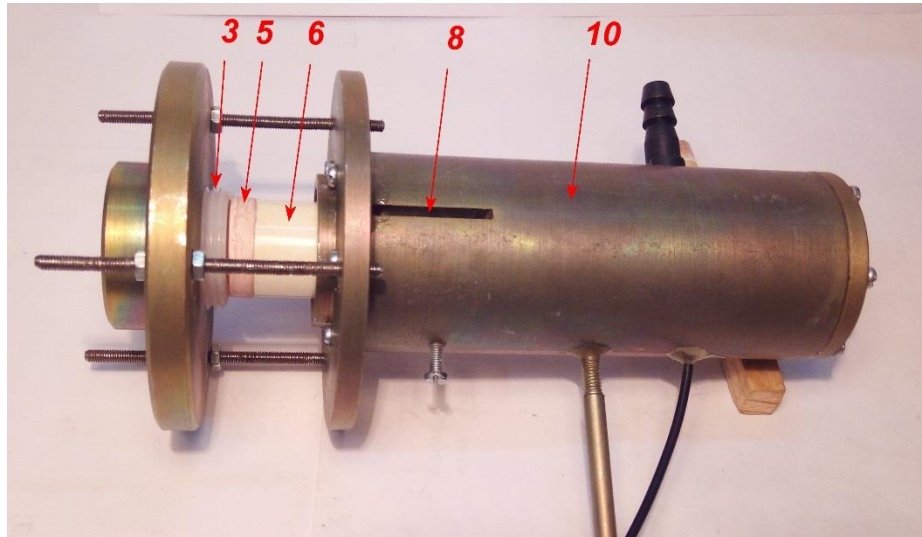
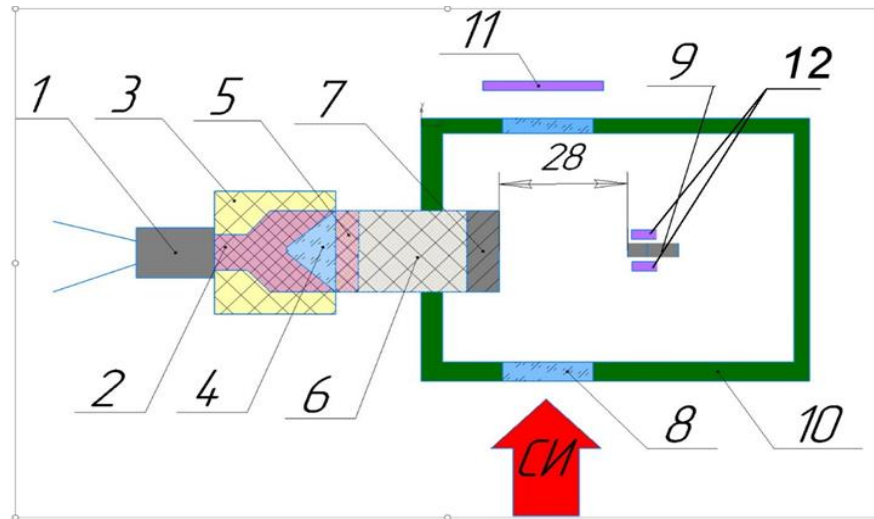
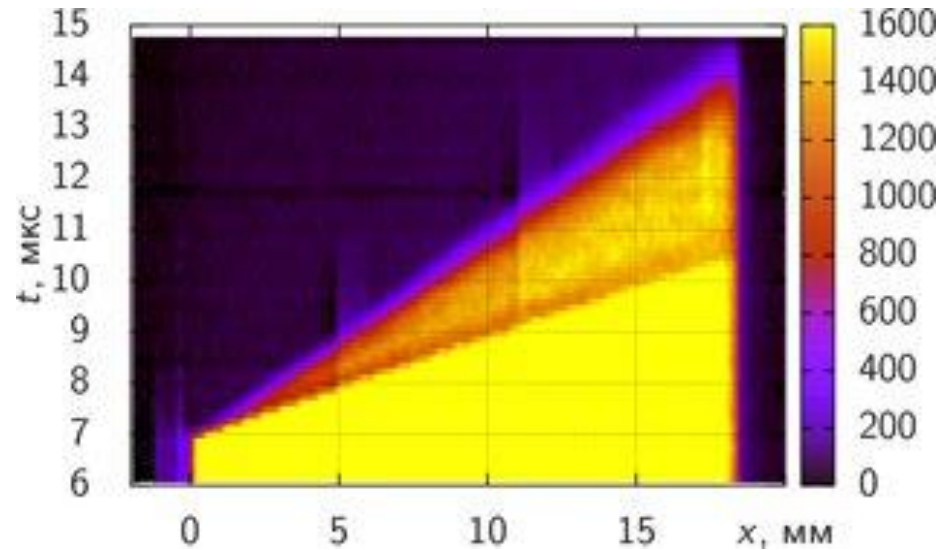


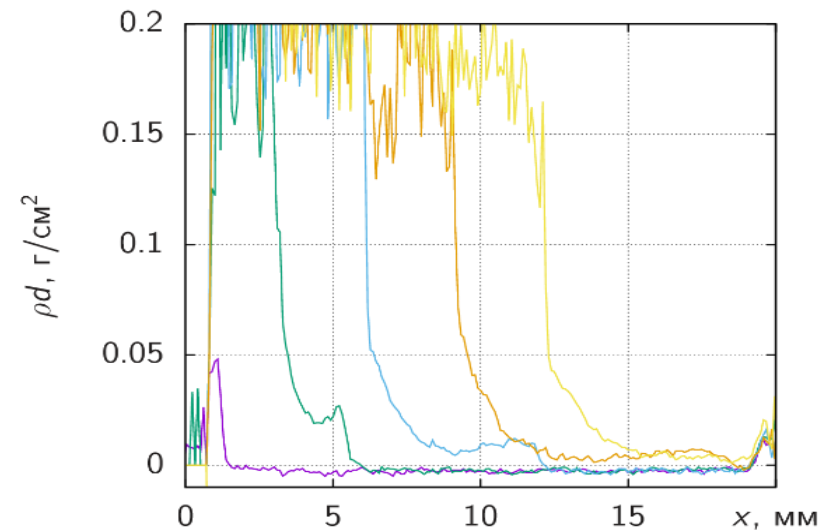
Схема (слева) и общий вид экспериментальной сборки: 1-детонатор, 3-взрывная линза, 6-основной заряд ВВ, 7 – оловянный диск  $d=26 \times 3$  мм; 8 – лавсановая пленка толщиной 0,2 мм; 9 – пьезо-датчик; 10 – корпус; 11 – детектор DIMEX; 12- 4-е коллиматора PDV



Комплексное исследование динамики пылевого облака в газовых средах методами СИ, лазерным комплексом PDV и пьезодатчиками.

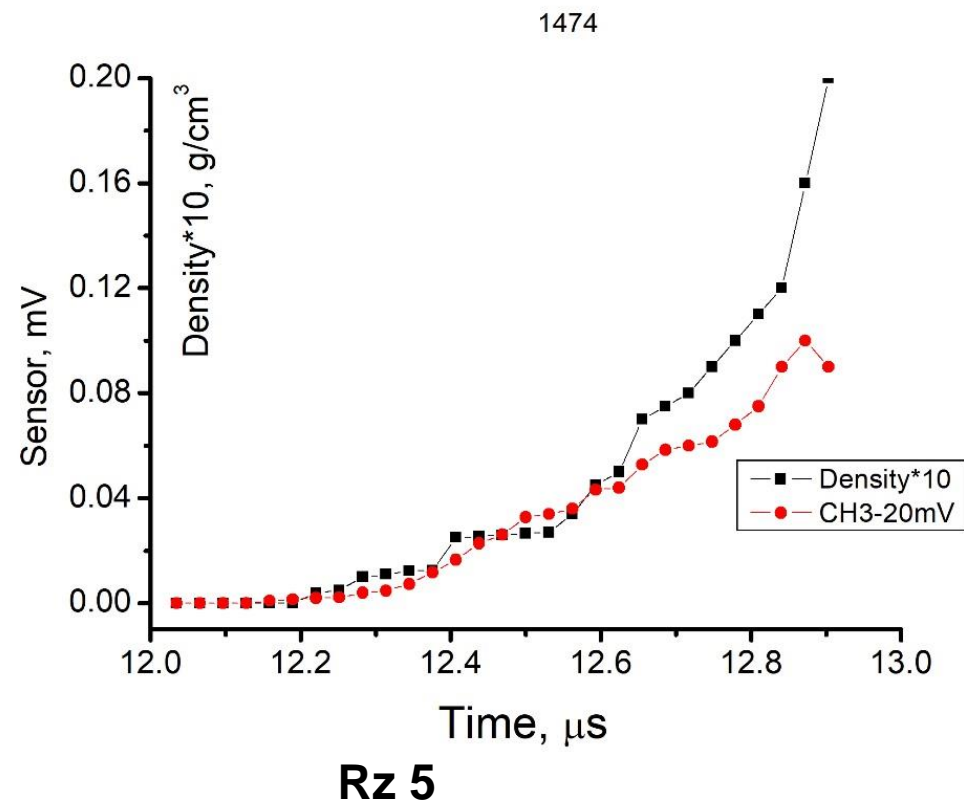
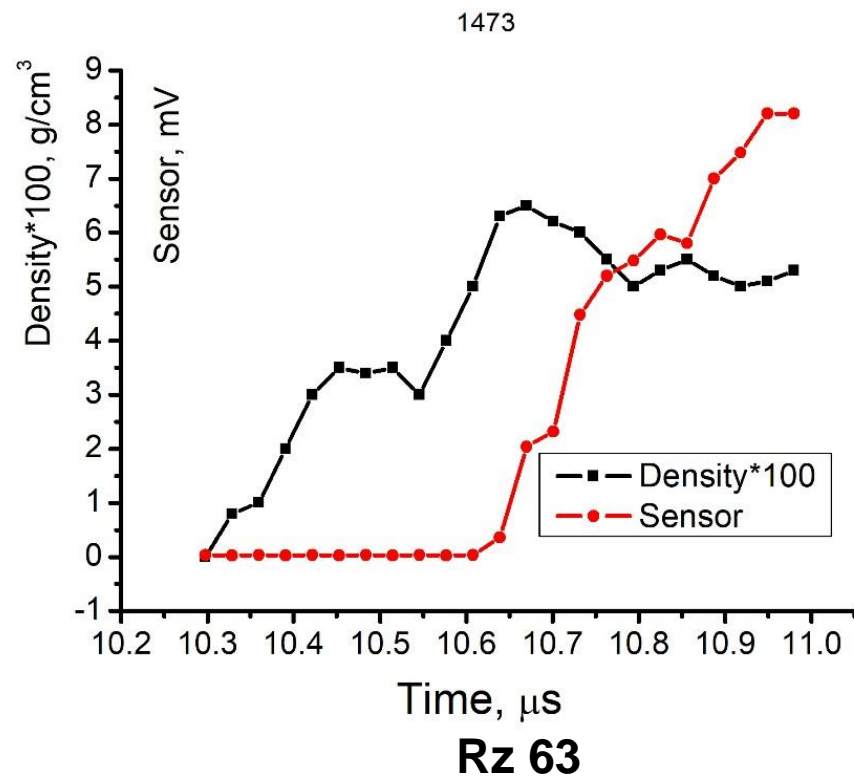


**Динамика интенсивности СИ.**  
Кадры через 124 нс.



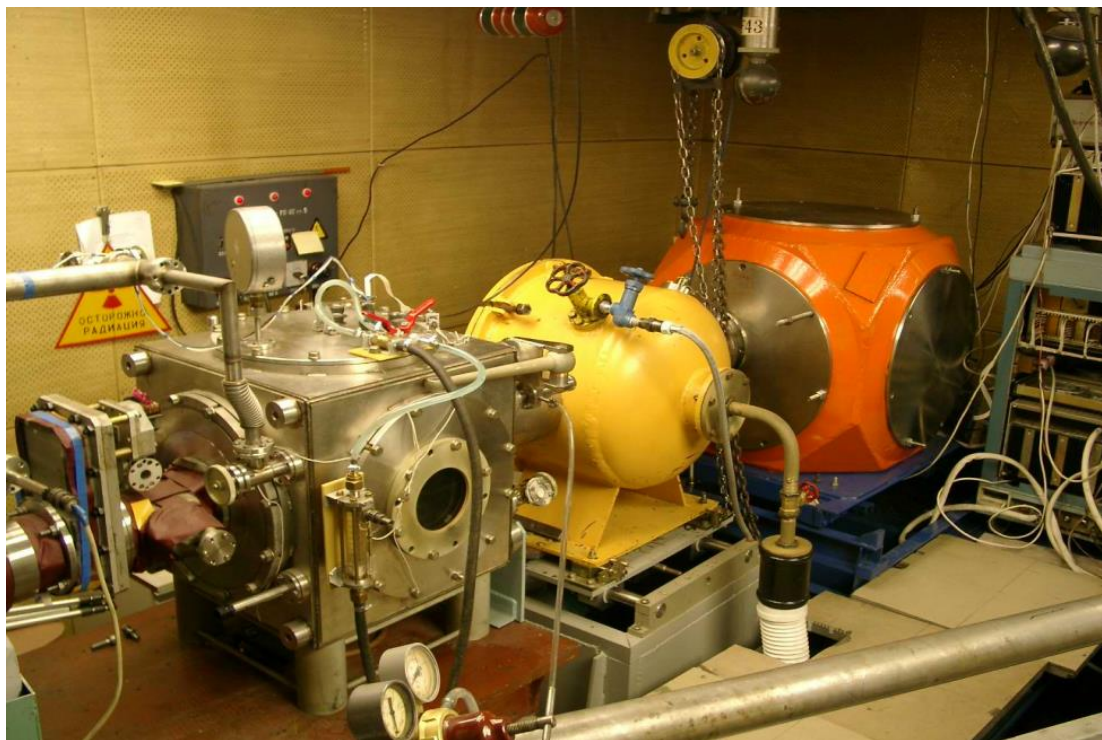
**Динамика распределений массы пыли.**  
Показан каждый десятый кадр (через 1.24 мкс.)

# Комплексное исследование динамики пылевого облака в газовых средах методами СИ, лазерным комплексом PDV и пьезодатчиками.

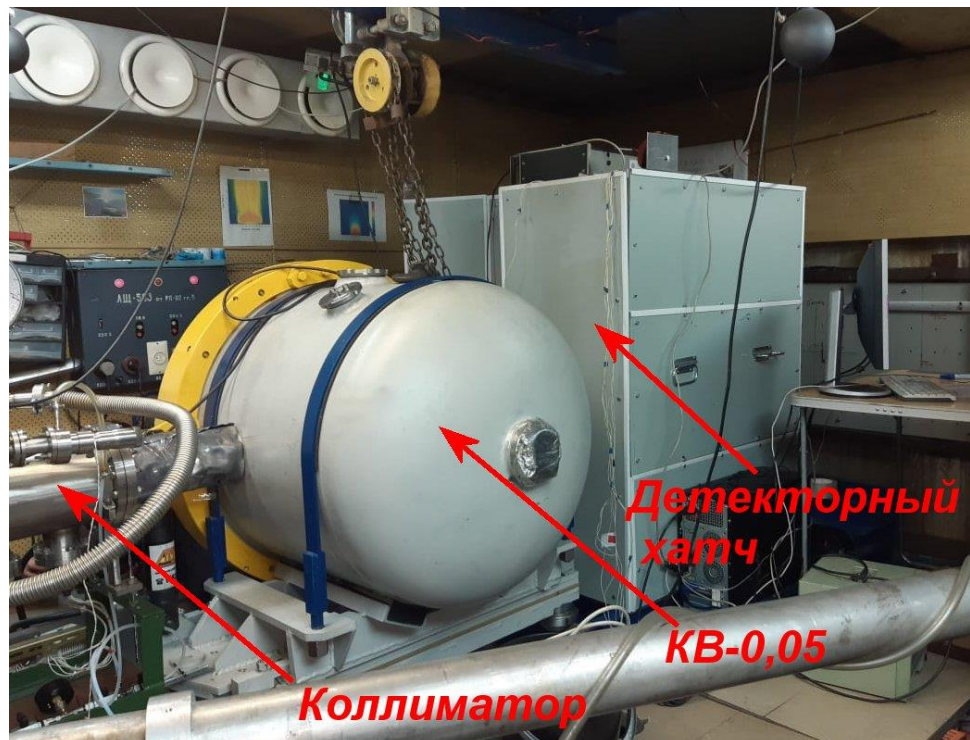


Сравнение данных пьезодатчика с плотностью пылевого потока в области датчика. При больших Rz облако пыли на детекторе СИ видно раньше, чем регистрирует пьезодатчик, показания с пьезодатчика (красные точки) и плотность пылевого потока, регистрируемую детектором (черные точки)



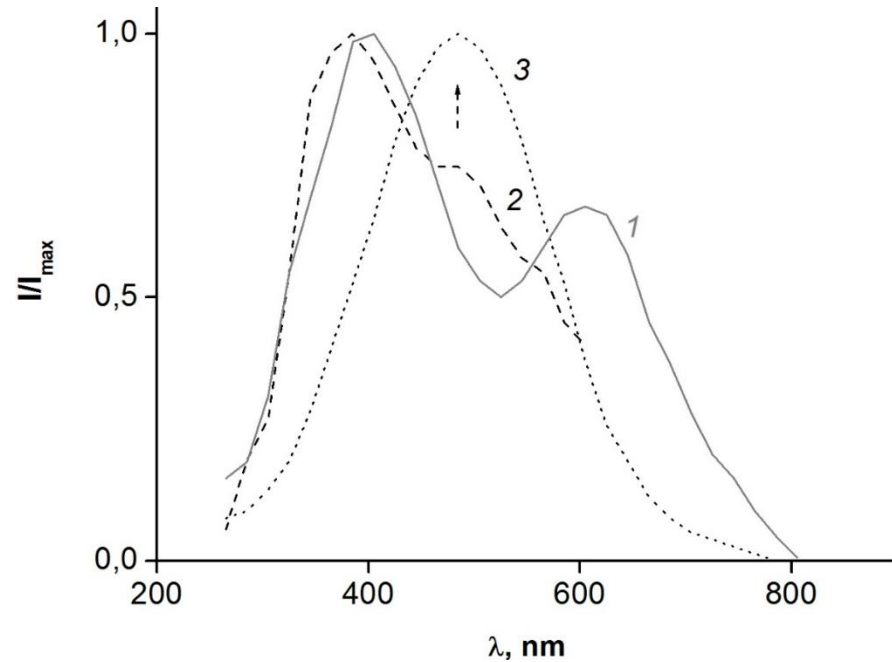


Старая станция по исследованию субмикросекундных процессов на 0-м канале накопителя ВЭПП-3.

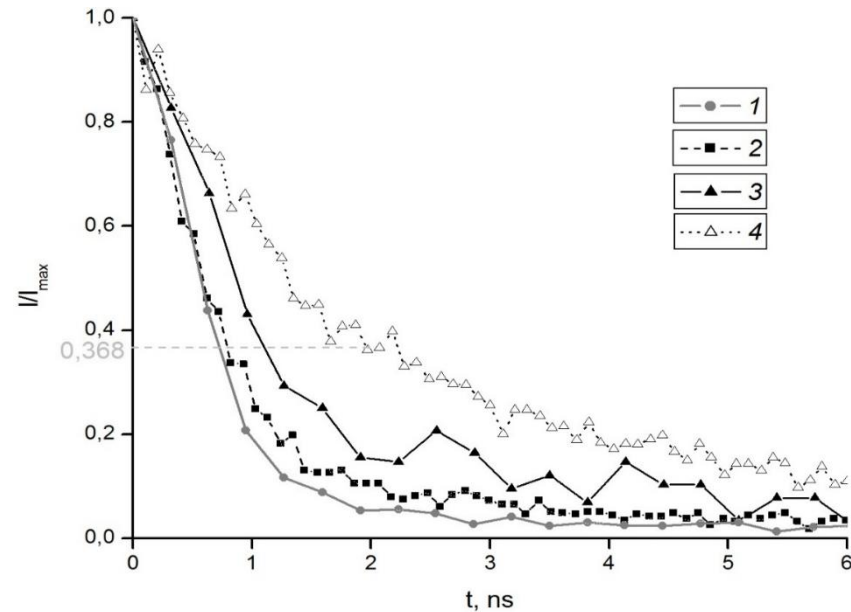


Новые взрывная камера и детекторный хатч на 0-м канале на ВЭПП-3.

# Изменения спектральных характеристик полиметилметакрилата разной плотности (разной длины полимеров) при помощи синхротронного излучения ускорителя ВЭПП-3 (ИЯФ)



Спектры люминесценции в процессе полимеризации. 1 – исходный MMA, 2 – в момент формирования полимера. 3 – сформированный ПММА.



Спектры кинетики люминесценции. Молекулярный вес на рисунке возрастает с уменьшением порядкового номера спектра.

Установлено, что при возрастании молекулярного веса ПММА время затухания люминесценции уменьшается.

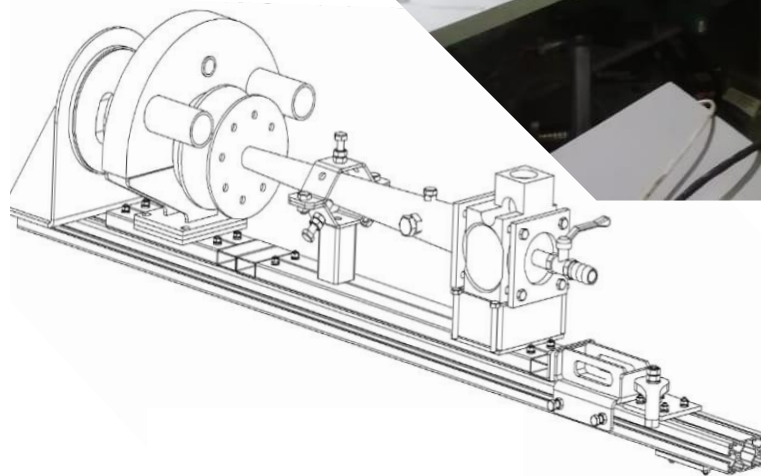
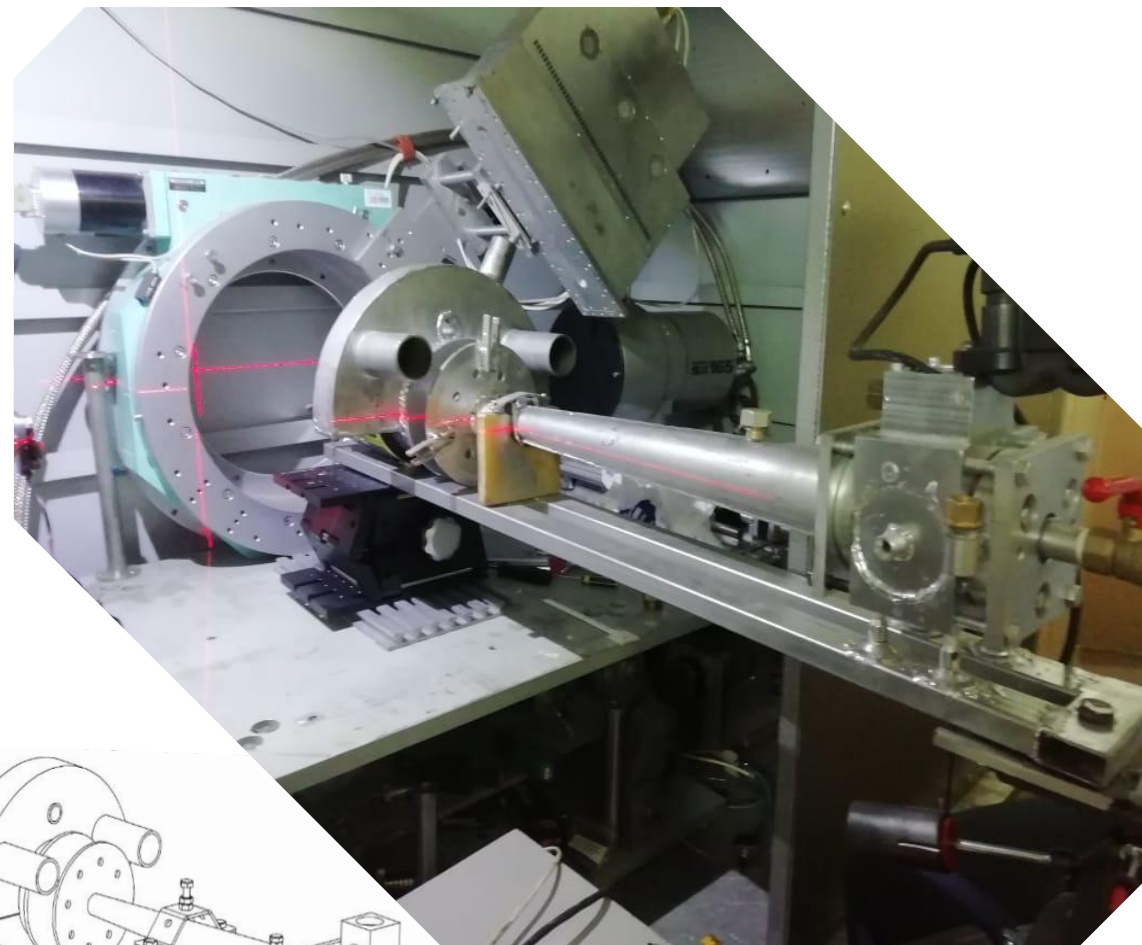
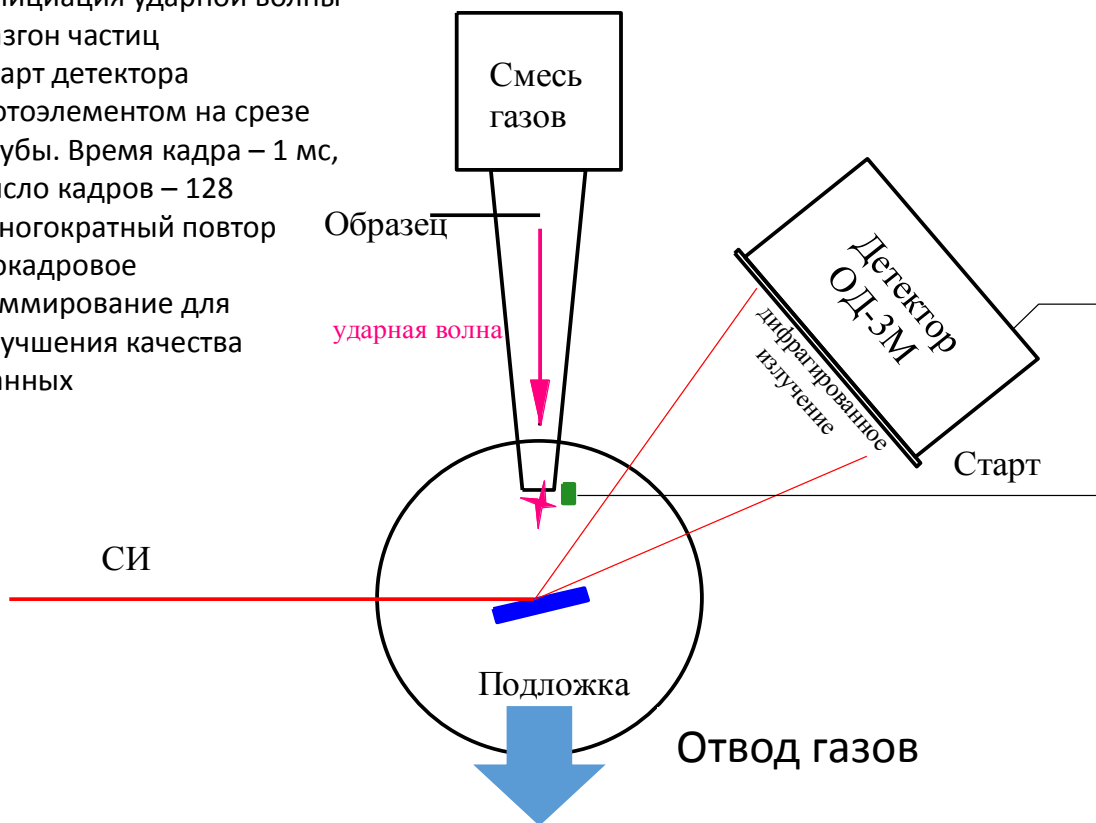


# Нанесение функциональных покрытий на основе жаропрочных интерметаллидов методом газодинамического напыления

Твердофазный синтез механоактивированных прекурсоров системы TiAl в условиях ударно-волнового нагрева в газодетонационном генераторе однократного цикла.

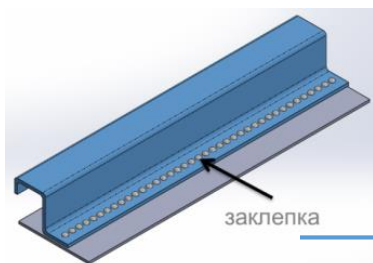
Определение области температурной устойчивости продуктов СВС синтеза той же системы (устойчивость фазового состава при нагреве до распада фазы)

1. Инициация ударной волны
2. Разгон частиц
3. Старт детектора фотоэлементом на срезе трубы. Время кадра – 1 мс, число кадров – 128
4. Многократный повтор
5. Покадровое суммирование для улучшения качества данных

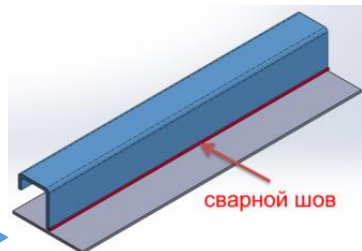


# Исследование структурно-фазового состава сварных соединений на основе Al и Ti.

Лазерная сварка является одним из наиболее перспективных методов сварки разнородных материалов. Данный метод за счет малого размера сфокусированного излучения позволяет получать тонкую диффузионную зону, в которой образуются интерметаллические соединения, снижающие прочность.



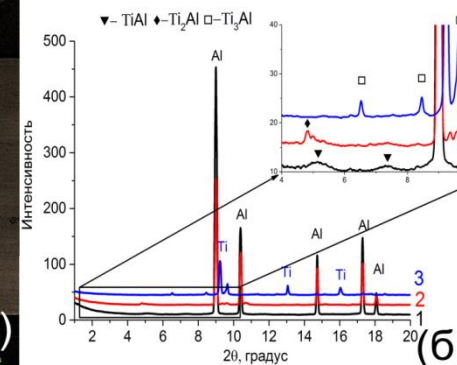
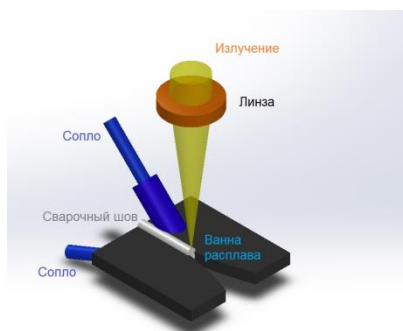
Снижение веса,  
увеличение производительности!



Сечение шва



Дифрактограммы от различных участков шва

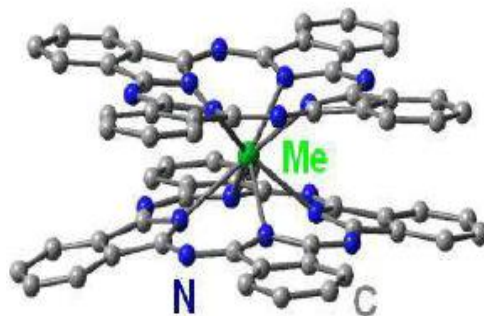


На станции 4-го канала синхротронного излучения от накопителя ВЭПП-3, впервые исследован структурно-фазовый состав лазерных сварных соединений материалов на основе Ti и Al, что позволило изменить режим сварки и увеличить прочность сварного шва в 2,5 раза.

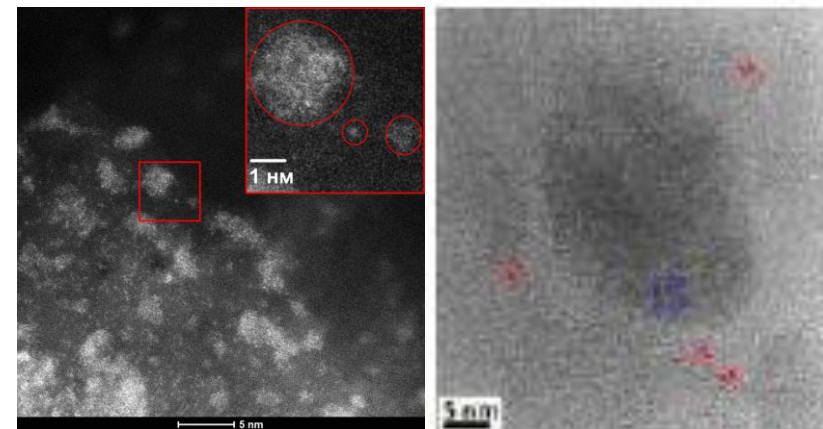
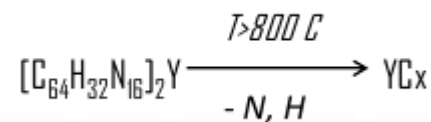


# EXAFS исследование Y/C модельных наноконпозитов

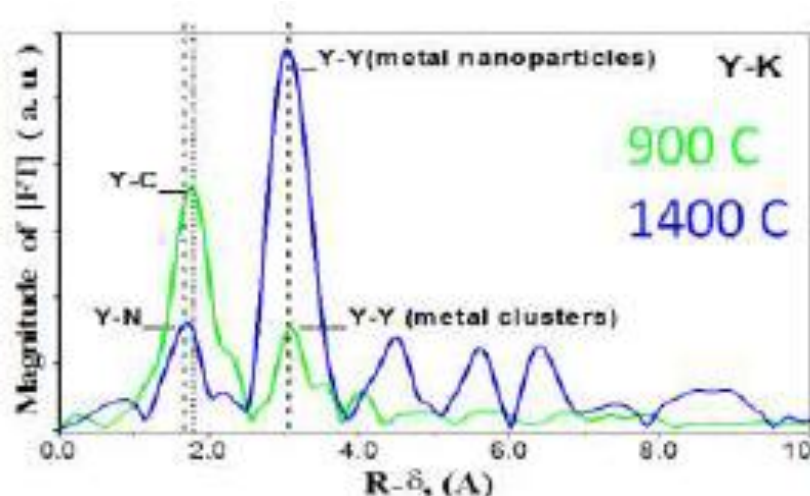
Технологии долговременного хранения отходов ядерного топлива и многие другие задачи промышленности, ядерной медицины, сегодня требуют разработки и создания новых функциональных материалов. Перспективными являются наноконпозиты (фуллерены, углеродные нанотрубки и другие формы углерода). Их свойства – термостойкость, электрическая проводимость, теплопроводность, прочность – можно усилить при помощи внедрения металлов. В ЦКП СЦСТИ (ИЯФ СО РАН) методом EXAFS были проведены исследования образцов новых металл-углеродных наноконпозитов Y/C, разработанных в ПИЯФ, (Гатчина, НИЦ «Курчатовский институт»).



## Методика синтеза образцов



Данные ЭМ: 1) образец  $YC_x$  (900°C, пиролиз-1ч), показано неоднородное распределение Y-кластеров в углеродной матрице. 2) образец  $YC_x$  (1400°C, пиролиз-2ч), наночастица Y°.



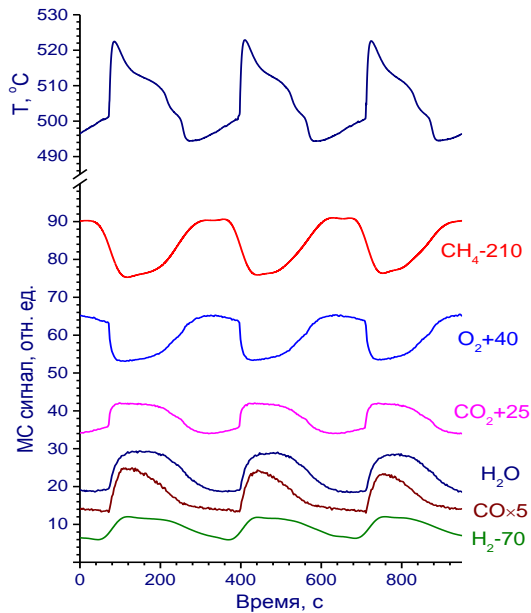
Данные EXAFS - функции радиального распределения атомов локального окружения иттрия образцов наноконпозитов  $YC_x$ :  
1) 900°C, пиролиз-1 ч), 2) 1400°C, пиролиз-2ч.

Установлено, что в зависимости от температуры пиролиза итрий может стабилизироваться в различных формах – в виде атомарно-диспергированного иттрия, иттриевых кластеров и наночастиц. Показано наличие коротких прочных связей Y-C, которые жестко фиксируют кластеры иттрия в углеродной матрице. Данные EXAFS хорошо согласуются с результатами ЭМ, РФЭС, РФА.

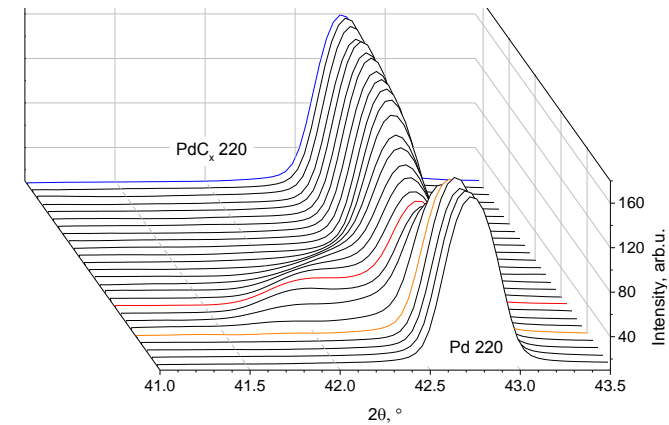
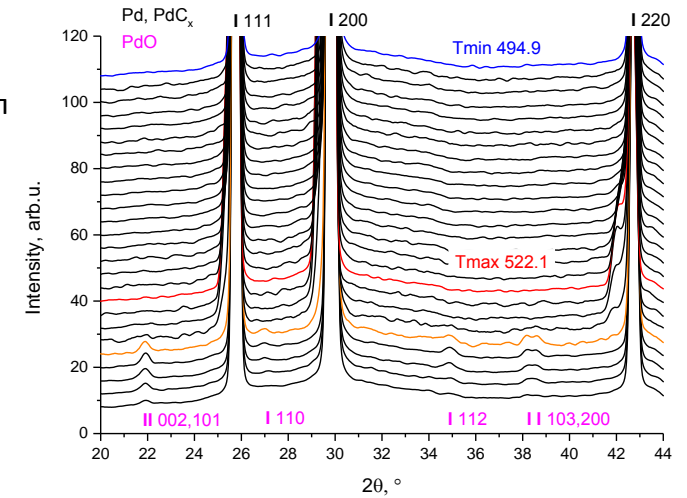
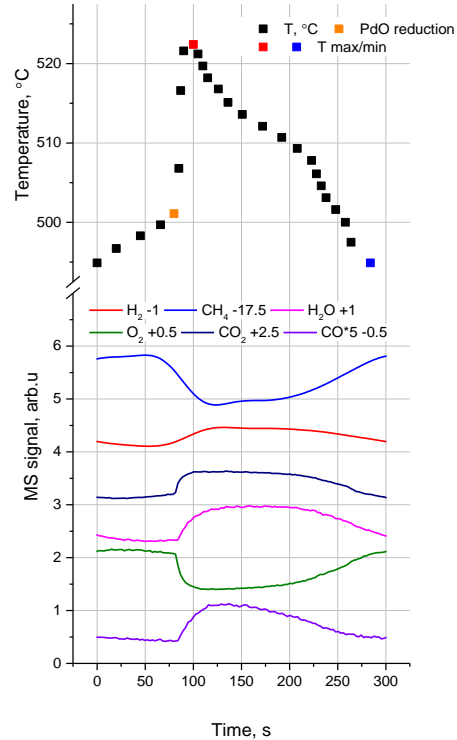
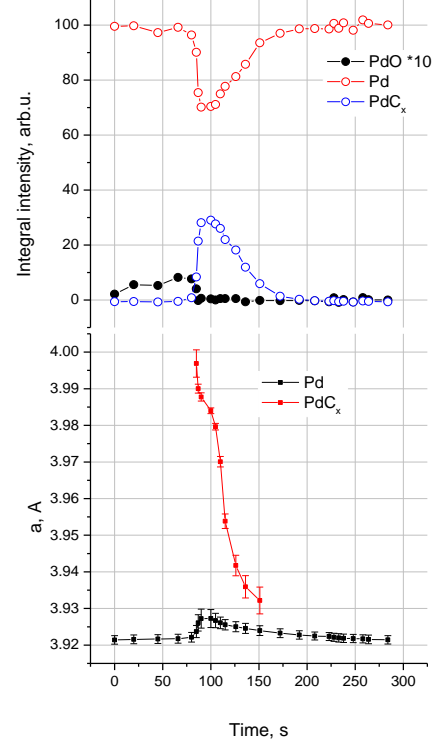
# Operando дифракционные исследования автоколебаний скорости реакции окисления метана на палладии

В рамках проекта РФФИ 19-03-00419 А с использованием оборудования станции “Прецизионная дифрактометрия” ЦКП СЦСТИ были проведены *operando* исследования автоколебаний в реакции окисления метана на палладии методами рентгеновской дифракции и масс-спектрометрии при атмосферном давлении в проточном режиме. Образец представлял собой палладиевую фольгу размером 6×6 мм толщиной 0.5 мм.

В процессе эксперимента наблюдались периодические изменения фазового состава поверхности фольги, включающие как окисление-восстановление поверхности, так и наличие спутных рефлексов у металлического палладия, которые были отнесены к твердому раствору углерода в палладии.



Сигналы масс-спектрометра и термопары (приварена к образцу точечной сваркой) полученные в условиях автоколебаний на металлическом палладии в среде  $\text{CH}_4:\text{O}_2:\text{Ar} = 20:5:75 \text{ см}^3/\text{мин}$ .

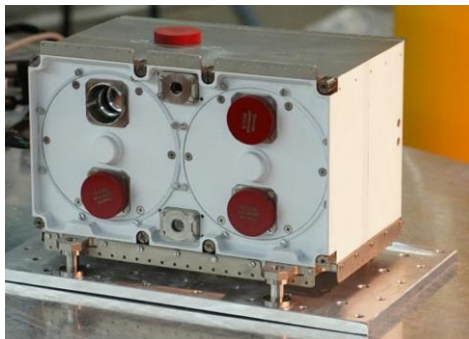
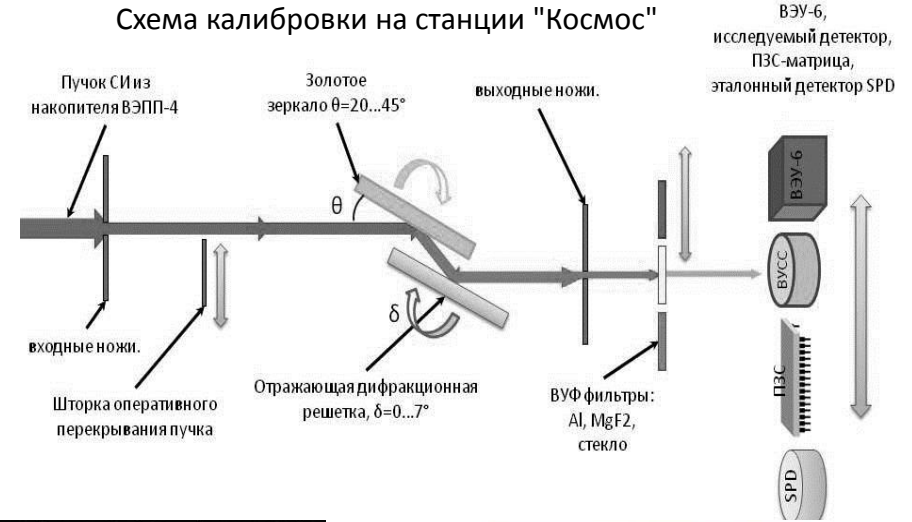
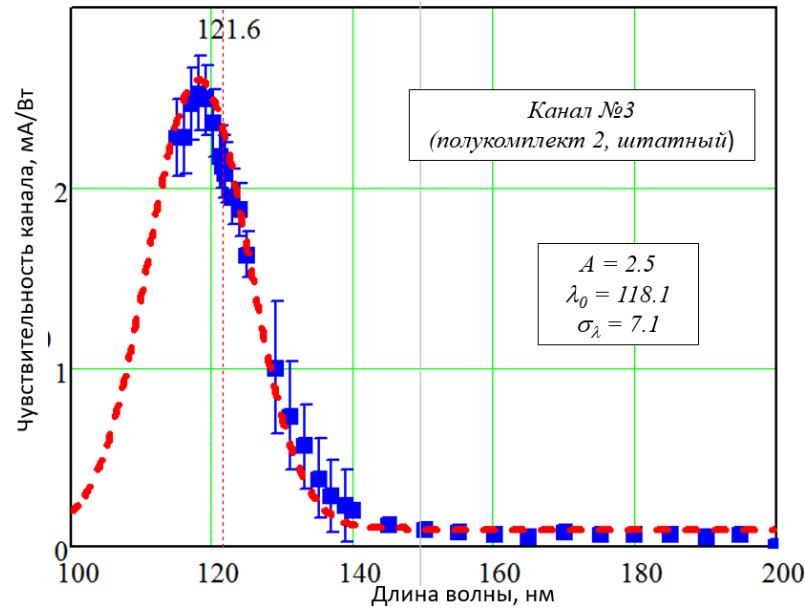


Дифрактограммы Pd полученные усреднением по 7 периодам автоколебаний – (сверху); те же дифрактограммы в области расположения рефлекса металлического палладия Pd 220 – (снизу), где наблюдается появление твердого раствора углерода в палладии  $\text{PdC}_x$ . Длина волны 1.0102Å.

Графики интегральной интенсивности для фаз Pd,  $\text{PdC}_x$  и  $\text{PdO}(x10)$ , а также параметры решетки для Pd,  $\text{PdC}_x$  полученные из усредненных дифрактограмм и соответствующая им температура, сигналы масс-спектрометра и время.

# Станция "Космос"

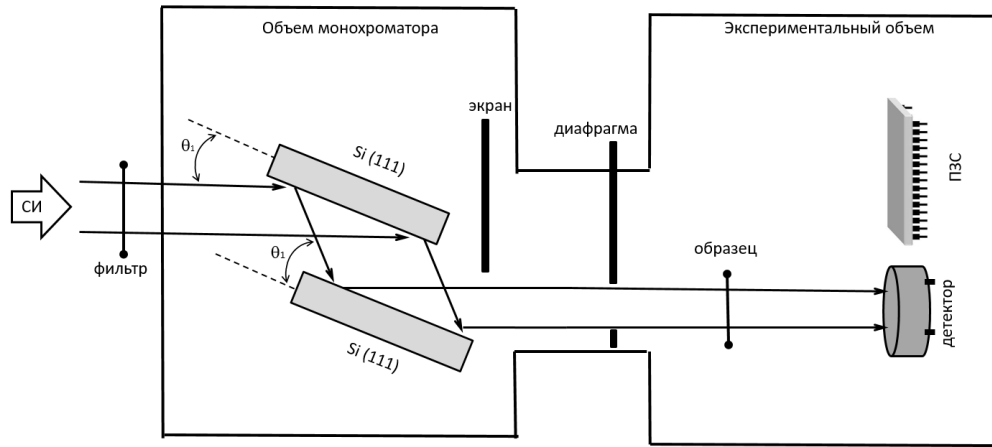
Результаты калибровки измерителя Солнечной активности для геостационарного спутника "Электро-Л №3" (запущен 24 декабря 2019)  
Заказчик - ИПФ (Москва)



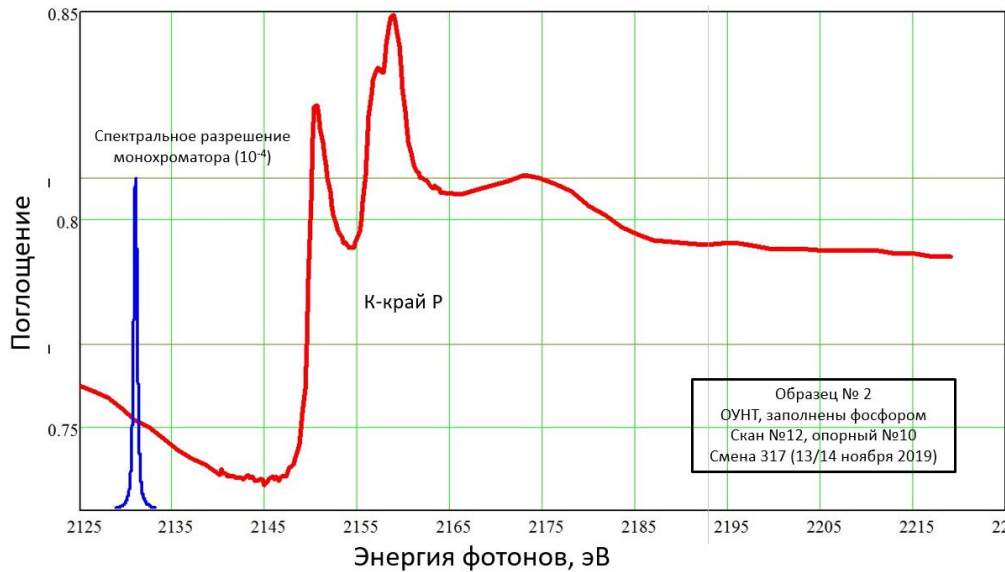


# Станция "Космос"

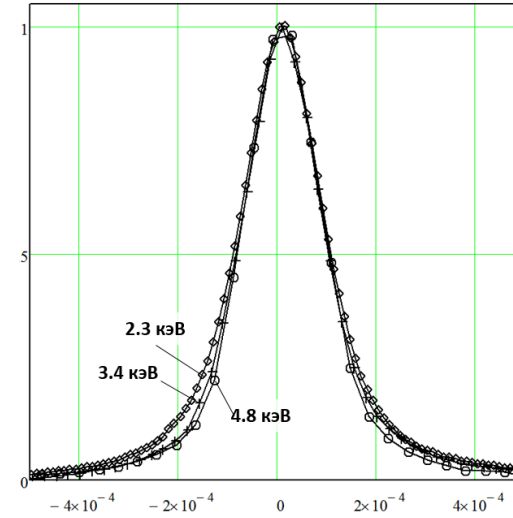
Результаты измерения XANES спектров в мягкой рентгеновской области



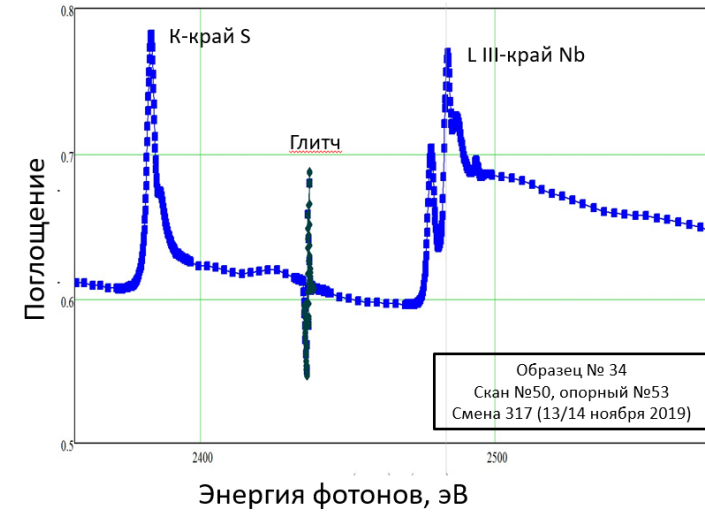
Оптическая схема измерения спектров



Измеренные кривые качания



Относительное спектральное разрешение  $\Delta E/E$



Биядерный кластер  $\{Nb_2S_4\}$  с мостиковыми дисульфидными лигандами  $S_2^{2-}$

# Субсидия на поддержку ЦКП Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения

В 2019 г ЦКП Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения получил поддержку в рамках конкурсного отбора проектов по поддержке и развитию центров коллективного пользования научным оборудованием в целях реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» Мероприятие 3.1.2, очередь 1 Шифр: 2019-05-595-0001.

Таким образом появилась возможность покупки дорогостоящего научного оборудования на общую сумму 128 млн. руб. (80 млн. руб. в 2019 г. и 48 млн. руб. в 2020 г.).

В рамках выполнения обязательств планируется приобрести следующее оборудование:

- Установку орбитальной сварки
- 4-х канальный осциллограф на 59 ГГц марки UXR0594AP
- Комплекты микромеханических устройств
- Комплекты вакуумного оборудования и т.п.

В результате реализации планов удастся существенно обновить приборный парк центра.



## Индикативные параметры за 2019 г

- Опубликовано 33 статьи (WoS, Scopus), 25 статей и тезисов (РИНЦ)
- Договоры о сотрудничестве с 42 организациями
- Новый сайт ЦКП Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения (<https://ssrc.biouml.org/>)



## Планы на 2020 г

- Завершение работ по развитию ЦКП в рамках субсидии и отчет выполнение
- Проведение конференции SFR-2020 (22-25 июня 2020 г)
- Разработка пользовательских станций для проекта «СКИФ»

Спасибо за  
внимание