



2013-2018

ЛНФ им. И.М.Франка Итоги 2013-2018, перспективы

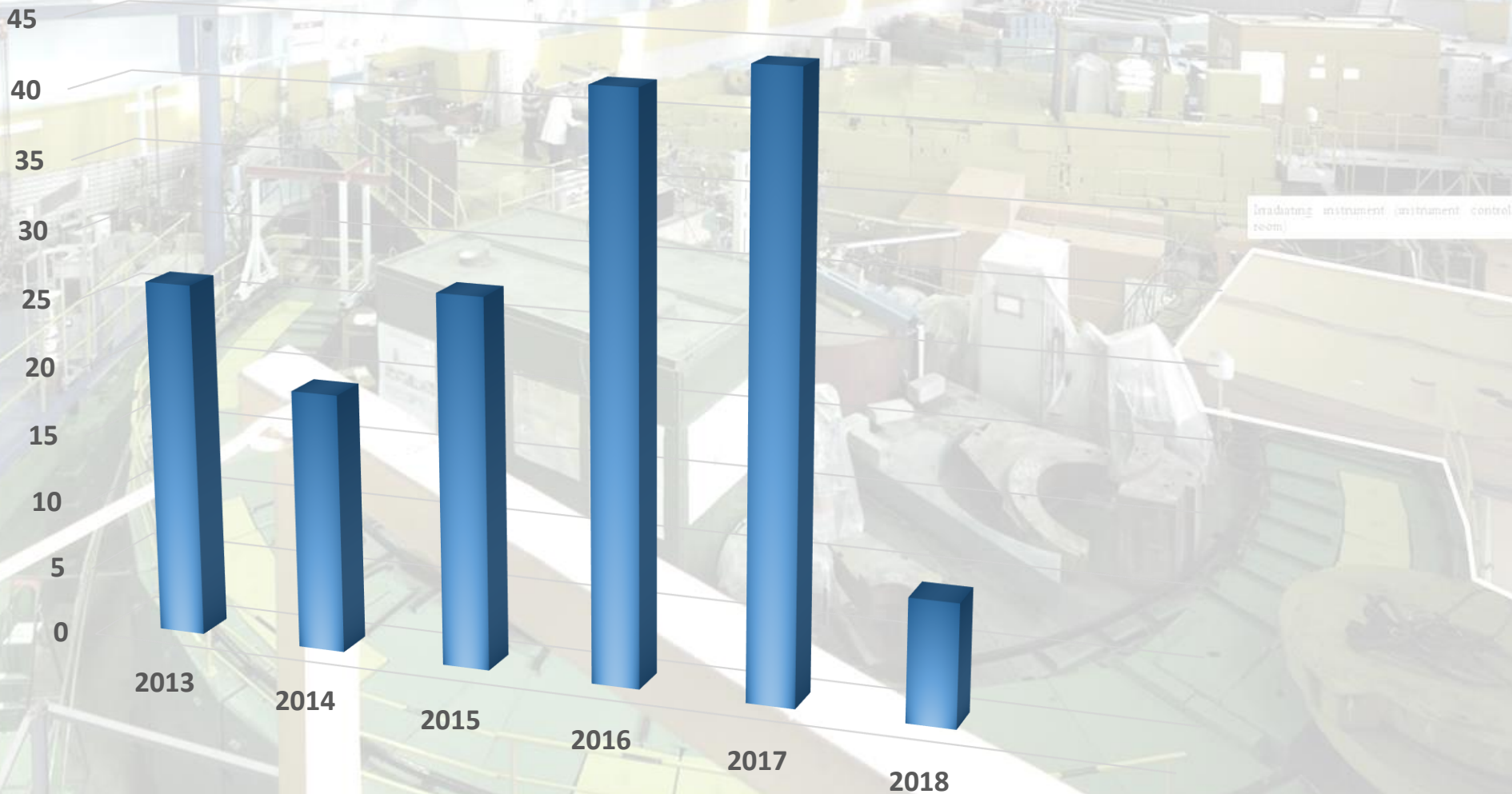
irradiating instrument control room





Кадры: принято на работу в Лабораторию

2013-2018



Кадровый анализ

О.Крупа

На сегодняшний день в ЛНФ работает 530 человек.

Из них – 395 мужчин и 135 женщин.

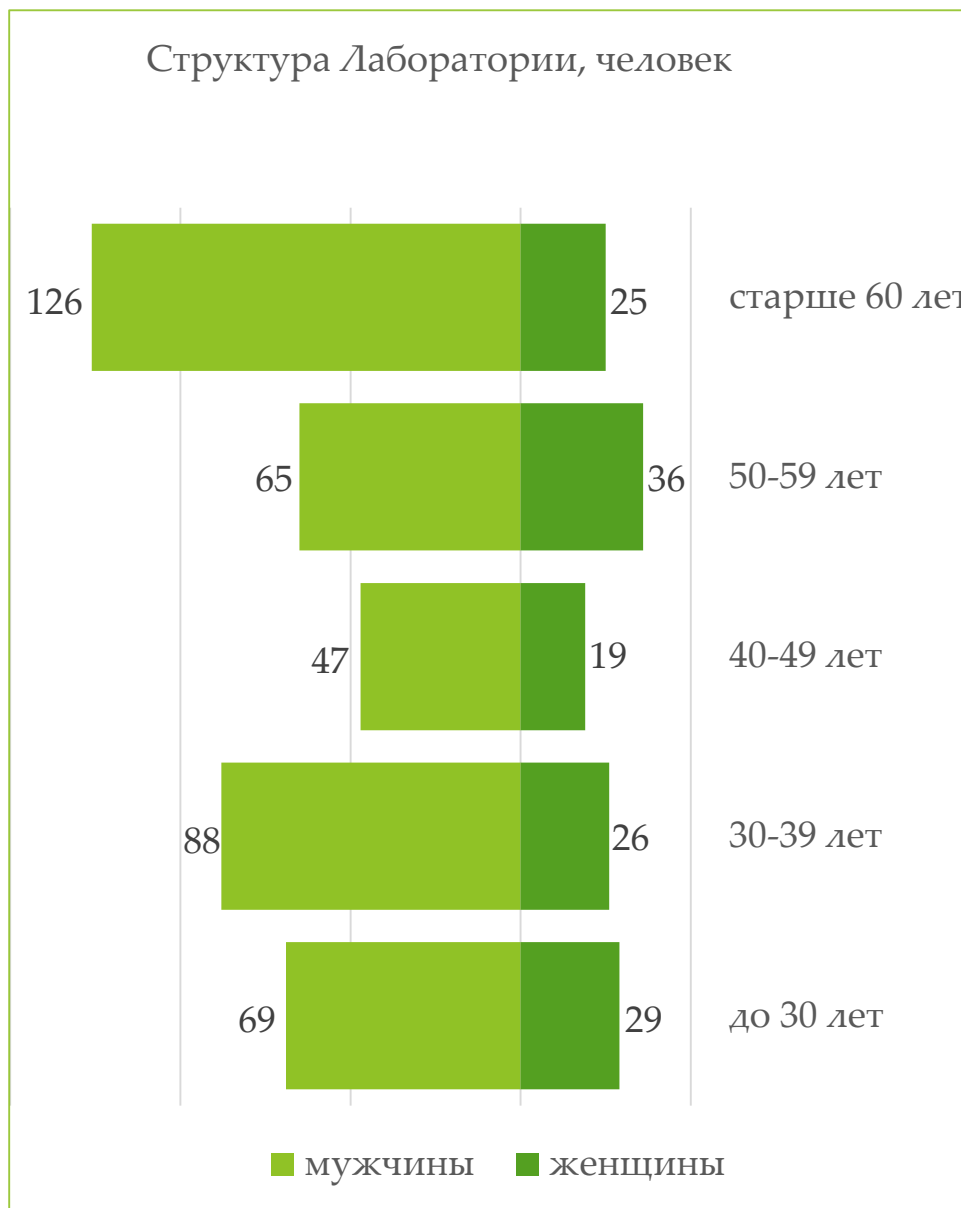
$\frac{3}{4}$ сотрудников Лаборатории составляют мужчины



Средний возраст сотрудников – 48 лет.

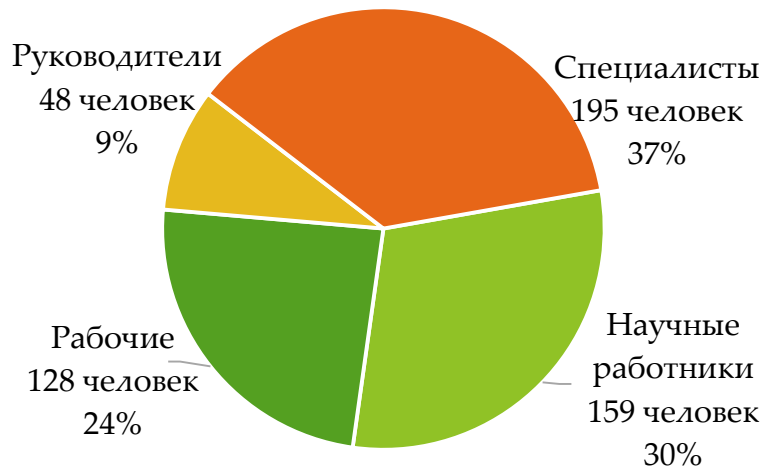
Сотрудников в возрасте до 35 лет – 31%; от 35 до 60 лет – 40% и старше 60 лет – 29%.

Возрастная структура работающих женщин выглядит более сбалансированной по сравнению с мужской. Тем не менее наименьшее число и женщин, и мужчин наблюдается в возрастной группе 40-49 лет.



ЛНФ представляет собой коллектив научных сотрудников, специалистов, рабочих и руководителей.

Распределение по категориям

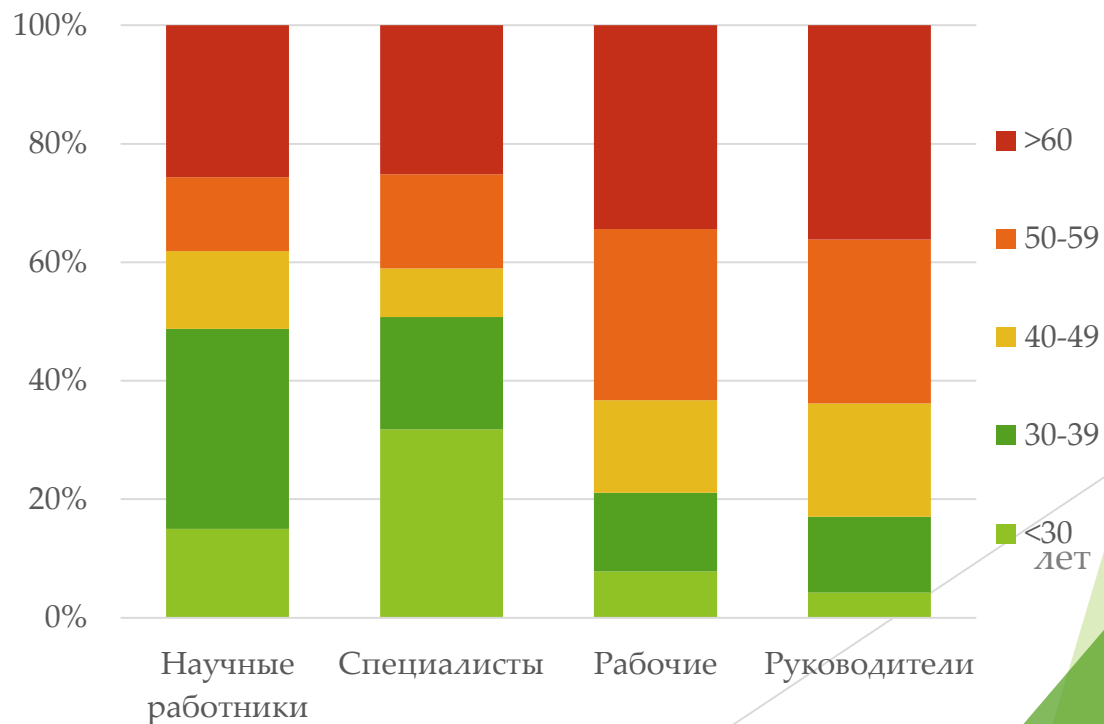


Возрастная структура каждой категории сотрудников имеет свои особенности.

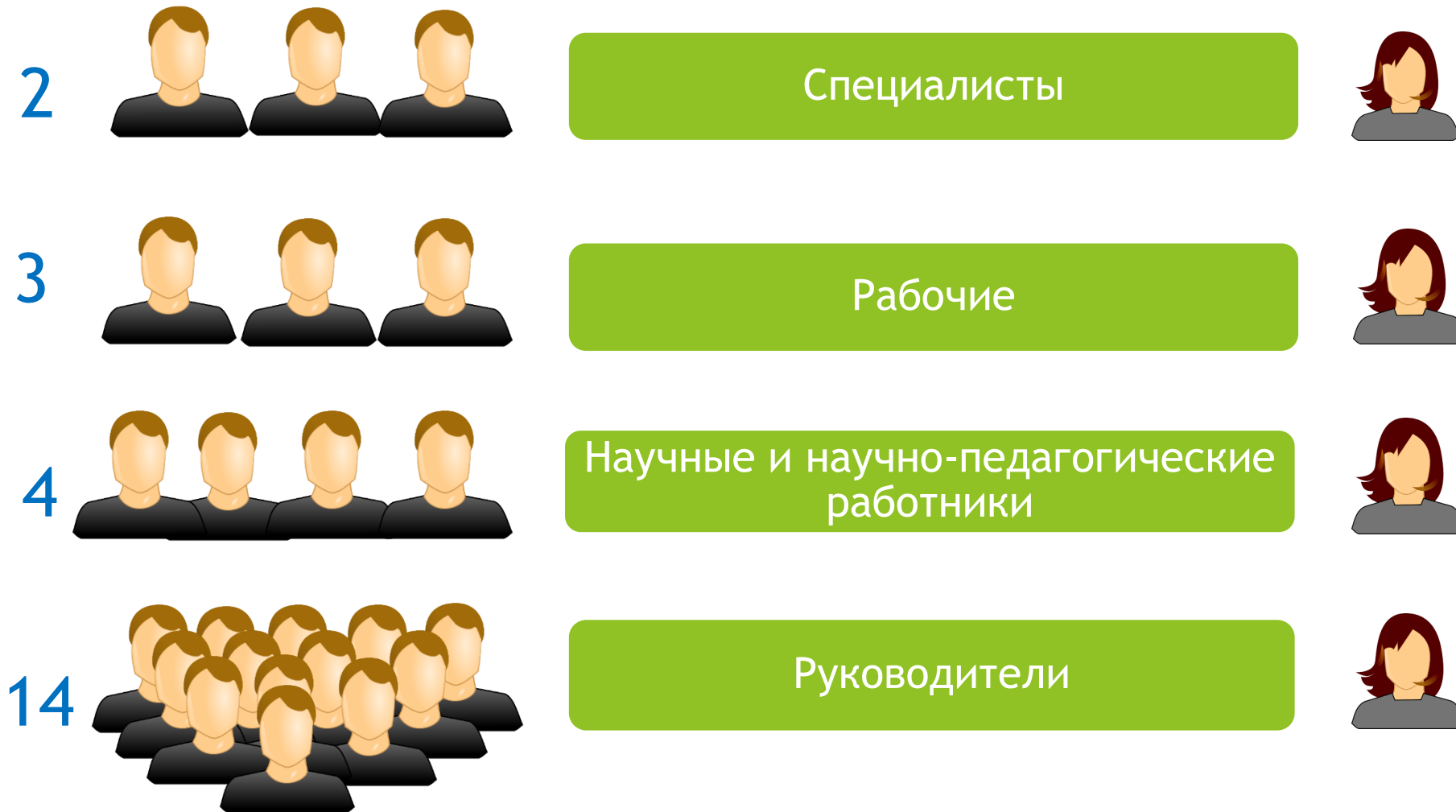
Среди научных сотрудников преобладает группа в возрасте 30-39 лет. У специалистов существенна доля сотрудников моложе 30 лет (около 30%).

Среди рабочих и руководителей – более 60% сотрудников старше 50 лет.

Распределение по возрастным группам

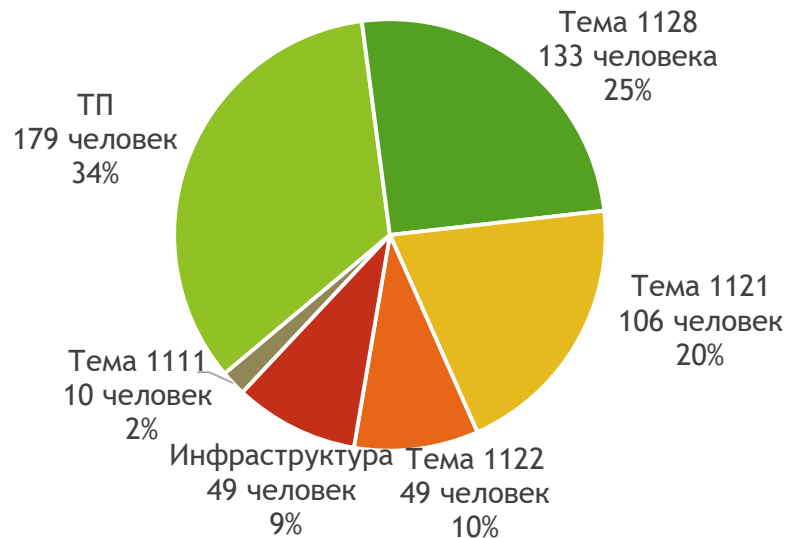


Мужчины vs Женщины



В Лаборатории 25% сотрудников составляют женщины, соотношение – 1 к 3, т.е. на одну женщину приходится 3 мужчины. Наименьший дисбаланс – среди специалистов, наибольший – среди руководителей.

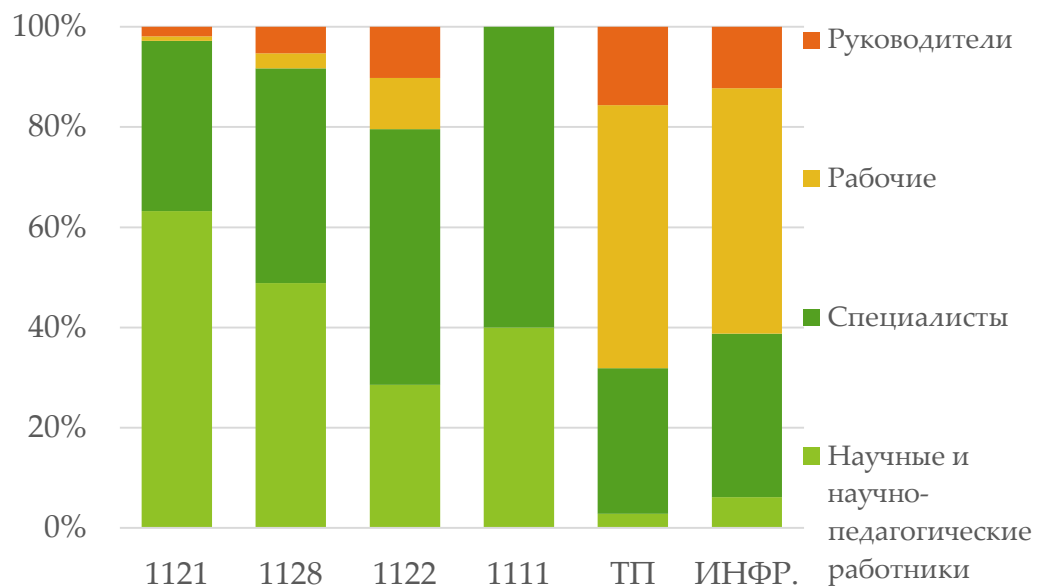
Распределение сотрудников по направлениям



3 темы – 1121, 1128 и 1122 – составляют более половины от общего числа сотрудников.

Научные сотрудники составляют более 60% темы 1121 и почти 50% темы 1128.

Структура тем по категориям сотрудников



Условные обозначения:

Тема 1121: НЭОНИКС, ОНИРКС

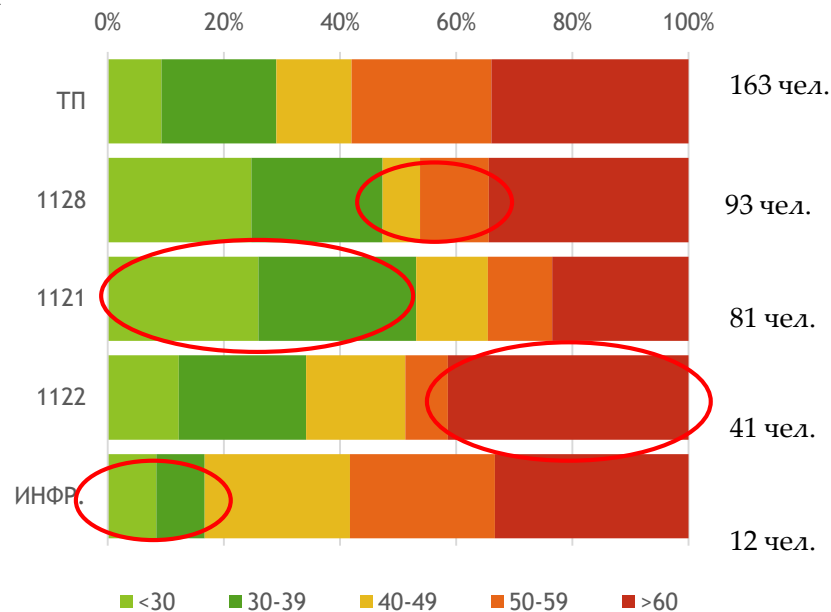
Тема 1122: НЭОКС ИБР-2

Тема 1128: установка ИРЕН, ОЯФ, СИНЯВ/ОЯФ, СИФСН/ОЯФ, СНААПИ/ОЯФ

ТП (Технические Подразделения): реактор ИБР-2, МТО, гр. №1 ЯБ, ЭТО, КБ, ЦОЭП

Инфраструктура: Руководство, ГУС, Отдел Обслуживания, Группа мат. тех-го снабжения

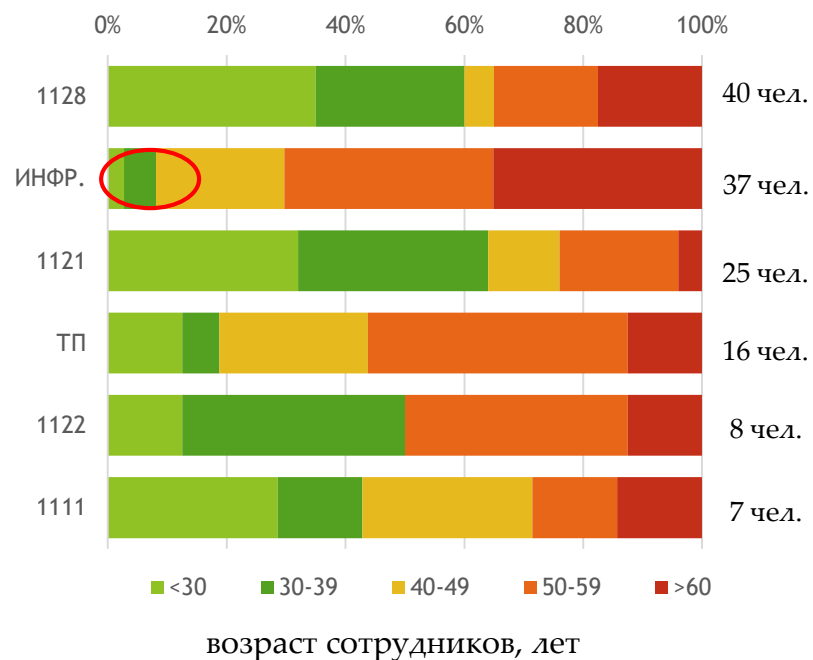
мужчины



Сравнительный анализ подразделений по возрасту сотрудников

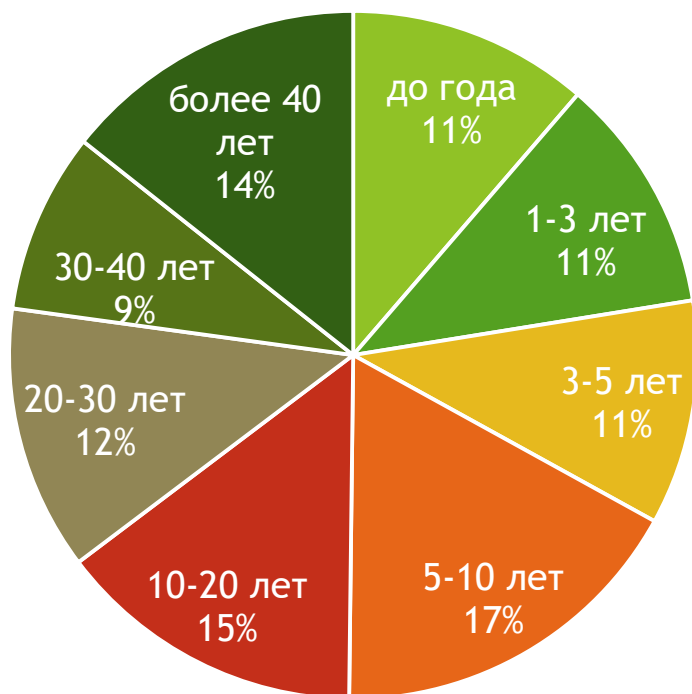
- Относительно других подразделений более молодой по возрасту мужчин выглядит тема 1121.
- Наибольшая доля сотрудников-мужчин в возрасте старше 60 лет работает по теме 1122.
- По теме 1128 наименьшая доля возрастной группы 40-60 лет.
- Наименьшая доля первых двух возрастных групп у сотрудников инфраструктуры, как среди мужчин, так и женщин.
- При анализе женской возрастной структуры также видно преобладание первых двух возрастных групп в подразделениях 1121 и 1128.

женщины



Стаж работы

50% сотрудников ЛНФ работает в ОИЯИ
менее 10 лет



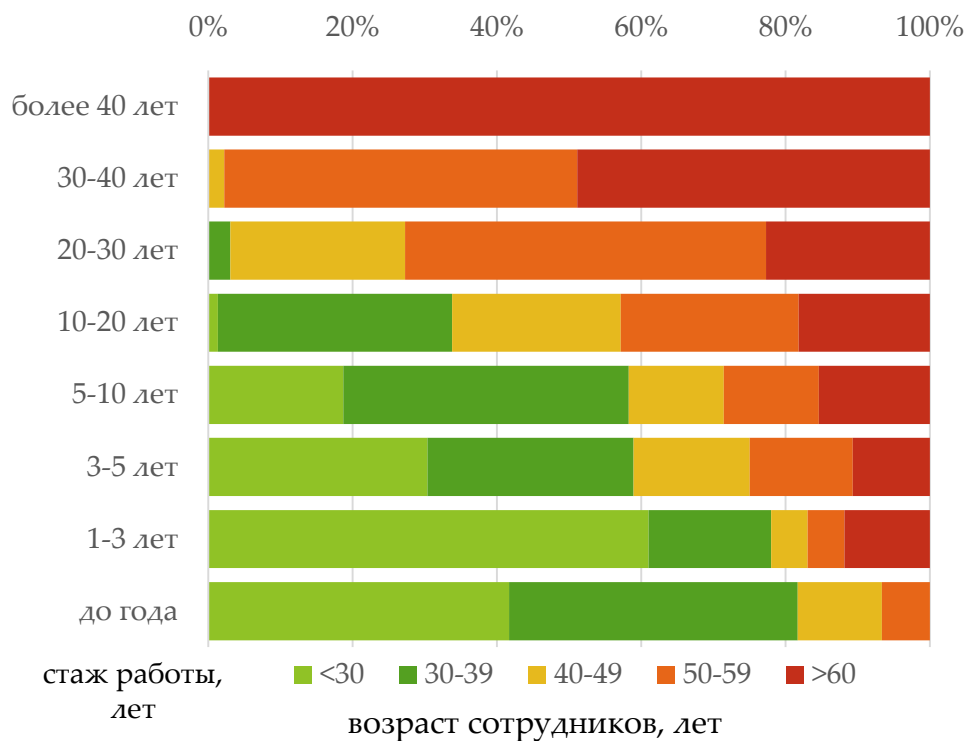
Треть сотрудников Лаборатории трудоустроилась в ОИЯИ в течение последних 5 лет.

Стаж работы половины сотрудников Лаборатории насчитывает более 10 лет.

Из них каждый четвертый трудится в ОИЯИ на протяжении более 40 лет.

Стаж работы

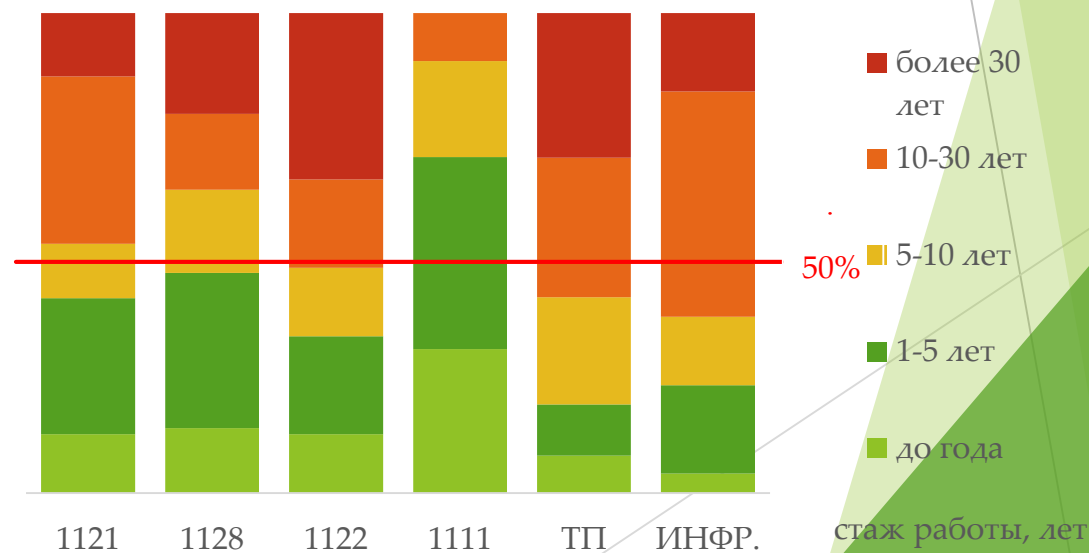
Среди работающих менее 5 лет доля молодых сотрудников (до 30 лет) составляет почти 50%



1. В последние годы в Лаборатории проводится политика, направленная на привлечение молодых сотрудников.

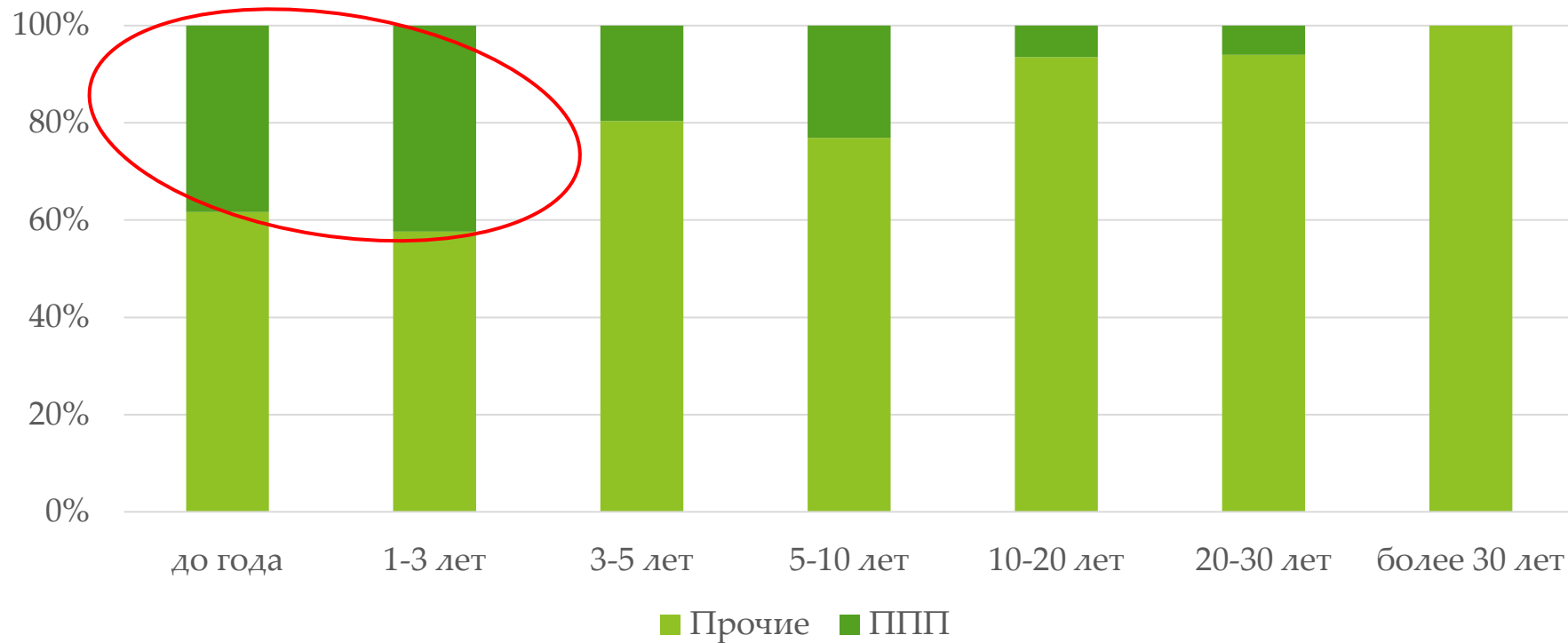
2. При анализе по направлениям выделяется тема 1128. Среди ее сотрудников – наибольшая доля тех, кто работает не более 5 лет (без учета темы 1111).
3. По теме 1122 – наибольшая доля работающих более 30 лет.

Распределение сотрудников с различным стажем по направлениям



Стаж работы

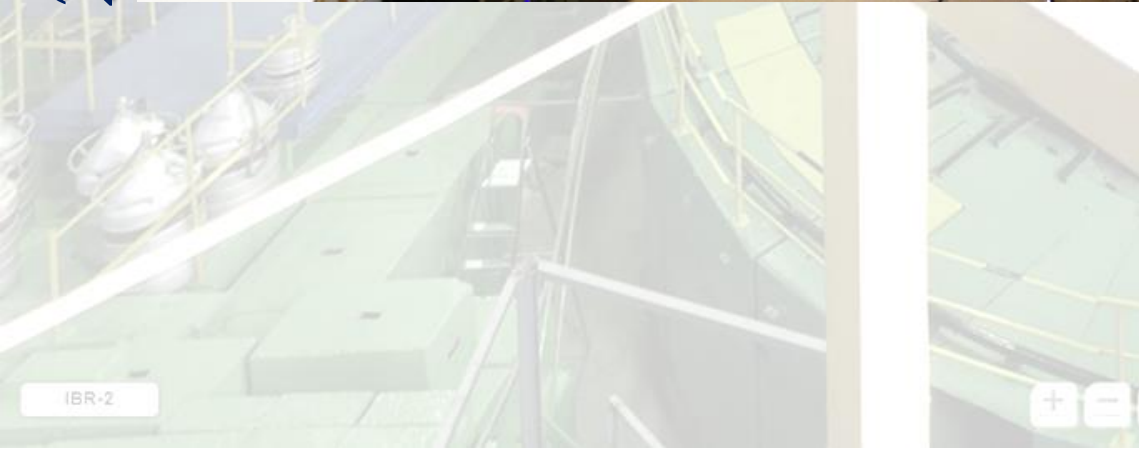
Среди недавно трудоустроенных сотрудников порядка 40% – это работающие по Программам Полномочных Представителей





Новое подразделение – Сектор рамановской спектроскопии

2013-2018





Поддержка сотрудников Лаборатории

- 43 человека получили беспроцентную ссуду на улучшение жилищных условий;
- Начиная с 2016 года более 10 молодых сотрудников получают финансовую поддержку при съёме жилья, программа продолжается;
- Индексация стипендий имени И.М.Франка и Ф.Л.Шапира;

2013-2018





2013-2018

Полные бюджеты лабораторий ОИЯИ, млн. долл. США





2013-2018

Материальные статьи бюджета, млн. долл. США



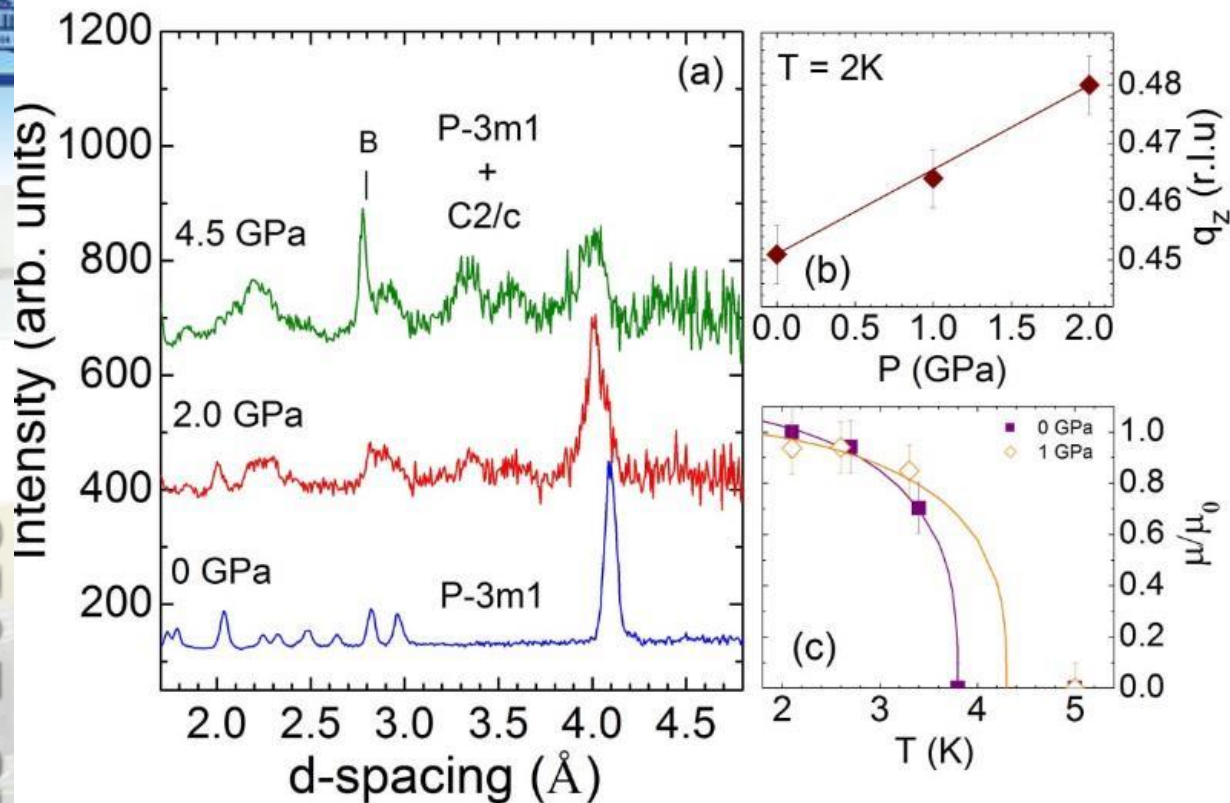


Рис. 1. Участки нейтронных дифракционных спектров (дифрактометр ДН-12, ИБР-2), демонстрирующие структурный фазовый переход в $\text{RbFe}(\text{MoO}_4)_2$ при высоком давлении (а). Знаком “В” обозначен пик от наковален камеры давления. Барическая зависимость компоненты k_z вектора распространения АФМ структуры, соответствующей тригональной фазе $\text{RbFe}(\text{MoO}_4)_2$ и рассчитанной при $T = 2$ К (б). Температурные зависимости упорядоченного магнитного момента Fe для тригональной фазы при различных давлениях, нормированных на значение при $T = 2$ К (с).

Структурные исследования новых оксидных, интерметаллических и наноструктурированных материалов ДН-12

Проведено исследование кристаллической, магнитной структуры нессобственного мультиферроика $\text{RbFe}(\text{MoO}_4)_2$, методом нейтронной дифракции, рентгеновской дифракции и магнитной восприимчивости в диапазоне высоких давлений 0 – 10 ГПа и температур 1.5 – 300 К, [1] рис. 1.

PHYSICAL REVIEW B 87, 014112 (2013)

Effect of high pressure on the crystal structure, magnetic, and vibrational properties of multiferroic $\text{RbFe}(\text{MoO}_4)_2$

D. P. Kozlenko,¹ S. E. Kichanov,¹ E. V. Lukin,¹ N. T. Dang,^{1,2} L. S. Dubrovinsky,³ E. A. Bykova,³ K. V. Kamenev,⁴ H.-P. Liermann,⁵ W. Morgenroth,⁶ A. Ya. Shapiro,⁷ and B. N. Savenko¹

¹Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Russia

²Tula State University, Department of Natural Sciences, 300600 Tula, Russia

³Bayerisches Geoinstitut, University Bayreuth, D-95440 Bayreuth, Germany

⁴CSEC and School of Engineering, The University of Edinburgh, Edinburgh EH9 3JZ, United Kingdom

⁵Deutsches Elektronen Synchrotron, D-22607 Hamburg, Germany

⁶Institute of Geosciences, University of Frankfurt, D-60438 Frankfurt, Germany

⁷A. V. Shubnikov Institute for Crystallography, RAS, 117333 Moscow, Russia

(Received 19 November 2012; revised manuscript received 28 December 2012; published 22 January 2013)

Запуск первой стадии рефлектометра ГРЭЙНС

2013-2018

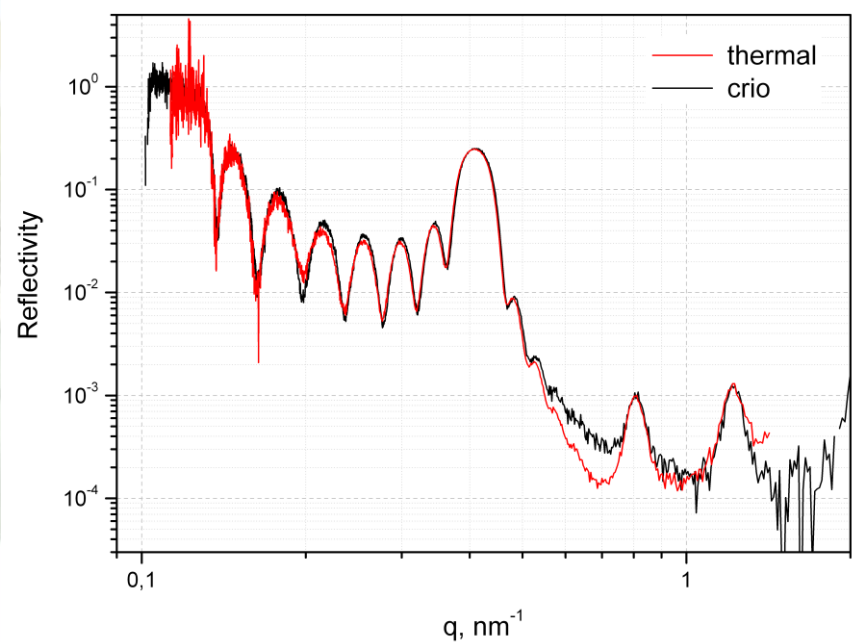
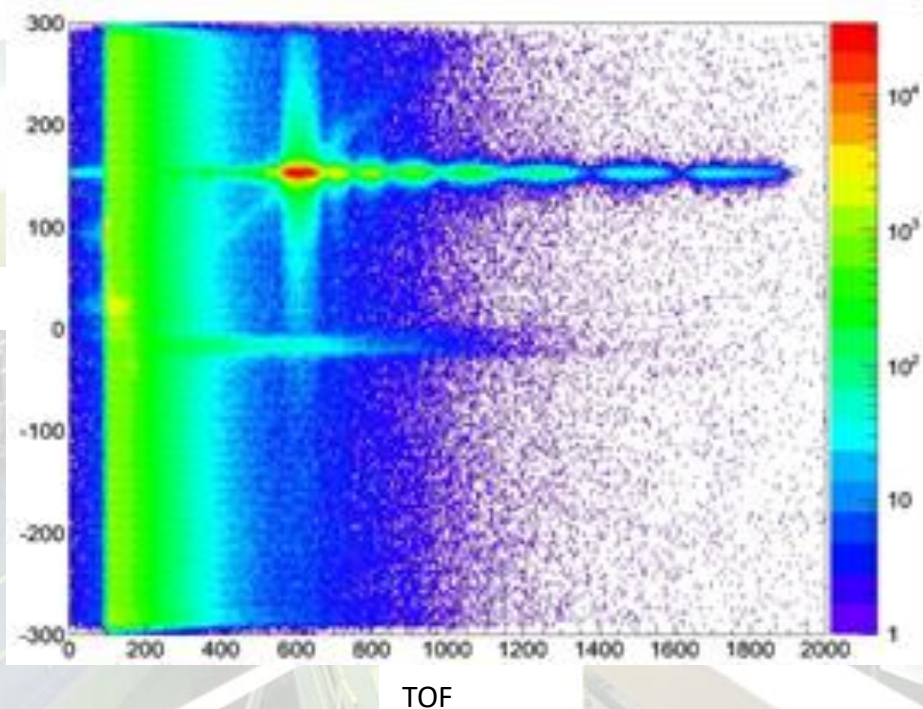
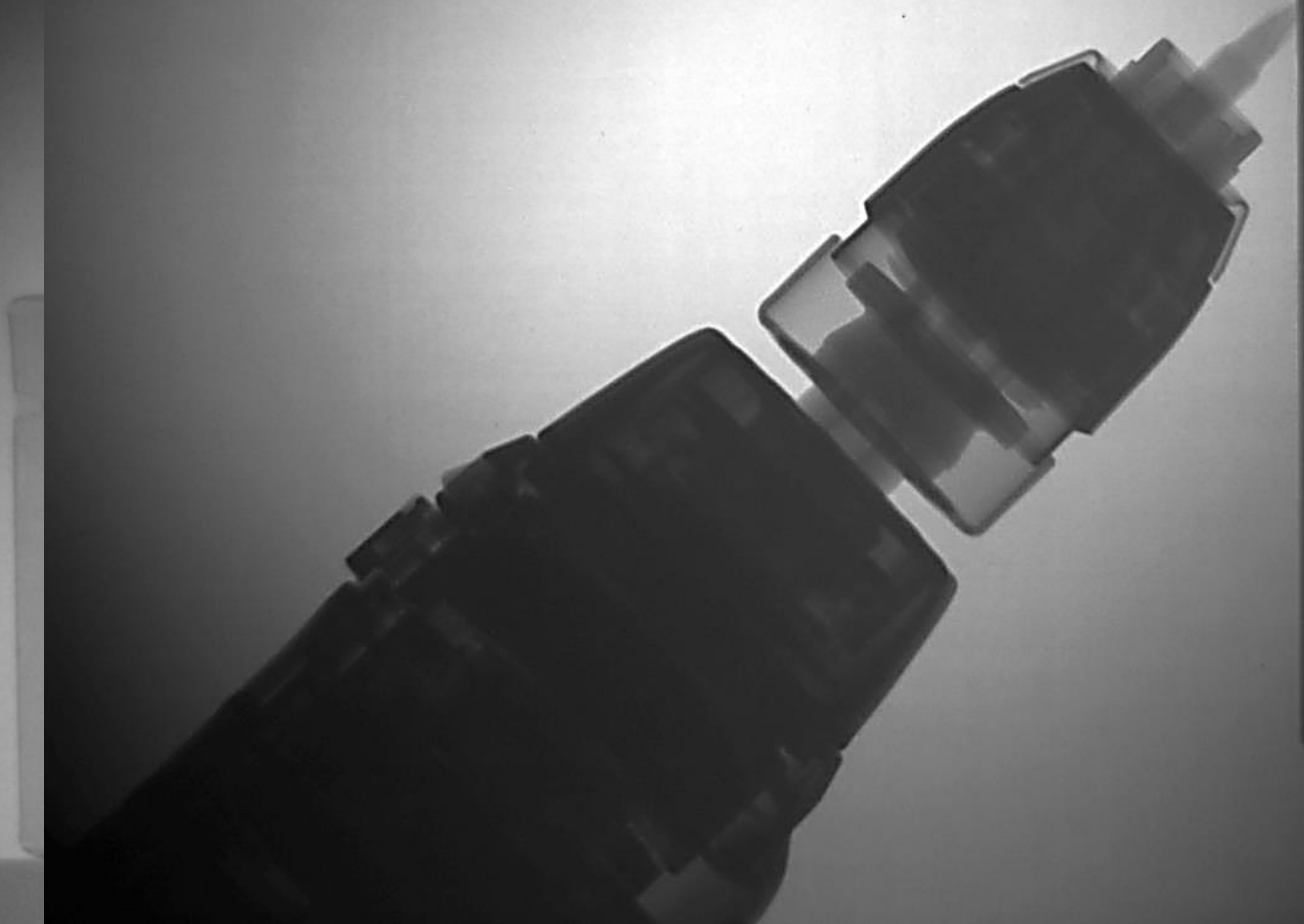


Рис.14. (а) 2D спектр отраженного пучка неполяризованных нейтронов на слоистой структуре [Ni(8.4nm)Ti(7nm)] \times 8/Floatglass (производитель MIRROTRON, Венгрия), полученный на рефлектометре GRAINS при криогенном режиме работы замедлителя в координатах Z (ширина канала 0.35 мм) – время пролета (ширина канала 32 мкс). (б) Коэффициент зеркального отражения как функция переданного импульса для той же системы, измеренный в тепловом (thermal) и криогенном (crio) режимах работы замедлителя.

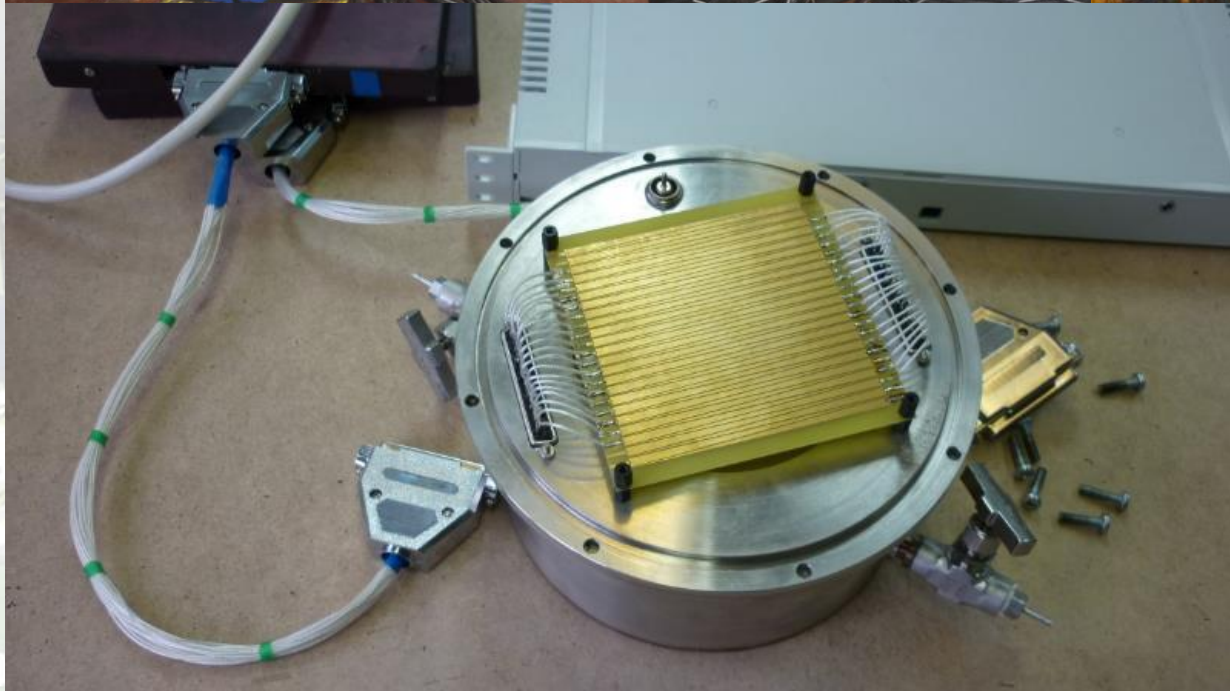
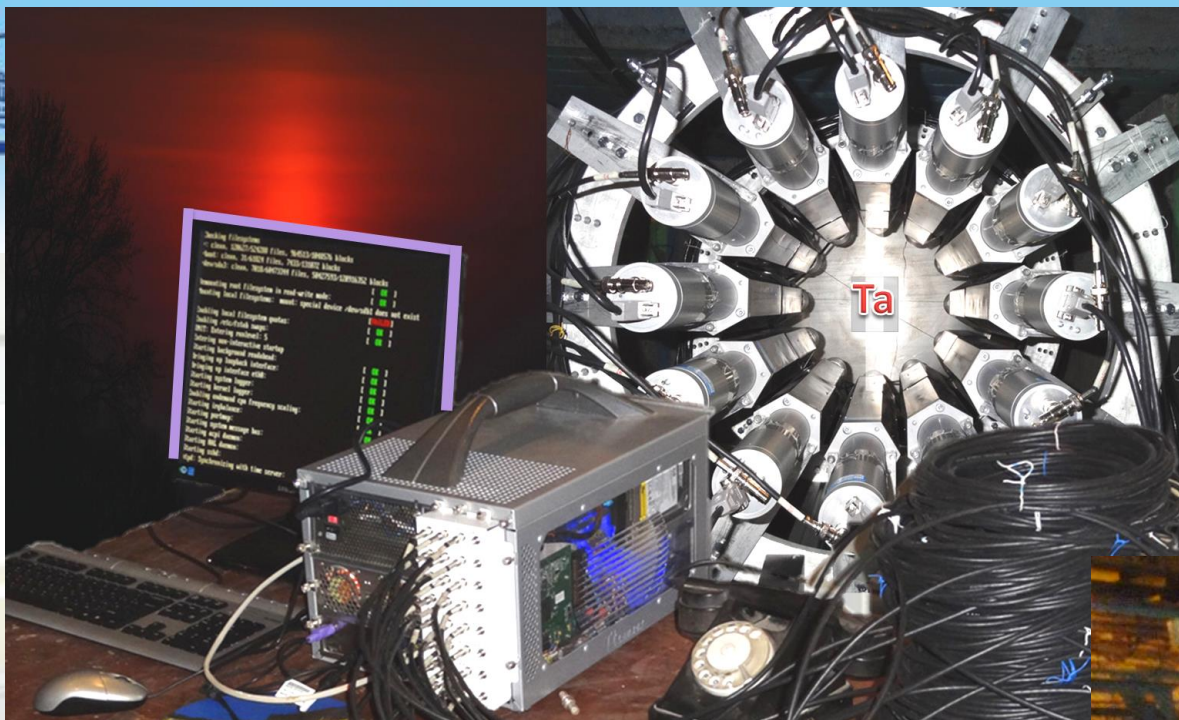
2013-2018





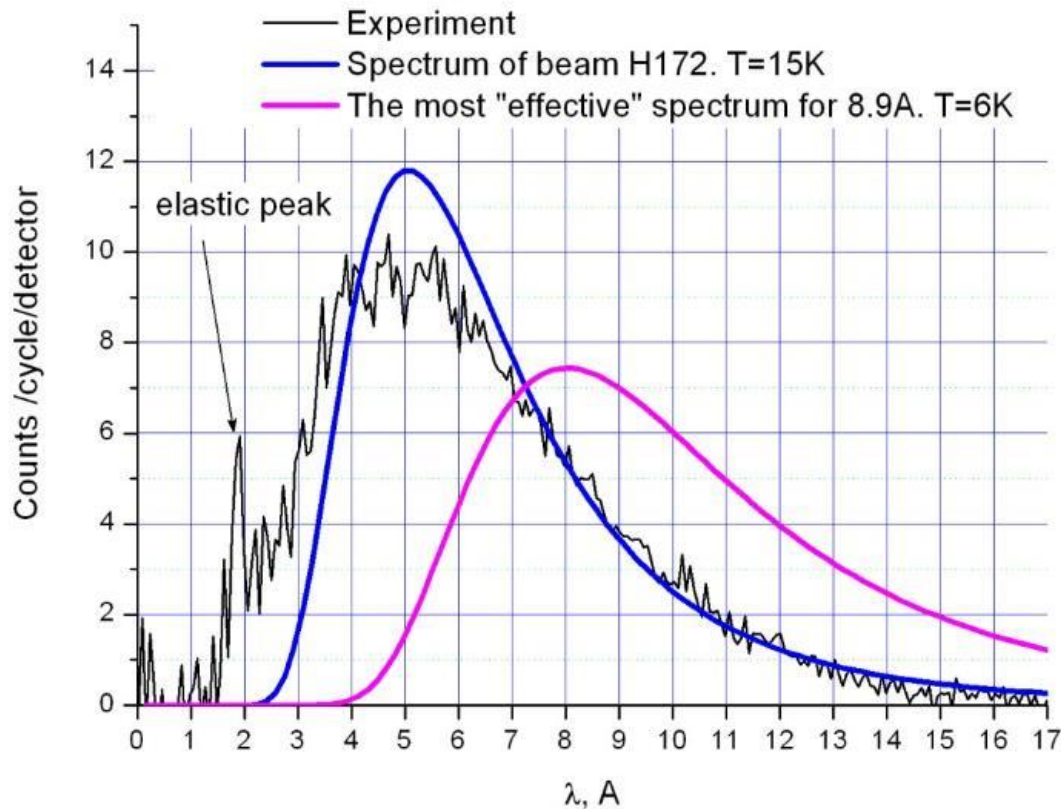
Новые детекторы для экспериментов на ИРЕН

2013-2018



Экспериментальное изучение возможности накопления холодных нейтронов на конце выведенного пучка тепловых нейтронов

Solid methane. $T=6.6\text{K}$



Полученные результаты тестовых измерений говорят о том, что на пучке тепловых нейтронов внутри метановой полости можно получить спектр нейтронов близкий к спектру, идущему от холодного реакторного источника. Альbedo от твёрдого метана для холодных нейтронов близко к расчётному значению. Таким образом, идея создания гелиевого источника УХН внутри холодной полости на конце нейтронотода с тепловыми нейтронами представляется вполне реализуемой. Следующим шагом на пути развития данной идеи является создание прототипа источника, на котором необходимо проверить решения довольно большого числа технических проблем. Дальнейшая оптимизация температуры замедлителя возможна на прототипе источника УХН по выходу ультрахолодных нейтронов т.к. вклад многофононных процессов в генерацию УХН может быть значительным



IAȘI - ROMÂNIA



DIPL^{OM}MA



2013-2018

BIOLOGICAL TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATER
CONTAINING ZINC BY SPIRULINA PLATENSIS
I. ZINICOVSICAIA, L. CEPOI, T. CHIRIAC, GH. DUCA, T. MITINA,
M.V. FRONTASYEVA, S.S. PAVLOV, S.F.GUNDORINA

GOLD MEDAL



President of International Jury
Prof. Adrian GRAUR

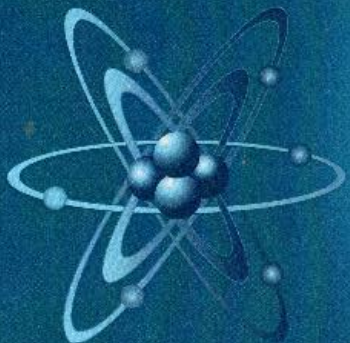
President of Exhibition
Prof. Ion SANDU



EUROINVENT
2013



11 May 2013



Лауреатові премії Президента України
для молодих вчених 2013 року
ТРОПІНУ Т.В.

Шановний Тимуре Васильовичу!

Сердечно вітаю Вас з високою відзнакою –
присудженням премії Президента України
для молодих вчених.

Бажаю сил і наснаги для подальшого
професійного зростання.

Нехай найвищі висоти Науки завжди
підкоряються Вам.

З повагою

Голова Комітету
академік

Б.Є.Патон

КОМІТЕТ
молодих вчених України
з галузі науки і техніки

Лауреатові премії Президента України
для молодих вчених 2013 року
ПЕТРЕНКУ В. І.

Шановний Вікторе Івановичу!

Сердечно вітаю Вас з високою відзнакою –
присудженням премії Президента України
для молодих вчених.

Бажаю сил і наснаги для подальшого
професійного зростання.

Нехай найвищі висоти Науки завжди
підкоряються Вам.

З повагою

Голова Комітету
академік

Б.Є.Патон

Neutron Physics
Інститут фізики ім. ІМ Франка

FLNP

Лауреатові премії Президента України
для молодих вчених 2013 року
КИЗИМІ О.А.

Шановна Олено Анатоліївно!

Сердечно вітаю Вас з високою відзнакою –
присудженням премії Президента України
для молодих вчених.

Бажаю сил і наснаги для подальшого
професійного зростання.

Нехай найвищі висоти Науки завжди
підкоряються Вам.

З повагою

Голова Комітету
академік

Б.Є.Патон

Структурные
исследования новых
оксидных,
интерметаллических и
наноструктурированных
материалов

2018

Установлено, что сжимаемость кристаллической решетки моноклинной структуры CuO имеет аномальный характер и сопровождается сначала увеличением параметра решетки a в диапазоне давлений до 13 ГПа, а затем его уменьшением при последующем увеличении давления до 40 ГПа до значения, примерно равного величине при нормальном давлении. В поведении остальных параметров решетки аномалий не наблюдается. Температура Нееля в диапазоне давлений до 11 ГПа увеличивается до 250 К.

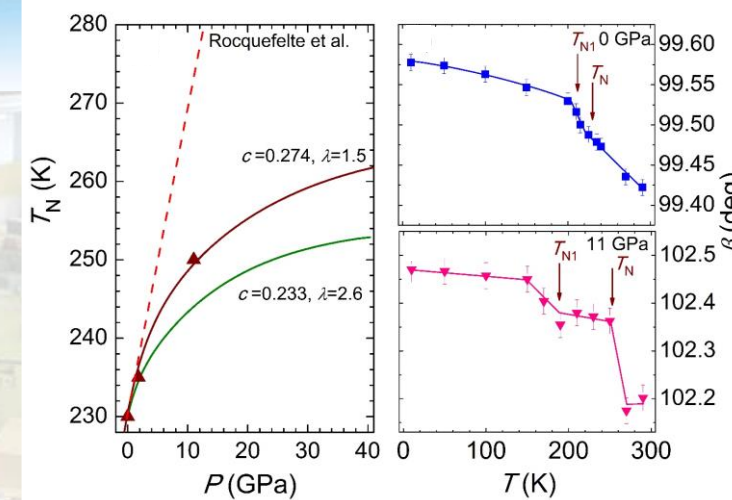
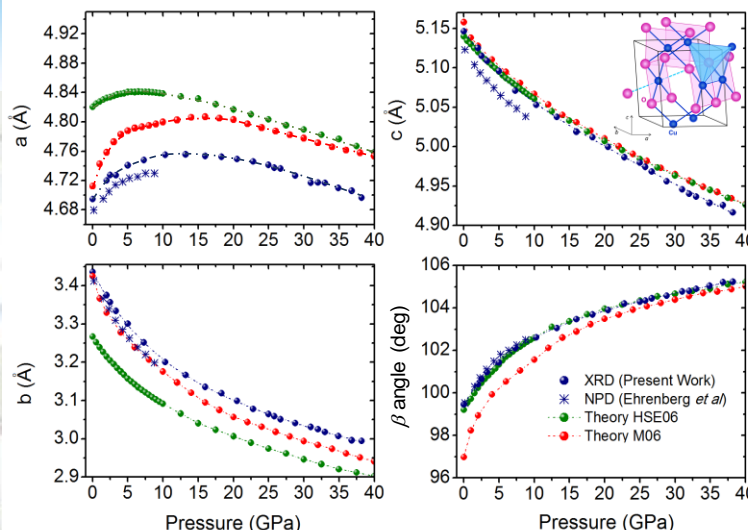


Рис. 1. Барические зависимости параметров элементарной ячейки CuO (а). Показаны экспериментальные точки, результаты теоретических DFT расчетов с помощью гибридных функционалов HSE06, M06 и предыдущих нейтронных исследований. Экспериментальные и расчетные барические зависимости температуры Нееля, и температурные зависимости моноклинного угла кристаллической решетки CuO при давлениях 0 и 11 ГПа (б).

Для определения области существования несоизмерной АФМ фазы с сегнетоэлектрической поляризацией при высоких давлениях использовались температурные зависимости моноклинного угла кристаллической решетки, на которой наблюдаются аномалии в точках магнитных переходов T_N и T_{N1} (рис. 1). Температурная область ее стабильности расширяется под давлением. Сделанные на основе полученных экспериментальных данных оценки показали, что при давлениях в диапазоне до 40 ГПа температура Нееля увеличивается примерно до 265 К, что остается значительно ниже комнатной температуры. Для объяснения наблюдаемых аномалий в структурном поведении CuO под давлением были проведены теоретические расчеты из первых принципов, которые позволили успешно воспроизвести барические зависимости структурных параметров.

Аномальное структурное фазовое расслоение в слоистых электродных материалах литий-ионных аккумуляторов

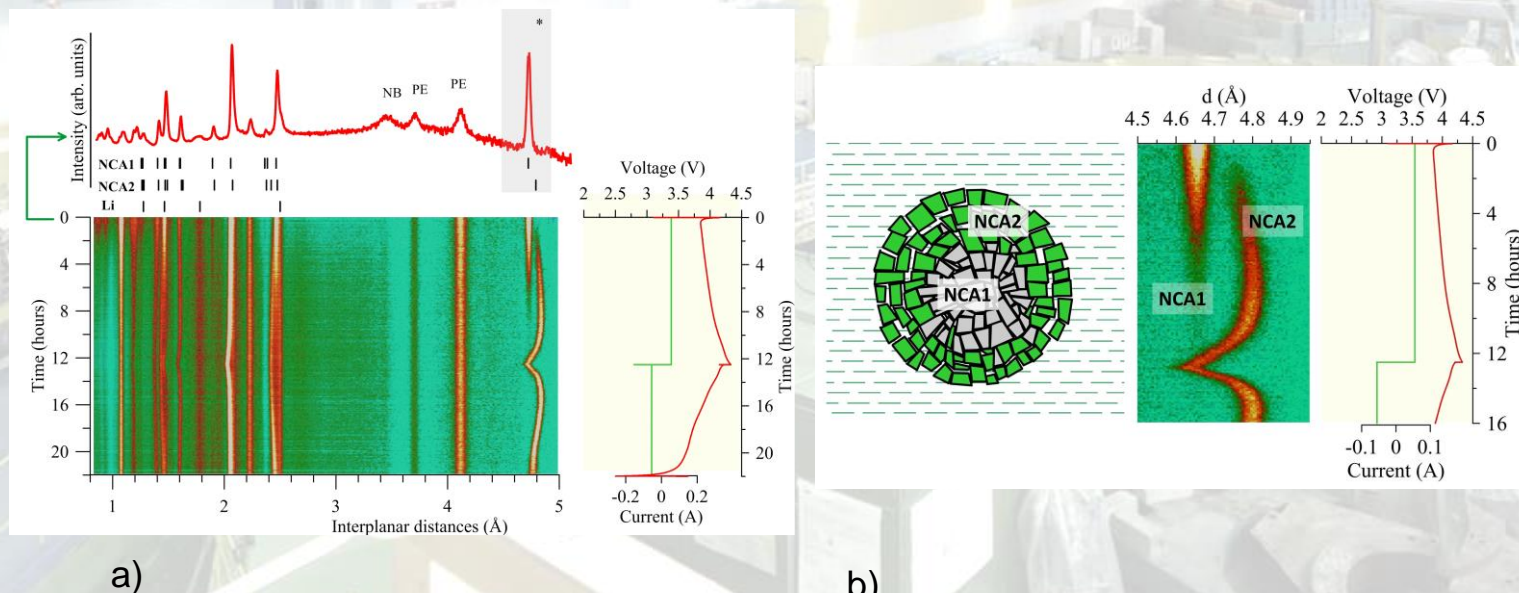
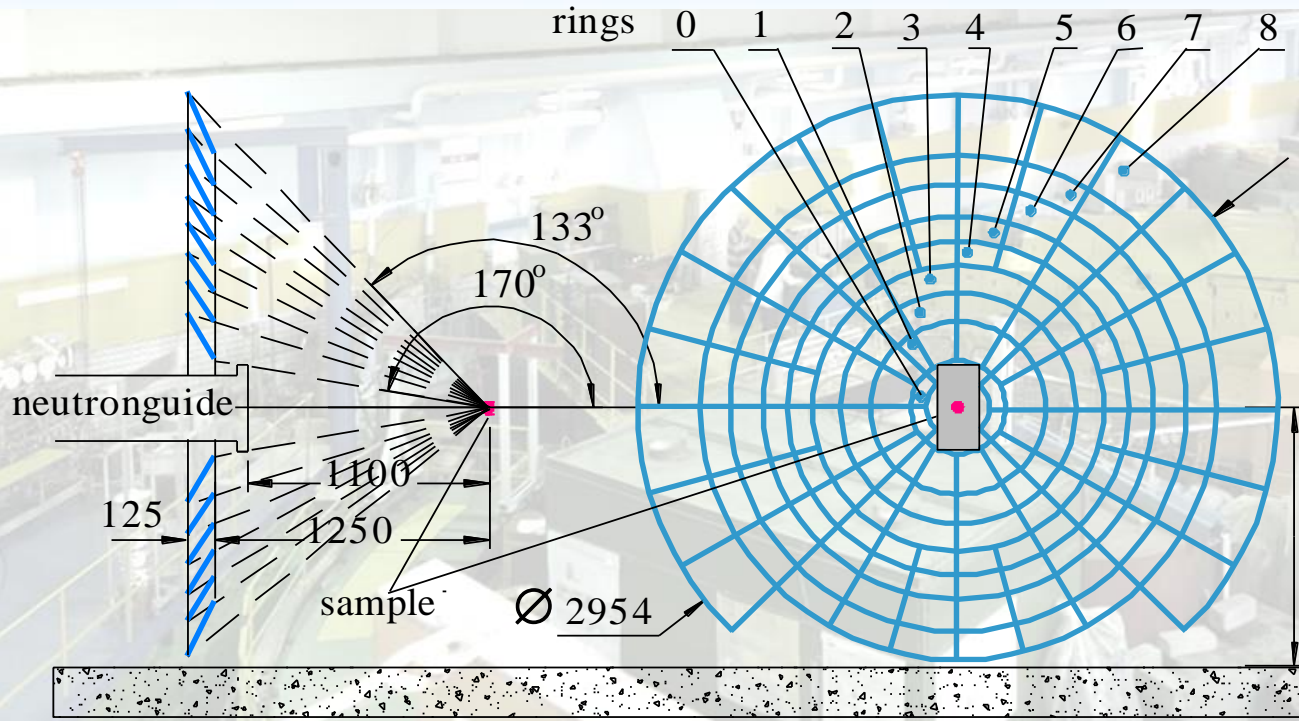


Рис. 3. (a) Эволюция дифракционных пиков электродного материала NCA в процессе электрохимического циклирования. Измерения проведены в специализированной электрохимической ячейке. Вверху показан дифракционный спектр в исходном состоянии NCA. Помимо пиков от анода и катода видны пики от нитрида бора (NB) и сепаратора (PE). Звездочкой обозначена область пика (003) NCA, по которому анализировалось фазовое расслоение, проявляющееся в его расщеплении при некотором уровне заряда. (b) Эволюция рефлекса 003 от материала NCA при первом заряде. Модельное представление происходящего процесса: показан сферический конгломерат первичных частиц NCA материала во время электрохимического циклирования. Серая область соответствует фазе NCA1 не имеющего удовлетворительного контакта с электролитом. Частицы, окрашенные в зеленый цвет, соответствуют фазе NCA2, уже контактирующей с электролитом (слева).

Development of New Wide Aperture Back Scattering Detector ZnS(Ag)/⁶LiF, project within the theme 1122 (NEO KS)



2013-2018



$\Omega = 1.5 \text{ Sr}$
 $S = 13.5 \text{ m}^2$
 $\approx 190 \text{ elements}$
 R_g : from **0.0004**
to **0.0009**

Ring	W, str
0	0.050
1	0.202
2	0.208
3	0.216
4	0.225
5	0.237
6	0.252
7	0.202
8	0.221
Σ	1.813

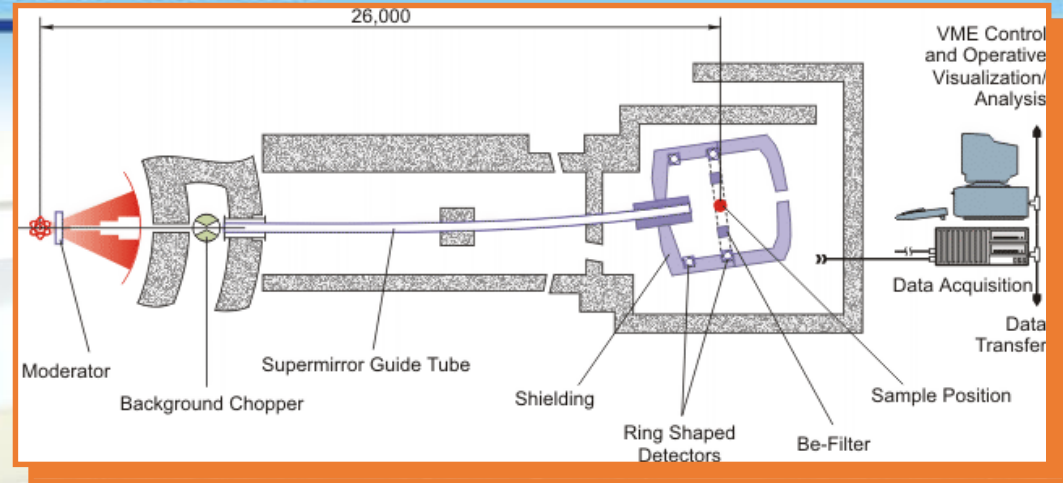
Geometrical contribution to the resolution function for sample of 5x5x5 mm³

1	2	3	4	5	6	7	8
3.7E-4	5.4E-4	6.1E-4	6.7E-4	7.3E-4	7.8E-4	8.3E-4	8.8E-4

Expected increase in the neutron counting rate is ~ 10 times



DN-12 Spectrometer for Studies of Microsamples



Neutron flux at sample position: $2 \cdot 10^6$ n/cm²/s

Resolution at $d = 2 \text{ \AA}$, $2\theta = 90^\circ$: $\Delta d/d = 0.02$

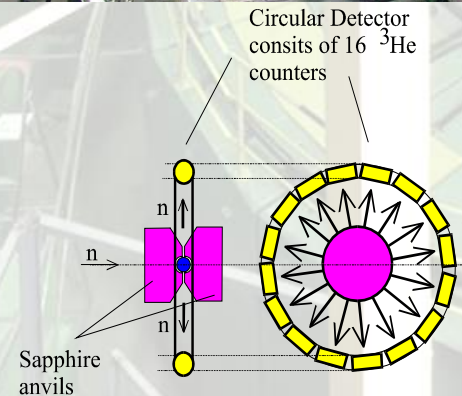
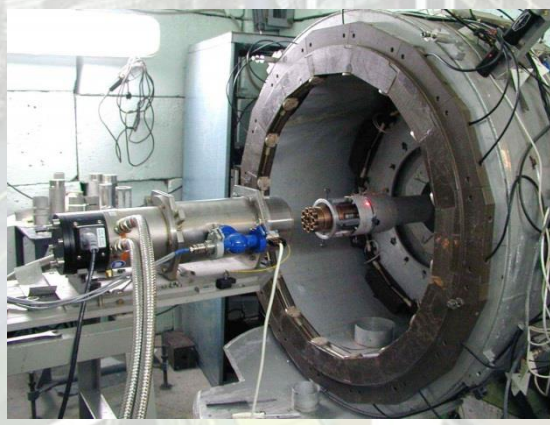
D-spacing range: 0.8 - 13 \AA

Pressure range: 0 - 7 GPa

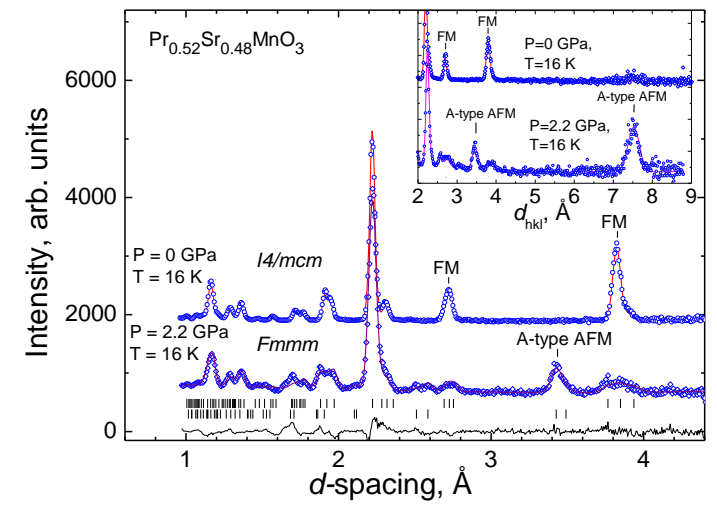
Temperature range: 10 - 300 K

Simultaneous study of crystal and magnetic structure of materials

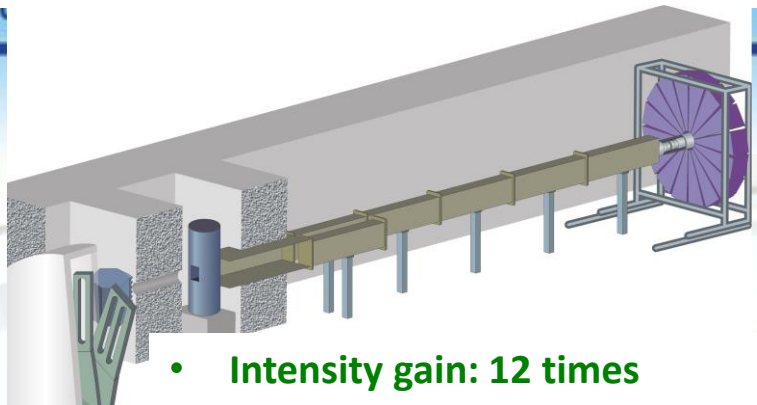
2013-2018



Pressure cell with sapphire anvils



Diffractometer DN-6 for studies of microsamples under extreme conditions



- Intensity gain: 12 times (compared to DN-12)
- Pressure range: 30-50 GPa
- Temperature range: 4– 300 K



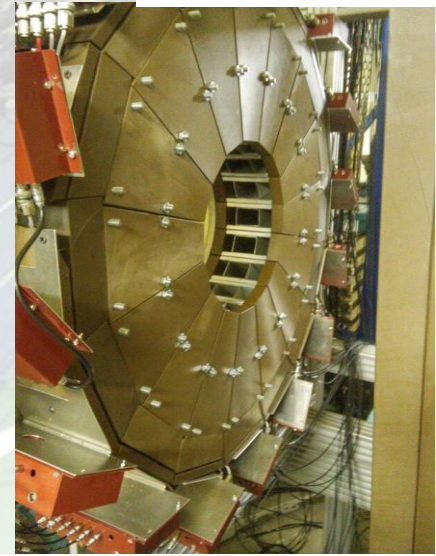
DN-6 diffractometer (operational from 2012)



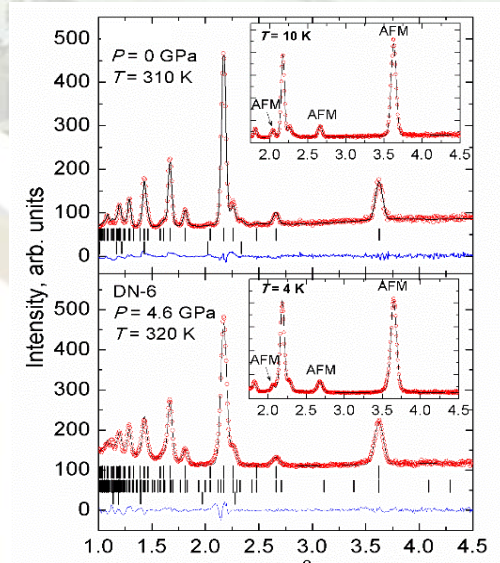
DAC

Sample volume: 0.01-0.05 mm³

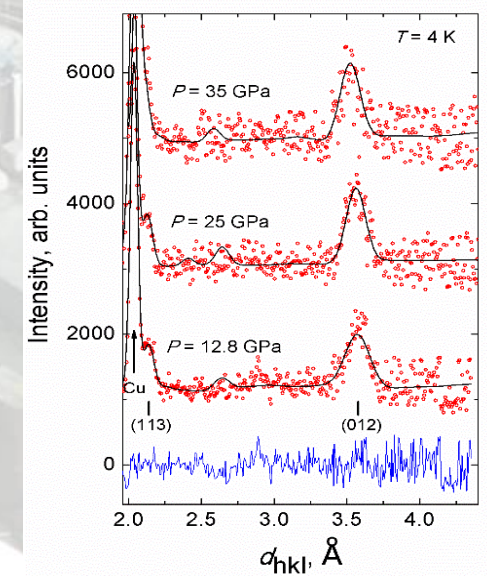
2013-2018



Second circular detector of DN-6, consisting of 96 separate ³He counters



Neutron diffraction patterns of Cr₂O₃ sample measured in sapphire anvil cell up to 4.6 GPa



Neutron diffraction patterns of Cr₂O₃ sample measured in DAC up to 35 GPa

Further Development of DN-6: Installation of Neutron Parabolic Focusing Device (7 m length)



Neutron flux at sample position: $3 \cdot 10^7$ n/cm²/s (with focusing device)

Resolution at $d = 2 \text{ \AA}$, $2\theta = 90^\circ$: $\Delta d/d = 0.025$

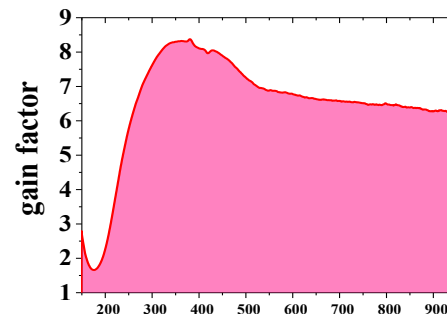
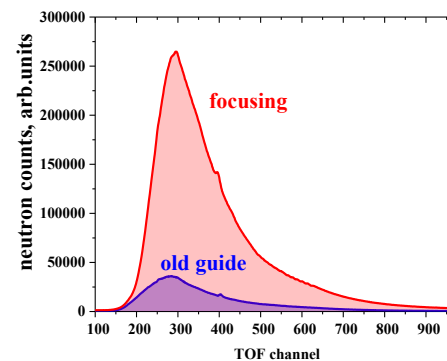
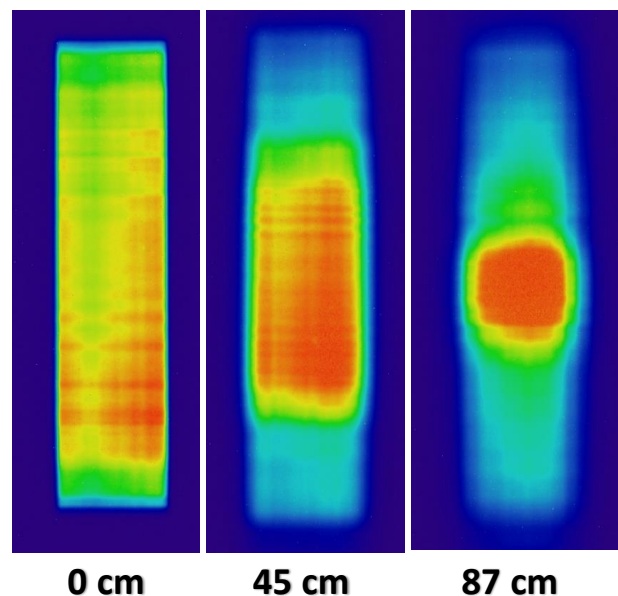
D-spacing range: 0.8 - 12 \AA

Pressure range: 0 - 50 GPa

Temperature range: 4 - 300 K

Top level among relevant class of instruments, achievable pressure range comparable with SNAP (SNS)

a)



The averaged incident neutron flux gain is ~ 6 times.

Multiplication factor compared to DN-12: 35 times

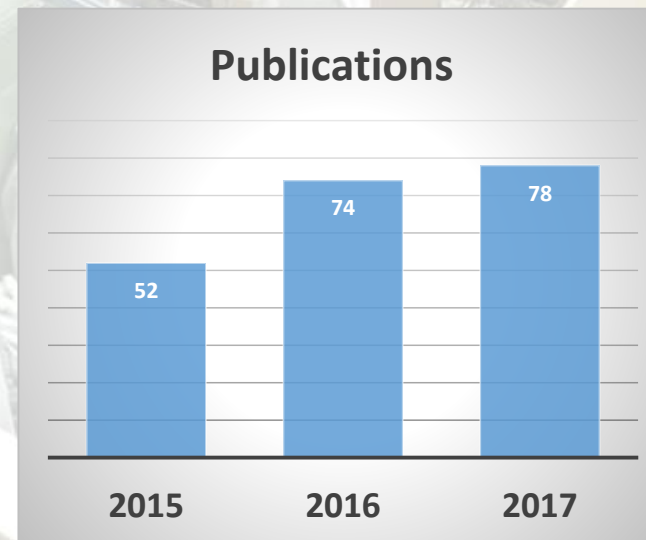
The replacement of the remaining tail part of the mirror neutron guide (17 m) from $m = 1$ to $m = 2$ is planned. The expected additional intensity gain is ~ 2 times

2013-2018



	2015	2016	2017
Submitted proposals	197	238	221
Accepted proposals	174	208	203
Countries	15	11	11
Visitors	84	107	115

	2015	2016	2017
Materials science	26%	2%	36%
Physics	40%	37%	32%
Chemistry	12%	31%	12%
Applied science	4%	10%	3%
Geosciences	10%	14%	8%
Biosciences	8%	6%	9%



2013-2018



Результаты 2017 тема 1121

- 188 публикаций в реферируемых журналах;
- Один патент;
- 132 доклада на конференциях;
- 29 студентов и аспирантов принимало участие в исследованиях;
- Подготовлено 5 кандидатских и одна докторская диссертации;

2013-2018



Исследования реакций нейтрон-заряженная частица

2013-2018

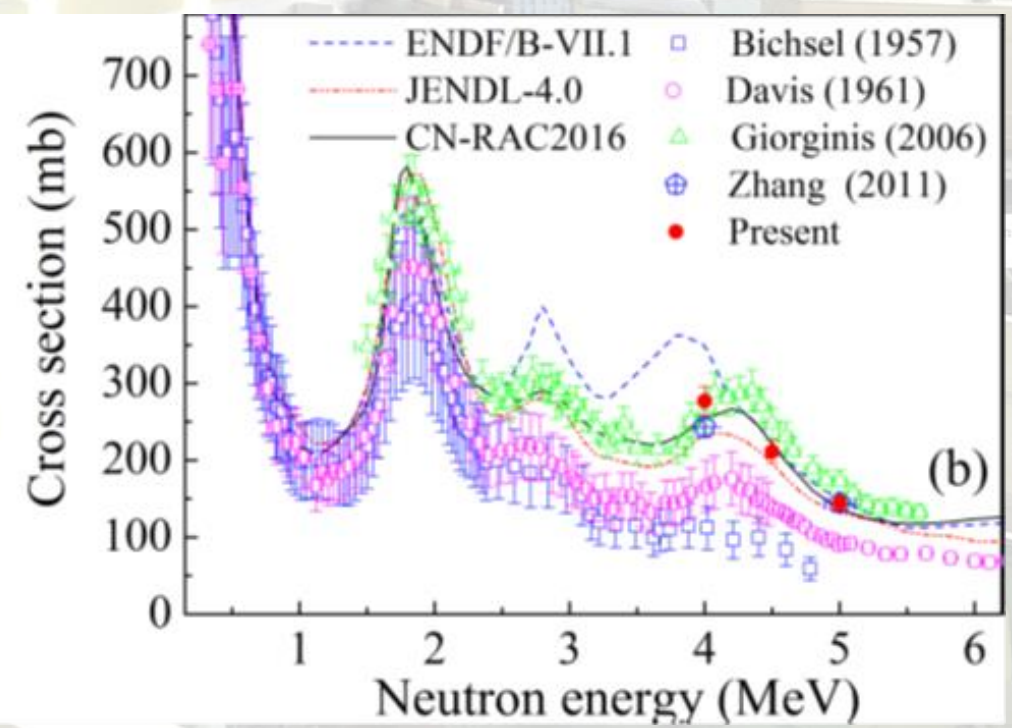
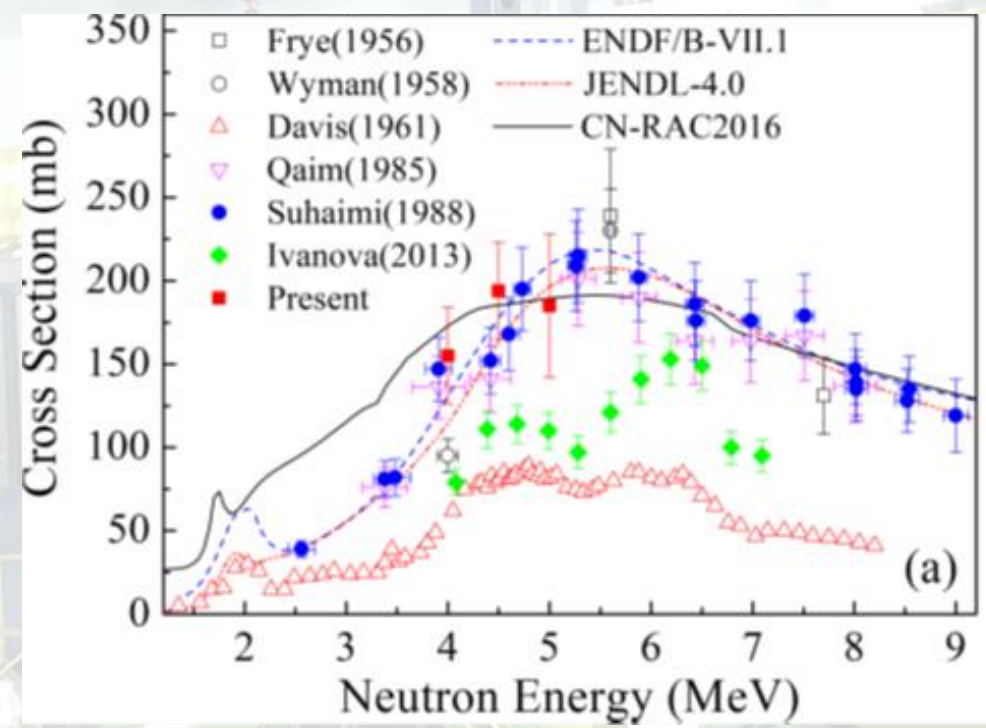


Рис.12. Наши результаты по сечениям в сравнении с существующими измерениями и библиотеками данных: а) для реакции $^{10}\text{B}(n,t)^2\alpha$ и б) для реакции $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$



2013-2018

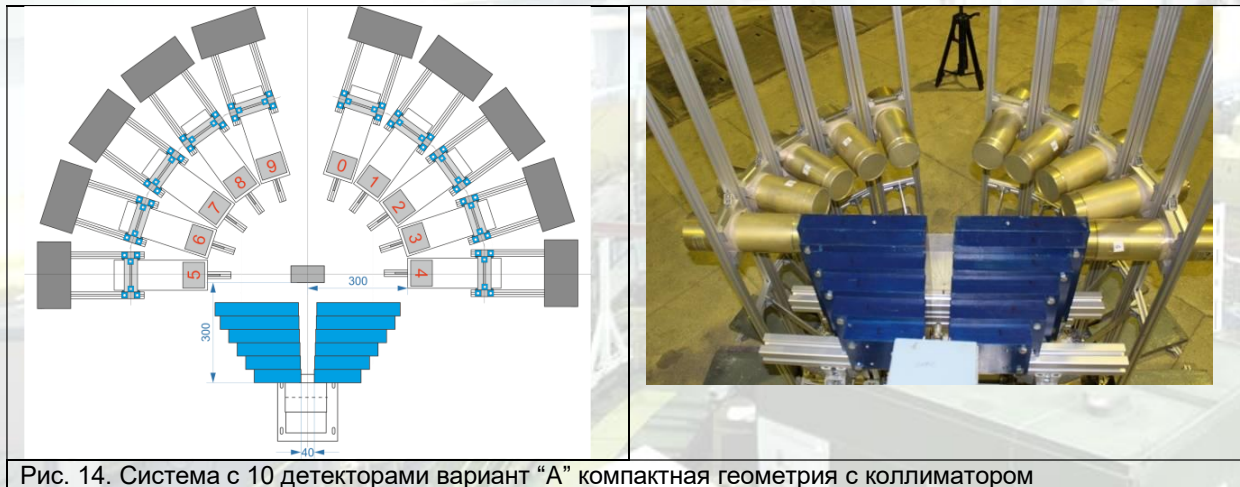


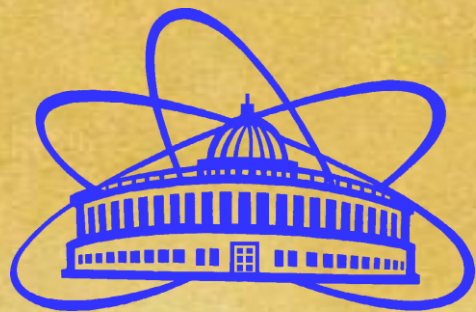
Рис. 14. Система с 10 детекторами вариант "А" компактная геометрия с коллиматором

- **Определение физических характеристик гамма-детекторов и оптимальной геометрии детекторной системы на основе кристаллов BGO;**
- **Определение положения тритиевой мишени и направления меченых нейтронных пучков с помощью двухкоординатного стрипового кремниевого детектора;**
- **Расчёт углового распределения гамма-излучения, испускаемого в процессе неупругого рассеяния нейтронов на атомных ядрах;**

Работы в рамках проекта
ТАНГРА

Качественный и количественный анализ
содержания мышьяка и ртути
в человеческих останках XVI и XVII вв.
из некрополей Московского Кремля
методом нейтронного активационного анализа
на установке ИРЕН и реакторе ИБР-2 ЛНФ ОИЯИ.

А.Ю. Дмитриев, С.Б. Борзаков,
К. Храмко, Т.Д. Панова.



FL'NP





Образец №1 (ребро) до очистки.

Образцы для изучения были переданы в ЛНФ ОИЯИ в феврале 2017 года. Информация об именах исторических личностей, из захоронений которых были взяты образцы, была сообщена только после завершения исследования. Образец №1 – ребро из захоронения сына царя Ивана Васильевича Грозного – царевича Ивана Ивановича (скончался в 1581 году).



И. Репин. «Иван Грозный убивает своего сына». 1883 - 1885.

Образец №2 – ребро из захоронения князя Михаила Васильевича Скопина-Шуйского (скончался в 1610 году).



Образец №2 (ребро) до очистки.



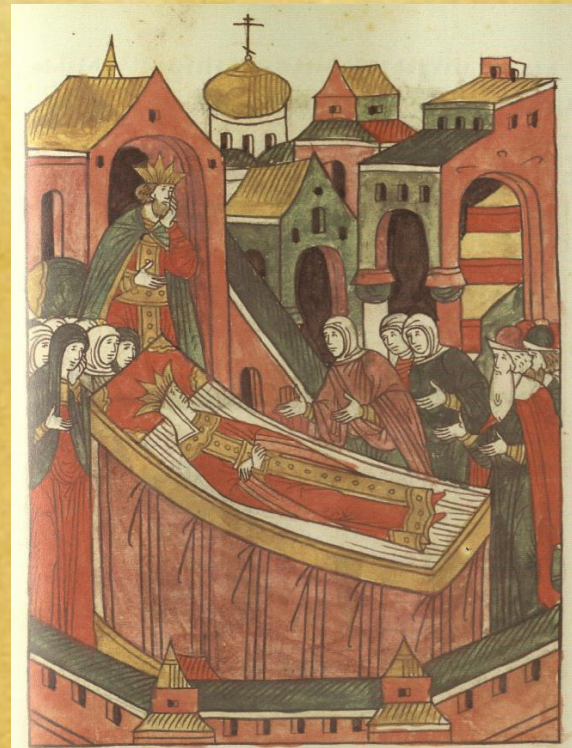
Неизвестный автор.
Князь М.В. Скопин-Шуйский.

Образец №3 – элементы волос первой жены царя Ивана Васильевича Грозного – первой русской царицы Анастасии Романовны (скончалась в 1560 году).



Образец №3 (прядь волос) до очистки.

В феврале – апреле 2017 года образцы были исследованы методом нейтронного активационного анализа. Было проведено два независимых эксперимента с использованием базовых установок ЛНФ ОИЯИ – исследовательской установки ИРЕН [5, 6] и импульсного реактора ИБР-2 [7].



ѿ преставленіи великіи цркви мести
сїи. Родомъ же крѣпкіи аи гдеставъ, з. передъ
напѣмъ пть стго мнѣи савѣи мѣдъ, е чл
днн. престави сѣ блгоувернаго црѣвѣ
лисаго кнѣзѣи олнашениіе ончлосе лрѣ
сїи црѣви великіи кнѣзѣи
о мести
сїи

Преставление великой царицы Анастасии. Миниатюра 2-ой пол. XVI в.

Набор и анализ данных.

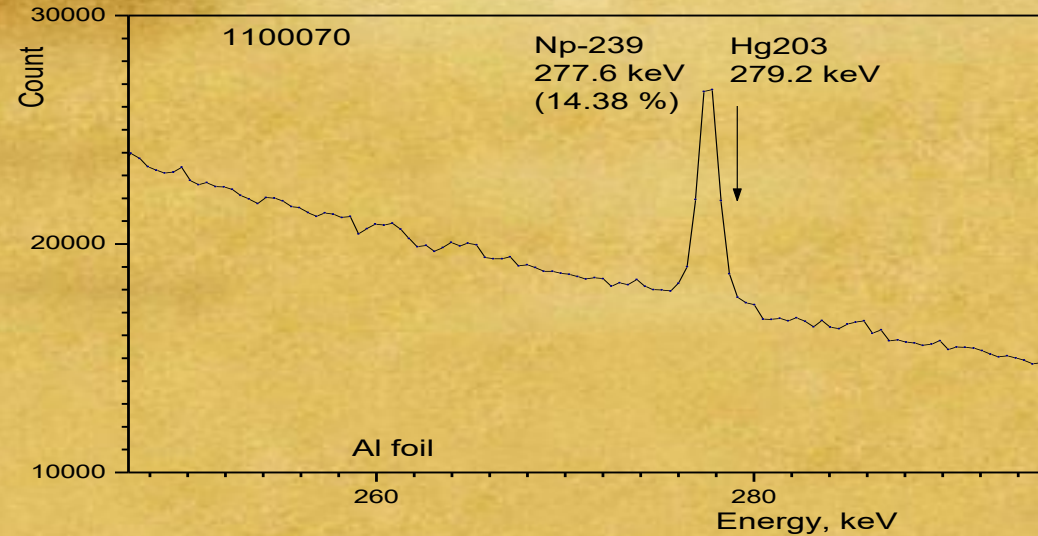


Автоматическая система измерения спектров.

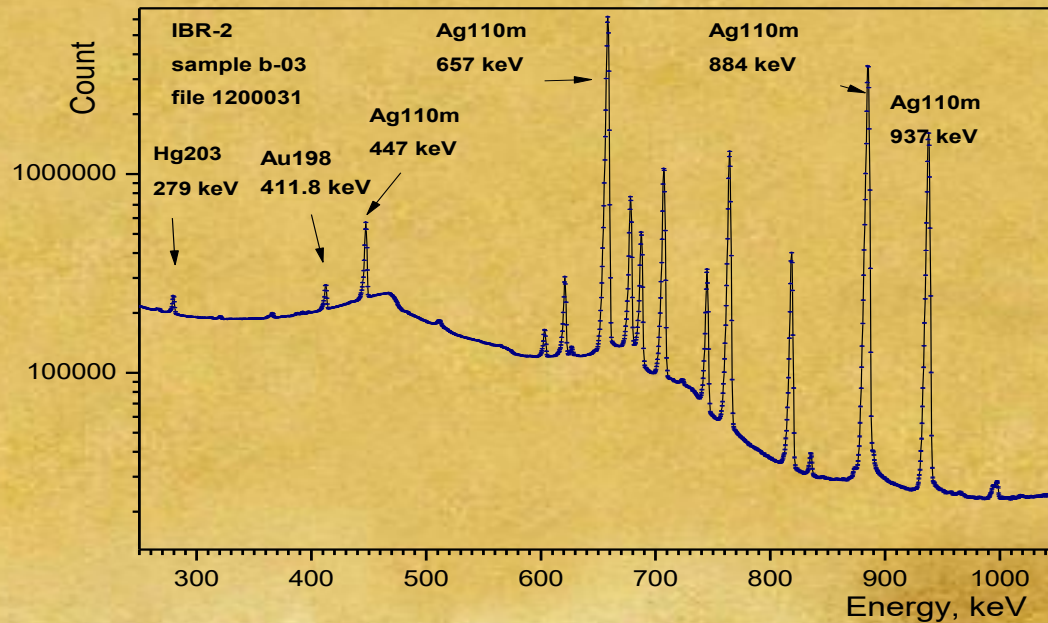
После облучения гамма спектры наведённой активности образцов измерялись по два раза с помощью автоматической системы измерений спектров, созданной в ЛНФ ОИЯИ и включающей в себя полупроводниковый детектор из высокочистого германия с высоким разрешением и спектрометрическую электронику фирмы Canberra, устройство смены образцов и программное обеспечение [11, 12]. Энергетическое разрешение детектора – 1,8 кэВ для линии 1173 кэВ ^{60}Co , относительная эффективность – 40%.

Набор и анализ данных.

Первое измерение проводилось спустя несколько часов после окончания облучения на установке ИРЕН и спустя несколько дней после облучения образцов на реакторе ИБР-2 (с учетом радиационной обстановки).



Фрагмент спектра образца № 1 (ИБР-2, измерение ДЖИ-1).



Фрагмент спектра образца № 3 (ИБР-2, измерение ДЖИ-2).

Второе измерение – примерно через три недели после окончания облучения. Для измерения и анализа спектров применялось программное обеспечение Genie-2000.

Результаты.

Результаты расчётов сведены в таблицу 1. Результаты определения массовых долей дополнительных элементов представлены в таблице 2.

Таблица 1. Массовые доли мышьяка и ртути в исследуемых образцах.

№ обр.	мышьяк (As)		ртуть (Hg)	
	массовая доля, мг/кг	относительная погрешность, %	массовая доля, мг/кг	относительная погрешность, %
1	0,19	30	0,36	19,1
2	0,23	30	0,2	29,5
3	1,18	18,3	46,6	2,5

Таблица 2. Массовые доли дополнительных элементов в исследуемых образцах.

№ обр.	железо (Fe)		цинк (Zn)		серебро (Ag)		сурьма (Sb)		золото (Au)	
	массов. доля, мг/кг	относ. погр., %	массов. доля, мг/кг	относ. погр., %	массов. доля, мг/кг	относ. погр., %	массов. доля, мг/кг	относ. погр., %	массов. доля, мг/кг	относ. погр., %
1	1210	8	624	4	0,131	15	0,21	24	$7,5 \cdot 10^{-5}$	19
2	1373	7,3	460	4	4,8	10	<0,1	-	$1,3 \cdot 10^{-2}$	30
3	< 1170	-	< 100	-	3460	14	2,72	16	6,4	11



Результаты 2017 тема 1128

- 64 публикации в реферируемых научных журналах;
- 72 доклада на конференциях;

2013-2018





Реактор и комплекс криогенных замедлителей

- **Время загрузки шариков в камеру замедлителя – минимум 4 часа (по проекту допускалось 8-10 часов). Загрузка проходит без заторов и без заметной дефрагментации шариков при расходе газа 1.2-1.5 г/сек и температуре 80-85К.**
- **Гидравлическое сопротивление контура и параметры газодувки обеспечивают расход гелия 6 г/сек (по проекту 7 г/сек).**
- **Криорефрижератор КГУ-700/15 обеспечивает охлаждение шариков в камере КЗ-202 при мощности реактора 2 МВт до средней температуры 32- 33К (проектное значение – 23-25К).**
- **Фактор увеличения потока холодных нейтронов с длиной волны 8-10 ангстрем – 13-14 расчетное значение – до 20 при 20К. Деграция потока холодных нейтронов в области 6-10 ангстрем за 350 МВт-часов – не более 5-7 %; поток нейтронов с более короткой длиной волны увеличивается с дозой облучения.**
- **Слив отработанной жидкости проходит достаточно быстро; вязкость исходного раствора увеличивается не более чем в 10 раз после работы в течение 7.3 суток.**

2013-2018



Комплекс холодных замедлителей нейтронов

В 2017 году шариковый холодный замедлитель K3202 ИБР-2 успешно отработал на физический эксперимент во 2-м, 4-м и 8-м циклах работы реактора ИБР-2 на мощности 2 МВт. В 8-м цикле холодный замедлитель K3202 работал с новой криогенной системой, благодаря которой температуру в камере замедлителя, при работе реактора на мощности реактора 2 МВт, удалось снизить на 8 К (до 23 К) по сравнению с предыдущей криогенной системой, что позволило существенно увеличить интенсивность холодных нейтронов с поверхности холодного замедлителя. Кроме того, новая криогенная система была испытана при проведении одновременного охлаждения камеры холодного замедлителя K3202 и испытательного стенда K3201 при нулевой мощности реактора. Результаты показали, что использование новой криогенной системы позволило снизить температуру в обеих камерах замедлителя в 3 раза, до 20 К, по сравнению с предыдущей криогенной системой.

С целью изучения вопроса о возможности продления времени работы холодного замедлителя на физический эксперимент, проводятся работы по исследованию количества водорода, образующегося в материале замедлителя (смесь мезитилена и м-ксилола) после облучения в рамках одного реакторного цикла (~11 суток). Для этого в группе криогенных исследований была разработана и собрана установка с криорефрижератором замкнутого цикла, в которой охлаждалась камера с активированным углем для поглощения водорода, присутствующего в гелии после разложения мезитилена в потоке нейтронов. В результате эксперимента предварительно установлено, что содержание побочной газовой фракции водорода в гелии на конец реакторного цикла с холодными нейтронами может составлять 5% и более в молярном исчислении. Эти результаты требуют дополнительной проверки альтернативными методами.

2013-2018

2013-2018

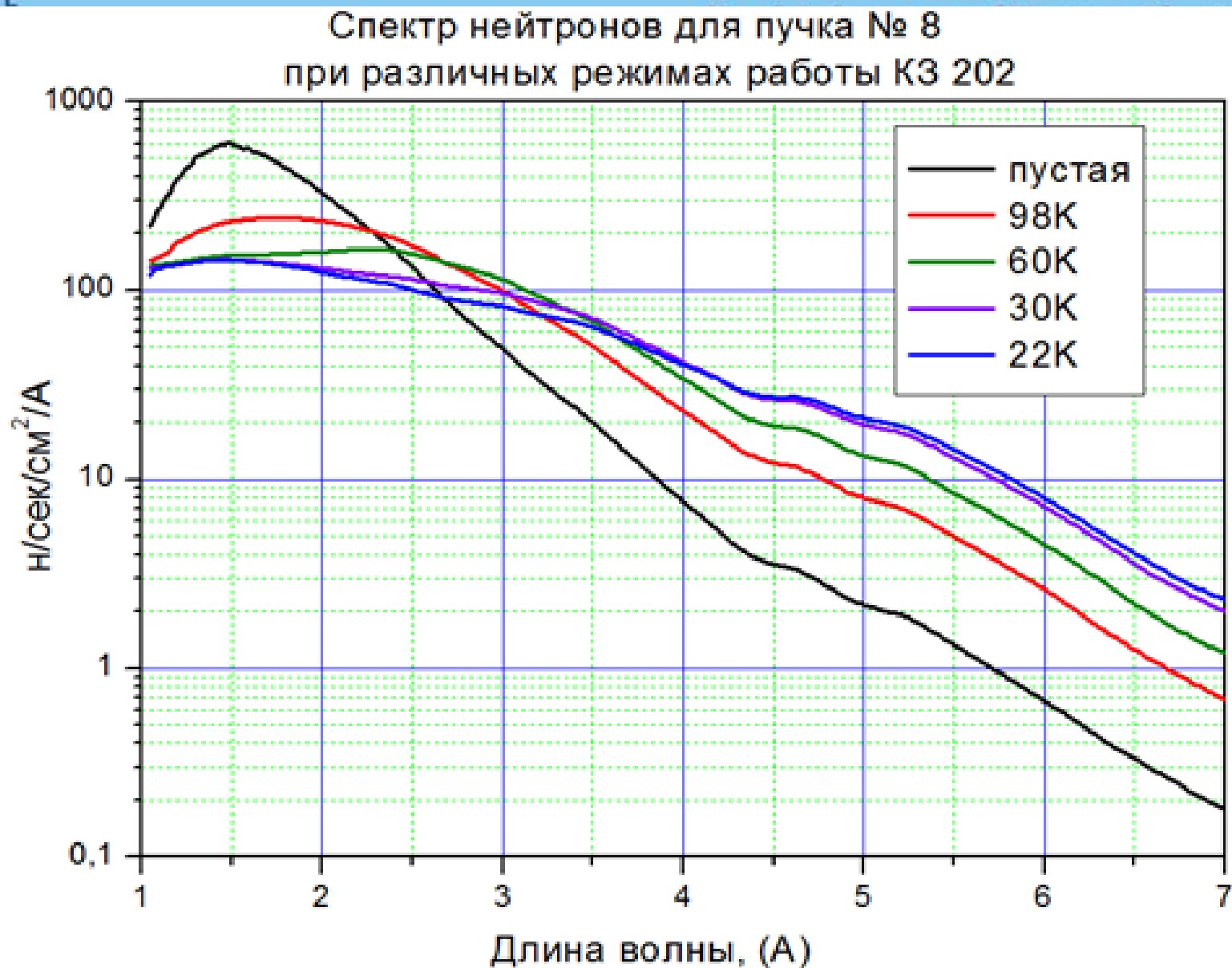


Рисунок 3. Зависимость нейтронного спектра от температуры замедляющего вещества в камере замедлителя в направлении пучка № 8



Развитие установки ИРЕН

Установка ИРЕН (Источник РЕзонансных Нейтронов) представляет собой комплекс электрофизического и технологического оборудования, включающий линейный ускоритель электронов на бегущей волне 10 см диапазона (2856 МГц) ЛУЭ-200 и неразмножающую нейтронопроизводящую мишень. Установка вводится в строй поэтапно. В 2009 – 2010 гг. осуществлён физический пуск установки ИРЕН с ускорителем ЛУЭ-200 в составе одной ускоряющей секции. Первая очередь ускорителя отработала на эксперимент несколько тысяч часов при частоте циклов 10 - 25 Гц с током пучка 1.5 – 2.0 А длительностью 100 нсек и энергией 30 - 35 МэВ (максимум спектра). Максимальные значения интегрального выхода источника нейтронов, полученные при частоте циклов 25 Гц, близки к $(3-5) \cdot 10^{11}$ н/с.

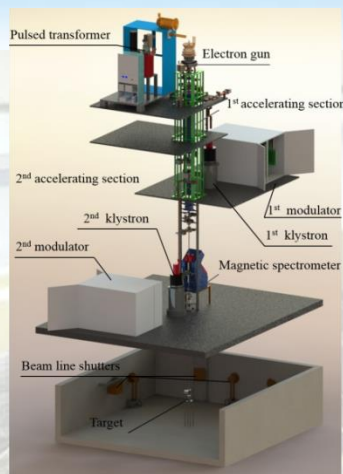
В 2016 году произведена установка и запуск второй ускоряющей секции с клистроном TH2129 и модулятором мощностью 180 МВт/180 кВт. В результате запуска второй секции достигнуто увеличение энергии ускоренного пучка: положение максимума спектра переместилось до 52 - 54 МэВ, а значения максимальной энергии электронов достигают 60 МэВ. Оценки интегрального выхода нейтронов из W-мишени, произведённые по измерению плотности потока нейтронов показывают увеличение интегрального выхода нейтронов по сравнению с первой очередью в 3 - 4 раза. В 2017 году вторая очередь ускорителя ЛУЭ-200 отработала на эксперимент на частоте циклов 20 – 25 Гц 1049 часов.

2013-2018

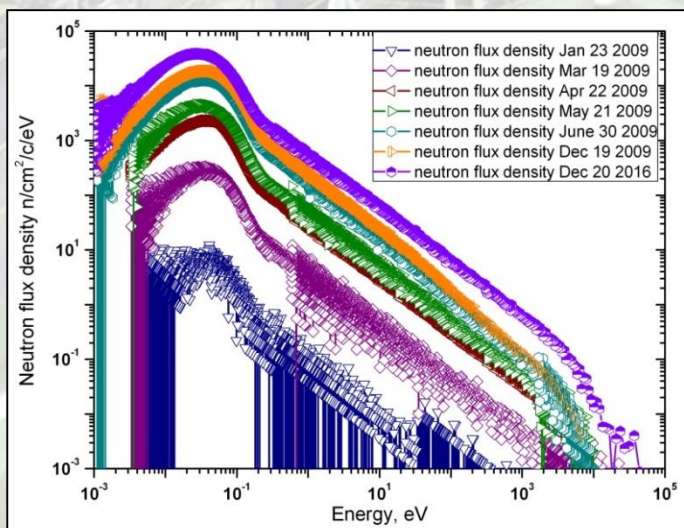


Neutron Resonance Capture Analysis of the archeological samples

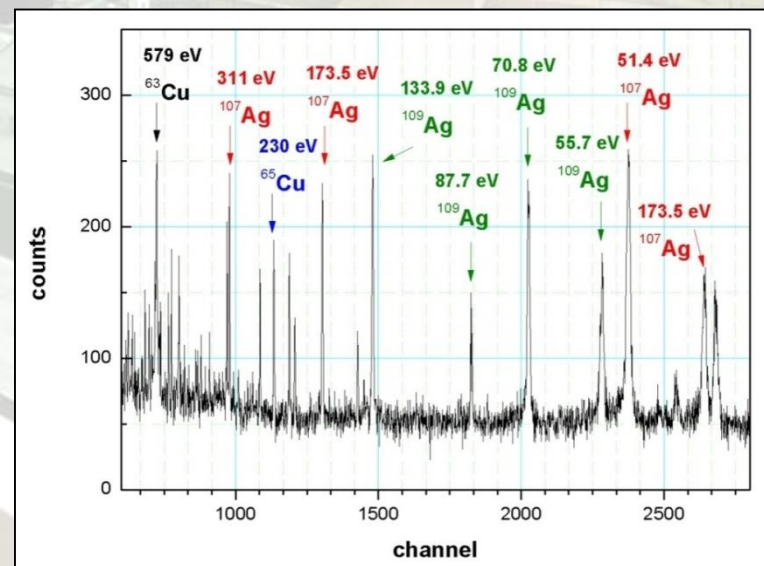
Scheme of a new configuration of the accelerator



2013-2018



Spectra of neutron flux density from IREN obtained during the development of the facility

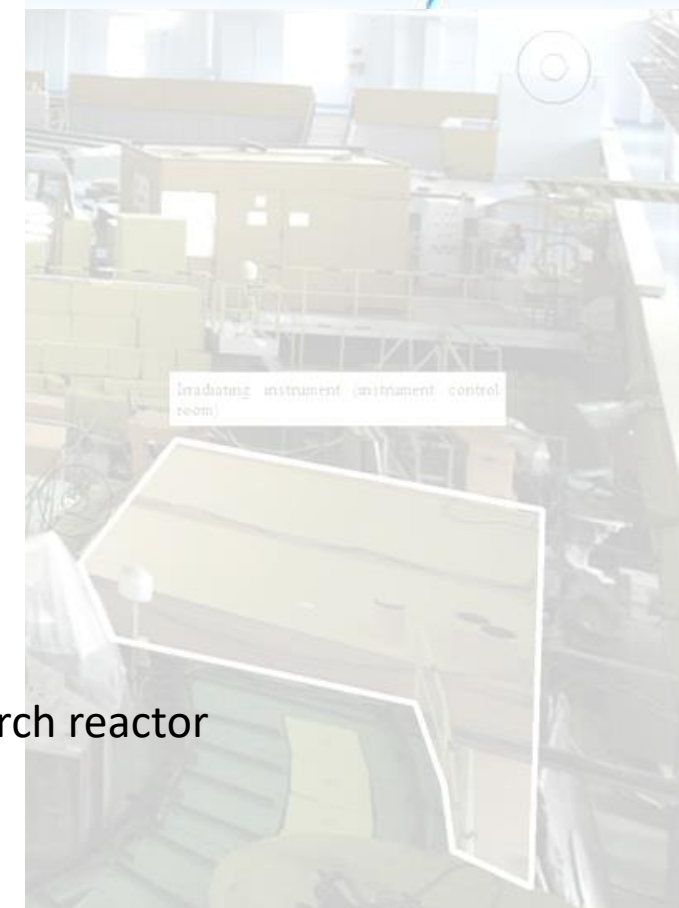
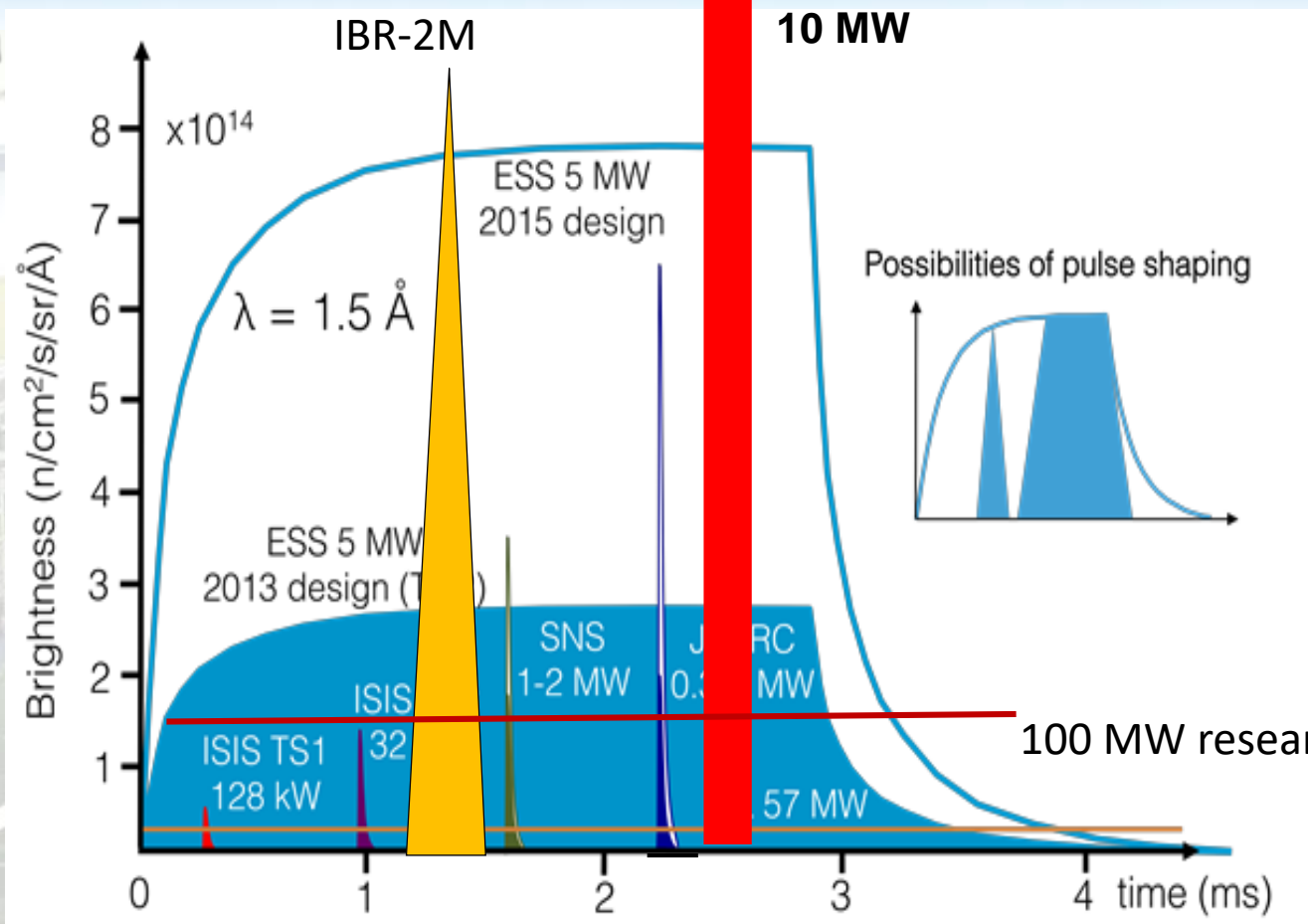


TOF spectrum, obtained from measurement with ancient coins from the Phanagoria's treasure



Dubna Neutron vs. SNSs

2013-2018



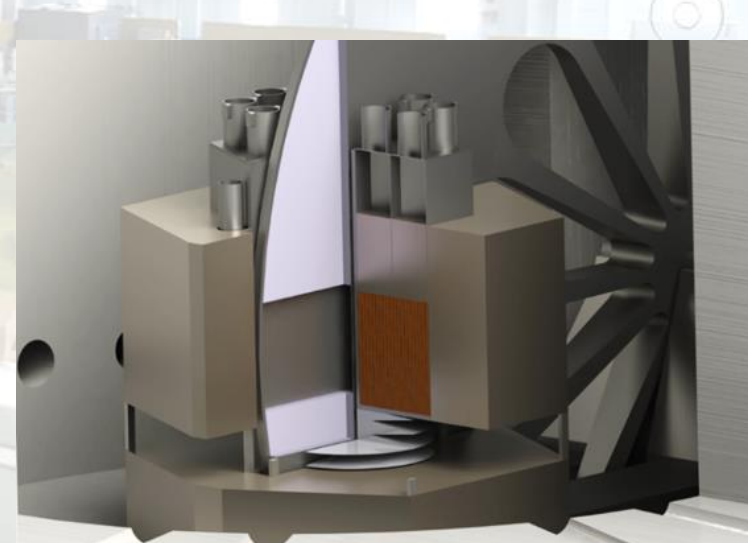
Single-pulse source brightness as a function of time at wavelength of 1.5 Å at ESS, ILL, SNS, J-PARC and ISIS Target Stations 1 and 2. In each case, the thermal moderator with the highest peak brightness shown. (Source: ESS)

Aksenov V.L., Ananiev V.D., Komyshev G.G., Rogov A.D., Shabalin E.P. Phys. Particles and Nuclei Lett. V. 14, № 5 (2017)



Новый источник

В 2015-2017 гг. при активном участии сотрудников НЭОКС ИБР-2 в ЛНФ рассматривались и анализировались возможные варианты будущего импульсного источника нейтронов ОИЯИ, так как ныне действующий реактор ИБР-2М исчерпает свой ресурс ориентировочно к 2032 году. В 2017 году нами было убедительно показано, что в качестве ядерного топлива для высокоинтенсивного импульсного нейтронного источника (равно как в варианте импульсного периодического реактора, так и в варианте размножающей нейтронопроизводящей мишени протонного ускорителя) наиболее предпочтительно использовать пороговый делящийся изотоп нептуния-237 вместо плутония-239. Преимущество заключается не только в отказе от оружейного материала, но и в возможности получения значительно более коротких вспышек тепловых нейтронов (20 мкс вместо 200 мкс) с рекордной пиковой плотностью потока тепловых нейтронов до 10^{17} н см^{-2} с^{-1} , что на порядок выше той же величины для наиболее интенсивного европейского источника ESS с мощностью пучка протонов 5 МВт, вводимого в эксплуатацию в 2019 г. Помимо этого, в нептуниевом источнике будет в 2-2.5 раза ниже фоновая мощность по сравнению с реактором на другом делящемся материале и значительно увеличена (до 15-20 лет) продолжительность работы реактора без перегрузки ядерного топлива. Прделанная работа может служить основой для разработки детального проекта будущего источника (Рис 3.1).



2013-2018



Recommendation. The PAC supports the ongoing discussions on the scientific case of the new source and recommends their continuation in close connection with the scientific plans of FLNP. In particular, potential instruments should be considered in developing this scientific case.

The PAC appreciated the report “A 20-year forward look at JINR's high-flux pulsed neutron source” presented by V. Aksenov. The PAC takes note of the principles of construction and the parameters of a neutron source — a superbooster. If successfully implemented, such a source will take one of the world's leading positions among the high-flux pulsed sources which will be in operation in the mid of the current century. Nevertheless, taking a univoque position by the PAC in the matter of the physical scheme of the new neutron source would be premature at this stage. For selecting the optimal physical scheme, all reasonable options should be carefully analysed and compared with each other by an expert group properly representing the potential user community both from national and topical point of view. The suggested timeline of the preparatory phase of JINR's new neutron source with estimated deadlines includes:

- establishing an international working group (IWG) in 2018;
- organizing international workshops by FLNP and scientifically coordinated by the IWG from 2018 until the conceptual design report will be concluded;
- publishing a short (up to 50 pages) kick-off document elaborated by the IWG on the idea of the new facility until mid-2019;
- elaborating and publishing a detailed scientific case until early 2020;
- elaborating a detailed conceptual design report until the end of 2020;
- elaborating the administrative and financial model for the construction, commissioning, operation and decommissioning phases until 2021;
- taking decision on the construction of the new facility until 2023.

Recommendation. The PAC considers the subcritical assembly of ^{237}Np with a mechanic reactivity modulation controlled by a proton accelerator (superbooster) to be a possible conception of the future neutron source. At the same time, the PAC recommends



continuing the work of studying other options with a clear analysis of the parameters of the new source in terms of strengths, weaknesses, opportunities and threats with respect to the envisaged long-term user programme. Instrument background should be considered in the design of the source.



Главные задачи на будущее

- Обеспечение надёжной работы ИБР-2;
- Завершение комплекса криогенных замедлителей;
- Развитие комплекса спектрометров ИБР-2;
- Стабильная работ ИРЕН на эксперимент;
- Разработка концепции и технико-экономического обоснования нового источника нейтронов ОИЯИ, включая научную программу;
- Участие в создании Лаборатории структурных исследований ОИЯИ на источнике СИ SOLARIS в Кракове;

2013-2018



2013-2018



Спасибо!

Google Earth