



Эксперименты с использованием СИ на ВЭПП-3 и ВЭПП-4М в 2020 г.

Научная сессия ИЯФ СО РАН

4.02.2021

Анчаров А.И., Аракчеев А.С., Винокуров З.С.,
Гольденберг Б.Г., Дарьин Ф.А., Кривенцов В.В.,
Кулипанов Г.Н., Купер К.Э., Любас Г.А.,
Назьмов В.П., Николенко А.Д., Толочко Б.П.,
Шарафутдинов М.Р., Шмаков А. Н., Тен К.А.
Золотарев К.В.



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

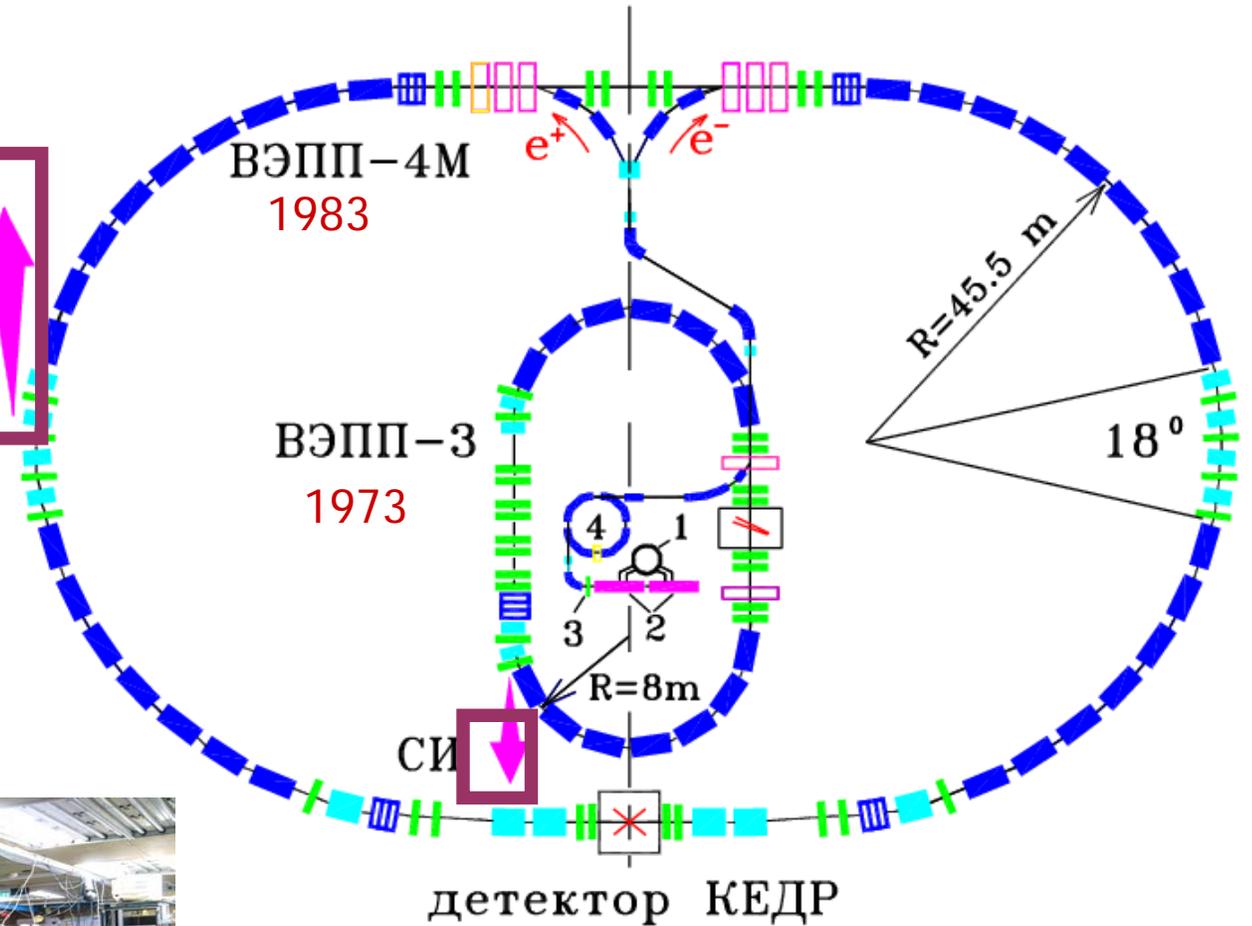
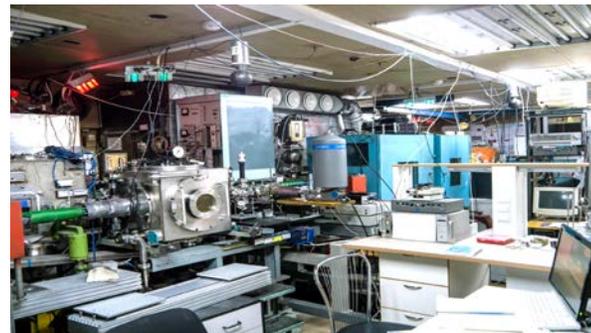
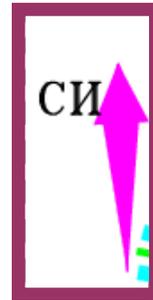
5b Малоугловое рассеяние

6a Прецизионная дифрактометрия-2

6b Спектроскопия с временным разрешением

7 [Диагностика и обратная связь](#)

8 EXAFS-спектроскопия



Статистика работ с использованием СИ в 2020 г.

Календарь 2020 ▾

Январь					Февраль					Март					Апрель						
Пн	6	13	20	27	Пн	3	10	17	24	Пн	2	9	16	23	30	Пн	6	13	20	27	
Вт	7	14	21	28	Вт	4	11	18	25	Вт	3	10	17	24	31	Вт	7	14	21	28	
Ср	1	8	15	22	29	Ср	5	12	19	26	Ср	4	11	18	25	Ср	1	8	15	22	29
Чт	2	9	16	23	30	Чт	6	13	20	27	Чт	5	12	19	26	Чт	2	9	16	23	30
Пт	3	10	17	24	31	Пт	7	14	21	28	Пт	6	13	20	27	Пт	3	10	17	24	
Сб	4	11	18	25	Сб	1	8	15	22	29	Сб	7	14	21	28	Сб	4	11	18	25	
Вс	5	12	19	26	Вс	2	9	16	23	Вс	1	8	15	22	29	Вс	5	12	19	26	

Май					Июнь					Июль					Август						
Пн	4	11	18	25	Пн	1	8	15	22	29	Пн	6	13	20	27	Пн	3	10	17	24	31
Вт	5	12	19	26	Вт	2	9	16	23	30	Вт	7	14	21	28	Вт	4	11	18	25	
Ср	6	13	20	27	Ср	3	10	17	24	Ср	1	8	15	22	29	Ср	5	12	19	26	
Чт	7	14	21	28	Чт	4	11	18	25	Чт	2	9	16	23	30	Чт	6	13	20	27	
Пт	1	8	15	22	29	Пт	5	12	19	26	Пт	3	10	17	24	31	Пт	7	14	21	28
Сб	2	9	16	23	30	Сб	6	13	20	27	Сб	4	11	18	25	Сб	1	8	15	22	29
Вс	3	10	17	24	31	Вс	7	14	21	28	Вс	5	12	19	26	Вс	2	9	16	23	30

Сентябрь					Октябрь					Ноябрь					Декабрь						
Пн	7	14	21	28	Пн	5	12	19	26	Пн	2	9	16	23	30	Пн	7	14	21	28	
Вт	1	8	15	22	29	Вт	6	13	20	27	Вт	3	10	17	24	Вт	1	8	15	22	29
Ср	2	9	16	23	30	Ср	7	14	21	28	Ср	4	11	18	25	Ср	2	9	16	23	30
Чт	3	10	17	24	Чт	1	8	15	22	29	Чт	5	12	19	26	Чт	3	10	17	24	31
Пт	4	11	18	25	Пт	2	9	16	23	30	Пт	6	13	20	27	Пт	4	11	18	25	
Сб	5	12	19	26	Сб	3	10	17	24	31	Сб	7	14	21	28	Сб	5	12	19	26	
В	6	13	20	27	Вс	4	11	18	25	Вс	1	8	15	22	29	Вс	6	13	20	27	

ВЭПП-3 режим

смен	часов
1.2 ГэВ	5 60
2 ГэВ	45 540

2019 г

ВЭПП-3 режим	часов
1.2 ГэВ	205
2 ГэВ	750

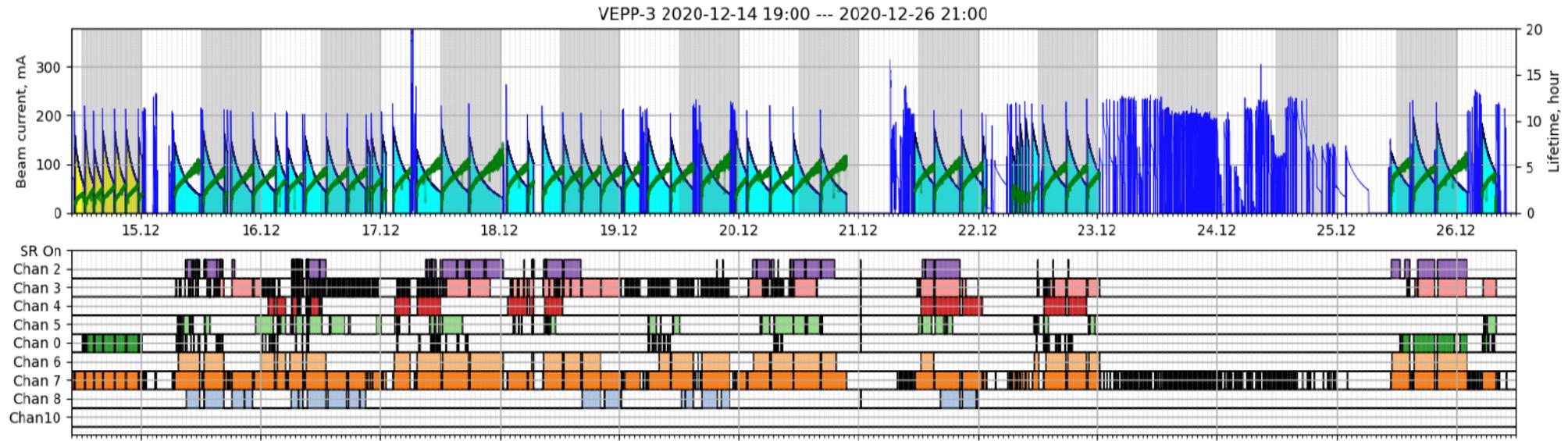
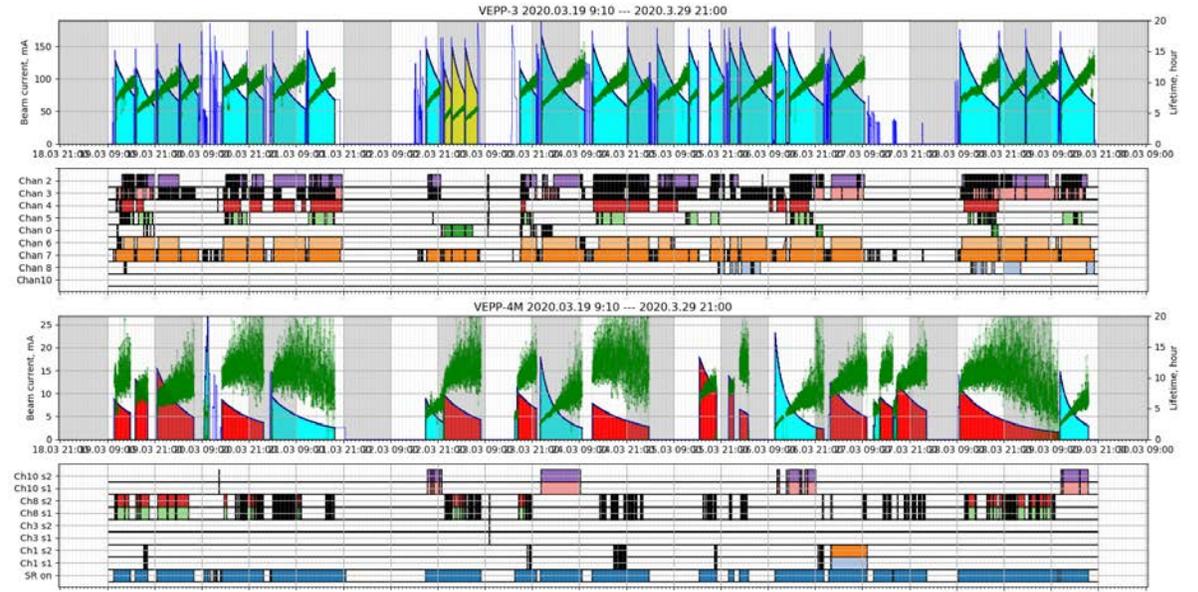
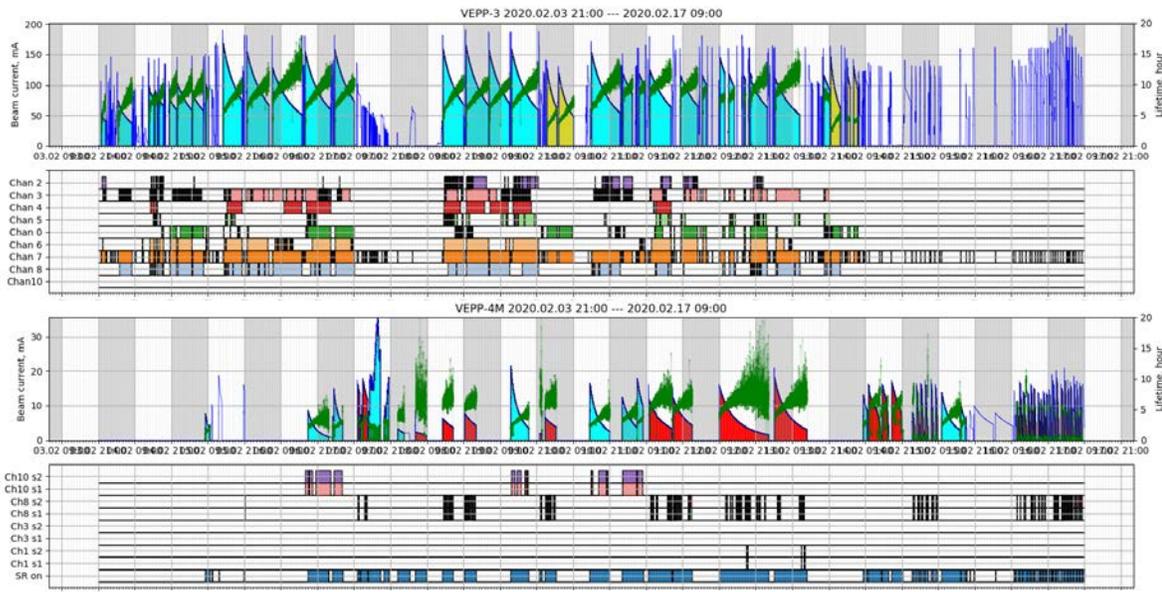
ВЭПП-4 режим

смен	часов
1.9 ГэВ	7 84
4.5 ГэВ	27 324

ВЭПП-4М режим	часов
1.9 ГэВ	170
4.5 ГэВ	620

Планы на начало 2020
8 блоков по 11 суток
(~ 2000 часов)

Статистика работ с использованием СИ в 2020 г.



Индикативные параметры за 2020 г

- Опубликовано 22 статьи (WoS, Scopus), более 40 статей и тезисов (РИНЦ)
- Договоры о сотрудничестве с 38 организациями
- Проведена международная конференция SFR-2020.
- Участие в разработке пользовательских станций «СКИФ».
- Завершение мероприятий связанных с получением субсидии на поддержку ЦКП «Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения»

Планы на 2021 г

- Работы с использованием СИ, обеспечение потребностей пользователей ЦКП СЦСТИ
- Изучение прототипов узлов для каналов СИ и станций «СКИФ»
- Разработка пользовательских станций для проекта «СКИФ»



Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2020)

13-17 July 2020
Zoom
Asia/Novosibirsk timezone

Overview

Timetable

Upload/Download the materials

For ORAL speakers

For Poster presentation

Contribution List

Author List

Speaker List

Participant's Registration

Participants List

Accommodation

Proceedings

Registration fee

Support

✉ kuzin@inp.nsk.su

☎ +7 (383) 329-43-47

July, 7th, 2020. Programme correction - papers ID 54 and 39 switch the places. Now ID 54 "Relaxation times of donor bound electrons in silicon and germanium" presented by Roman Zhukavin will be an Oral (14/07/2020, 17:40) and ID 39 "THz sensing based on subwavelength grating in attenuated total reflection configuration" presented by Oleg Kameshkov and Vasily Gerasimov will be a poster.

July, 5th, 2020. Please find the Programme of the Conference ([compact version](#) with Oral presentation only and [Full detailed version](#) with posters list). Attention! We add one more day of the Conference and the Conference closing and Sessions review are scheduled to the Friday 2 p.m.

July, 4th, 2020. Please find the [Abstract Book](#) of the Conference.

Conference organized by Budker Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk



Мероприятие проводится при финансовой поддержке [РФФИ](#), проект № 20-02-22006



Conference sponsored by
DECTRIS
detecting the future and



April, 2020. We inform you that the Conference will be held as scheduled, from 13 to 16 July in the [online format](#). The current situation forces us to change the conference format. We will make every effort to maintain the high standards typical of our conference. On the other hand, we suppose that videoconferencing will be common in brave new world, therefore, our conference presents a good chance to prepare. **The registration fee of the conference is canceled.**

Please find the new [detailed Conference information letter](#).

AIP Conference Proceedings

AIP
Publishing

Конференция SFR-2020

scitation.org/journal/apc

Volume 2299

Synchrotron and Free Electron Laser Radiation Generation and Application (SFR-2020)

Novosibirsk, Russia • 13–16 July 2020
Editors • Boris Knyazev and Nikolay Vinokurov



On – line (ZOOM)
13-17 июля 2020

- 169 участников из 11 стран
- 77 устных докладов
- 7 секций
- 78 публикаций «AIP conference Proceedings»

- Один день был посвящен проекту «СКИФ»
7 докладов и общее обсуждение экспертного сообщества вариантов выбора конфигурации ускорительного комплекса и станций первой очереди

Субсидия на поддержку ЦКП Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения

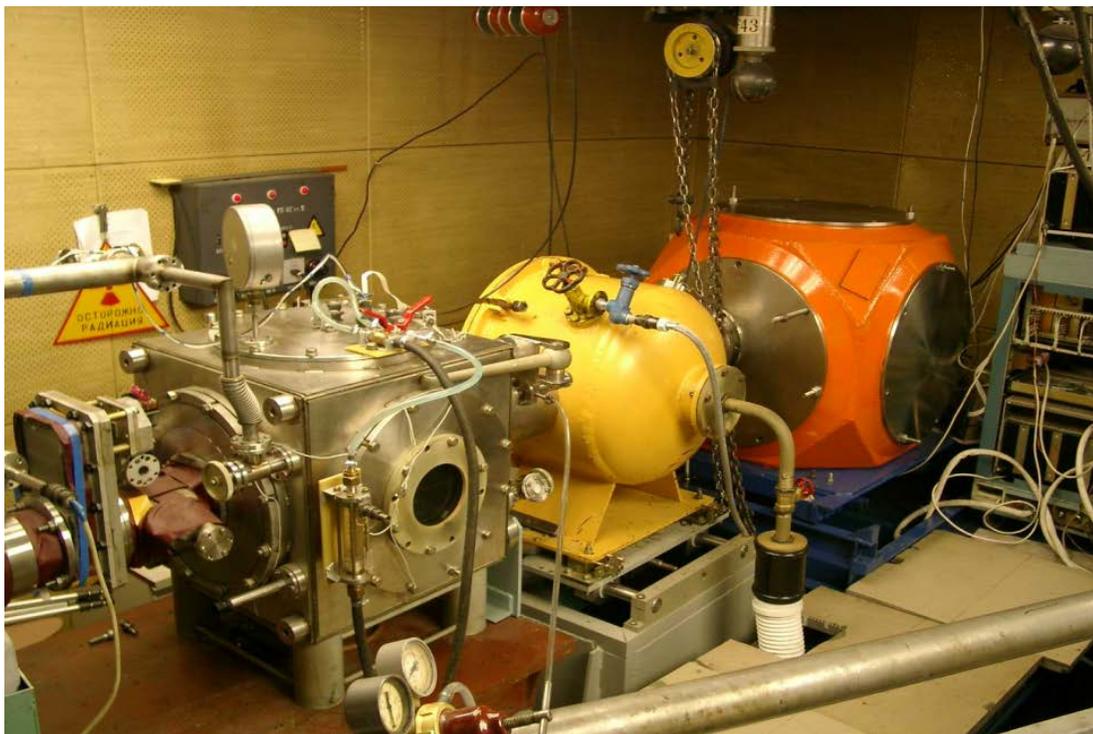
В 2019 г ЦКП Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения получил поддержку в рамках конкурсного отбора проектов по поддержке и развитию центров коллективного пользования научным оборудованием в целях реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям 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 и модернизировать ряд пользовательских станций.



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

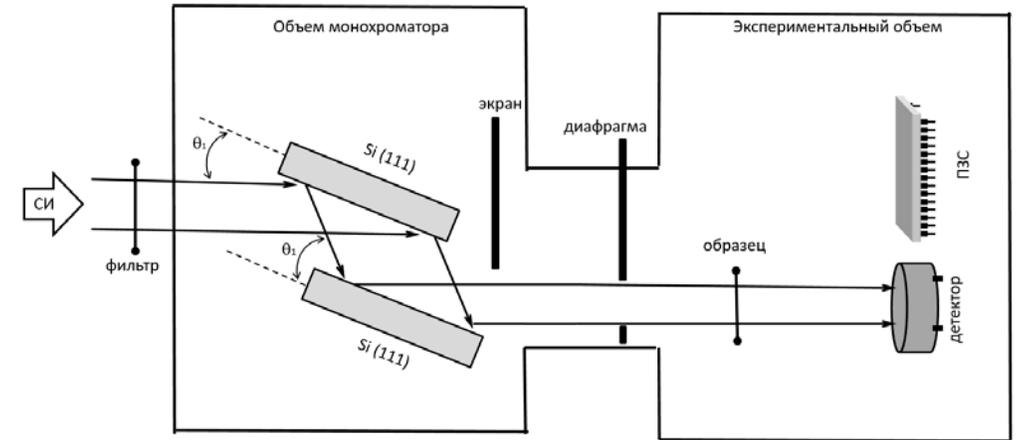
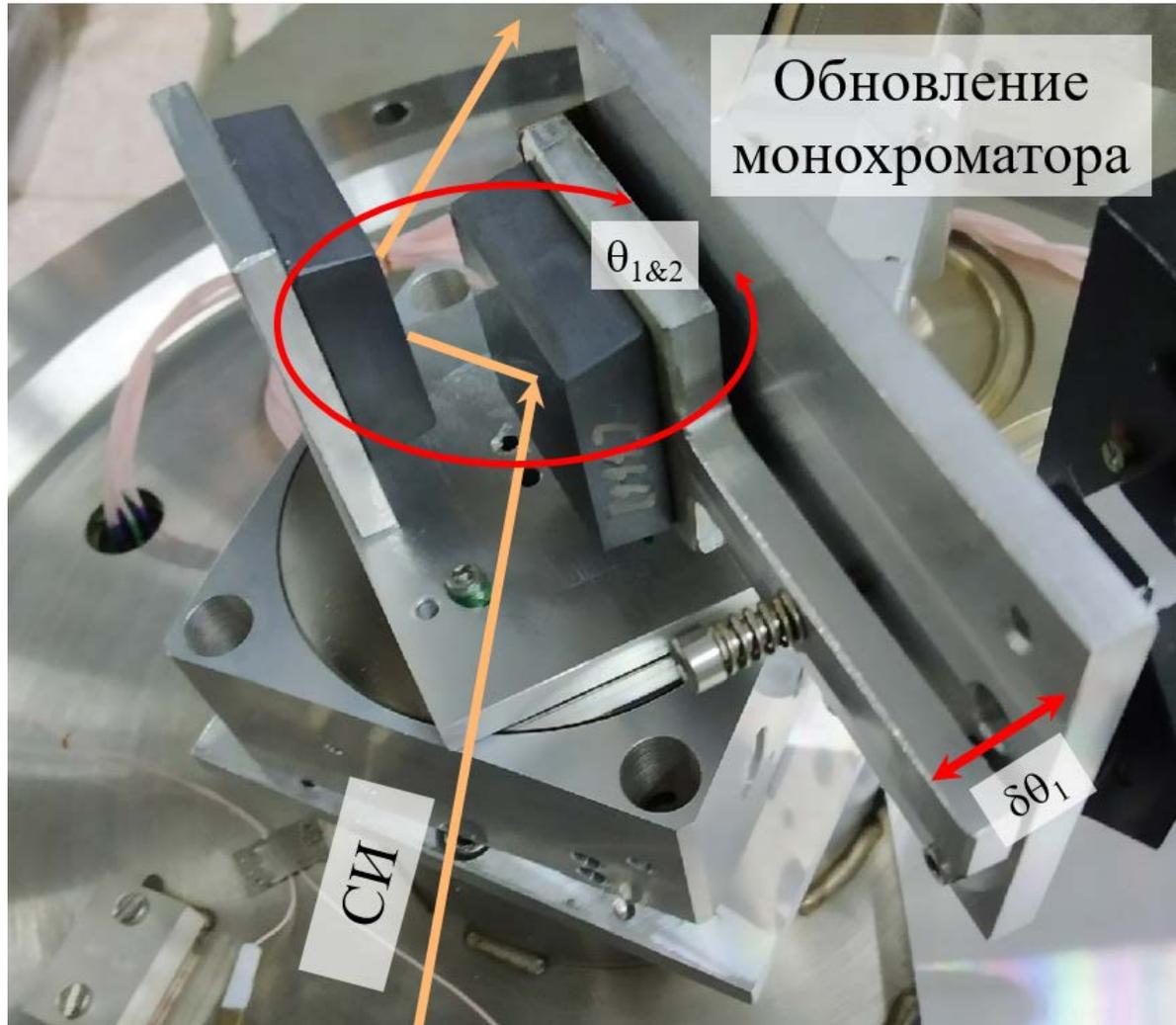


Новые взрывная камера и детекторный хатч на 0-м канале на ВЭПП-3.

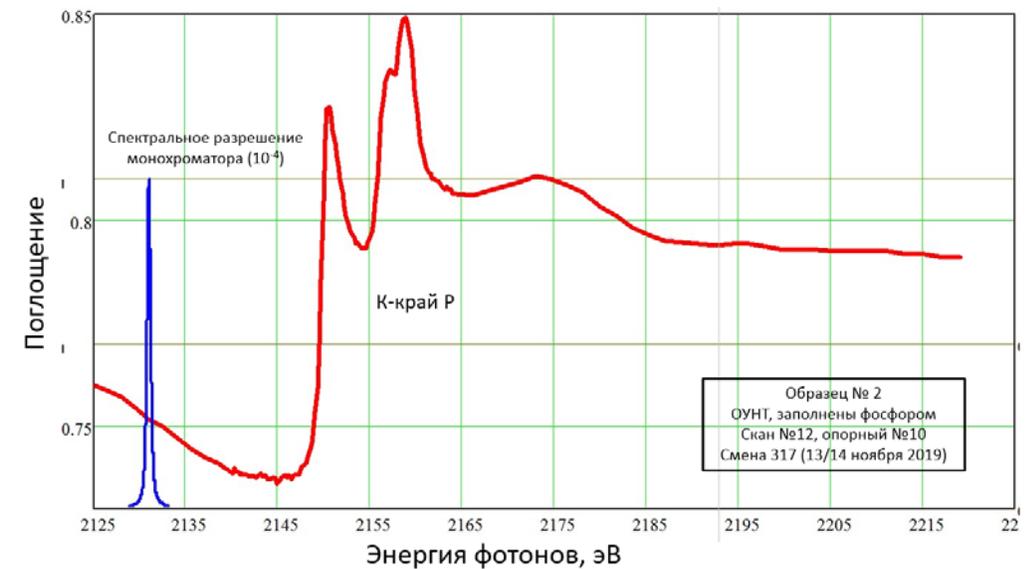
В 2020 г в новой камере проведены эксперименты по "пылению" (отрыв частиц материала от поверхности при прохождении ударной волны) в атмосфере азота при давлениях от 0 до 4 атм. Измерения проводились с использованием пьезодатчиков, и показали заметно лучшую чувствительность регистрации отрывов методами по поглощению СИ.

Станция "Космос"

Измерение XANES спектров в мягкой рентгеновской области.
15-20 образцов за смену

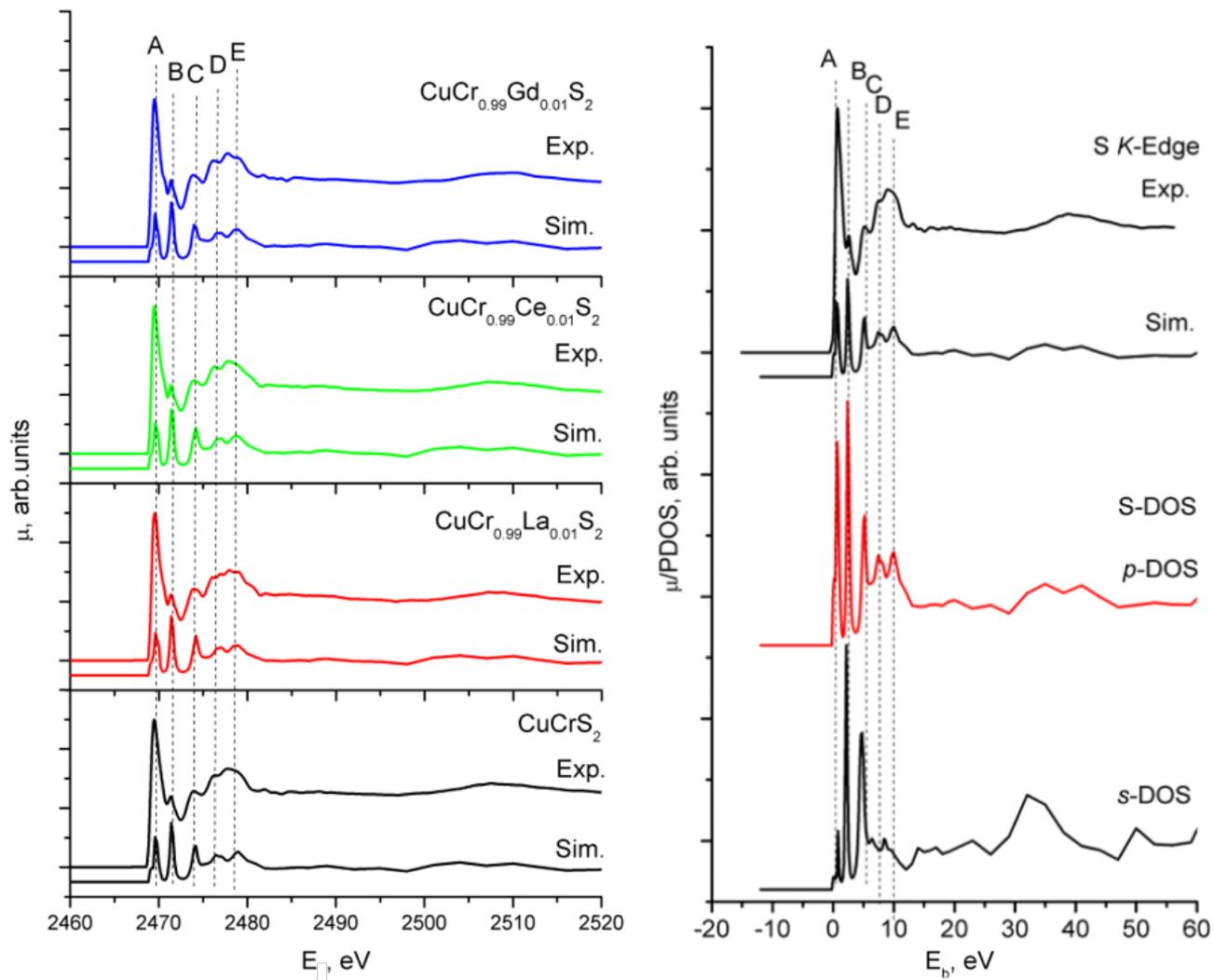


Оптическая схема измерения спектров



Исследование термоэлектрических материалов

позволяют преобразовывать рассеянное паразитное тепло в электрическую энергию.



Измерение электронной и пространственной структуры твердых растворов, легированных лантаноидами $\text{CuCr}_{0.99}\text{Ln}_{0.01}\text{S}_2$ ($\text{Ln}=\text{La}, \text{Ce}, \text{Gd}$). Экспериментальное и теоретическое исследование К-краев поглощения Cu, Cr, S показало, что в исследованных термоэлектрических материалах $\text{CuCr}_{0.99}\text{Ln}_{0.01}\text{S}_2$ ($\text{Ln}=\text{La}, \text{Ce}, \text{Gd}$) действительно происходит катионное изовалентное замещение $\text{Cr}^{3+} \rightarrow \text{Ln}^{3+}$, сохраняется характер распределения электронной плотности и парциальных атомных вкладов Cu, Cr, S в зону проводимости, а увеличение термоЭДС относительно исходной матрицы CuCrS_2 связано с интенсивным вкладом атомов лантаноидов в структуру зоны проводимости и малым вкладом в структуру валентной зоны.

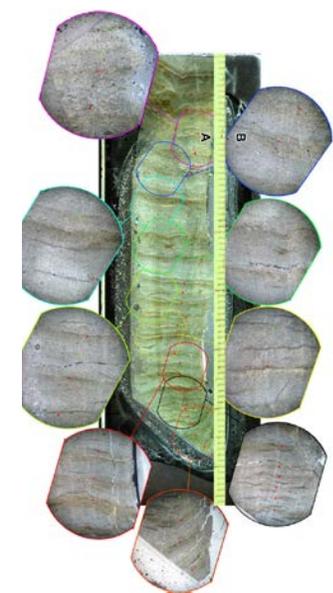
Полученные результаты важны с точки зрения улучшения термоэлектрических свойств данных материалов для их практического применения.

Моделирование структуры S К-края

Парциальные атомные вклады состояний серы



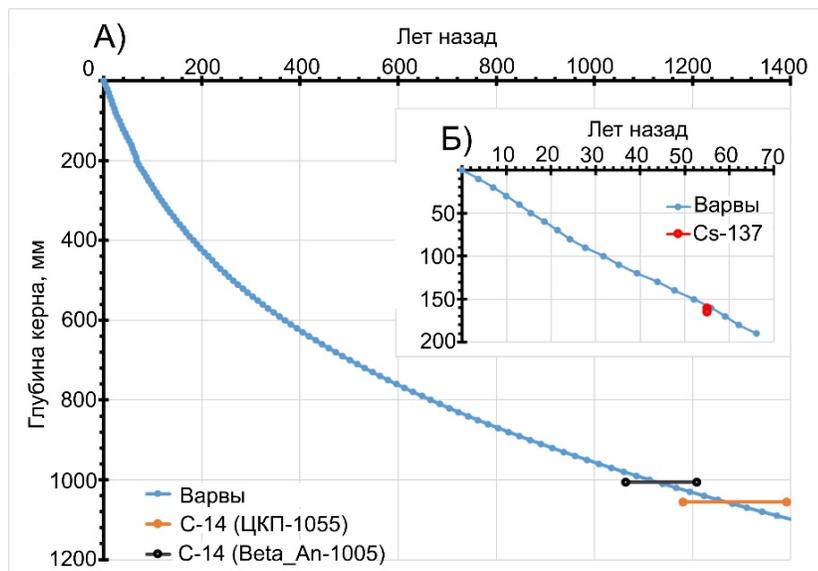
Озеро Кучерлинское расположено у подножия северного склона Катунского хребта в верховьях реки Кучерла на высоте 1790 м над уровнем моря. Озеро имеет ледниковое происхождение, и подпружено мощным конечно-моренным комплексом. Длина озера составляет 5 км, ширина – 1 км, максимальная глубина доходит до 45 м. Общая площадь 321 га. Озеро находится в труднодоступной местности и подвержено минимальному антропогенному воздействию, что делает его перспективным объектом для палеоклиматических исследований.



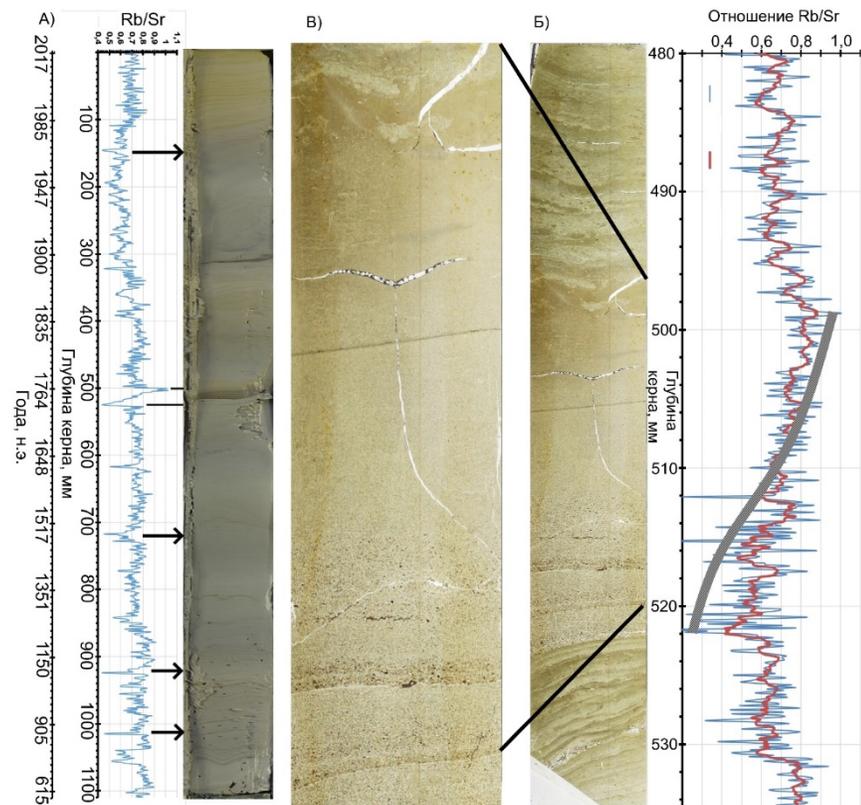
Осадки содержат годовые слои – варвы, что делает возможным построение возрастной модели подсчетом слоев. Фотографии оптических шлифов были сделаны в двух вариантах – в отраженном свете без увеличения (оптический сканер) и в проходящем свете в оптическом микроскопе с 2.5-кратным увеличением. Подсчет проводился по визуально выделяемому парам – светлый-темный слой. Итоговая модель верифицирована изотопными исследованиями

1. АРХИВ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В ЛЕДНИКОВЫХ ГЛИНАХ ОЗЕРА КУЧЕРЛИНСКОГО (АЛТАЙ)

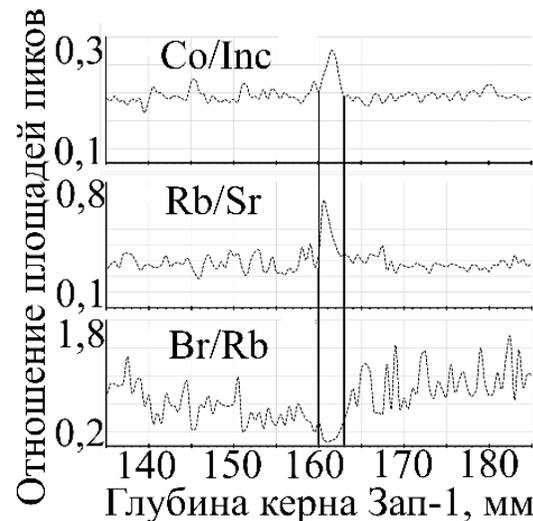
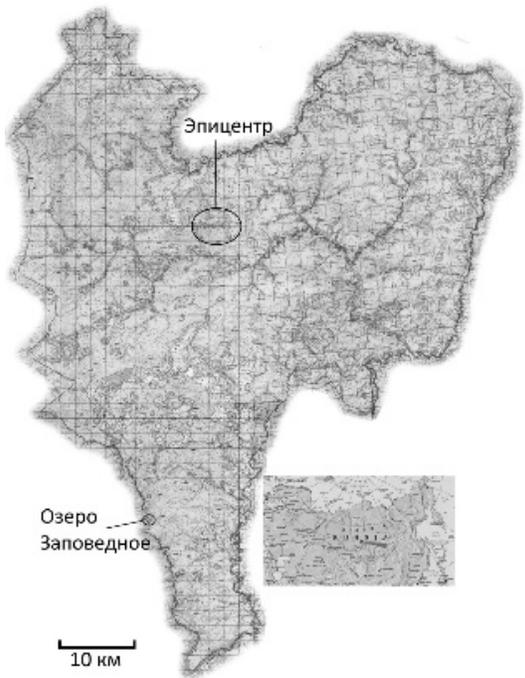
Как исследование шлифов, так и данные сканирующего микроанализа показывают наличие в интервале 496–522 мм следов одномоментного вброса большого количества вещества, близкого по составу, но имеющего частицы разного размера – от алевритовых до глинистых. Дифференциация вещества в процессе осаждения привела к наблюдаемым изменениям структуры осадка и отношения Rb/Sr как индикатора среднего размера частиц. Датировка исследуемого интервала по возрастной модели дает величину в 1764 г.н., что в пределах погрешности модели совпадает с датой Монгольского землетрясения, произошедшего 9 декабря 1761 г. на восточных склонах Монгольского Алтая. Землетрясение с магнитудой 8 и интенсивностью порядка 11 баллов произошло в пределах крупного северо-западного разлома Ар-Хутел.



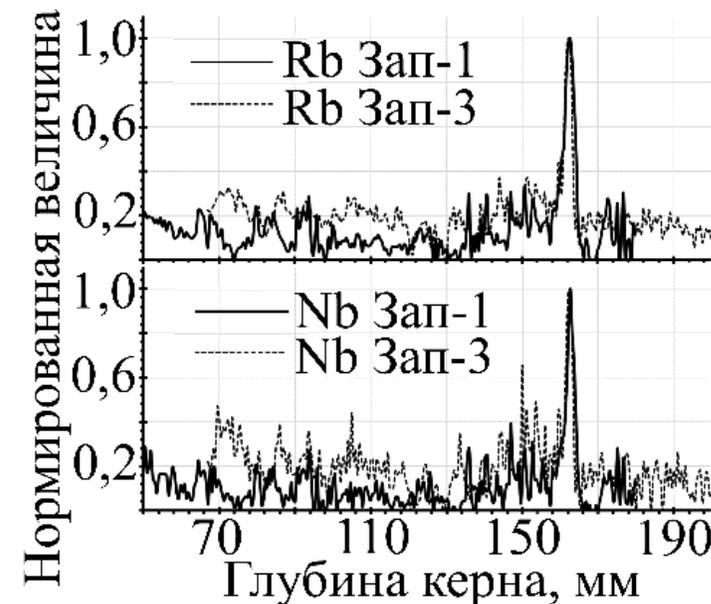
Возрастные модели (глубина керна – возраст слоя осадка) для керна донных осадков Куч_2018. (а) – возрастная модель (глубина керна – возраст слоя осадка) для керна Куч_2018 на полную глубину опробования. Модель построена по данным варвохронологии и верифицирована датировками по С-14. «ЦКП-1055» – анализ образца с глубины 1050–1060 мм выполнен в ЦКП «Геохронология кайнозоя». «Beta_An-1005» – анализ образца с глубины 1000–1010 мм выполнен в Beta Analytic Inc. (б) – возрастная модель для верхнего интервала керна 0–200 мм по данным варвохронологии и изотопных анализов Cs-137.



С использованием методик варвохронологии и аналитической микростратиграфии (микроРФА-СИ) показано, что изменения элементного состава донных отложений в озере Кучерлинском контролируются погодноклиматическими условиями и сейсмическими событиями. В разрезе донных осадков найден геохимический след катастрофического сейсмического события – Монгольского землетрясения 1761 г.



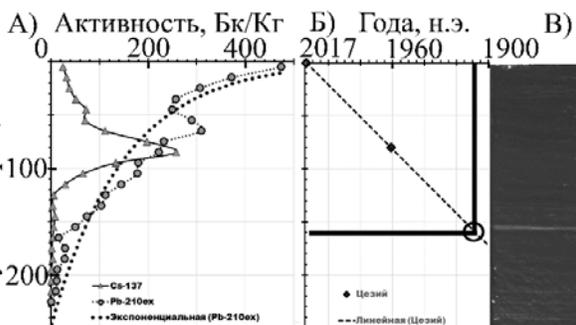
Отношения площадей аналитических пиков в РФА спектрах образцов керн Зап-1 в интервале 140–180 мм от границы вода–осадок. Слой 1908–10 гг. находится в интервале глубин 160–165 мм и отмечен большей плотностью (отношение упруго-неупруго рассеянного на образце излучения Co/Inс), повышенным содержанием терригенного материала (Rb/Sr-отношение) и пониженным содержанием органического вещества (Br/Rb-отношение).



Сравнение минимумов нормализованных отношений содержаний Rb и Nb в слое 1908–1910 гг. и вышележащих слоях в кернах Зап-1 и Зап-3 на шкале глубин керн Зап-1.

Озеро Заповедное находится на территории ГПЗ “Тунгусский” в Эвенкийском автономном округе примерно в 60 км от эпицентра взрыва ТКТ. Это пресноводное озеро округлой формы диаметром около 350 м и максимальной глубине 56 м.

Измерения твердых образцов донных осадков методом сканирующего микро РФА-СИ проводились в синхротронных центрах ИЯФ СО РАН и КИСИ-Курчатов. Данные показали, что в слое 1908–1910 гг. наблюдаются как повышенные, так и пониженные содержания ряда порообразующих и микро элементов. Повышенные содержания наблюдаются для элементов, характеризующих терригенный материал, поступающий в озеро с территории водосбора (K, Ti, Rb, Y, Zr, Nb). Резкое повышение содержаний этих элементов в белом слое свидетельствует об усиленном терригенном сносе. Можно предположить, что это след катастрофического события, связанного со взрывом ТКТ 30 июня 1908 г., что позволяет сделать вывод о точной локализации временного интервала в слоях донных осадков озер региона. Таким образом появляется возможность проведения поиска возможных следов вещества внеземного происхождения в виде микрочастиц в датированных слоях донных отложений.



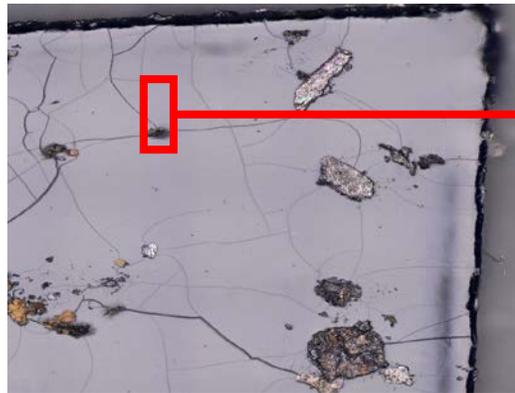
Профили активности изотопов цезий-137 и свинец-210 в керне Зап-1. (б) возрастная модель (глубина керн–возраст слоя осадка) с оценкой возраста маркирующего слоя на глубине 160 мм в 1908–10 гг. (в) фото поверхности влажного керн Зап-1 с выделяющимся светлым слоем, мощностью до 5 мм, на глубине 160 мм от границы вода–осадок.

Дарьин А.В., Бабич В.В., Новиков В.С., Чу Г. 2020. Озеро Кучерлинское: варвохронология и геохимические индикаторы изменений климата позднего голоцена. *Труды Фермановской научной сессии ГИ КНЦ РАН*. 17 (147-152).
 Дарьин А.В., Рогозин Д.Ю., Мейдус А.В., Бабич В.В., Калугин И.А., Маркович Т.П., Ракшун Я.В., Дарьин Ф.А., Сороколетов Д.С., Гогин А.А., Сенин Р.А., Дегерменджи А.Г. 2020. Следы тунгусского события 1908 г. в донных осадках озера Заповедное по данным сканирующего РФА-СИ. *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 492 (2). (61-65).
 Kalugin I.A., Meydan A., Darin A.V., Babich V.V., Markovich T.P., Rogozin D.Yu 2020. Millennial environment chronology in Eastern Turkey calculated by the composition of laminated sediments from Van and Erçek adjacent. *Lakes Limnology and Freshwater Biology* 4. (533-535).

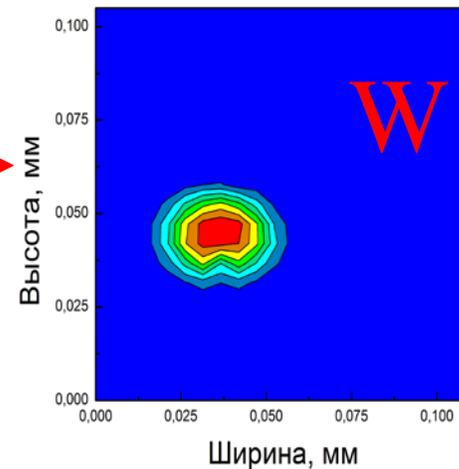
Исследование Сихотэ-Алинского метеорита микро-методами РФА-СИ и XANES

Образец, содержащий фрагменты Сихотэ-Алинского метеорита, был исследован методом высокоточного двумерного сканирующего микро-РФА-СИ с использованием принципа локализации включений на модуле конфокальной рентгеновской микроскопии (КРМ). Обнаружено наличие включений с аномально высоким содержанием вольфрама. Следует отметить, что наличие вольфрама в образцах микрочастиц метеорита не типично для подобных систем. Для установления природы происхождения соединений вольфрама в выбранном включении были проведены микро-XANES исследования.

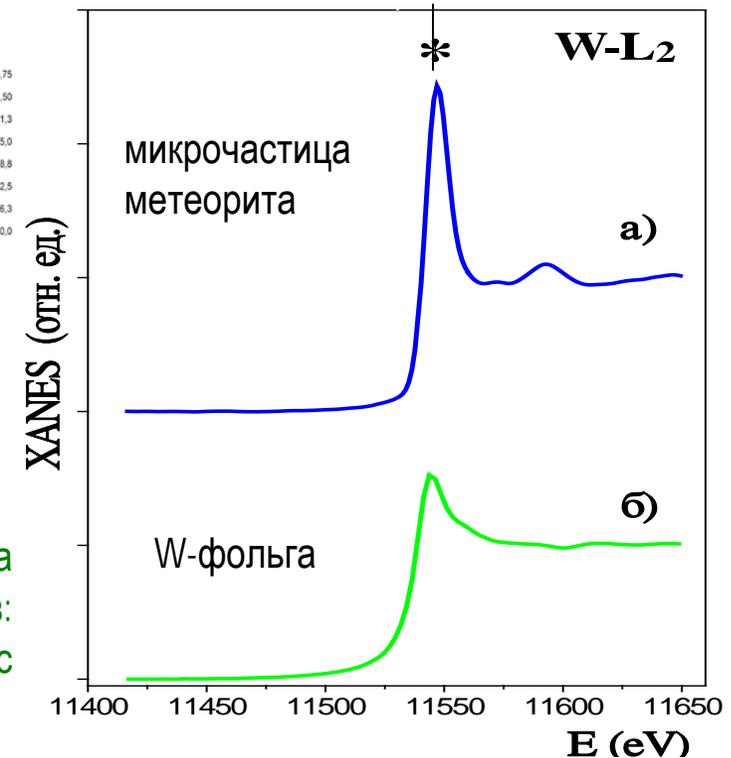
Фото микрочастиц метеорита



Данные РФА-СИ



Данные XANES

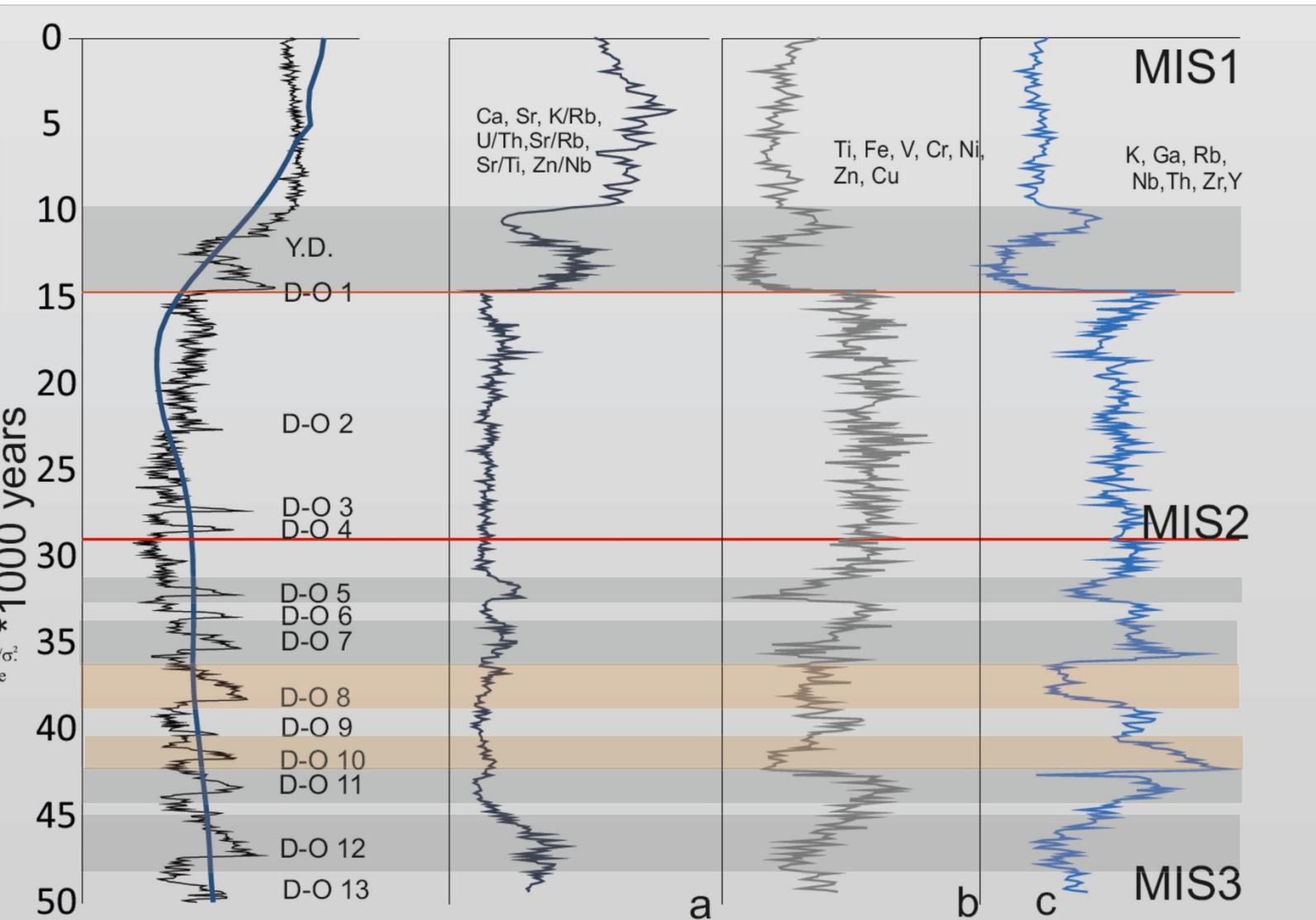


Из анализа данных XANES установлено, что металлического W в частице метеорита не более 10-15%. Неметаллическая часть частицы метеорита, состоит из смеси фаз: различных карбидных фаз вольфрама (с большим вкладом) и оксидных фаз (с меньшим вкладом) различной дисперсности.

Можно заключить, что полученные данные свидетельствуют скорее о внесении W-содержащей частицы в процессе пробоподготовки (как частицы, отколовшейся от инструмента), чем о ее внеземном происхождении, поскольку материалы на основе карбидов вольфрама широко применяются для изготовления различных инструментов.

Исследование химического состава донных отложений северной части Тихого океана.

В рамках совместных работ с институтом океанологии ТОИ ДВО РАН был выполнен комплекс работ направленных на выявление периодических осцилляций в распределении химических элементов вдоль керна донных отложений отобранных в северо-западной части Тихого океана. Исследование посвящено выявлению геохимических индикаторов факторов климатической изменчивости на тысячелетних масштабах.



Исследованы керны, взятые в северной части Тихого океана: станции LV 76-21-1 (51°34 с.ш., 167°16 в.д. на глубине 2771 метра), полученные в международной российско-китайской экспедиции на корабле "Академик М.А. Лаврентьев" в 2016. Для определения концентраций химических элементов вдоль профиля керна донных отложений применялся метод РФА с использованием синхротронного излучения. Образцы для РФА были получены по методике, описанной в [Федорин и др., 2001]. Образцы представляют собой 30 мг таблетки диаметром 5 мм и с поверхностью плотностью 0.13 г/см². Энергия первичного возбуждения составила 23 кэВ. В результате был определен широкий спектр элементов K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo (K-серии); U, Th (L-серии). В качестве эталонного образца (метод внешней стандарта) был использован BIL-1.

Распределение химических элементов по профилю донных отложений весьма вариативно. Выделяются несколько групп химических элементов и их отношений: K, Ga, Rb, Nb, Th, Zr-первая группа; Y, Ti, Fe, V, Cr, Ni, Zn, Cu- вторая группа и Ca, Sr, K/Rb, U/Th, Sr/Rb, Sr/Ti, Zn/Nb.

Распределения химических элементов в кернах донных отложений показывают общую закономерность изменчивости климата за последние 50 тысяч лет, что согласуется с гипотезой о синхронности общих экологических и гидрологических изменений, происходящих на всей территории Берингова моря и северо-востока Тихого океана. Содержание карбоната кальция, а также других геохимических индикаторов (U/Th, Sr, K/Rb и др.), реагирующих на биогенную составляющую донных отложений резко возрастает на временном рубеже 14,5 кА, что может указывать на приток свежей воды, обогащенной ионами карбоната, кислородом и питательными веществами, способствующим приросту бентоса в водах Тихого океана.

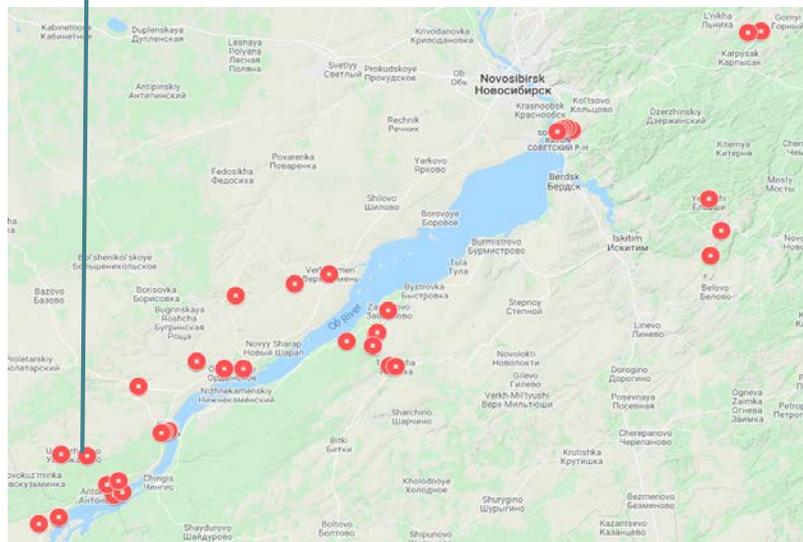
Распределение Y; Ti, Fe, V, Cr, Ni, Zn, Cu показывают высокие значения на всем интервале ледникового периода (MIS2), что указывает на обедненные кислородом условия и слабую глубоководную вентиляцию. Резкое снижение содержания концентраций этих элементов с момента начала межледникового стадиала (MIS 1) ясно указывает на обогащение глубоководной воды кислородом.

В рамках работы были опубликованы статьи:
Gorbarenko, Sergey A., et al. "Evidence of Southern Ocean influence into the far Northwest Pacific (Northern Emperor Rise) since the Bølling-Allerød warming." *Global and Planetary Change* 195 (2020): 103315.
Kirichenko Ivan, and Sergey Gorbarenko. "Investigation of the chemical composition of bottom sediments of the North Pacific." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 2299. No. 1. AIP Publishing LLC, 2020.

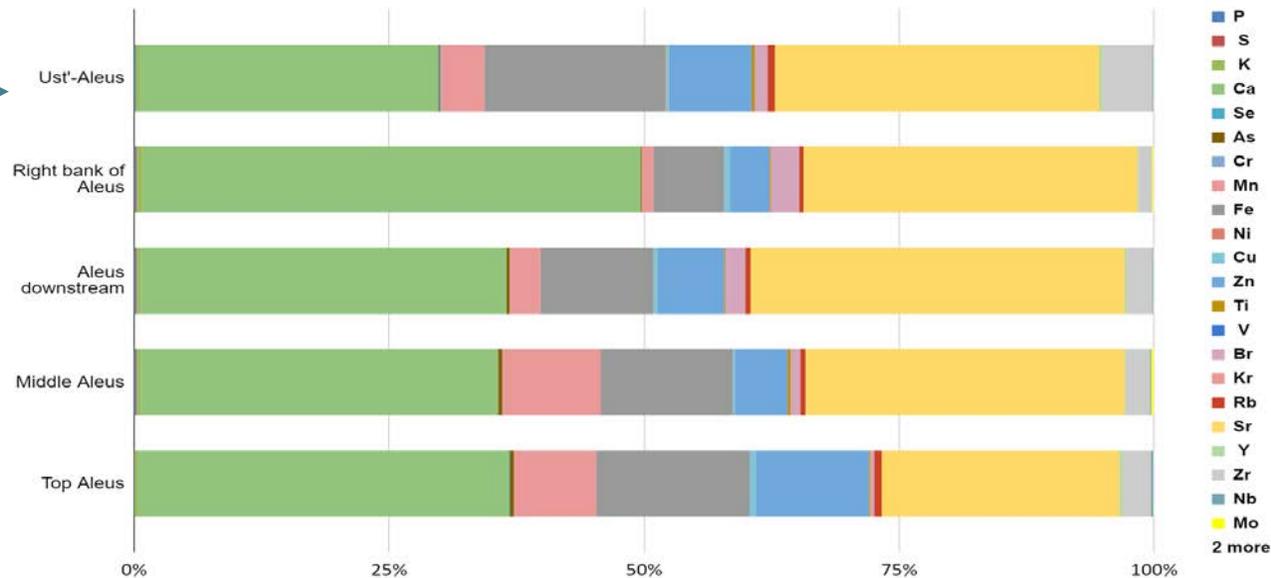
Накопление микрочастиц в экосистемах поверхностных вод Новосибирской области



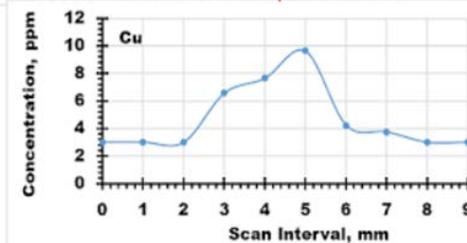
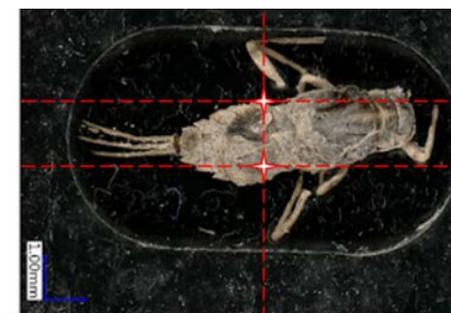
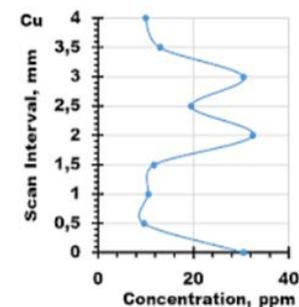
Гидробиологическая проба



Расположение участков отбора проб

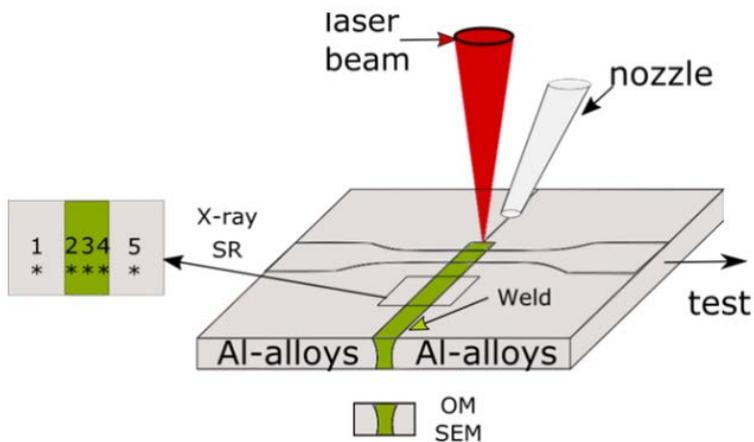


Накопление микрочастиц вдоль профиля реки Алеус (общее распределение элементов в образце)

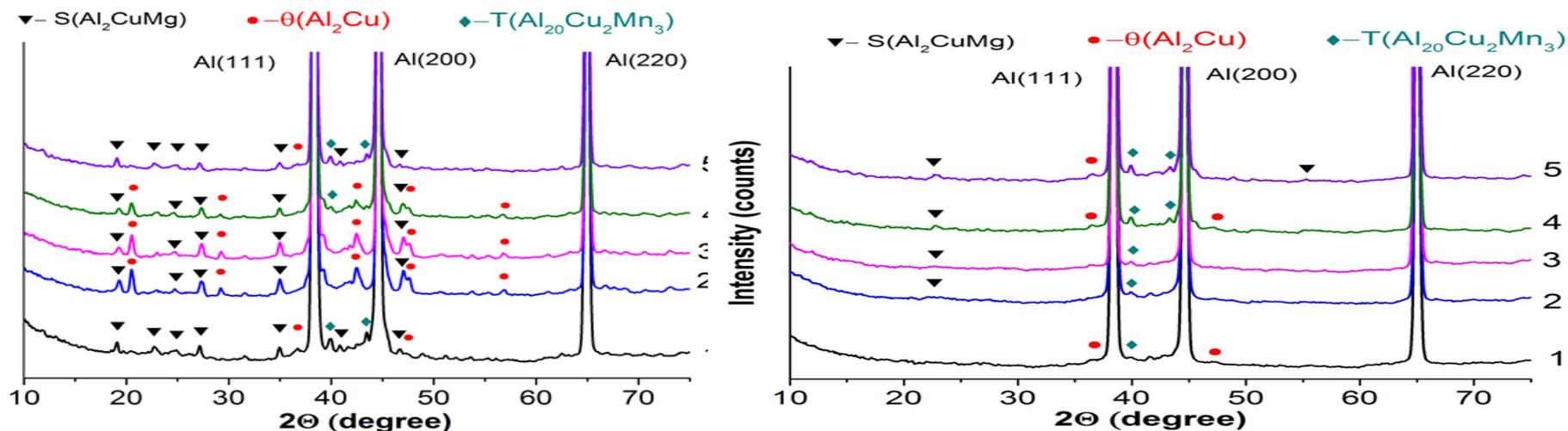


Индивидуальные особенности распределения накопленных микрочастиц в телах гидробионтов

Исследование фазового состава лазерных сварных соединений алюминиевого сплава системы Al-Cu-Mg (Д16)

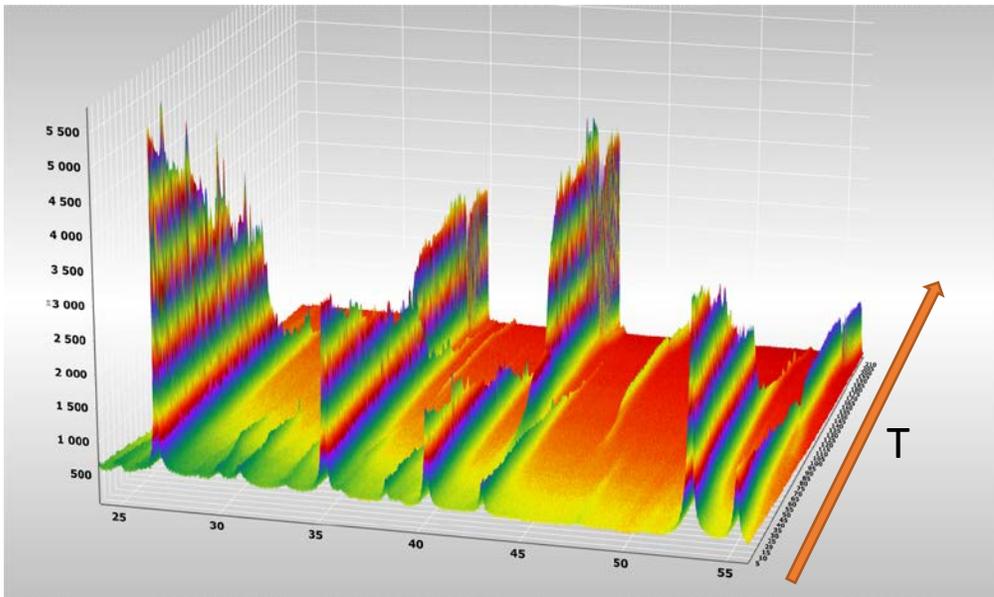


Лазерная сварка является многообещающей технологи для создания сварных конструкций из высокопрочных алюминиевых сплавов. Прочность лазерных сварных соединений алюминиевых сплавов системы Al-Cu-Mg составляет 61-90 % от прочности основного сплава. Было установлено что лазерная сварка приводит к кардинальному изменению морфологии и фазового состава и тем самым, механических свойств сварного шва . Целью данной работы является получение высокопрочных лазерных сварных соединений алюминиевого сплава Д16Т системы Al-Cu-Mg за счет изучения, фазового состава лазерных сварных соединений до и после термо-обработки.

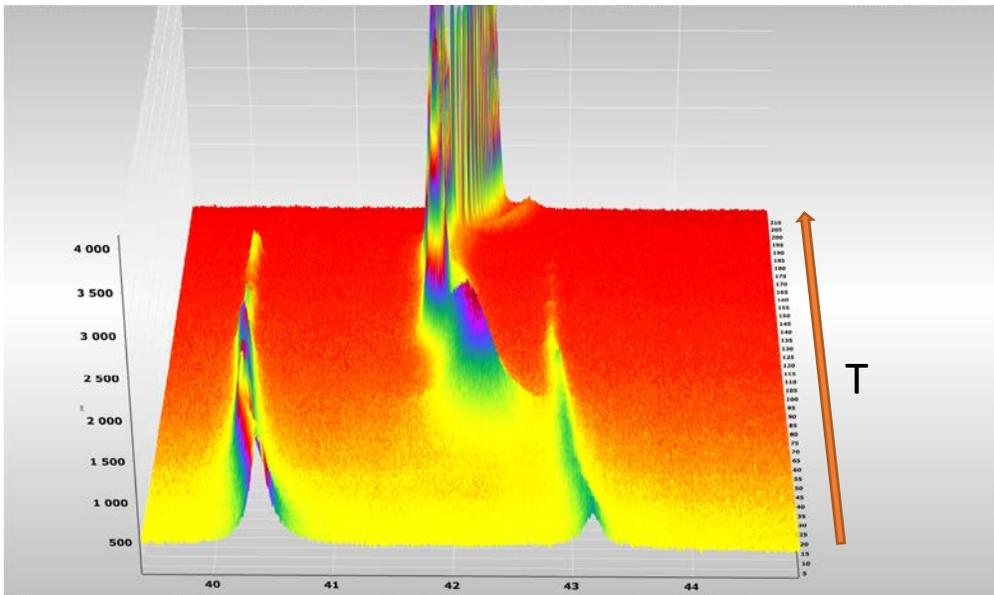


Рентгенограммы (на просвет) образца со сварным соединением без ТО (а), образца со сварным соединением после закалки (b)

Оптимальная термическая обработки позволяет получить образец в котором предел прочности, предел текучести и относительное удлинение сварного шва и основного сплава составляют 99, 98 и 95 % соответственно от исходного сплава



Обзорная картина фазовых превращений



Формирование промежуточной фазы

In situ исследование синтеза перспективных анодных материалов для ЛИА

- Титанат лития со структурой шпинели $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) рассматривается как альтернативный анодный материал т.к. в отличие от графитового анода, он не претерпевает заметных структурных изменений в процессах заряда/разряда
- Недостатком LTO является низкая электронная (10^{-13} См/см) и ионная проводимость (ниже 10^{-9} См/см)
- Недавно было показано, что композиты $\text{LTO-Li}_2\text{TiO}_3$ обладают хорошей циклируемостью при высокой скорости заряда/разряда 10С, причем добавка электрохимически неактивного титаната лития Li_2TiO_3 обеспечивала стабильность микроструктуры активного материала LTO

Синтез LTO проводили по реакции $\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{TiO}_2 \rightarrow \text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$

Требовалось установить стадийность процесса и роль Li_2CO_3

Вывод:

Стадийность процесса

выше 500 С

$\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{TiO}_2 \rightarrow \text{Li}_2\text{TiO}_3$

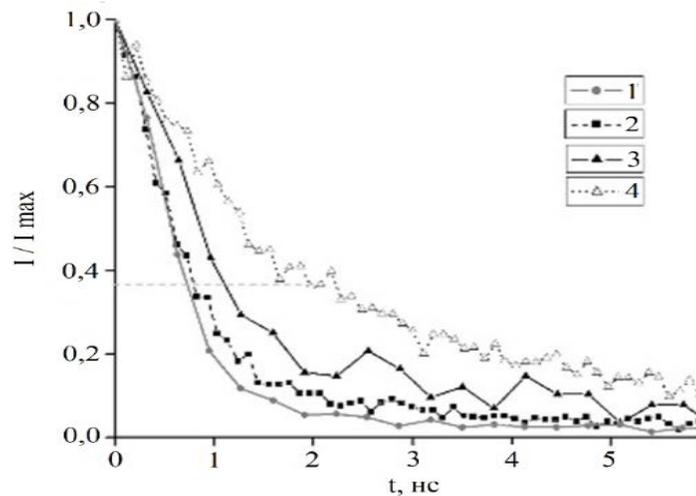
выше 800 С

$\text{Li}_2\text{TiO}_3 + \text{TiO}_2 \rightarrow \text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$

Li_2CO_3 - промежуточная фаза

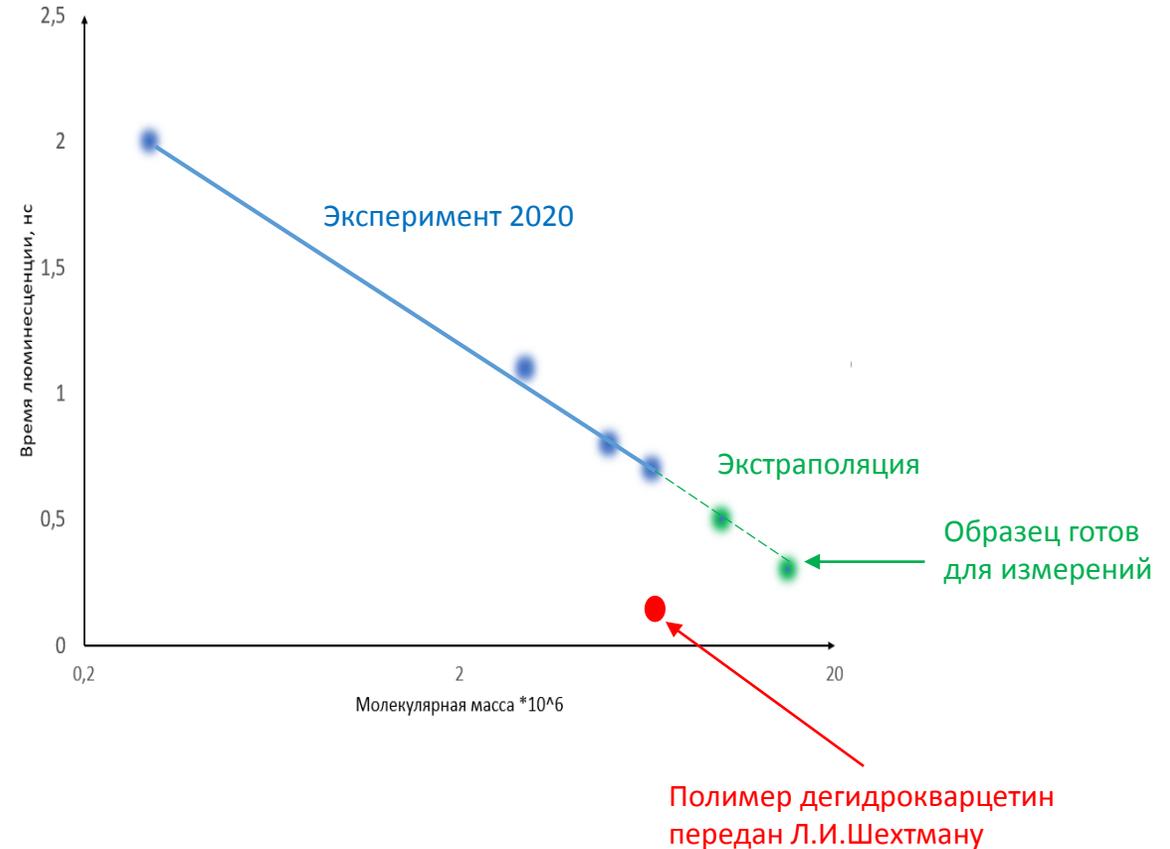
Зависимость времени люминесценции от молекулярной массы ПММА (оргстекло)

Было проведено сравнение спектров люминесценции и кривых затухания после воздействия синхротронного излучения различных образцов полиметилметакрилата (ПММА). Исследование спектральных характеристик после воздействия синхротронного излучения производилось с использованием станции «Люминесценция с временным разрешением» на канале б, ускорительного комплекса ВЭПП-3.



Введение карбонила вольфрама приводит к сдвигу максимума в длинноволновую область, максимум $\sim 0,63$ мкм. Спектральный сдвиг составляет ок. $\sim 0,8$ эВ ($0,45 \rightarrow 0,63$ мкм). При этом интенсивность максимума люминесценции композита более на 20 % выше, чем у ПММА.

Кривые спада интенсивности люминесценции для образцов ПММА различной молекулярной массы.



Зависимость характерного времени затухания люминесценции от молекулярной массы для образцов ПММА.

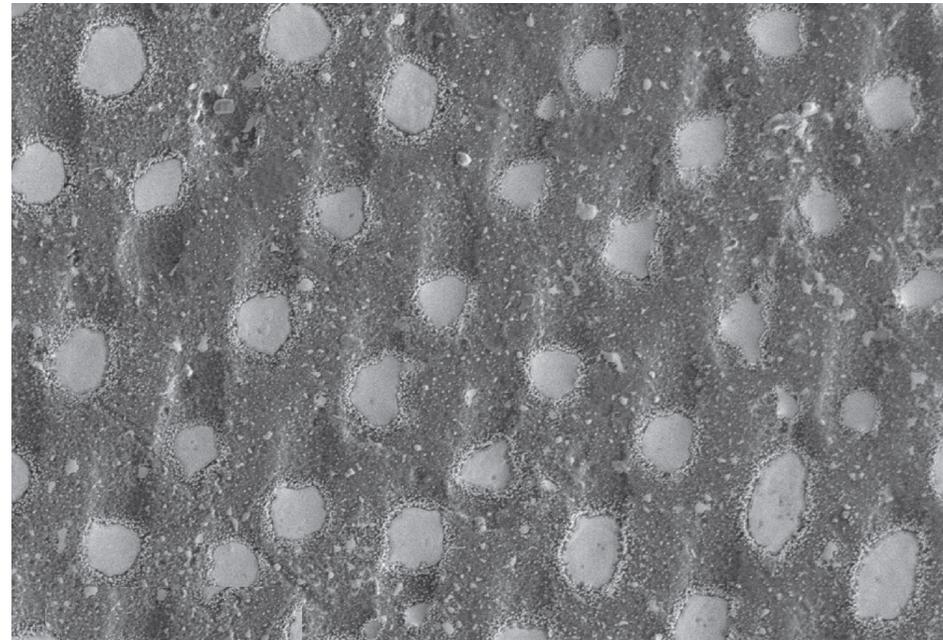
В 2020 г синтезированы СВМ-ПММА с молекулярной массой 10 и 15 млн, что должно еще сильнее уменьшить время люминесценции

Рентгенолитографические микроструктуры

Микропористые мембраны формируются в полимерной плёнке методом глубокой рентгеновской литографии с использованием синхротронного излучения источника СИ ВЭПП-3. Диаметр сквозных пор от 0,2 до 1,5 мкм.



Дифракция излучения He-Ne лазера показывает регулярность структуры

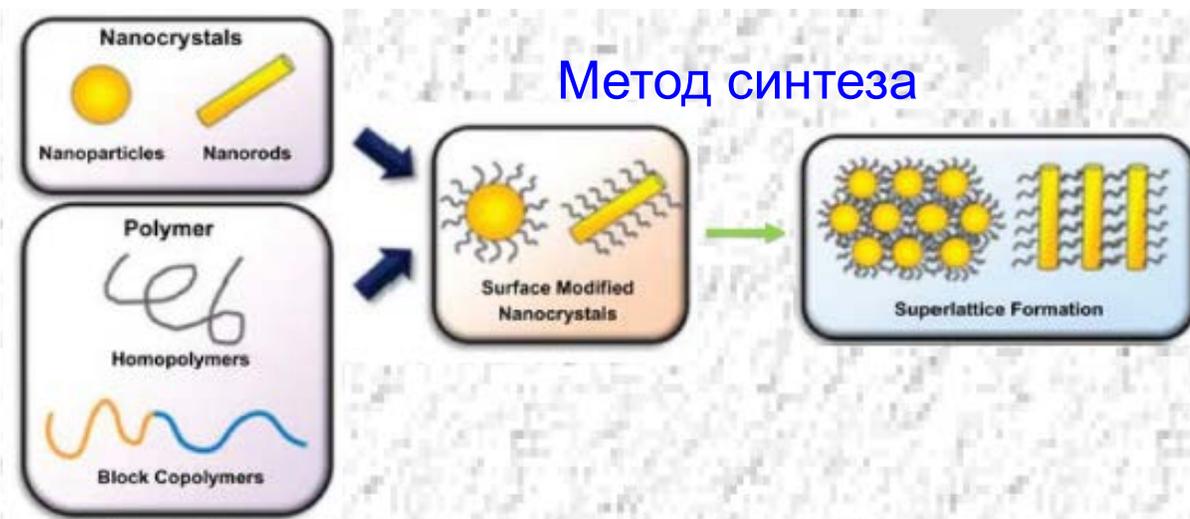


Микроструктуры йодноватой кислоты, выращенные в порах плёнки полиэтилентерефталата

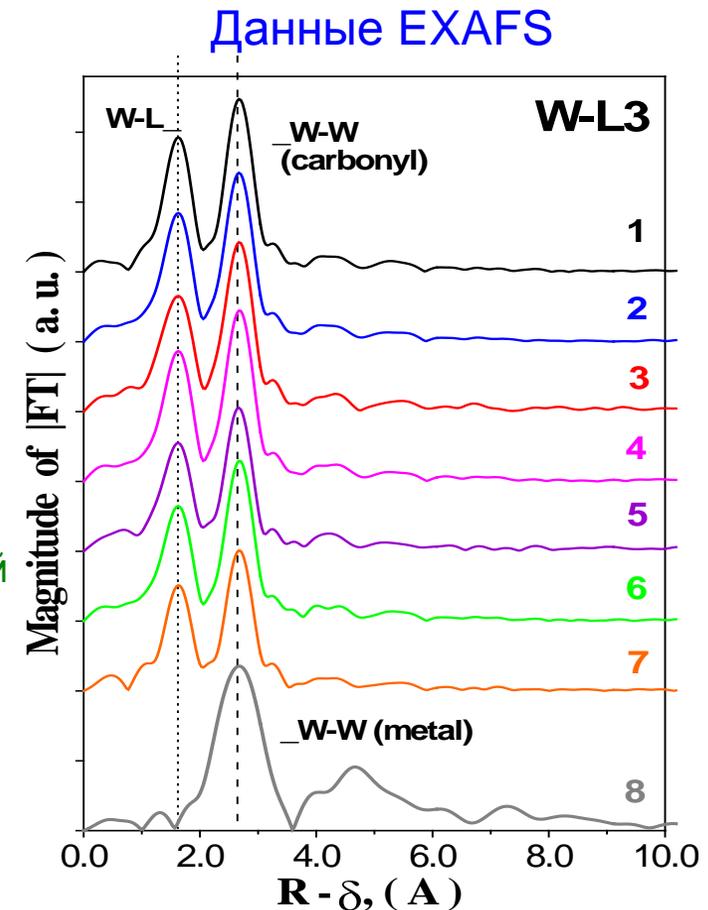
Системы с регулярно локализованными и перпендикулярными их поверхности порами, изготовленными в диэлектрических и металлических плёнках, актуальны в области создания новых оптических и электронных

EXAFS исследование W-содержащего нанокompозита на основе ПММА

Одним из перспективных применений LIGA-технологии является создание рентгеновского детектора с высоким пространственным разрешением по методу, объединяющему в себе два взаимоисключающих подхода, а именно: введение неорганических частиц сцинтиллятора с большим атомным номером и размером зерен несколько микрон в технологический слой резиста, что способствует более эффективному преобразованию рентгеновского излучения в видимый свет, но существенно ограничивает пространственное разрешение, при этом крупные частицы хорошо рассеивают генерируемое излучение в видимом диапазоне спектра. Был разработан метод *in situ* полимеризации метилметакрилата с включением диспергированных частиц субмолекулярного размера, способствующих трансформации рентгеновского излучения в видимый свет. В качестве неорганического модификатора использовали $W(CO)_6$ (карбонил вольфрама).

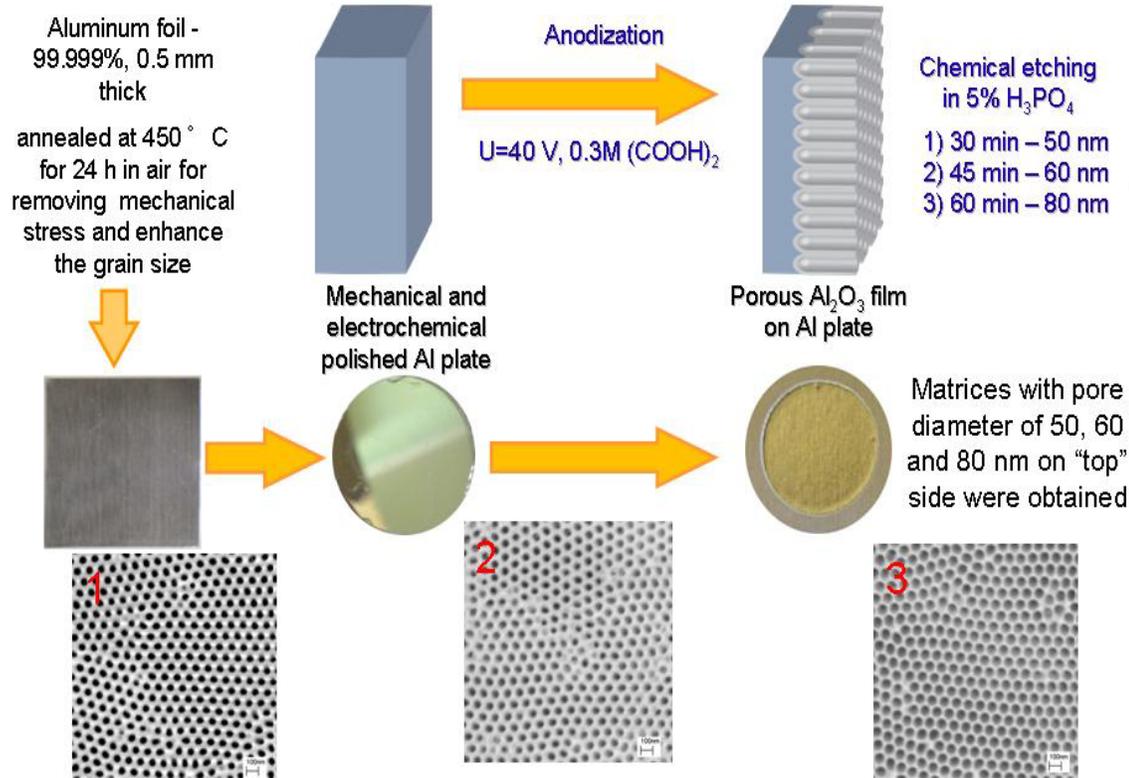


Анализ спектров EXAFS и кривых RDF исследуемых образцов (различной предыстории и процентного содержания вольфрама) проводился путем сравнения с таковыми для металлического порошка вольфрама и порошка $W(CO)_6$ (карбонил вольфрама). Показано, что все образцы W-PMMA нанокompозита однотипны и аналогичны образцу сравнения - $W(CO)_6$. Установлено, что основная часть вольфрама в образцах присутствует как карбонил вольфрама, в пределах ограничений метода.



Исследование Ni/Al₂O₃ нанокompозитов методом EXAFS

Porous anodic alumina films preparation

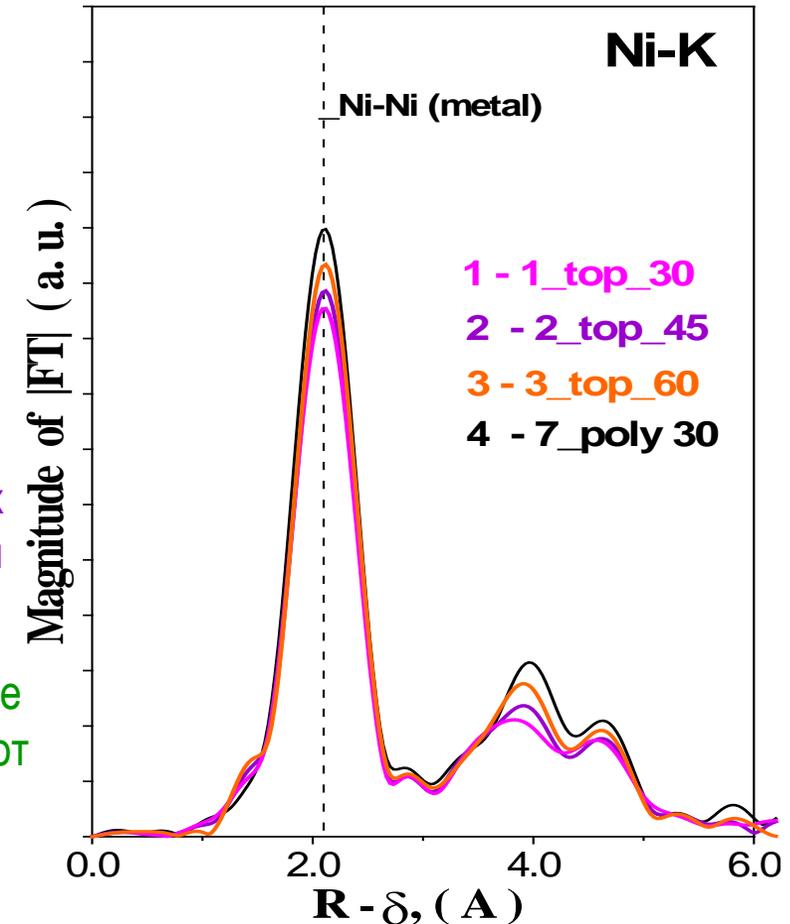


Ni осаждался на "верхней" и "нижней" сторонах пористых подложек Al₂O₃, с различным размером пор 50-80 нм (образцы 1-3) методом магнетронного распыления (DC).

Анализ данных EXAFS показывает значительные различия, вызванные локальной неупорядоченностью ГЦК структуры никеля в зависимости от предыстории исследуемых образцов (1-3).

Выполнено EXAFS исследование, перспективных для полупроводниковой промышленности и катализа, наноструктур Ni, локализованных в подложках пористого оксида алюминия с различным размером пор (50-80 нм).

Данные EXAFS



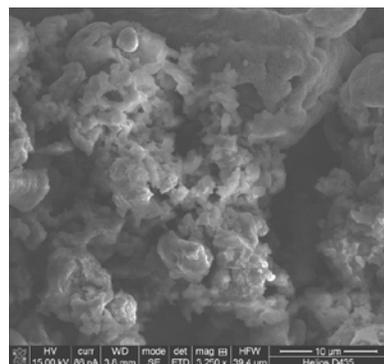
XAFS исследование катализаторов RuSn/Al₂O₃ конверсии фурфурола

Сегодня каталитическая реакция селективного гидрирования фурфурола является перспективным способом создания компонентов моторных топлив. К сожалению, существующие катализаторы, обеспечивающие высокую конверсию исходного фурфурола, не обладают достаточно высокой селективностью по целевым продуктам (70-80%), что свидетельствует о необходимости разработки новых значительно более активных и селективных катализаторов с хорошей стабильностью. Данная работа посвящена изучению состояния и локальной структуры активного компонента перспективных низкопроцентных RuSn-катализаторов селективного гидрирования фурфурола методом XAFS (XANES/EXAFS).

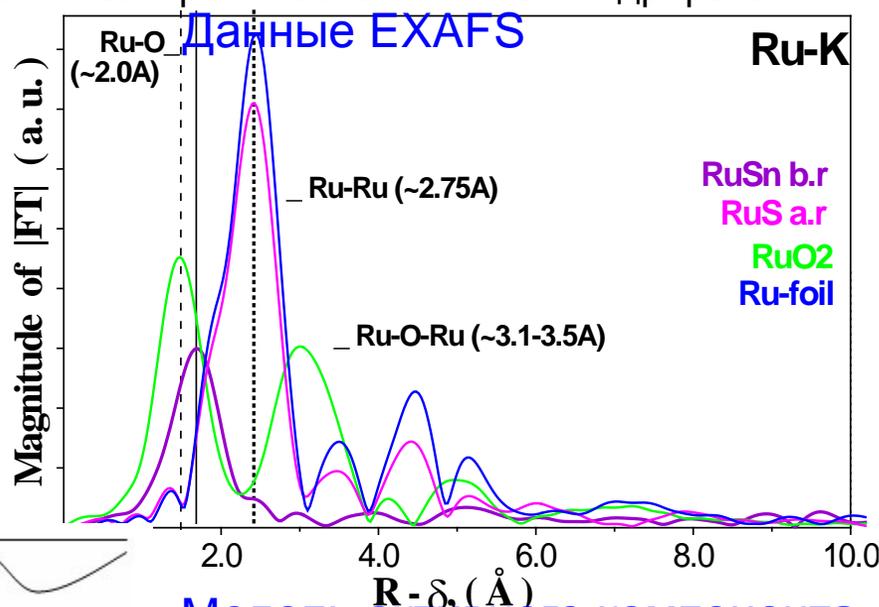
Реактор гидрирования
фурфурола



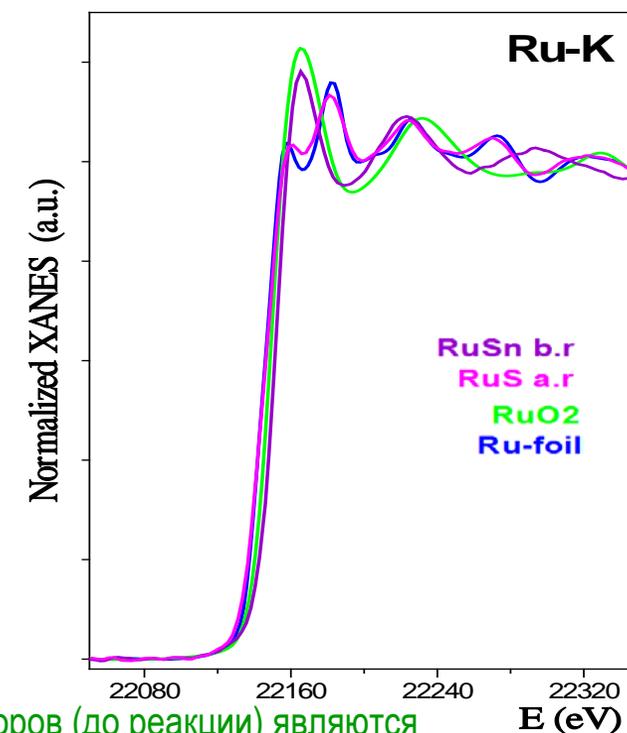
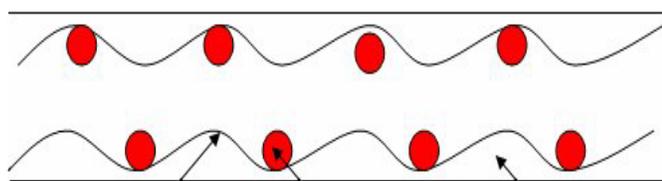
Данные XANES



Данные
SEM

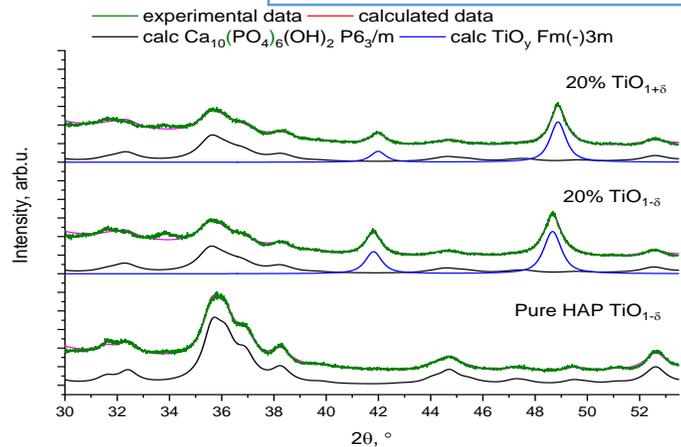


Модель активного компонента
RuSn нанокатализатора



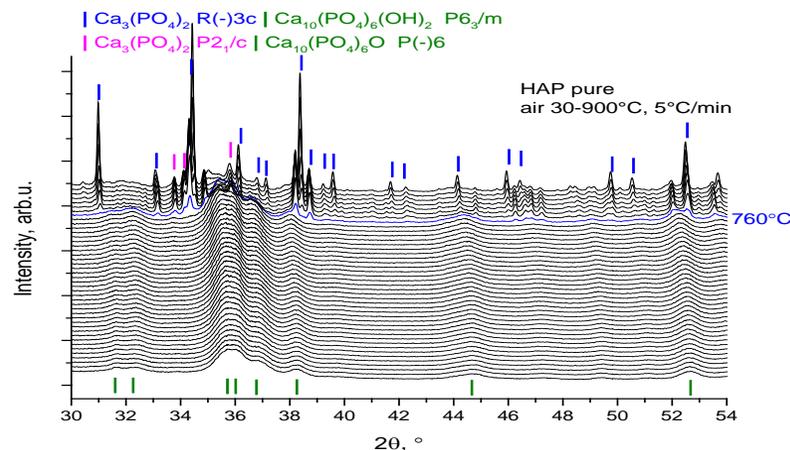
Методом XAFS спектроскопии было показано, что активным компонентом исходных катализаторов (до реакции) являются смешанные Ru-Sn оксидные нанофазы. После прохождения каталитической реакции активный компонент состоит преимущественно из металлической рутениевой фазы.

Влияние добавки TiO_y с разной стехиометрией на свойства нанокompозита $\text{TiO}_y/\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (ГАП)

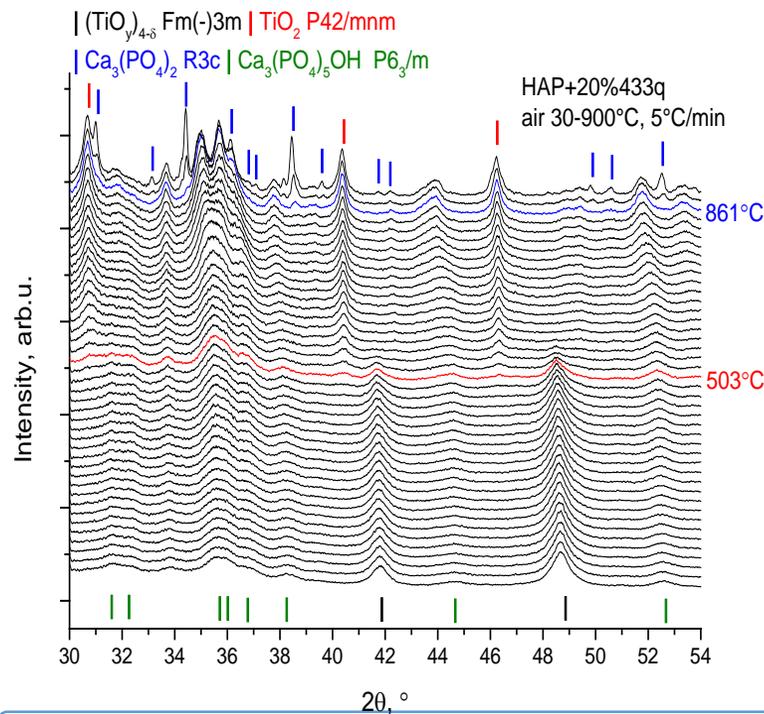


Область применения материалов: травматология и ортопедия
 Изучаемые системы (слева): чистый ГАП, нанокompозиты с добавкой 10% и 20% субстехиометрического $\text{TiO}_{1-\delta}$ и сверхстехиометрического $\text{TiO}_{1+\delta}$

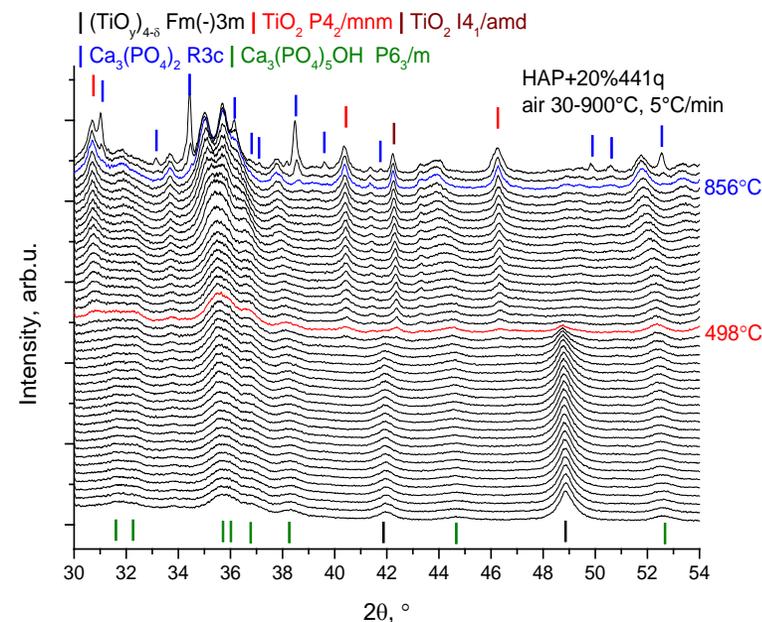
Эксперименты по нагреву на воздухе до 900°C показали (20% $\text{TiO}_{1-\delta}$, слева) разложение гидроксиапатита в окрестности 860°C с появлением хорошо окристаллизованной β -фазы трикальцийфосфата и дисперсной фазы $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{O}$. В районе 520°C наблюдался переход из достехиометрического оксида титана в рутил TiO_2 (пр.гр $\text{P4}_2/\text{mnm}$).



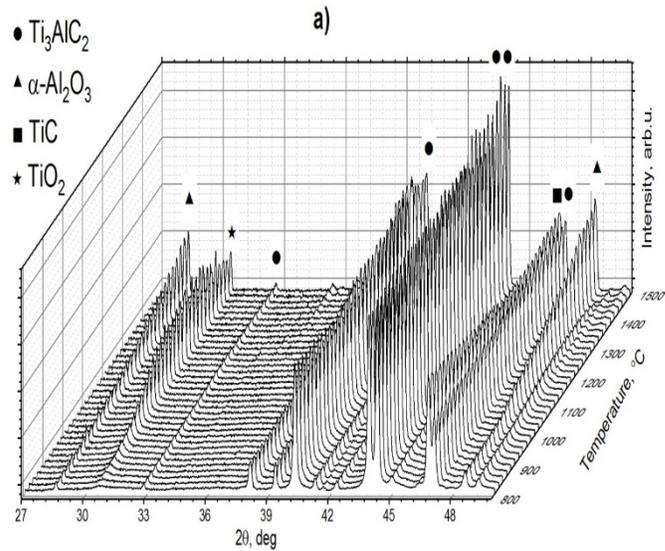
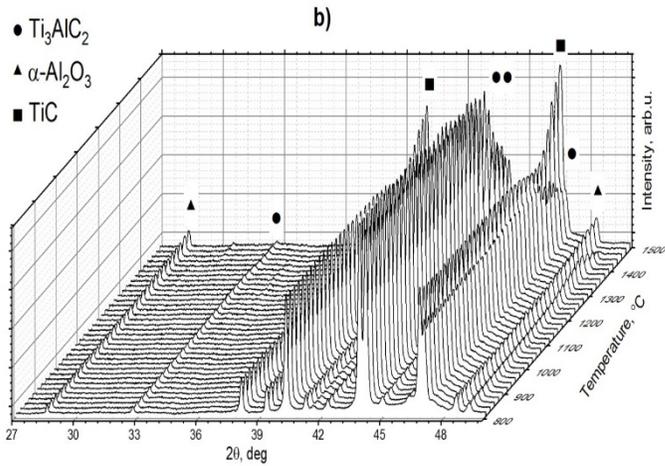
Эксперименты по нагреву на воздухе до 900°C показали (чистый ГАП, справа) разложение гидроксиапатита в окрестности 760°C с появлением хорошо окристаллизованных α - и β - фаз трикальцийфосфата и дисперсной фазы $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{O}$.



Аналогичный эксперимент для 20% $\text{TiO}_{1+\delta}$ (справа). Фазовый переход для сверхстехиометрического оксида титана сопровождался появлением не только фазы рутила TiO_2 (пр.гр $\text{P4}_2/\text{mnm}$), но и фазы анатаза TiO_2 (пр.гр $\text{I4}_1/\text{amd}$), однако при температуре чуть ниже 500°C .



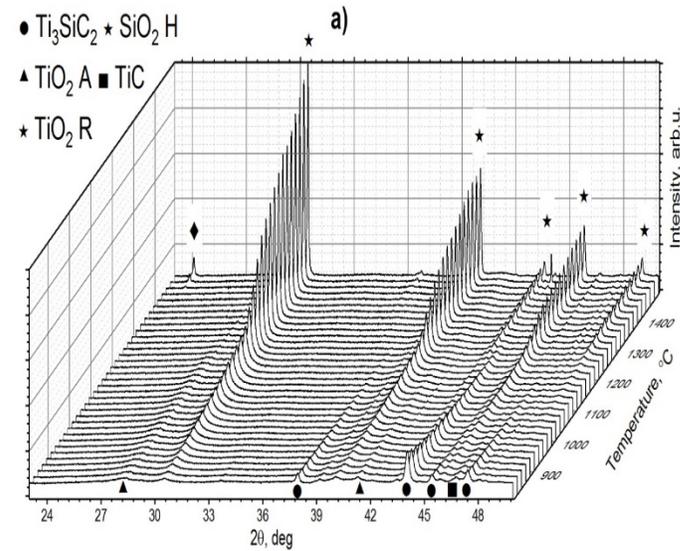
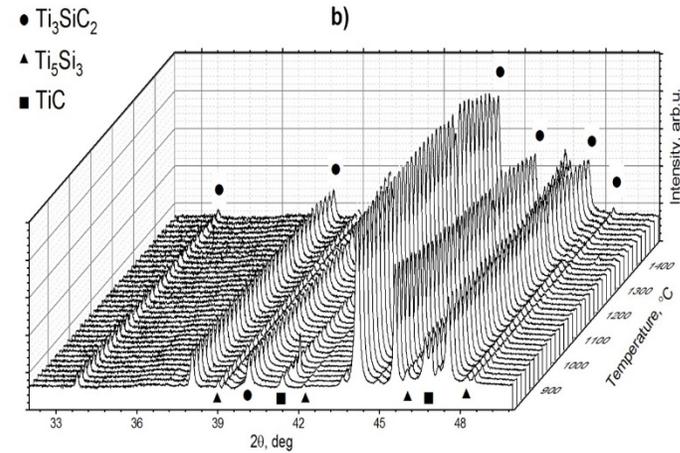
In situ исследования композитов на базе $M_{n+1}AX_n$ (MAX) фаз полученных методом искрового плазменного спекания.



Свойства материалов: высокая термическая проводимость и электропроводность, высокая прочность и термостойкость, а также низкий коэффициент теплового расширения. Образцы Ti_3AlC_2 и Ti_3SiC_2 исследовались при нагреве до $1500^\circ C$ в вакууме (до 5×10^{-4} мбар) и на воздухе.

Дифрактограммы Ti_3AlC_2 полученные при нагреве до $1500^\circ C$ на воздухе – (а) и в вакууме – (б).

Устойчивость к окислению вплоть до $800^\circ C$. Дальнейшее повышение температуры приводит к окислению с образованием фазы TiO_2 (рутил) и $\alpha-Al_2O_3$. В вакууме происходит частичное разложение фазы Ti_3AlC_2 при температуре выше $1400^\circ C$ сопровождающееся ростом фазы TiC и испарением алюминия.

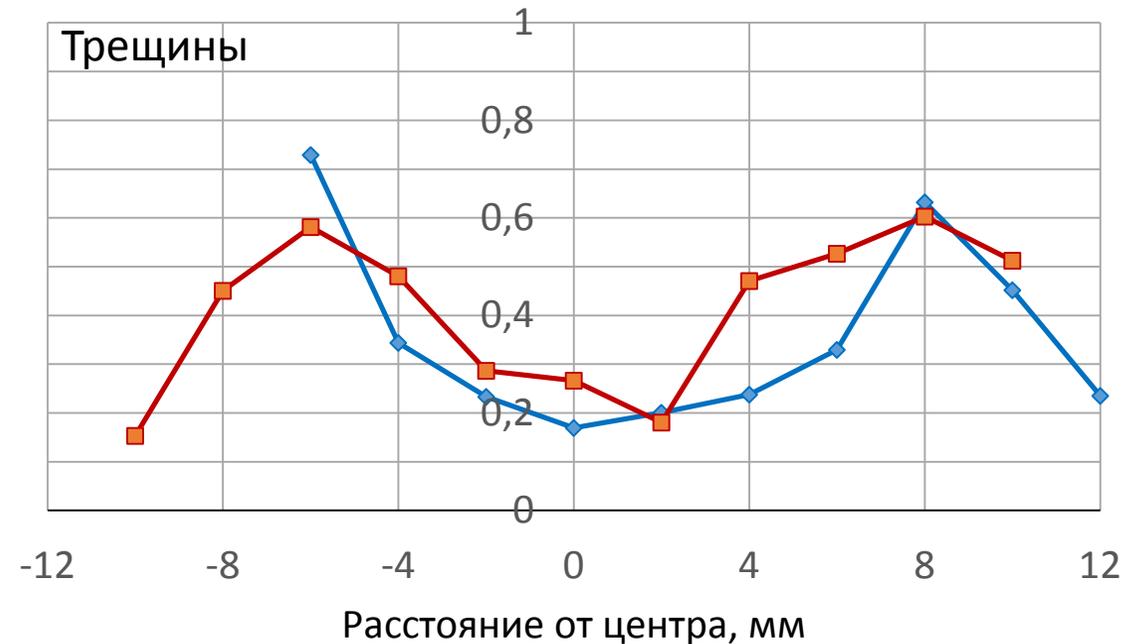
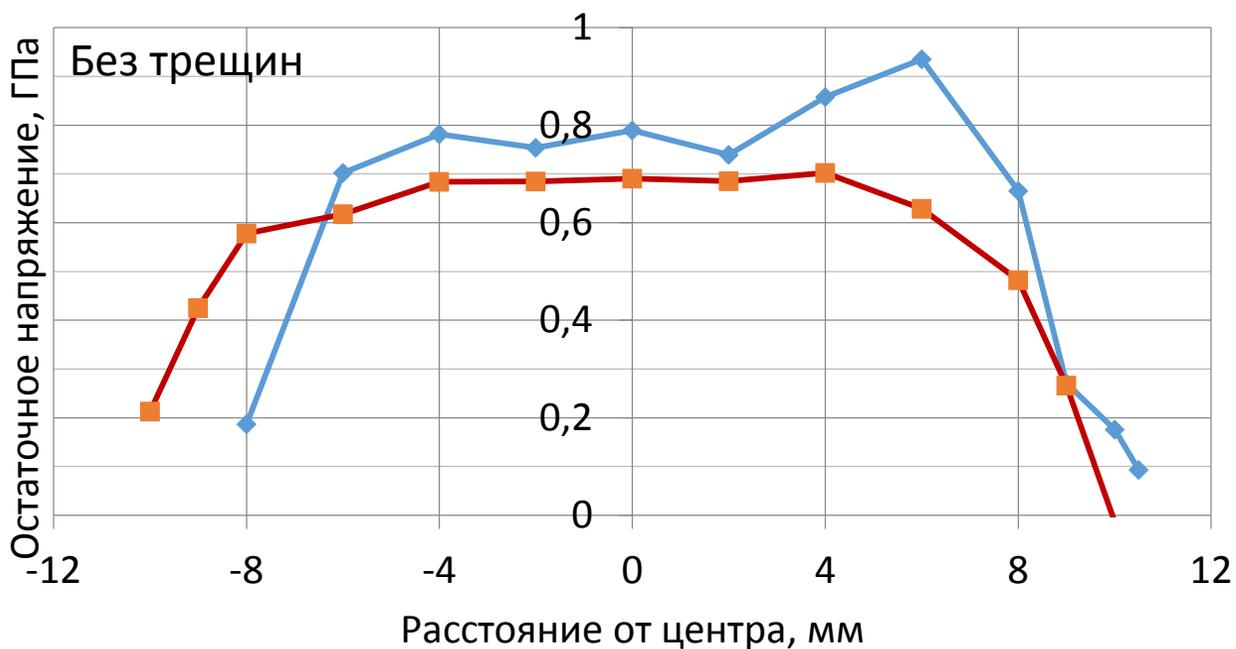


Дифрактограммы Ti_3SiC_2 полученные при нагреве до $1500^\circ C$ на воздухе – (а) и в вакууме – (б).

Низкая устойчивость к окислению. Уже при достаточно низких температурах появляются рефлексы фазы диоксида титана TiO_2 (анатаз), который при более высокой температуре переходит в высокотемпературную фазу диоксида титана TiO_2 (рутил). Полное окисление фаз Ti_3SiC_2 и TiC заканчивается уже при $1100^\circ C$. Также при температуре около $1500^\circ C$ появляется высокотемпературная фаза кубического диоксида кремния SiO_2 . Нагрев в условиях вакуума, в свою очередь, приводит появлению фазы Ti_5Si_3 , которая разлагается при температуре близкой к $1500^\circ C$.

Измерения распределений напряжений по поверхности после импульсного нагрева

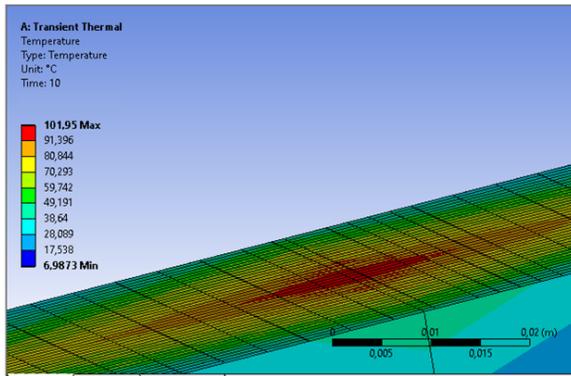
- Вольфрамовый образец, облученный электронным пучком для моделирования плазменного воздействия на дивертор, исследовался с целью изучения влияния образования трещин на пространственное распределение остаточных напряжений и деформаций.
- По сравнению с образцом без трещин, присутствует провисание напряжений в центральной области пятна с минимумом в центре ~ 200 МПа. На краях области облучения напряжения составляют ~ 650 МПа, что близко к напряжениям, наблюдаемым на образце без трещин.



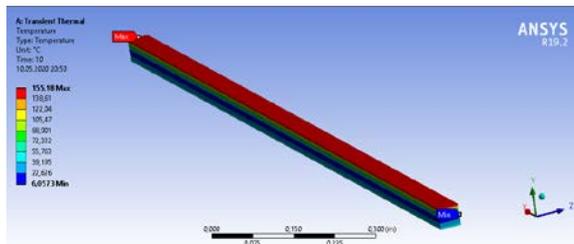
Поверхностные распределения остаточных напряжений на образце без (лев.) и с (пр.) трещинами вдоль (кр.) и поперек (син.) прокатки

Тестирование рентгеновской оптики СКИФ на ВЭПП-3/ВЭПП-4 и расчеты тепловых нагрузок

ЗЕРКАЛА

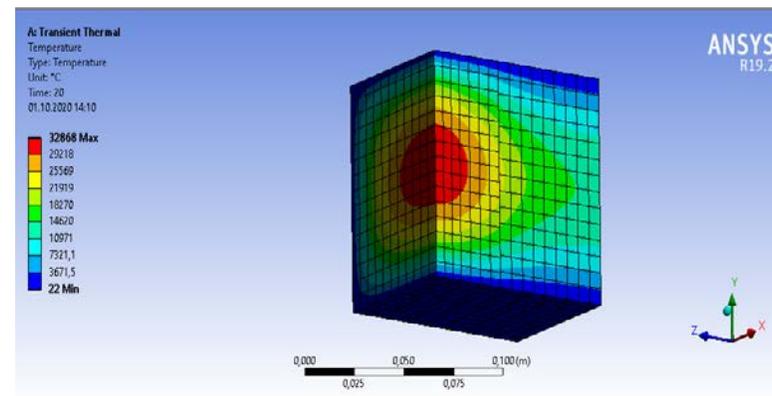


В условии теплового моделирования, было принято, что зеркало охлаждается водой со всех сторон. На рисунке предоставлена центральная часть платинового зеркала на 10 секунде нагрева.



В условии теплового моделирования, было принято, что зеркало охлаждается водой только снизу.

МОНОХРОМАТОРЫ



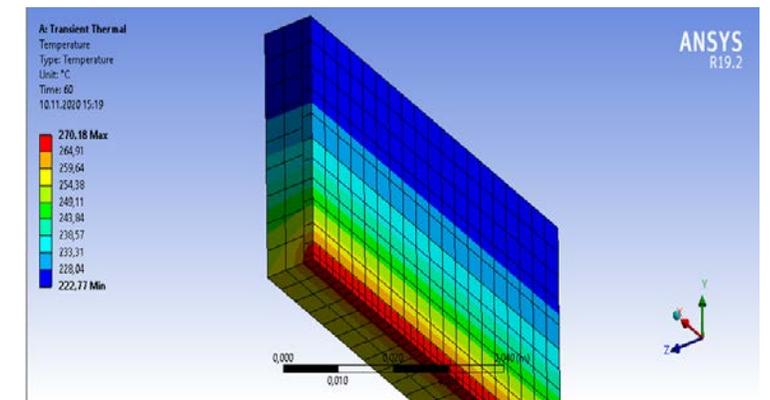
В режиме постоянной эксплуатации при мощности 56 кВт невозможно отвести тепло. За 20 секунд монохроматор полностью разрушится.



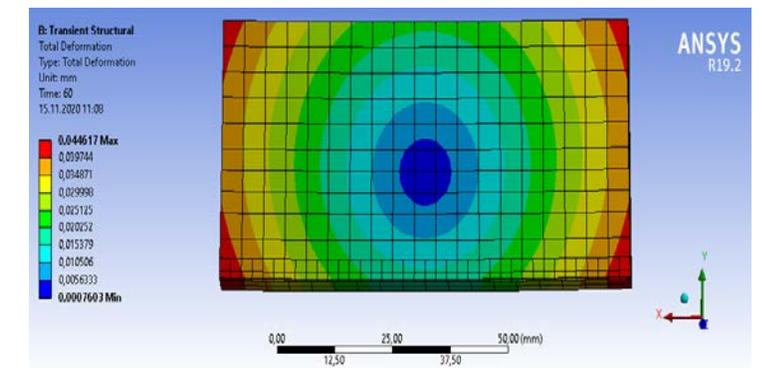
Тестирование зеркала на ВЭПП-4.

Работа тормозится из-за отсутствия пучка СИ !

КОЛЛИМАТОРЫ



Распределение температуры после 1 минуты нагрева.



Распределение деформации на 60 секунде. По оси Y, по краям до 30 микрон, по центру до 11 микрон, что, при зазоре 7 микрон, критично!

Индикативные параметры за 2020 г

- Опубликовано 22 статьи (WoS, Scopus), более 40 статей и тезисов (РИНЦ)
- Договоры о сотрудничестве с 38 организациями
- Проведена международная конференция SFR-2020.
- Участие в разработке пользовательских станций «СКИФ».

Планы на 2021 г

- Работы с использованием СИ
- Изучение прототипов узлов для каналов СИ и станций «СКИФ»
- Разработка пользовательских станций для проекта «СКИФ»

**Спасибо за
внимание**