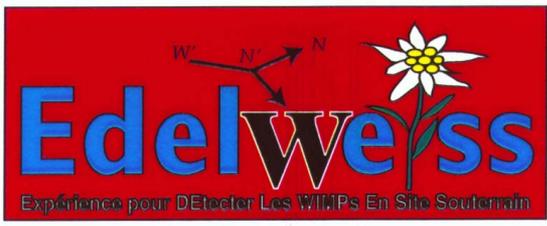


EDELWEISS/RICOCHET

Объединенный проект прямого поиска темной материи и прецизионного исследования CEvNS с новыми криогенными детекторами



EDELWEISS: Прямой поиск частиц темной материи, HPGe детекторы при температуре ~ 20 мК, низкофоновые условия в глубокой подземной лаборатории (LSM)

В последние 25 лет EDELWEISS является лидирующим экспериментом по прямому детектированию темной материи с HPGe детекторами-боллометрами.

Уникальная собственная технология детекторов. Новые генерации детекторов с улучшенными характеристиками для каждой новой фазы эксперимента (ниже фон, ниже энергетический порог).

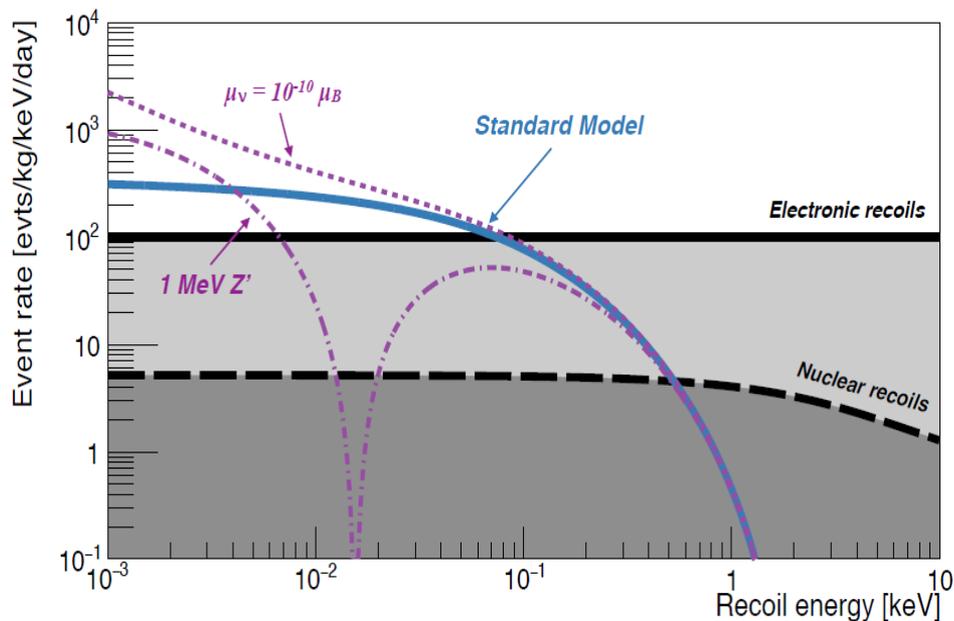
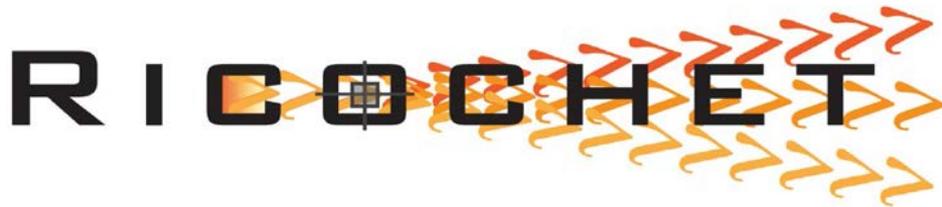


Благодаря новейшим разработкам эксперимент остается конкурентоспособным в областях, недоступных большим Ar/Хе экспериментам.

Новые детекторы-болометры, разработанные EDELWEISS, обладают уникальными свойствами по регистрации низкоэнергетических ядер отдачи.

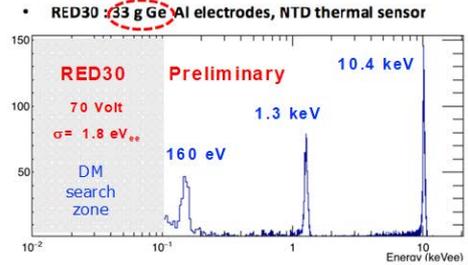
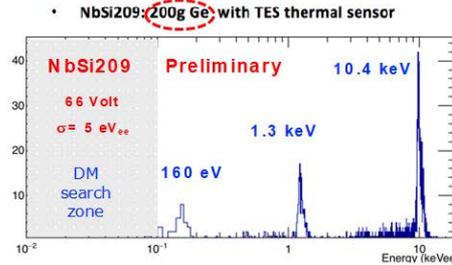
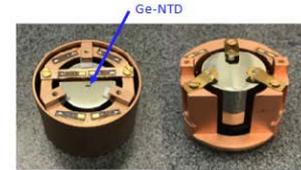
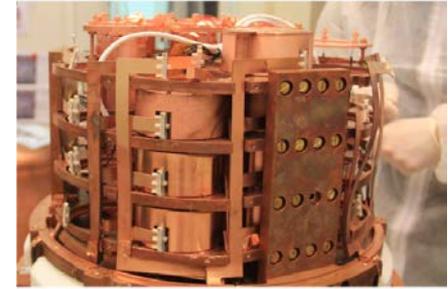
Ожидается, что влияние Новой физики будет приводить к спектральным искажениям в области энергий ядер отдачи, индуцированных когерентным рассеянием нейтрино, ниже 100 эВ.

Предлагается расширить использование детекторов, разработанных EDELWEISS, на исследования CEvNS в области полной когерентности (реакторные антинейтрино). Эта часть проекта получила название Ricochet.



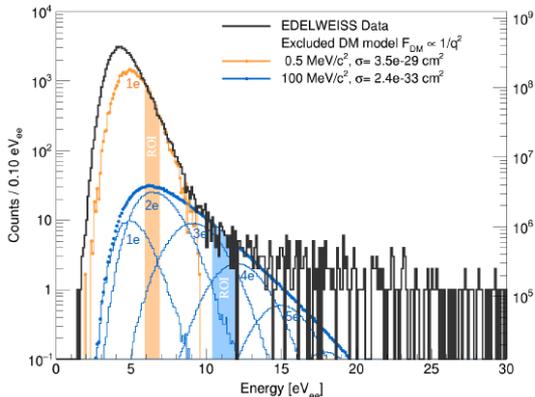
Коротко о текущей фазе

- Набор данных с новой генерацией детекторов январь 2019 – июль 2020
- 11 Ge детекторов
 - Часть криостата использовалась для CUPID-Mo
- Сравнение результатов с детекторами массой в 32, 200 и 800 г
- Сравнение NTD и NbSi-TES термисторов
- Фон вблизи 0 эВ с Ge детекторами, при использовании эффекта внутреннего усиления Неганова-Трофимова-Люка
- Результаты по поиску темной материи (в процессе)

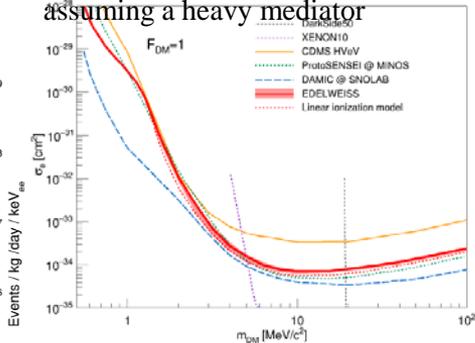


EDELWEISS был способен получить в LSM рекордный уровень фона ниже 10 кэВ в массивных Ge детекторах (~0.1 событие/кг/сут./кэВ)

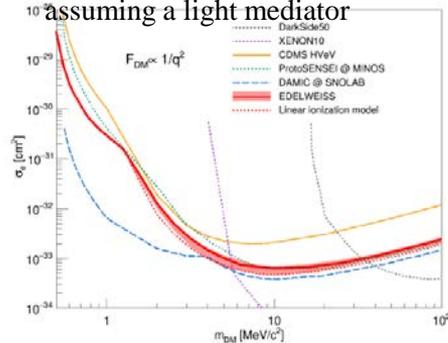
Новые результаты в 2020 году



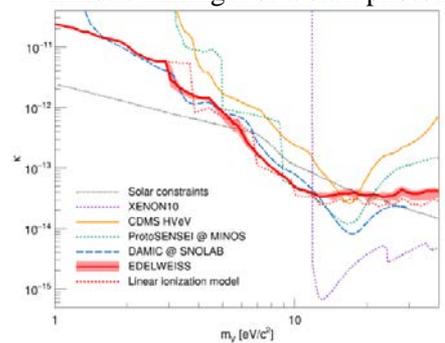
Scattering of DM particles on electrons assuming a heavy mediator



Scattering of DM particles on electrons assuming a light mediator



Kinetic mixing k of a dark photon



С достигнутым энергетическим порогом в несколько эВ, получены ограничения на частицы темной материи с массами в районе МэВ/c² и ниже.

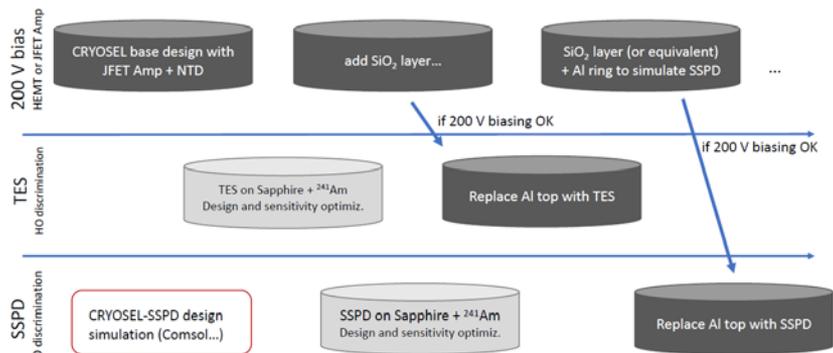
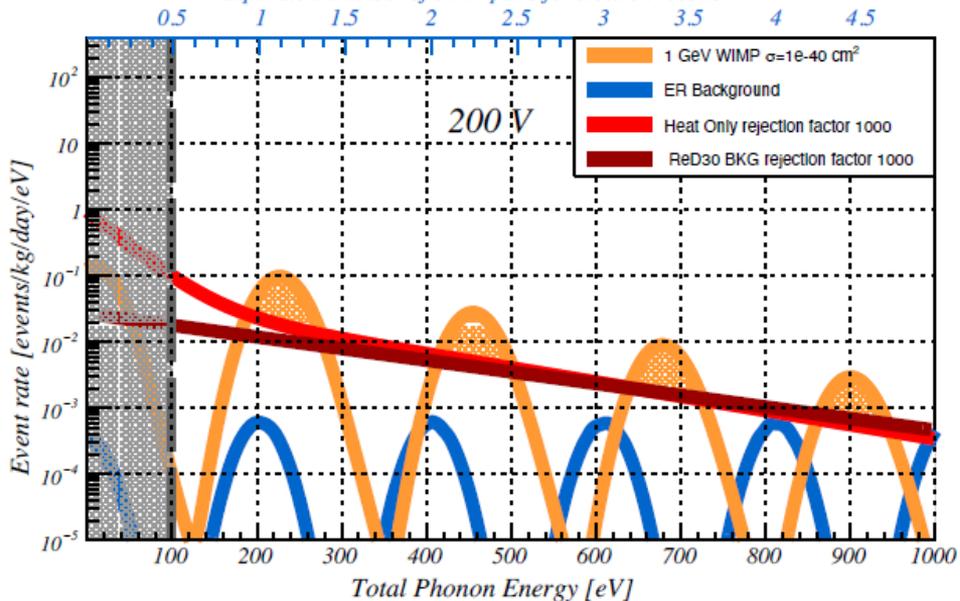


Вид 30г HPGe кристалла с 2 NTD и Al электродами

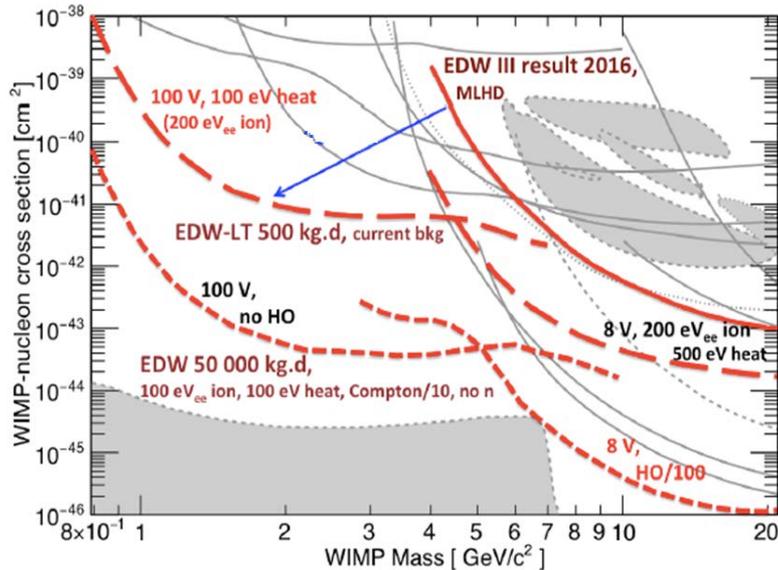
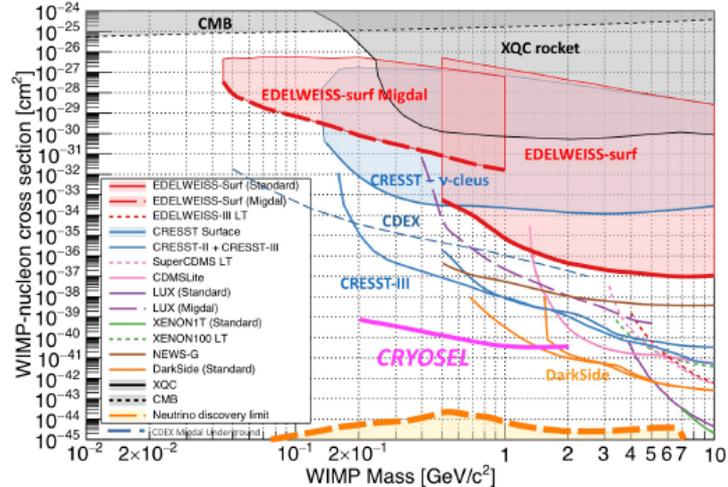
В новых моделях легкой темной материи взаимодействие с обычной материей происходит через связь темного фотона с обычным.

Можно обнаружить через рассеяние такой темной материи на электронах. Предсказание теории: закрыть модель (сечение 10^{-40} см²) можно с 1 кг лет статистикой с детекторами, способными детектировать единичные электроны при отсутствии фона.

Equivalent Number of e^-/h^+ pairs for electron recoils



Lab and LSM physics runs to be planned upon R&D results

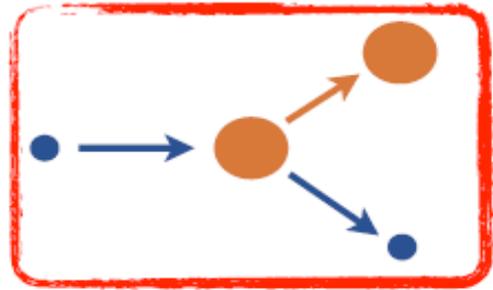
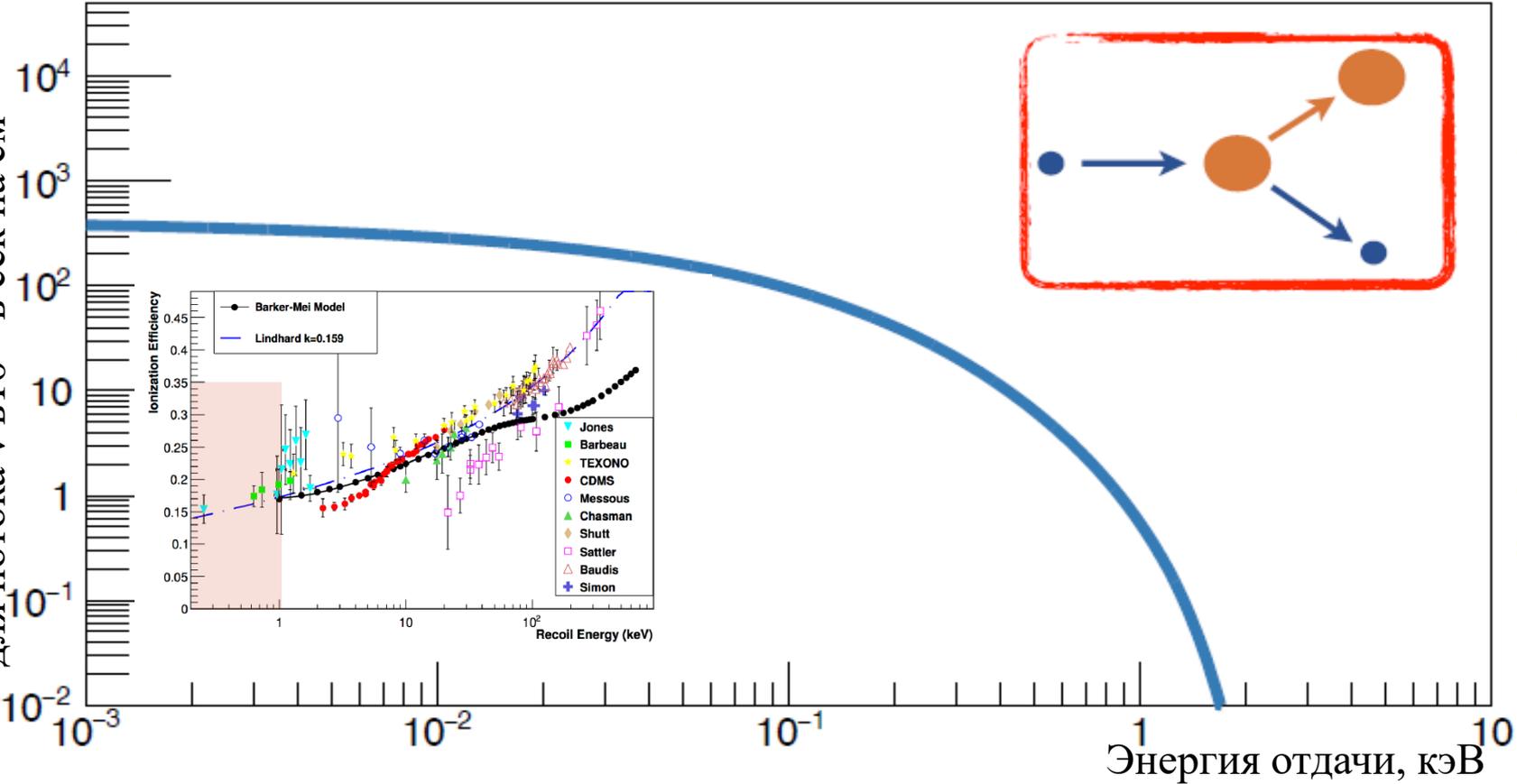


Когерентное рассеяние ν

Использование болометров позволяет измерять энергию ядра на прямую, в отличие от полупроводниковых детекторов, измеряющих ионизацию.

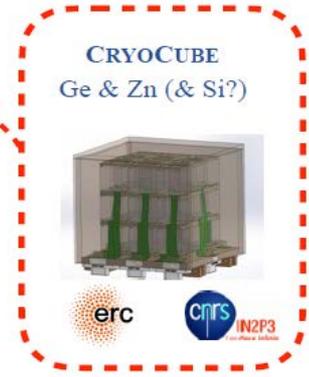
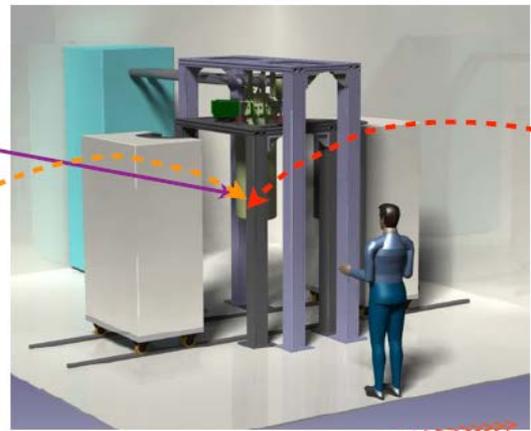
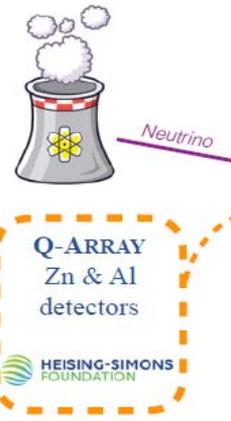
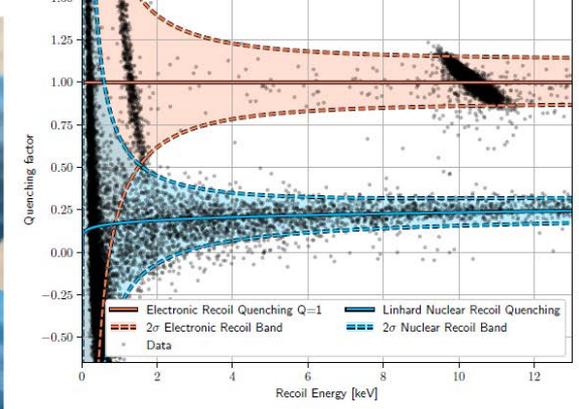
Это дает возможность говорить о прецизионности измерений.

Счет в сутки на 1 кэВ в 1 кг Ge
для потока ν в 10^{12} в сек на см^2



Технологии EDELWEISS в новом сухом криостате растворения ${}^3\text{He}$ - ${}^4\text{He}$ для изучение CEvNS

Цель: энергетический порог в 50 эВ с 1 кг детекторов (27x33 г), с фактором подавления фона 10^3

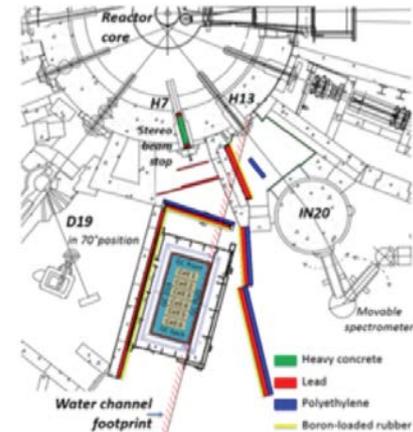
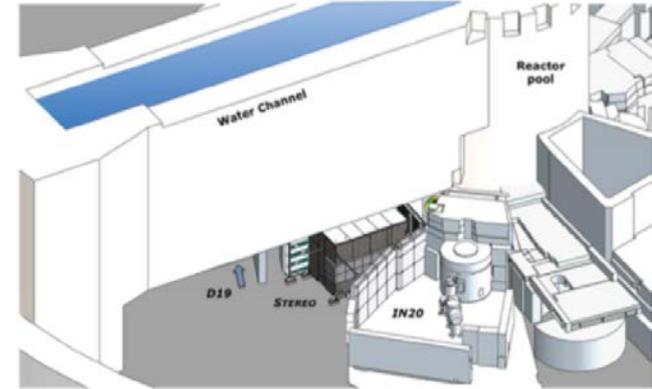


RICOCHE
A Coherent Neutrino Scattering Program

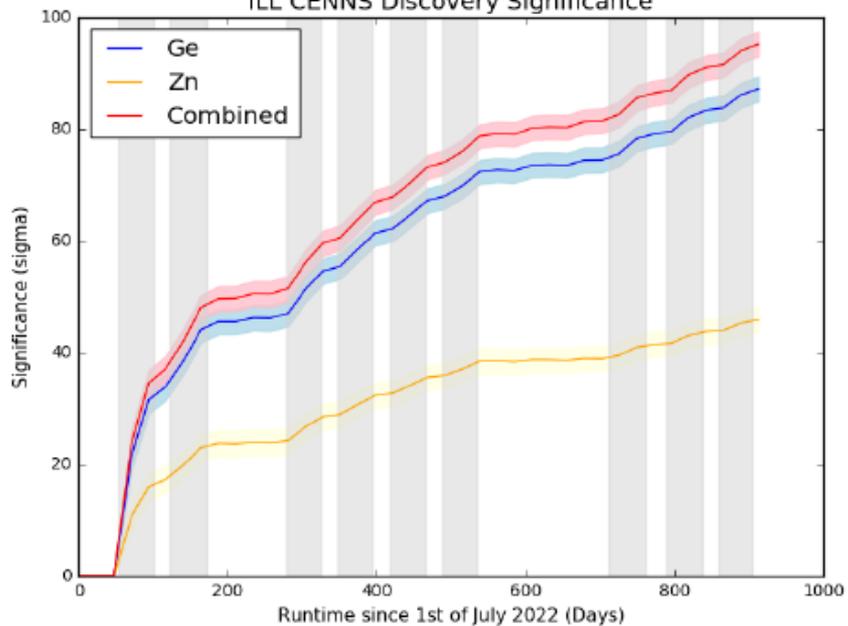


RICOCHET: первый этап в ILL (Гренобль)

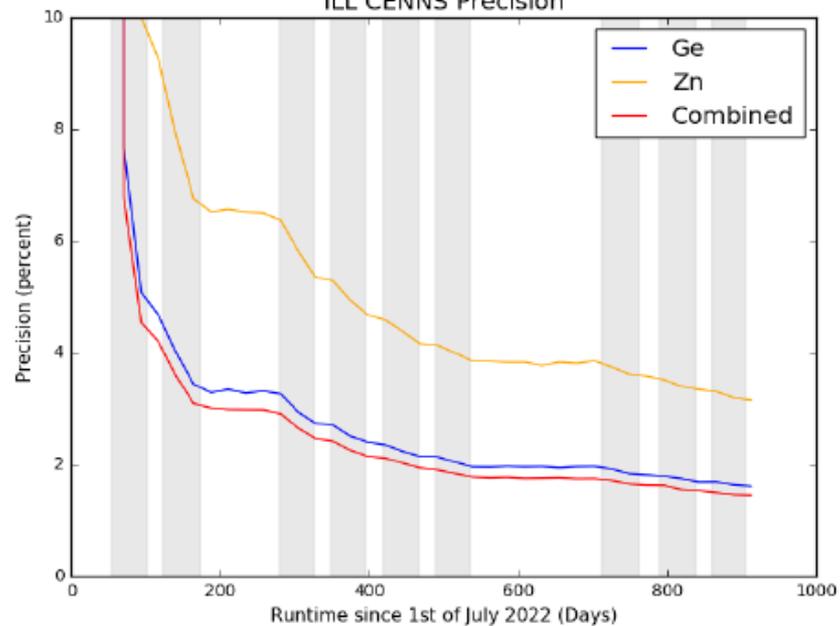
- 58 МВт исследовательский реактор;
- Интегральный поток нейтрино: 1×10^{19} ν /сек;
- 20 событий CEvNS в сутки при установке RICOCHET (1 кг) на расстоянии 7 м;
- 3-4 цикла ON/OFF в год;
- Защита ~ 15 м водного эквивалента;
- Информация от STEREO о нейтринном спектре и фонах.



ILL CENNS Discovery Significance



ILL CENNS Precision



RICOCHET: *Timeline*

The Ricochet timeline is the following:

-End-2019: Nuclear site decision and first version of Ricochet's Conceptual Design Report (CDR) to ask for funding of the setup at the chosen nuclear site to various agencies.

-2021: Ricochet's Technical Design Report (TDR) completed, including the mechanical infrastructure, the cryostat and tubing, the cabling and the warm electronics. The cold cabling, below the 4 K stage, is already being designed in the context of the ongoing CryoCube and Q-array R&D for which the fundings are fully and partially secured for the former and the latter respectively.

-2022: Deployment of the Ricochet experiment at the chosen nuclear reactor site.

-2024: Deliver the first low-energy (sub-100 eV) high-precision (%-level) CENNS measurement after one year of data taking leading to unprecedented sensitivities to various new physics scenarios.

Time	Task
First year	Ricochet: complete building of all Ge detectors (1 kg), their tests, building and commissioning of the cryo-system, shields, supplementary systems. Start the Ricochet implementation at ILL site. EDELWEISS: using of new detectors in a special detection modes for reduction of heat-only events. Building and testing of new HPGe crystals with different termistors, holders, crystal treatments, delivery of the detectors to LSM, measurements.
Second year	Ricochet: Start of data taking. Background measurements, calibrations. Improved MC model based on real data. Implementation of Zn detectors. First results. EDELWEISS: results with accumulated data. Decision about further EDELWEISS detectors design. Selection of materials for improved EDELWEISS setup at LSM.
Third year	Ricochet: data taking, results. Finalizing characterization of NVNPP site for possible further Ricochet implementation. EDELWEISS: Upgrade of EDELWEISS setup at LSM with new cryo-system/shields.

Общие обязанности:

Сборка установки

Запуск

Набор данных

Проведение калибровочных измерений

МС

Анализ данных

Наша ответственность:

Измерения нейтронов

Контроль радона

Измерения радиоактивности материалов

Эксплуатация чистой комнаты

Сертификация радиоактивных материалов

Новые детекторы (детекторы с низким энергетическим порогом)

Криогенная система Ricochet

НВАЭС

Мы участвуем:

Измерения нейтронов в совпадениях с мюонным вето

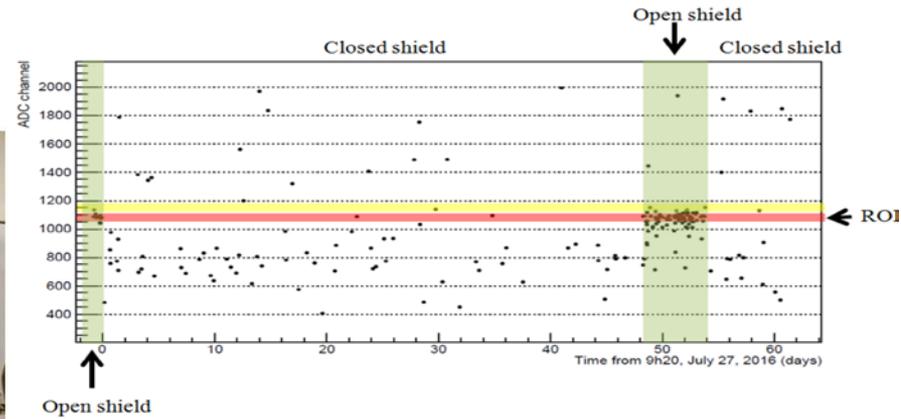
База данных

Измерения низких нейтронных потоков

^3He детектор, установленный вверху криостата EDELWEISS

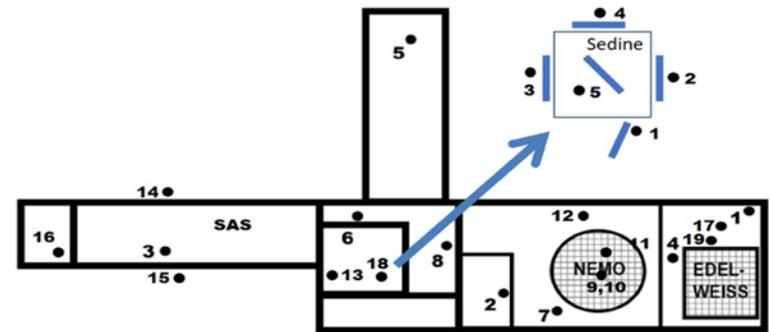
$< 10^{-8}$ нейтрон/см²/сек

Нейтронный детектор



С 2019 года место постоянного мониторинга нейтронного фона

Средний нейтронный поток $3,05 \pm 0,05 \times 10^{-6}$ н см⁻² сек⁻¹
(64 нейтрона в день)



Оценка нейтронного фона Ricochet

- Измерения на поверхности (Лион) с HPGe детекторами с естественным фоном и с нейтронным источником;
- Измерение фона быстрых и тепловых нейтронов в той же защите от естественного фона и источника;
- Измерение фона быстрых и тепловых нейтронов в ILL;
- Сравнение фонов в ILL с измерениями в Лионе – получение данных об ожидаемом количестве фона от нейтронов в германии;
- Дизайн защиты, основанный на этих данных.

- 11 GBq AmBe source emitting 600,000 neutrons/s
- Mean neutron energy of 6 MeV
- **Neutron flux at 4.5 m = 0.23 n/s/cm²** leading to an nuclear recoil event rate of 1.5e6 per kg and per day
- Useful for Nuclear recoil calibration and signal band determination and demonstrating the Particle Identification of our detectors
- *Could it be used to evaluate the neutron moderation efficiency of the Ricochet shield againsts reactor neutrons during the « Blank assembly » at IP2I ?*

Измерения в iP2i

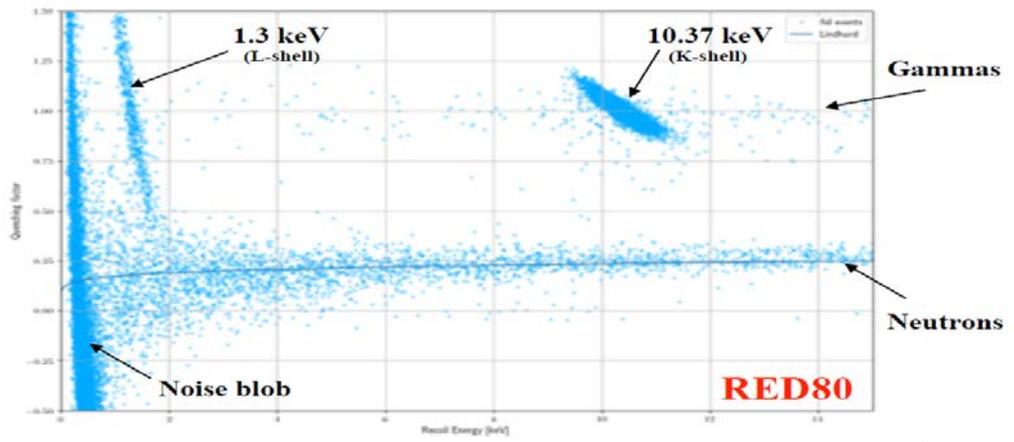


(a) Back view



(b) Side view

Figure 3.3: AmBe source shielding made of milk brick for safety issue and lead on the front to shield against gamma, when deployed at positions B and C.



Измерения в ILL

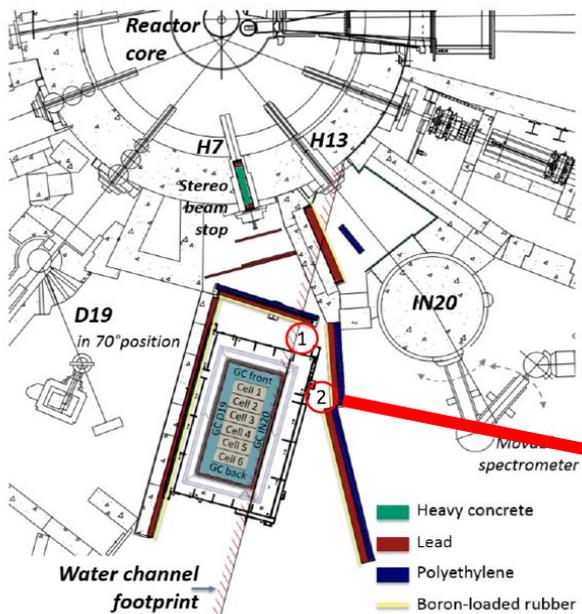
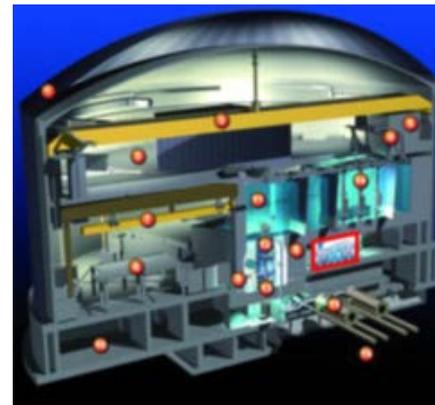


Figure 3.9: Plan of Stereo casemate at ILL



Отбор низкорadioактивных материалов

HPGe детекторы в LSM



Отбор низкорadioактивных материалов Тестирование и подготовка (изготовление) низкофоновых образцов в НЭОЯСиРХ



Припой (60% of Sn
and 40% of archPb)



TECHNICAL REPORT

Low radioactive NH_4Cl flux

N.A. Mirzayev,^{a,b,1} D. Filosofov,^a Kh. Mammadov,^b M. De Jesús,^c D.V. Karavayev,^{a,d}
D. Ponomarev,^a A. Rakhimov,^a I. Rozova,^a S. Rozov,^a N. Temerbulatova,^a Zh.P. Burnilif
and E. Yakushev^a

Nuclide	γ -line, keV	Activity limit, mBq/kg
Pb-210	46	91
Pb-212	239	2
Pb-214	242	10
Pb-214	352	5
Bi-214	609	5
Ac-228	911	5
K-40	1461	77
Bi-214	1765	10
Tl-208	2614	5

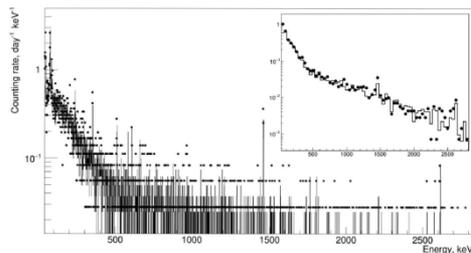


Figure 3. Comparison of experimental energy spectra for the sample of 50 g of custom-made NH_4Cl (dots accumulated during 34.6 days with detector's background (solid line)). The same data with wider ~ 40 keV binning is shown in the insert.

5 Conclusion

In this work we present a new simple method implemented to produce low radioactive NH_4Cl flux. Given the successful results on the tested solders made using the prepared ammonium chloride salt as the flux, the objective of creating a low-radioactive flux which fulfills the background level requirements for rare event search experiments is achieved.

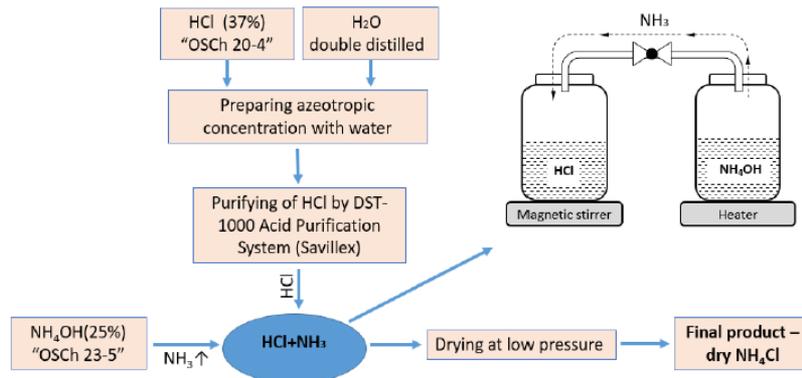
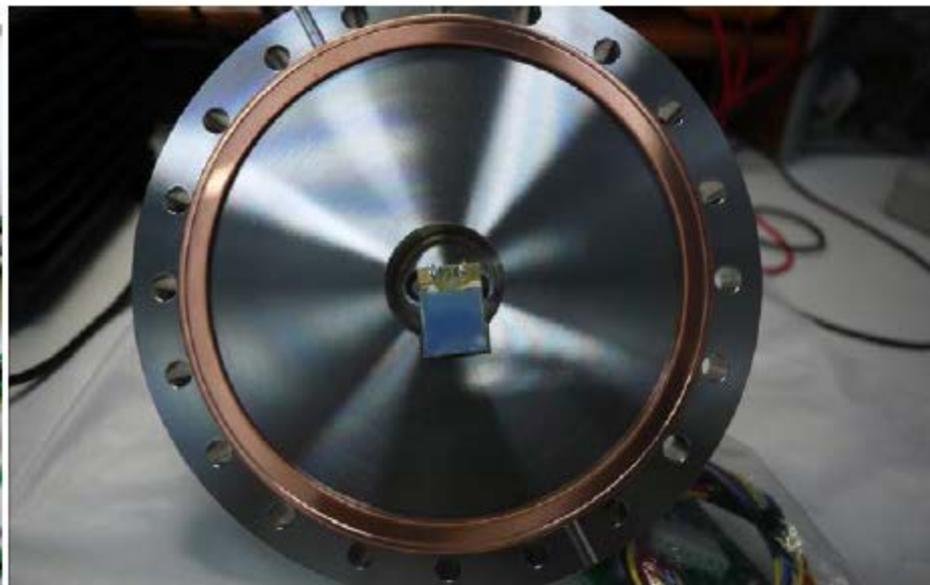
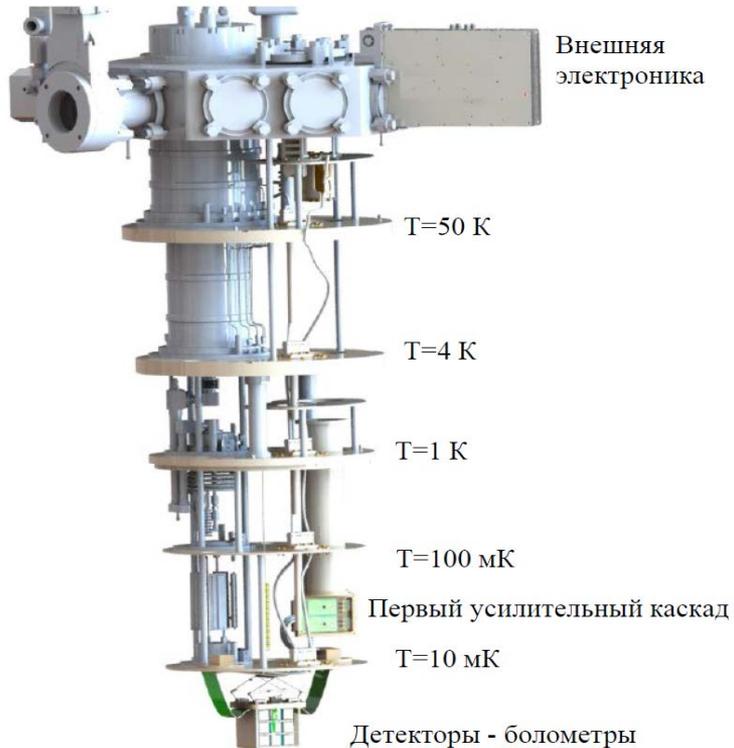


Table 3. Results of ICP-MS elemental analysis of the NH_4Cl sample. A — “commercial” NH_4Cl -Reahin GOST-3773-60 and B — this work custom-made NH_4Cl .

Elements	Detection limit (DL) $\mu\text{g/g}$	A	B	Elements	Detection limit (DL) $\mu\text{g/g}$	A	B
Li	0.001	0.0032	< DL	Cd	0.001	< DL	< DL
Be	0.001	< DL	< DL	Sn	0.002	< DL	< DL
B	0.06	< DL	< DL	Sb	0.002	0.0086	< DL
Na	0.4	2.8	< DL	Te	0.0008	< DL	< DL
Mg	0.2	< DL	< DL	Cs	0.0002	< DL	< DL
Al	0.1	0.44	< DL	Ba	0.003	0.032	< DL
Si	1	< DL	< DL	La	0.0001	0.0030	< DL

Измерения радона





Description

Total Excl. VAT

A HEXA-DRY 200 – Cryogen Free Dilution Refrigerator

The HEXA-DRY 200 dilution refrigerator has been designed to achieve three main goals:

LARGE INSIDE: to give to the user the maximum available space to set up his experiment.

- Dilution unit off axis
- JT cooler parallel to dilution unit
- More than 50% of available volume for experimentation





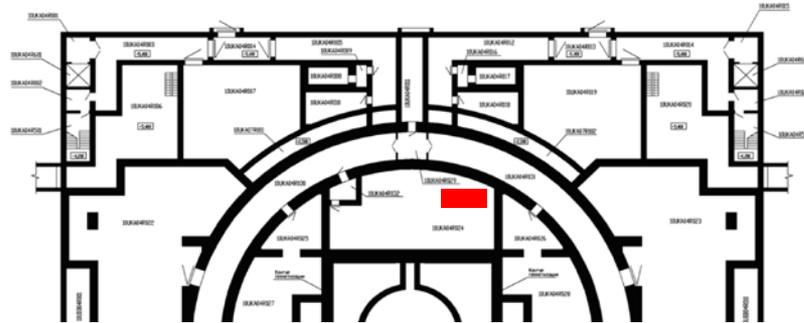
Блок #6 НВАЭС

Генерация 3+ VVER-1200

Максимальная тепловая мощность
3212 МВт



Первое возможное место: -5.4 м



Измеренный максимальный мюонный поток:

$16.2 \mu \text{ м}^{-2} \text{ стерадиан}^{-1} \text{ сек}^{-1}$,

Фактор 7 меньше, чем в Дубне, ~50 метров водного эквивалента

Нейтронный поток: $<10^{-4} \text{ м}^{-2} \text{ сек}^{-1}$,

Фактор подавления 20.

JINR group human resources are:

Name	Category	Responsibilities	Time that each participant will give to the work under the Project in relation to its Full Time Equivalent(FTE)
V. Belov	Physicist	NVNP site measurements, new detectors, commissioning and running.	0.1
V. Brudanin	Physicist	Administrative work	0.1
Yu. Gurov	Physicist	Detectors' development and production	0.2
A. Inoyatov	Physicist	Spectrometry, calibrations	0.2
B. Kalinova	Engineer	Project support, low background technique	0.1
D. Karaivanov	Physicist	Low background technique	0.2
Z. Kazarcev	Physicist	NVNP site measurements, new detectors, commissioning and running.	0.1
J. Khushvaktov	Physicist	MC, data analysis	0.3
A. Lubashevskiy	Physicist	MC, data analysis, cryosystem.	0.2
S. Evseev	Engineer	Detector building, testing, calibration, running, cryosystem.	0.5
V. Evsenkin	Engineer	Test of supplementary detectors, MC, calibration	0.5
D. Filosofov	Radiochemist	Radiochemistry, low background technique	0.3
N. Mirzaev	Radiochemist	Radiochemistry, low background technique	0.3
L. Perevoshikov	Physicist	Computer and calculation support, MC, data analysis, spectrometry	0.2
D. Ponomarev	Engineer	Neutron background measurements, detectors building, testing, Experiment running, Cryosystem.	0.3
A. Rakhimov	Radiochemist	Radiochemistry, neutron activation analysis, nuclear spectrometry	0.2
I. Rozova	Engineer	Data analysis	0.1
S. Rozov	Physicist	Background study and improvement, detector building, testing, calibration, running,	0.5

- Development of new low threshold Ge detectors; Assembly and commissioning;
- New cryosystem for the Ricochet: development and running;
- Development of methods for low background measurements;
- Data taking (this includes daily routine procedures, as well as regular and sp calibration runs);
- Low background study and development of methods of neutron and radon detection;
- Selection and production of less radioactive materials;
- Detector simulations and data analysis; Publication of results.
- Characterization of a NPP site for possible further phases of the Ricochet project.

		cryosystem.	
A. Salamatin	Physicist	Acquisition system	0.1
K. Shakhov	Engineer	Radon gas, radon emanation detection / development and measurements	0.9
N. Temerbulatova	Radiochemist	Radiochemistry, low background technique	0.2
V. Trofimov	Physicist	Cryosystems	0.3
Yu. Vaganov	Physicist	Calibration sources, spectrometry	0.2
V. Volnykh	Engineer	Computer support	0.1
E. Yakushev	Physicist	Administrative work, radon and neutron measurements, detectors building, commissioning, running, cryosystem.	0.7
Total FTE (Engineers): 2.5, Total FTE (Scientific staff): 4.2, Total FTE: 6.7			

Наименование узлов и систем установки, ресурсов, источников финансирования		Стоимость узлов (тыс.\$) установки. Потребности в ресурсах	Предложения Лабораторий по распределению финансирования и ресурсов		
			1 год	2 год	3 год
Основные узлы и оборудование	1. Материалы для тестирования низкого пороговых детекторов (защита, вето система и т.д.). Материалы и оборудование чистой комнаты.	45	15	15	15
	2. Спектрометрическая электроника. Низкофонные нейтронные спектрометры на основе йодсодержащих детекторов.	45	15	15	15
	3. Материалы и оборудование для криогенной системы Ricochet	65	50	10	5
	4. Материалы и оборудование для поддержания работоспособности детекторов, находящихся под нашим управлением в EDELWEISS и Ricochet (3 нейтронных детектора, 2 радоновых детектора, альфа-спектрометр, HPGe спектрометры)	30	10	10	10
	5. Материалы и оборудование для проведения калибровок, включая создание калибровочных источников. Радиохимическое оборудование.	15	5	5	5
	6. Материалы и оборудование для проведения R&D в ЛЯП (электроника, материалы для чистой комнаты, оборудование лабораторий).	70	20	20	30
	Итого	270	115	75	80
Необходимые ресурсы	Нормо-часы				
Источники финансирования	Бюджет				
	Внебюджетные средства				

№№ пп	Наименование статей затрат	Полная стоимость	1 год	2 год	3 год
Прямые затраты на Проект					
1.	Компьютерная связь	6.0K US\$	2.0	2.0	2.0
2.	ООЭП ЛЯП	1500 норм ч.	500	500	500
3.	ОП ОИЯИ	3300 норма ч.	1100	1100	1100
4.	Материалы	75.0K US\$	25.0	25.0	25.0
5.	Оборудование	195.0K US\$	90.0	50.0	55.0
6.	Взнос в коллаборацию	60.0K US\$	20.0	20.0	20.0
7.	Командировочные расходы	75.0K US\$	25.0	25.0	25.0

Итого по прямым расходам 411.0K US\$ 162.0K US\$ 122.0K US\$ 127.0K US\$