



# НАА на реакторе ИБР-2: вчера, сегодня, завтра

Инга Зиньковская

# Нейтронно-активационный анализ

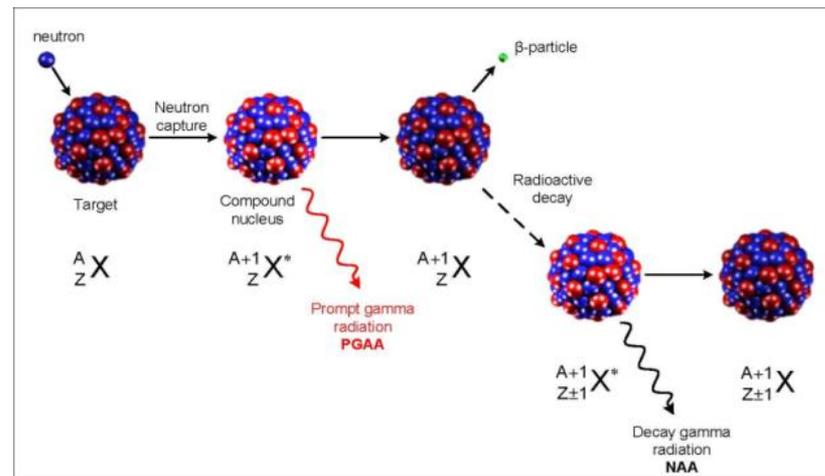
Метод предложен в 1936 году венгерскими химиками Д. Хевеши и Г. Леви.



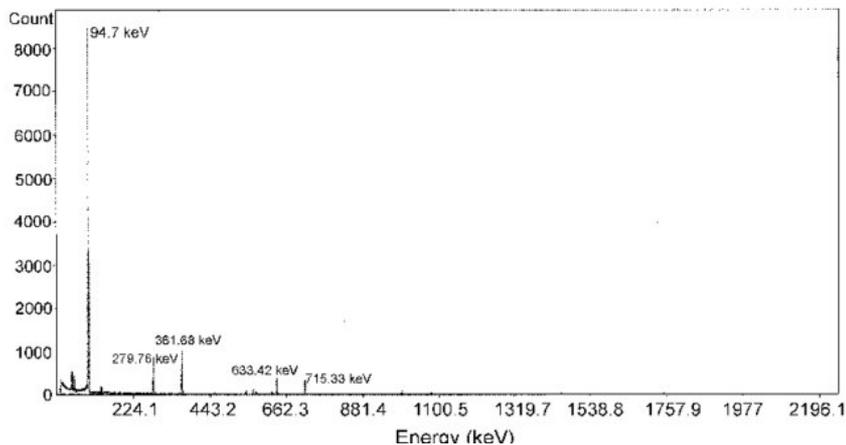
Георг де Хевеши



Хильда Леви



Последовательность событий в реакции радиационного захвата



Спектр наведенной активности диспрозия-165

H 1																	He	
Li 3	Be 4											B 10	C 12	N 14	O 16	F 19	Ne 20	
Na 23	Mg 24											Al 27	Si 28	P 31	S 32	Cl 35.5	Ar 39.9	
K 39	Ca 40	Sc 45	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe 56	Co 59	Ni 58.7	Cu 63.5	Zn 65	Ga 69.7	Ge 72.6	As 75	Se 79	Br 79.9	Kr 83.8	
Rb 85.5	Sr 87.6	Y 88.9	Zr 91.2	Nb 92.9	Mo 95.9	Tc 98	Ru 101.1	Rh 102.9	Pd 106.4	Ag 107.9	Cd 112.4	In 114.8	Sn 118.7	Sb 121.8	Te 127.6	I 126.9	Xe 131.3	
Cs 132.9	Ba 137.3	La 138.9	Hf 178.5	Ta 180.9	W 183.8	Re 186.2	Os 190.2	Ir 192.2	Pt 195.1	Au 197	Hg 200.6	Tl 204.4	Pb 207.2	Bi 209	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac																
			Ce 140.1	Pr 140.9	Nd 145	Pm	Sm 150	Eu 152	Gd 157.3	Tb 158.9	Dy 162.5	Ho 164.9	Er 167.3	Tm 168.9	Yb 173	Lu 175		
			Th 232	Pa 231	U 238	Np	Pu 244	Am 243	Cm 247	Bk 247	Cf 251	Es	Md	Fm	No	Lr		

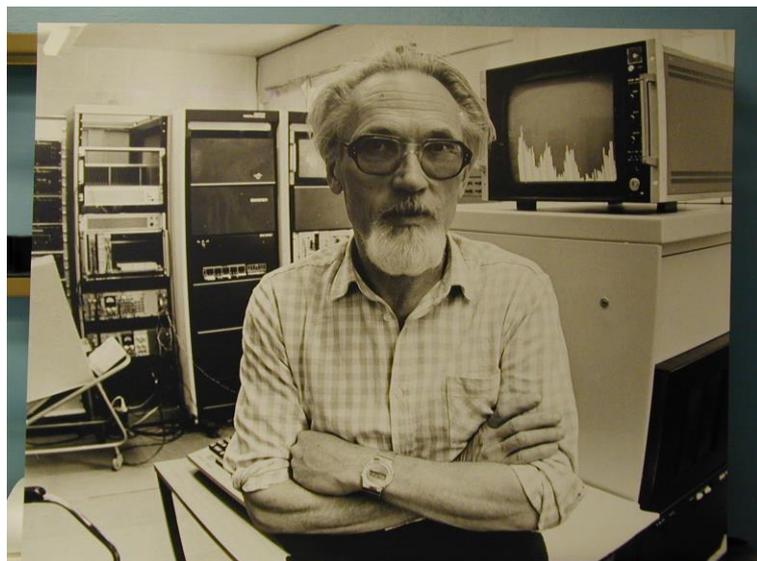
Fast Neutron Activation Analysis  
 Prompt Gamma Activation Analysis  
 Thermal Neutron Activation Analysis  
 Not done by NAA  
 \*Numbers represent ppm

# Нейтронно-активационный анализ в ОИЯИ

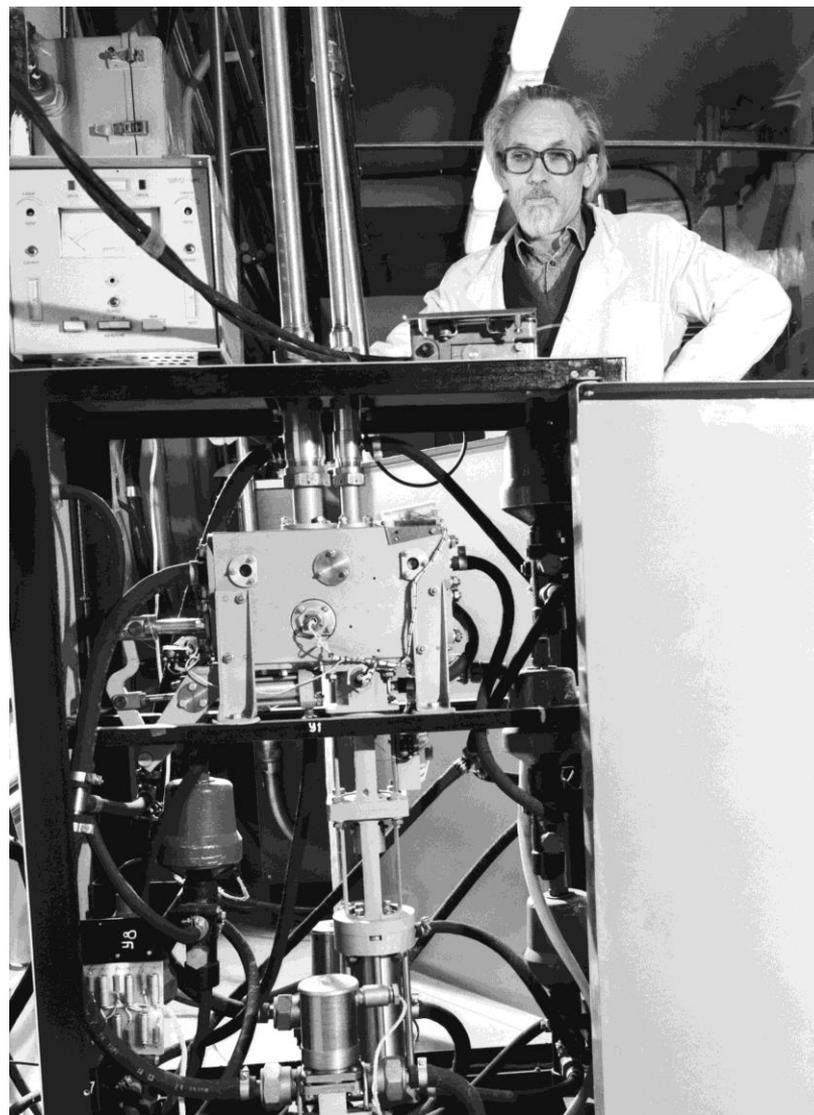
НАА как направление исследований сформировалось в ЛНФ в 1963-1965



Академик И.М. Франк и В.М. Назаров

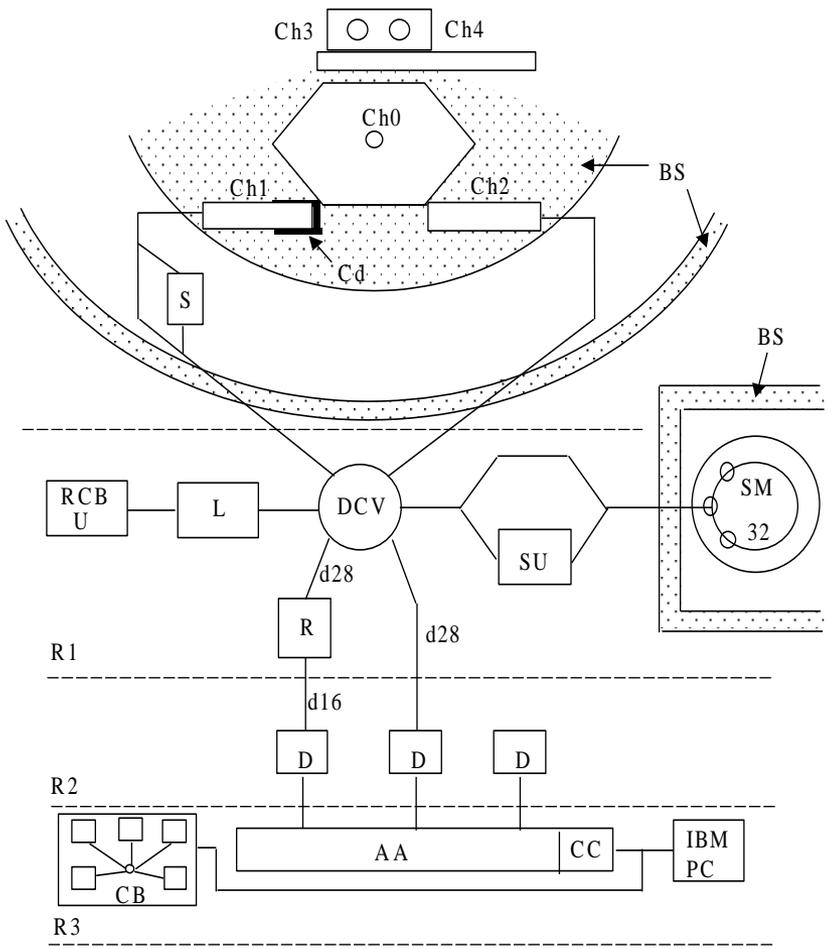
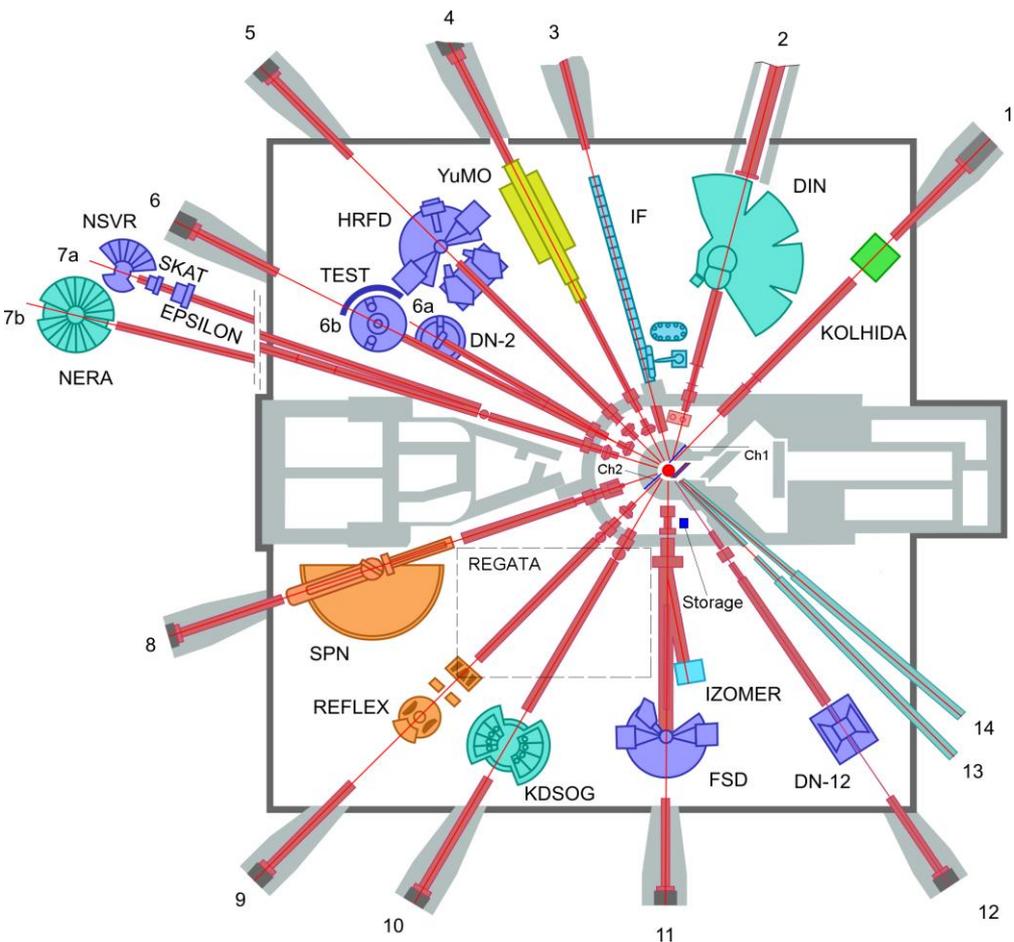


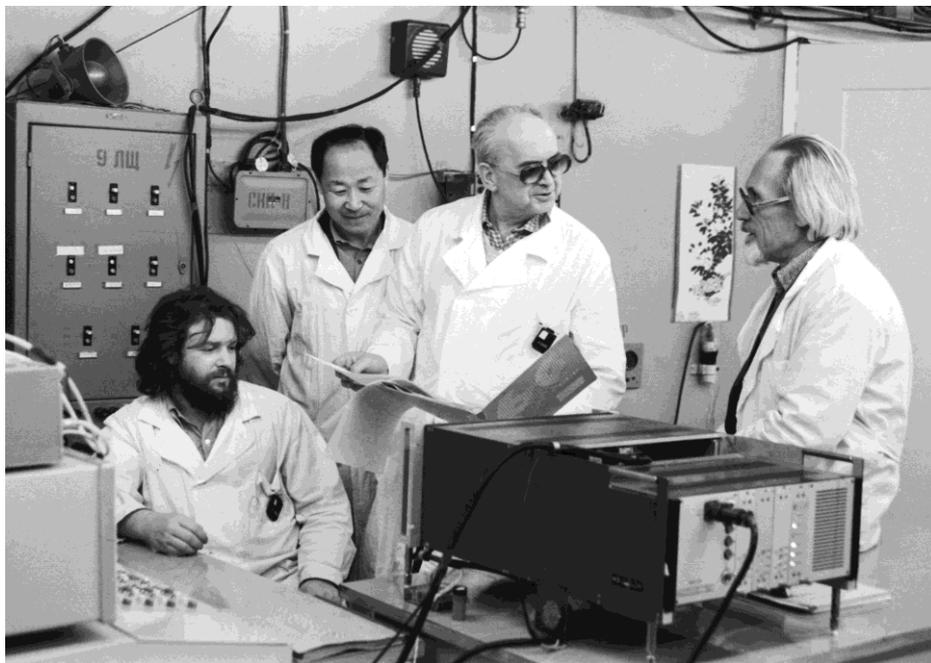
В.М. Назаров



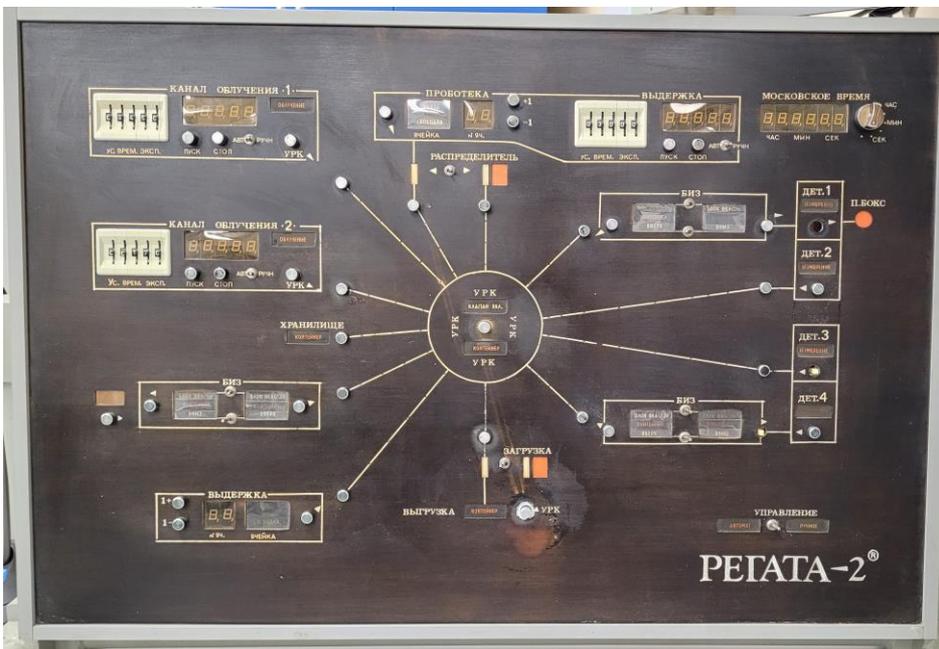
В.М. Назаров за подготовкой к эксперименту

# Реактор ИБР-2 и установка РЕГАТА





У пульта управления ПТУ РЕГАТА (слева направо): И.Л. Сашин, Ли Ен Зин (КНДР), Р. Липперт (ПНР) и начальник сектора В.М. Назаров, 1984 г.



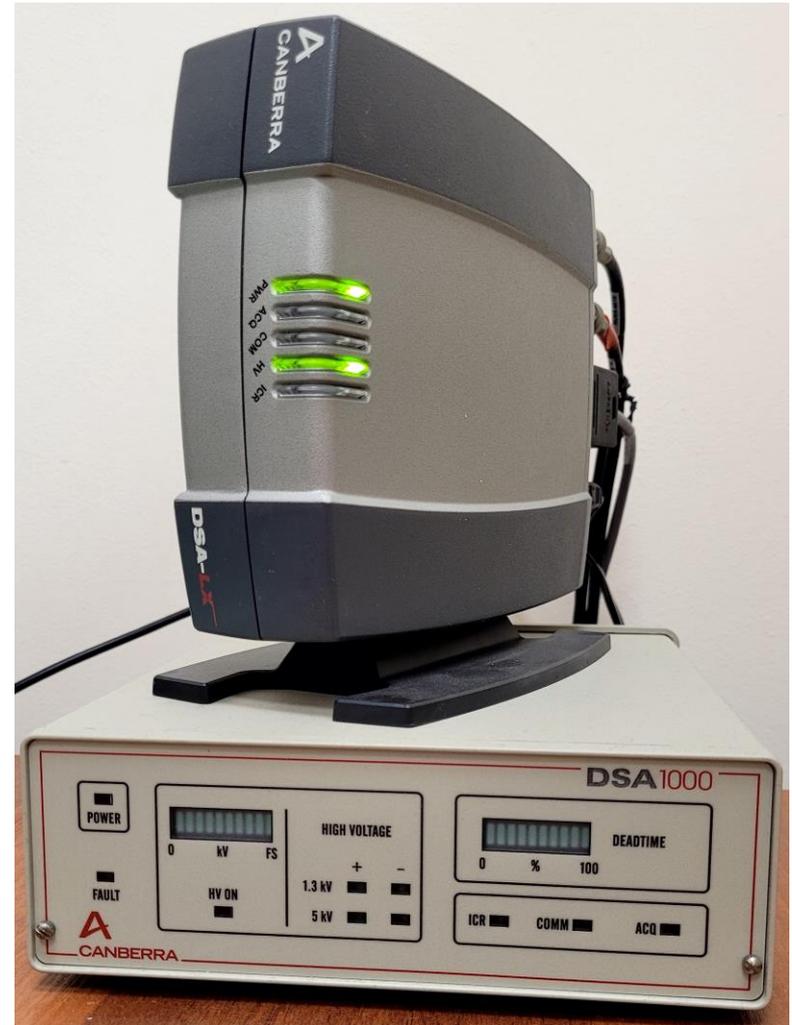
Пульт управления ПТУ РЕГАТА, 1986 г.

# Электроника

2020 г.



90-ые годы

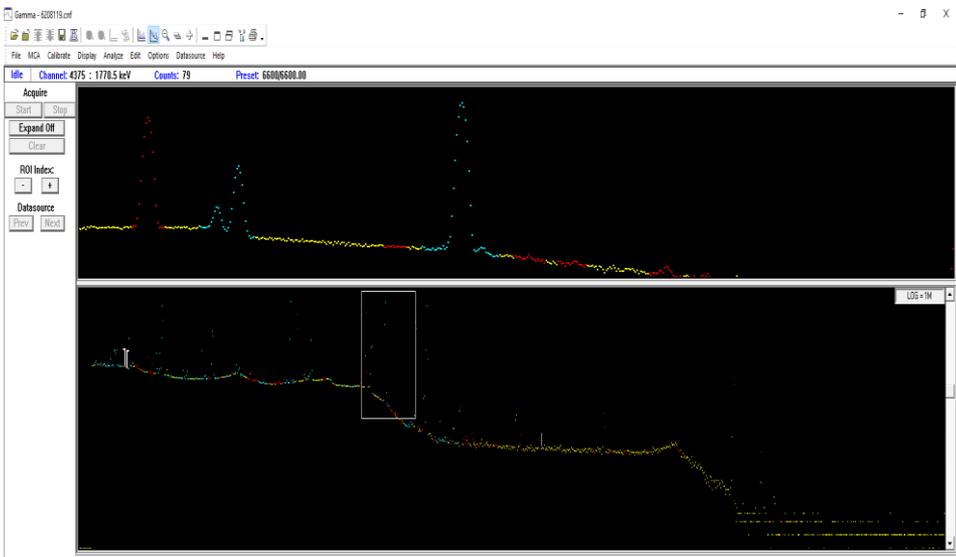
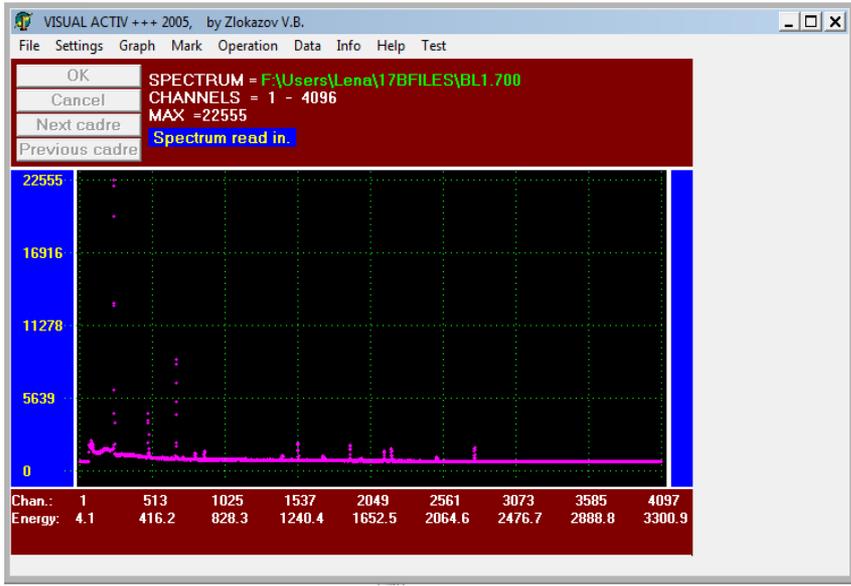


2010 г.

# Детекторы



# Обработка спектров наведенной активности





**90-ые годы**



**2022 г.**

В.М.Назаров, С.С.Павлов, В.Ф.Переседов,  
М.В.Фронтасьева

КАНАЛЫ ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ И ПНЕВОТРАНСПОРТНАЯ УСТАНОВКА  
НА ИБР-2

Описаны пять каналов для облучения на ИБР-2, два из которых предназначены, в основном, для активационного анализа. Средняя плотность потока тепловых и резонансных нейтронов в первом канале  $1,1 \pm 0,14 \cdot 10^{12}$  и  $0,23 \pm 0,03 \cdot 10^{12} \text{ н/см}^2 \cdot \text{с}$  соответственно. III, IV и V каналы предназначены для радиационных исследований и получения радиоактивных изотопов. Спектры нейтронов в IV и V каналах близки к параметрам I канала, а спектр нейтронов в III канале, расположенном в центре активной зоны реактора, близок к спектру деления со средней плотностью потока нейтронов  $180 \cdot 10^{12} \text{ н/см}^2 \cdot \text{с}$ . Описаны основные блоки пневмотранспортной установки "Regata" и в качестве примера приведены результаты элементного анализа волос человека.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Channels for Irradiation and Pneumotransport  
System at IBR-2

V.M.Nazarov et al.

The pulsed reactor IBR-2 is supplied with 5 channels for sample irradiation, two of which are intended mainly for activation analysis. The mean values of the thermal flux density and epithermal neutrons in the I channel are  $(1.1 \pm 0.14) \cdot 10^{12}$  and  $(0.23 \pm 0.03) \cdot 10^{12} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$ , respectively. The III, IV, and V channels are intended for radiational investigations and production of radioactive isotopes. The neutron spectra in the IV, V channels are similar to that in the I one, and the neutron spectrum in the III channel installed in the centre of the reactor active core is similar to the neutron spectrum of fission, the mean neutron flux density being  $180 \cdot 10^{12} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$ . The principal units of the pneumatic system "Regata" are described and the results of the elementary analysis of human hair are presented for illustration.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

В.М.Назаров, С.С.Павлов, В.Ф.Переседов,  
М.В.Фронтасьева. Каналы облучения и  
пневмотранспортная установка на ИБР-2.  
Краткие сообщения ОИЯИ, Сборник № 6-  
85, Дубна, 1985

"УТВЕРЖДАЮ"

Зам. директора ЛНФ ОИЯИ

*В. С. Язвицкий* Ю. С. Язвицкий

"16" 12 1985 г.

ПРОГРАММА

работ на ИГВ "Регата" с №16 декабря по 20 декабря 1985 года. Сектор № 3 НЭОФКС ЛНФ.

*с замначел*

*О. Савилов*

Описание работ	Номер канала	Время использования канала	Характеристика образцов	Агрегатное состояние после облучения	Время облучения, упаковка	Общее количество контейнеров	Ожидаемая активность одной упаковки с образцом	Ответственный экспериментатор	Состав бригады	Место хранения образцов	Место хранения образцов	Примечания
1. НAA геологических (почвы), биологических (костная ткань), экологических (растения, удобрения)	9	с 16.12. по 20.12.	Сухие вещества 0,1-0,5г	Не изменяется	От 30с до 30мин в полиэтил. контейнере; от 1 до 5 суток в алум. контейнере	150	0,1 мг экв. радия	Фронтасьева	Тоот Сашин Бодон	Сейф Протека №1 и №2	Сейф №1	
2. Облучение для радиационных исследований (ЛНР) металлического $^{90}\text{Sr}$ и сплавов $\text{V}$ , согласно инструкции	I	16.12.	Металлы 0,1-0,3г.	"-	от 1,40 3х час. алум. контейнер	3	1 мКи	Сашин	Фронтасьева ↓	Проботека №2		Письмо ЛНР от 20.11.85.
3. НAA технологических материалов ( $\text{SiO}_2$ , стекловолокно, $\text{Al}$ )	9, I	с 16 по 20.12.	Твёрдые вещества 0,1-0,3 мг	"-	От 30 до 20 в полиэтил. контейнере; до 2-х часов в алум. контейн.	24	< 0.1 мг экв. радия	Фронтасьева	Тоот Бодон	Протека №1		
4. Изготовление изотопов для РКЛ ЛНФ, согласно инструкции	I	18.12.	Твёрдые вещества 0,3 мг	"-	15 часов в алум. контейнере	1	20 мКи	Сашин		Протека №2		Письмо ЛНФ от 04.04.85
5. Облучение продуктов переработки руд для ЛНР, согласно инструкции		19.12	Твёрдые вещества	"-	10+15 часов в алум. контейн.	5	10 мк	"-		"-		Письмо ЛНР от 29.12.84
6. Облучение для ЛВЗ, Мо и $\text{U}^{235}$		16.12	Твёрдые вещества	"-	по 1 мг от 1 до 3х часов в алум. конт.	2	1 мКи	"-		"-		Письмо ЛВЗ от 11.85

Отв. за облучение И.Д.Сашин - I канал  
М.В.Фронтасьева - 9 канал

Программу составила  
Проверил

Согласовано

М.В.Фронтасьева  
В.М.Назаров  
Ю.М.Останевич  
В.А.Архилов  
В.Д.Ананьев

*с зам. ч. по ч. 2, 4, 5, 6.*

Н.А.Гундорин, С.Ф.Гундорина, Б.Отгоолой, М.В.Фронтасьева, В.П.Чинаева, А.С.Шиловцева. Природная дисперсия содержания элементов в нормальных и опухолевых тканях. **Медицинская радиология**, № 1, 1983, с. 51-55.

T.E. Burkovskaya, V.M. Nazarov, M.V. Frontasyeva, S.F. Gundorina. **Elemental bone composition of the rats flown in «Cosmos-2044» biosatellite.** *The Physiologist*, Vol. 35, No. 1, 1992, p. 235-236; Межд. Симпозиум «Биоспутники. Космос. Результаты, исследования, теории, гипотезы», Ленинград, 14–18 августа 1991.

S.P. Stanescu, O.M. Farcasiu, E. Gaspar, S. Spiridon, V.M. Nazarov, M.V. Frontasyeva. **Activation analysis of indium used as tracer in hydrogeology.** In *Proc. First Balkan Conf. on Activation Analysis*, Varna, Bulgaria.

A. Volokh, A.V. Gorbunov, S.F. Gundorina, B.A. Revich, M.V. Frontasyeva, Chen Sen Pal. Phosphorus fertilizer production as a source of rare-earth elements pollution of the environment. *The Science of the Total Environment*, Vol. 95, 1990, p. 141-148; *aria*, 6-8 May, 1985, p. 177-179.

П.А. Лавданский, В.М. Назаров, Н.И. Стефанов, М.В. Фронтасьева. **Наведенная активность бетона, применяемого для защиты ядерных установок.** *Атомная энергия*, т. 64, 1988, с. 419-422.

В.Н. Клочков, В.М. Назаров, В.Ф. Переседов, В.П. Чинаева. **Активационный анализ алюминия особой чистоты.** *Препринт ОИЯИ*, РЗ-94-453, Дубна, 1994.

ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА  
В МЕДИЦИНСКОЙ ГЕОЛОГИИ:  
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ  
СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

А. В. Горбунов<sup>1</sup>, С. М. Ляпунов<sup>1</sup>, О. И. Окина<sup>1</sup>,  
М. В. Фронтасьева<sup>2, \*</sup>, С. С. Павлов<sup>2</sup>, И. Н. Ильченко<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Геологический институт РАН, Москва

<sup>2</sup> Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

<sup>3</sup> Научно-исследовательский институт общественного здоровья  
и управления здравоохранением Первого Московского государственного  
медицинского университета им. И. М. Сеченова Минздрава России

ВВЕДЕНИЕ	770
ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	771
МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	771
ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	773
ОТБОР ОБРАЗЦОВ	775
АНАЛИЗ ОБРАЗЦОВ	780
РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	784
ВЫВОДЫ	808
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	809

Joint Institute for Nuclear Research

Объединенный институт ядерных исследований



**ДИПЛОМ**

лауреата Премии за 2015 г.

Объединенного института ядерных исследований  
за лучшую публикацию в журнале  
«Физика элементарных частиц и атомного ядра»

Павлову  
Сергею Сергеевичу

автору статьи «Ядерно-физические методы  
анализа в медицинской геологии: оценка  
влияния факторов внешней среды на  
здоровье человека»

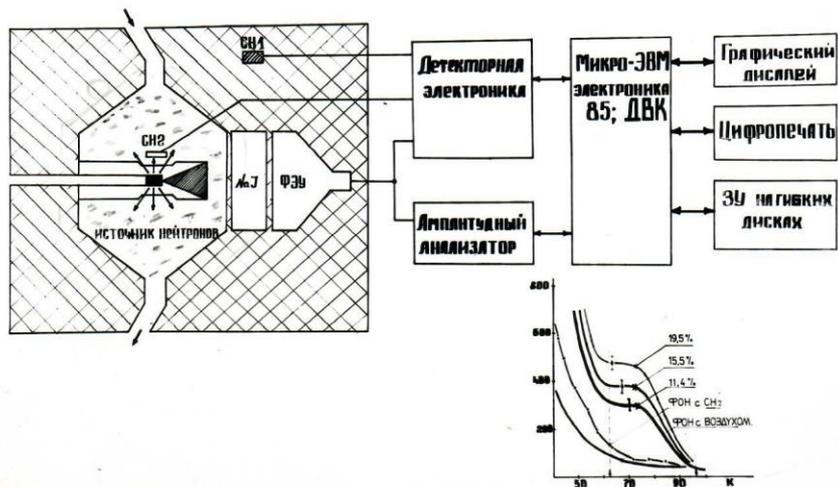
Директор ОИЯИ,  
Главный редактор «ЭЧАЯ»,  
академик РАН

  
В.А.Матвеев

г. Дубна

# Определение содержания белка в зерне, зернопродуктах и комбикормах

## ПРИБОР ДЛЯ ЭКСПРЕСНОГО АНАЛИЗА БЕЛКА В ЗЕРНЕ И ЗЕРНОПРОДУКТАХ



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГОСУДАРСТВЕННОМ КОМИТЕТЕ СССР ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ  
(ГОСКОМИЗОБРЕТЕНИЙ)

## АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 1755142

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Госкомизобретений выдал настоящее авторское свидетельство на изобретение:  
**"Устройство для определения содержания белка в зерне, зернопродуктах и комбикормах"**

Автор (авторы): Павлов Сергей Сергеевич и другие, указанные в описании

Заявитель: ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЗЕРНА И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ ВСЕСОЮЗНОГО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ "ЗЕРНОПРОДУКТ"

Заявка № 4299306 Приоритет изобретения 30 июня 1987г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР  
15 апреля 1992г.

Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию Союза ССР.

Председатель Комитета

Начальник отдела

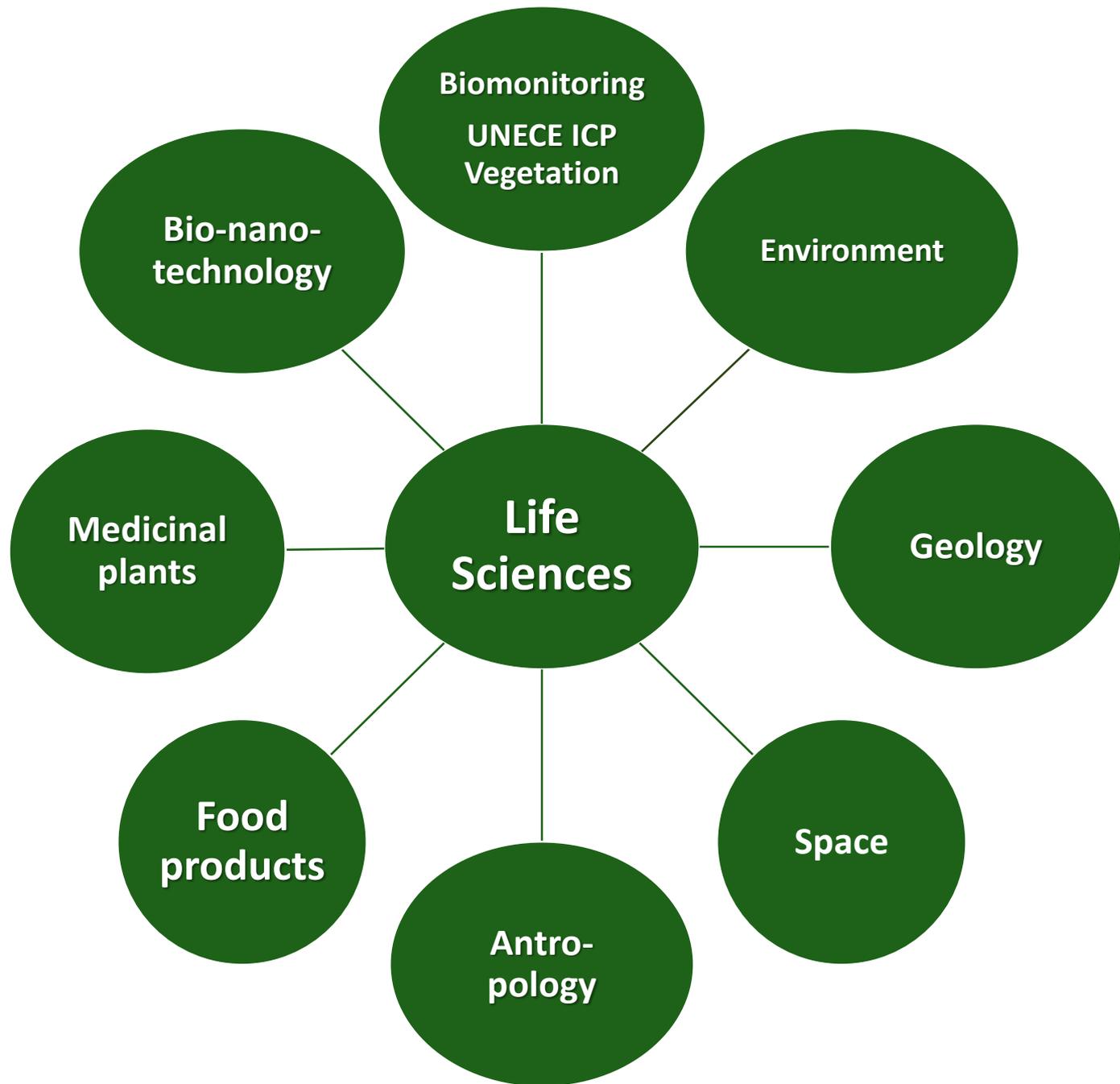
Рассел  
Зинин



**В.М. Назаров, М.В. Фронтасьева 1994 г.**



**М.В. Фронтасьева, С.С. Павлов и студенты**



# Пассивный биомониторинг



**UNECE**

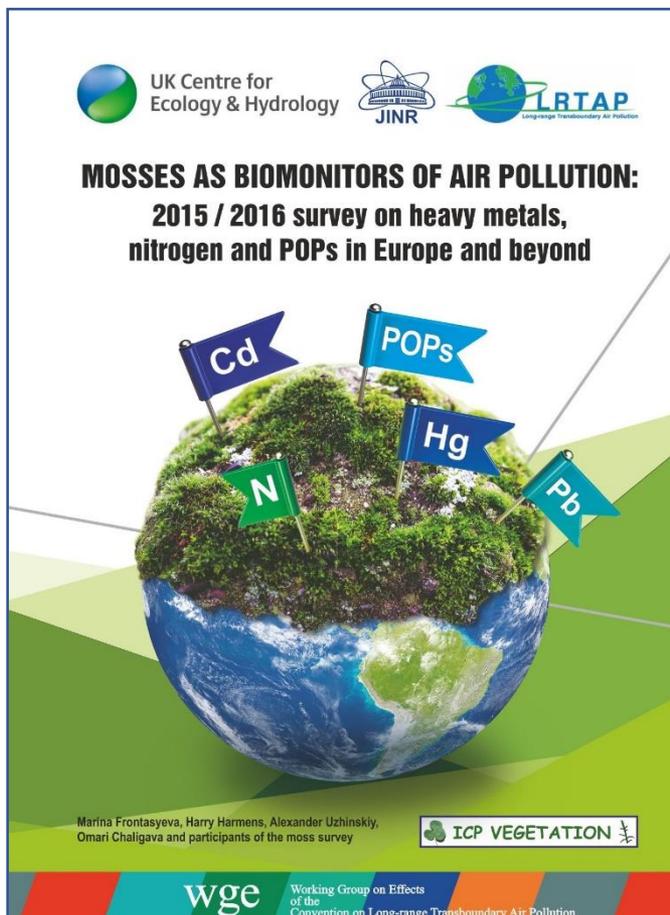


**United Nations  
Economic Commission  
for Europe**

**International Cooperative  
Programme on Effects of  
Air Pollution on Natural  
Vegetation and Crops**

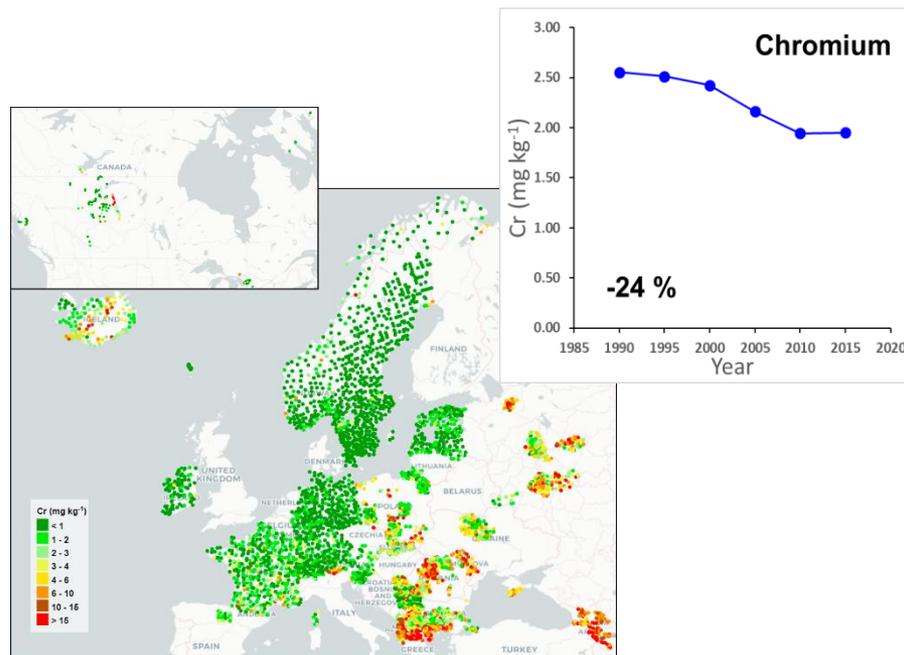
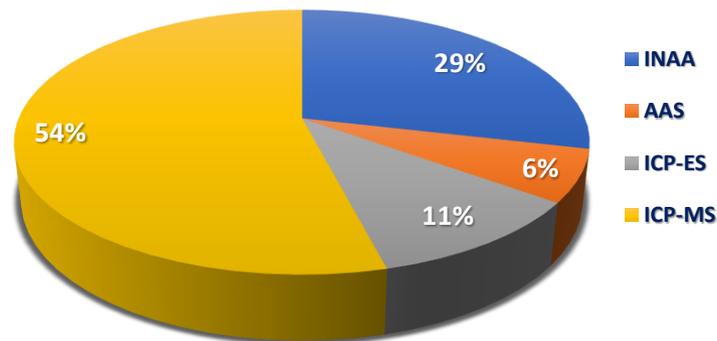
**Working Group on Effects - 1981**

# «Атмосферные выпадения тяжелых металлов в Европе – оценки на основе анализа мхов-биомониторов»



Frontasyeva M., Harmens H., Uzhinskiy A., Chaligava, O. and participants of the moss survey (2020). Mosses as biomonitors of air pollution: 2015/2016 survey on heavy metals, nitrogen and POPs in Europe and beyond. Report of the ICP Vegetation Moss Survey Coordination Centre, **Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russian Federation**, 136 pp. ISBN 978-5-9530-0508-1.

Analytical techniques used in 2015/2016 moss survey



Chromium concentration in mosses in 2015/16

# Координатор программы с 2014 по 2022 гг - М.В. Фронтасьева



New JINR member-states have joined the UNECE International Cooperative Program  
on Air Pollution in Europe in 2015/2016:  
**Armenia, Azerbaijan, Georgia, Moldova and Kazakhstan**

# Получение медицинских препаратов на основе спирулины

14 ноября 2003



22 июня 2004



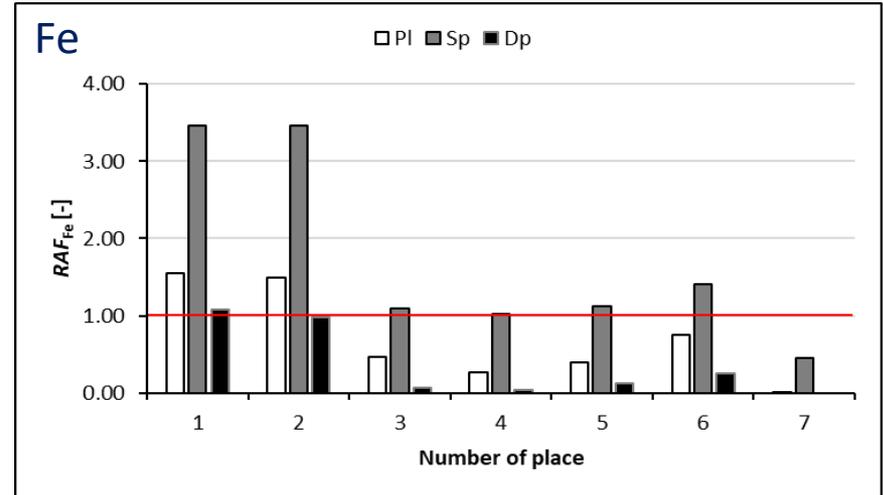
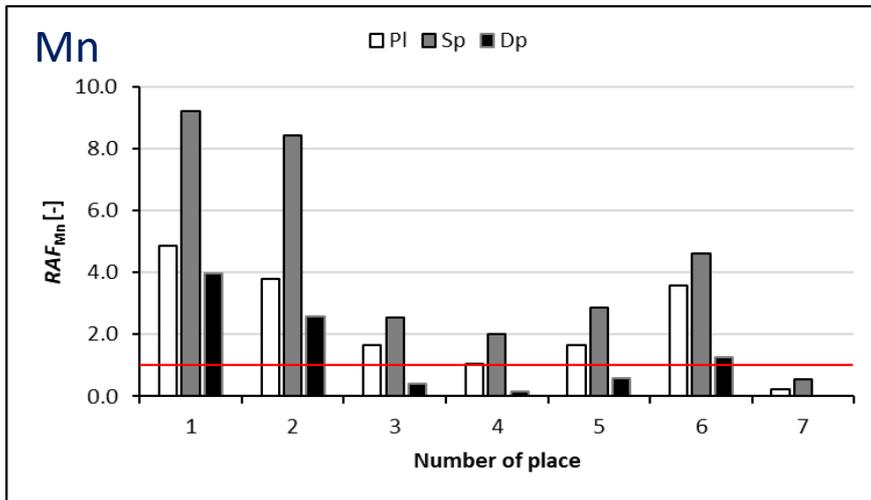
*Мосулишвили Лигури Михайлович (GE),  
Белокобыльский Алим Иванович (GE),  
Хизанишвили Анна Ивановна (GE),  
Киркесали Елена Ивановна (GE),  
Фронтасьева Марина Владимировна (RU),  
Павлов Сергей Сергеевич (RU)*

*Мосулишвили Лигури Михайлович (GE),  
Белокобыльский Алим Иванович (GE),  
Хизанишвили Анна Ивановна (GE),  
Киркесали Елена Ивановна (GE),  
Фронтасьева Марина Владимировна (RU),  
Павлов Сергей Сергеевич (RU)*

# Активный биомониторинг

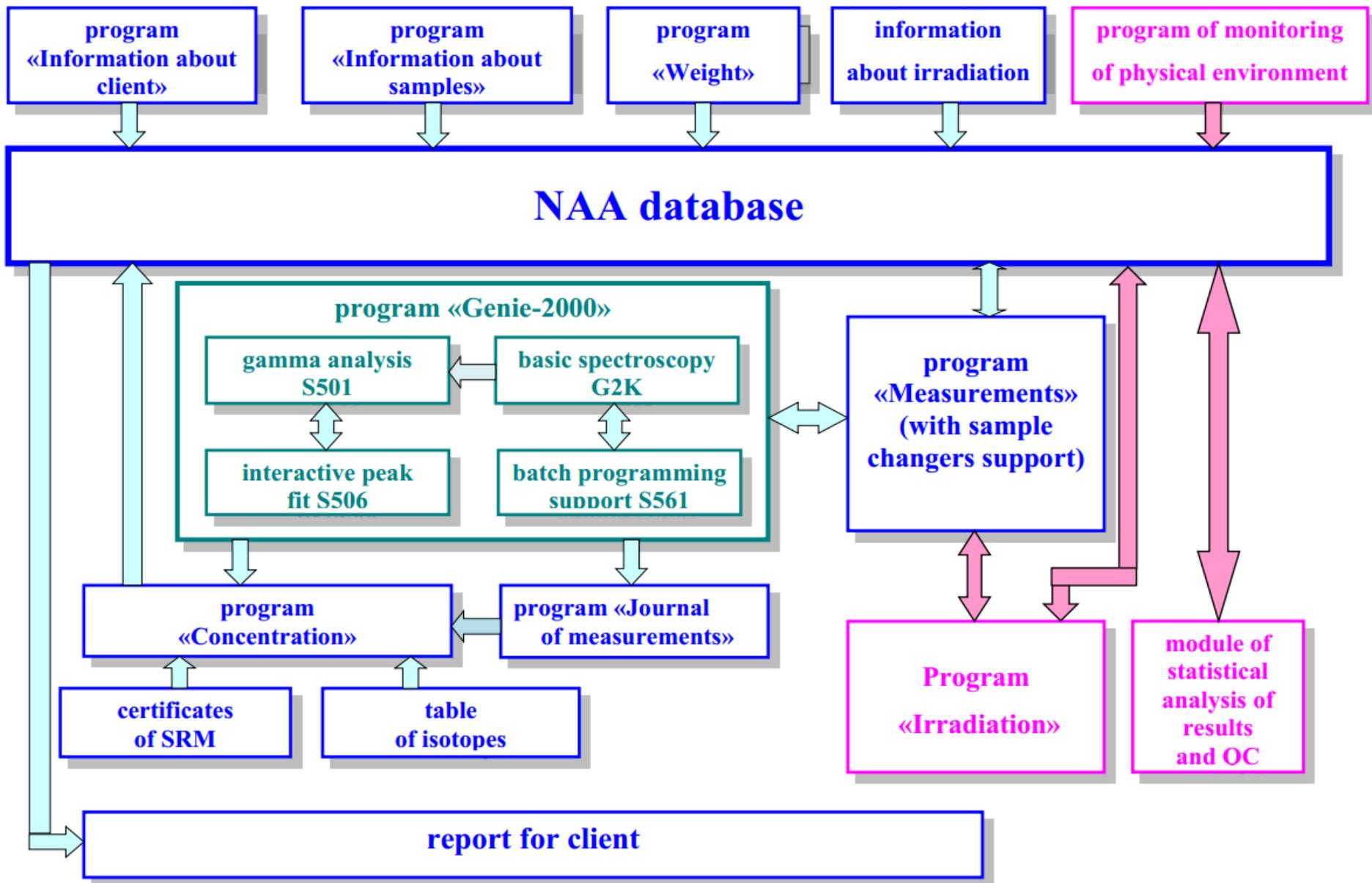


Косогорский металлургический завод



Накопление марганца и железа разными видами мха

# Logic diagram of software for automation of NAA (2008-2019)





Клиент базы данных эксперимента REGATA - 6.8.1 zinicovsca

Меню Журнал несоответствий Помощь Журналы облучений

Количество образцов в базе данных: 21155

Код страны	Клиент. номер	Год	N парти образ.	инд. парти образ.
IN	01	21	47	u
GE	03	21	48	v
SK	04	21	49	w
PL	08	21	50	x
RO	16	21	51	y
RU	69	21	52	z
RU	69	21	53	a
RU	69	21	54	b
US	01	21	55	c

Фильтрация списка партий  
 Выберите поле для фильтра: Показать все  
 Выберите тип фильтра:

Информация о выбранной партии  
 Страна: Romania  
 Организация: Babes-Bolyai University  
 Фамилия: Podar  
 Кол-во образцов: 108  
 Тип образцов: Soil  
 Дата КЖИ: 02.06.2022,  
 Обработчик:  
 Результаты:  
 Обработано образцов: 0 из 108  
 Комментарий:  
 @yushin/07.10.2021 10:58: Закончить этап Прободготовки  
 Внесено: Yushin N.S  
 Тип работ: Collaboration  
 Примечание к партии:

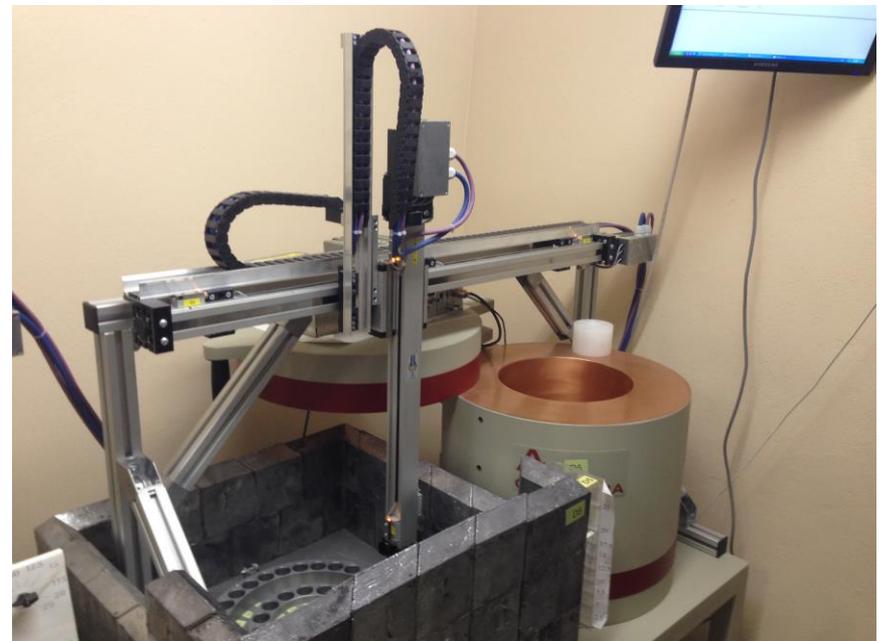
Цвет	Описание
Red	партия принята
Yellow	проведена прободготовка
Green	облучение КЖИ
Blue	облучение ДЖИ
Light Blue	КЖИ или ДЖИ плюс результ...
Dark Blue	КЖИ и ДЖИ плюс результаты

Имя	Номер	Тип	Вес, гр	Остаток(шт.)	Дата покупки
Y	01	liquid standart	100		01.01.2019
Yb	02	liquid standart	100		01.01.2019
Zn-3	01	soil	15		03.04.2019
Zn	01	liquid standart	100	4089087	01.01.2019
Zr	01	liquid standart	100		01.01.2019

Имя	Номер	Тип	Вес, гр	Дата покупки
Zr	06	foil	15.89	19.01.2010
Zr	07	foil	14.76	19.01.2010
Zr	08	foil	14.76	19.01.2010
Zr	09	foil	14.11	19.01.2010
Zr	10	foil	13.54	19.01.2010

Журнал ДЖИ: 26.10.2020  
 Прием новой партии стандартов  
 Выбрать партию стандартов  
 Параметры окружающей среды  
 Показать весь список стандартов

Журнал ДЖИ: 15.10.2019  
 19.10.2019  
 22.10.2019  
 09.12.2019  
 Прием новой партии мониторов  
 Выбрать партию мониторов



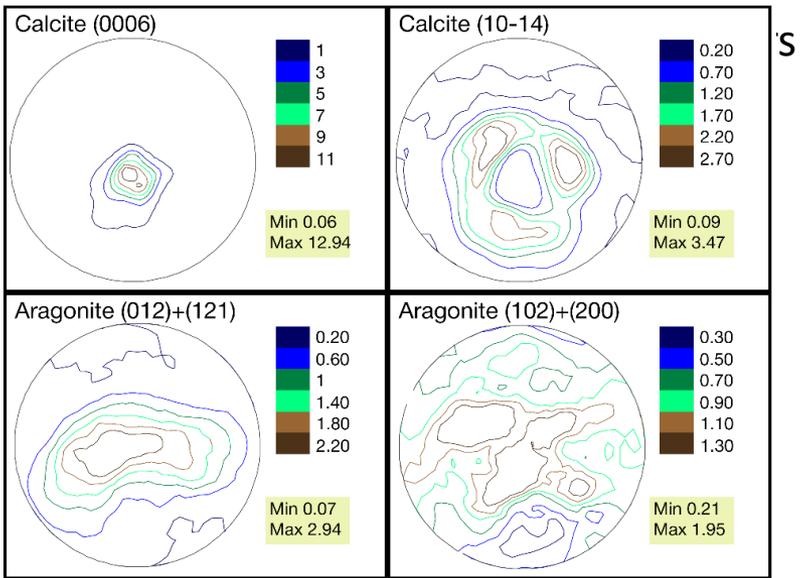
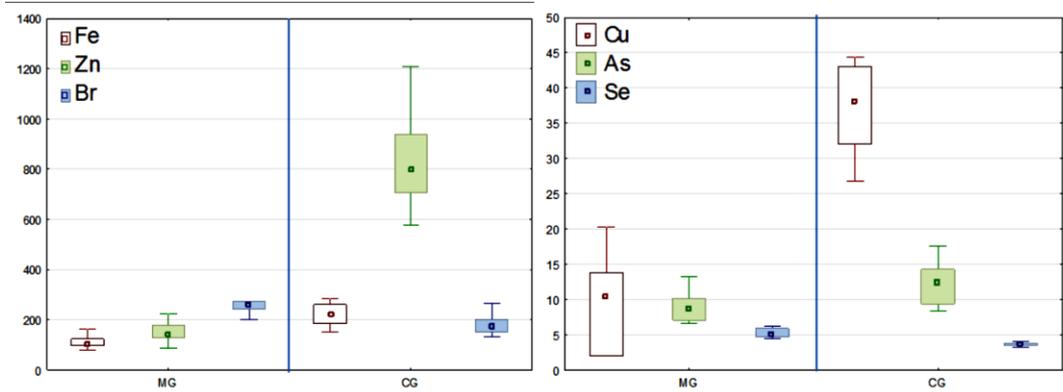
**Детектор из особо чистого германия компании CANBERRA с устройством для автоматической смены образцов на установке REGATA реактора ИБР-2**

# Оценка экологического состояния прибрежных экосистем



Along South Africa

## Accumulation of elements in mussels and oysters



The pole figures of calcite and aragonite phases for mussel shells from station 1 (Danger Bay)

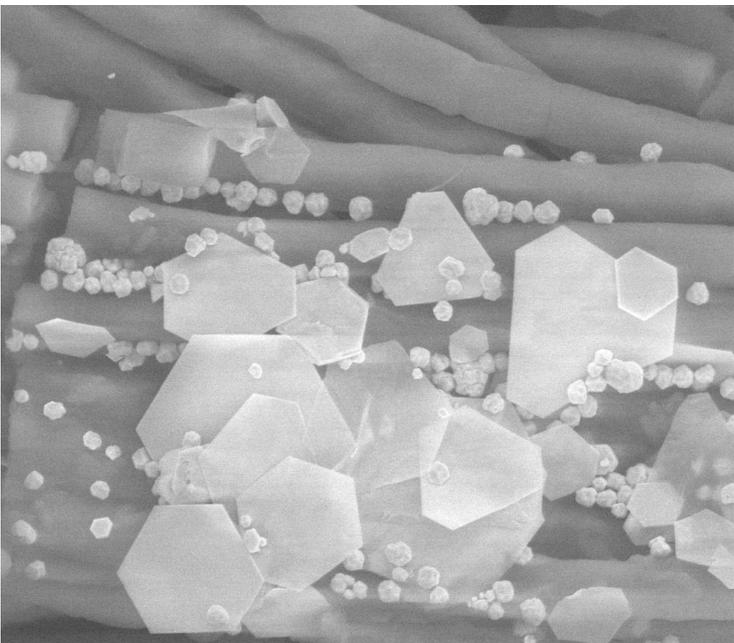
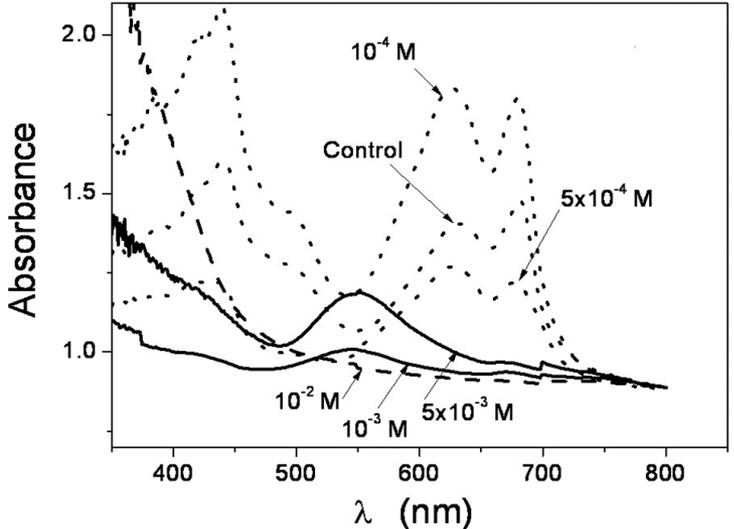
# Биологический синтез наночастиц



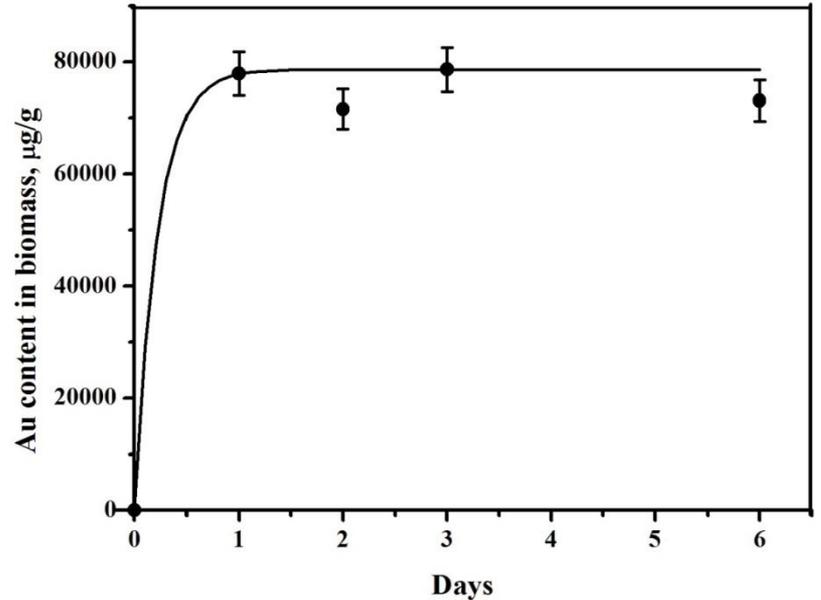
yellow



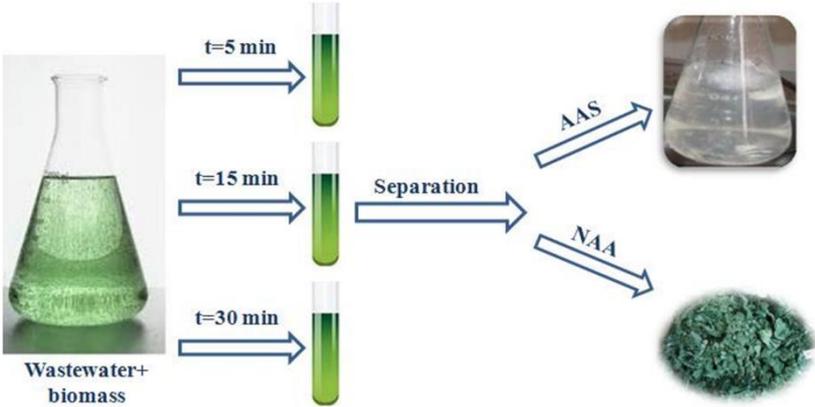
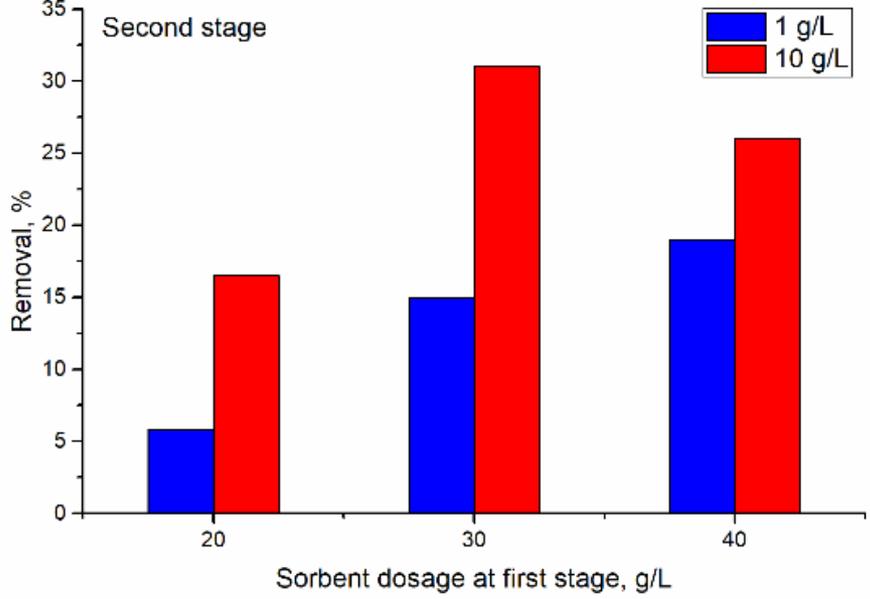
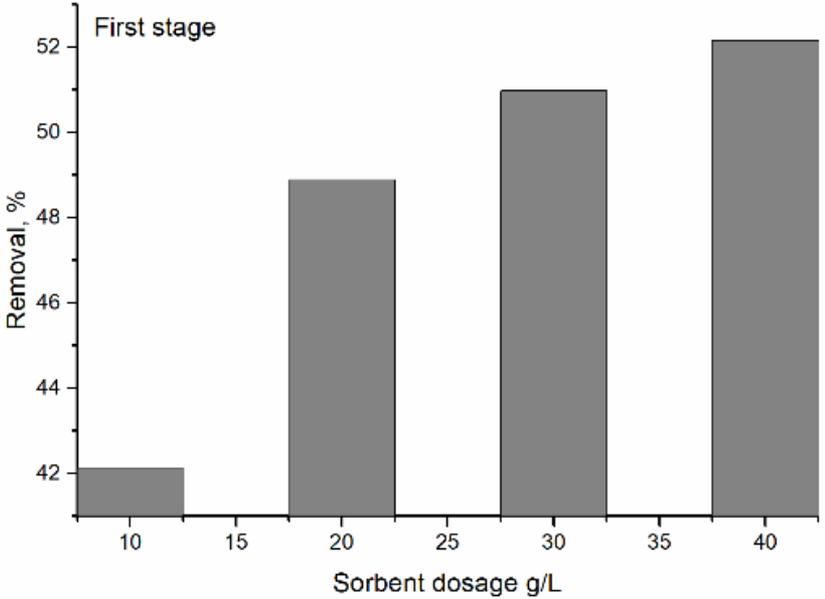
red purple



mag 10 000 x HV 10.0 kV pressure 250 Pa vac mode ESEM WD 8.1 mm 5 μm Quanta 3D FEG

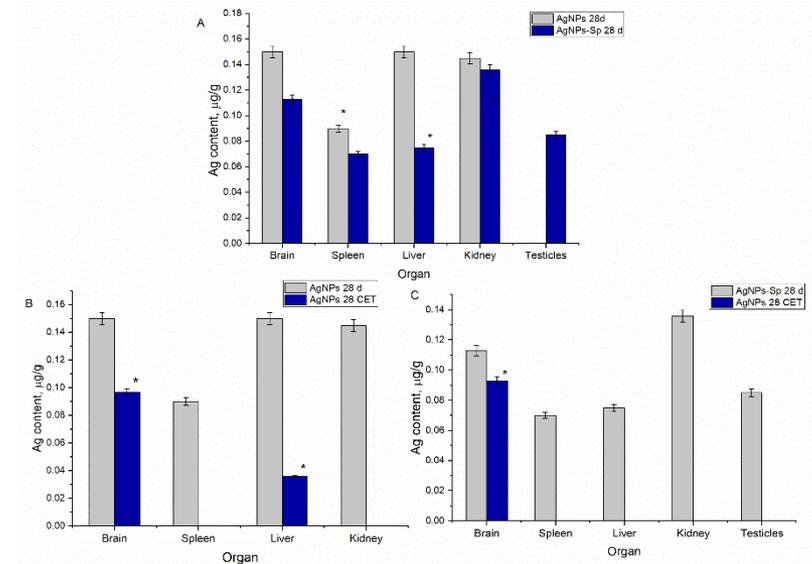
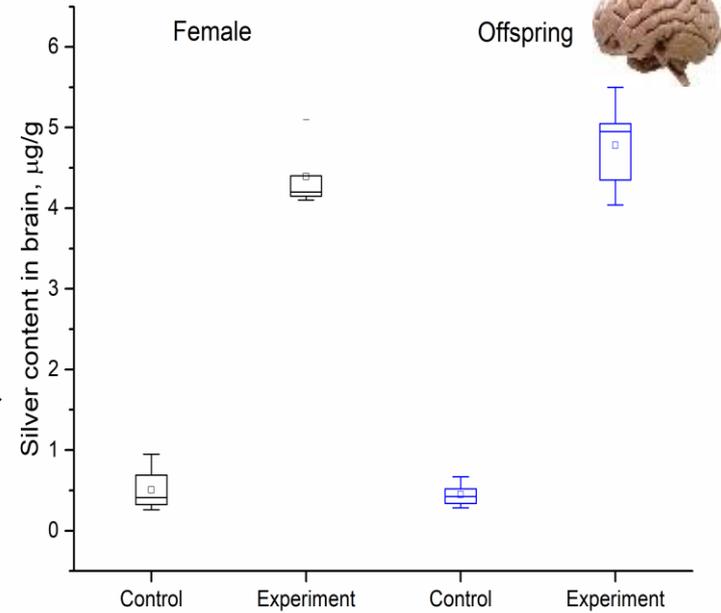
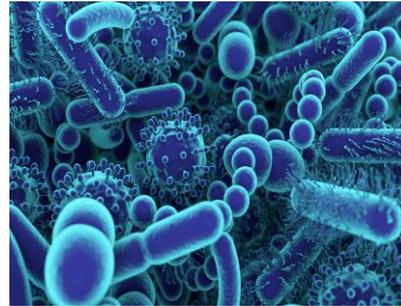
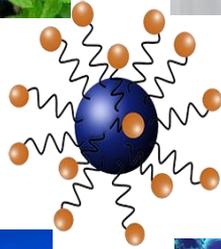


# Очистка сточных вод

Removal of metal ions at different sorbent dosage (at T 20 °C; adsorption time 1 h, pH 6.0)

# Нанотоксикология



**(A) Накопление серебра в органах крыс, (B,C) выведение наночастиц**



**М.В. Фронтасьева, И. Зиньковская**

# Новый пульт управления установкой РЕГАТА, 2020 г.



Стойка с аппаратной частью пульта управления.



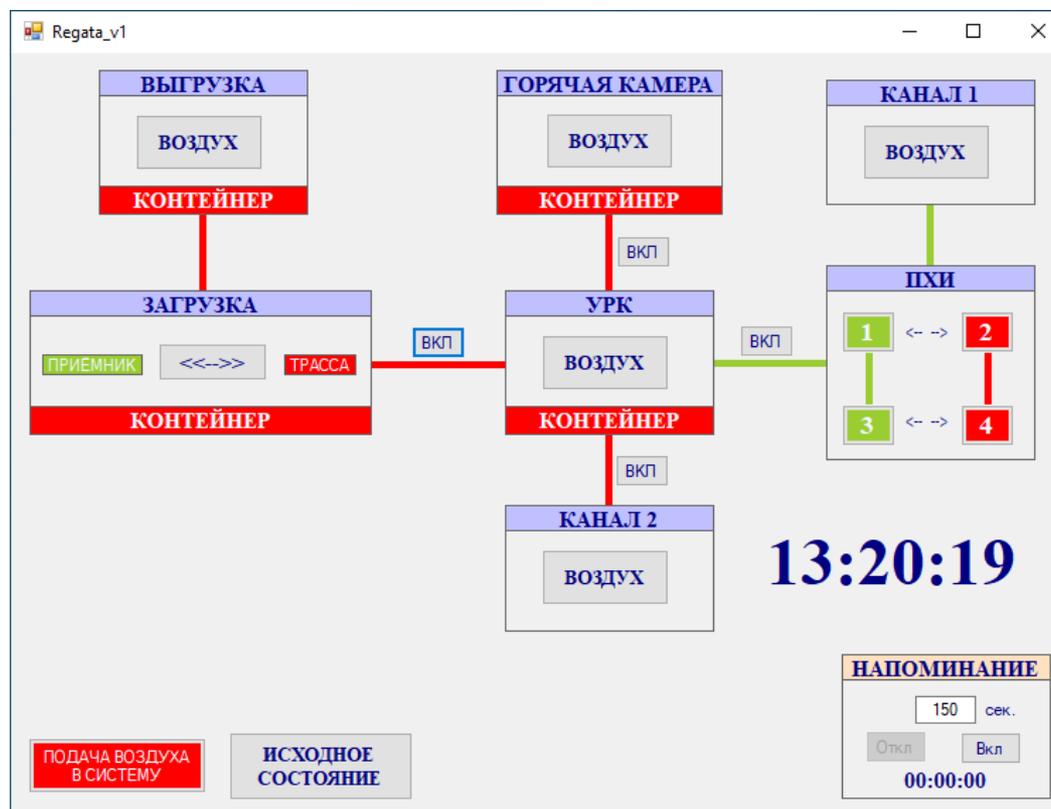
Дискретный модуль ввода/вывода.



Плата с гальванической развязкой.



Распределитель.



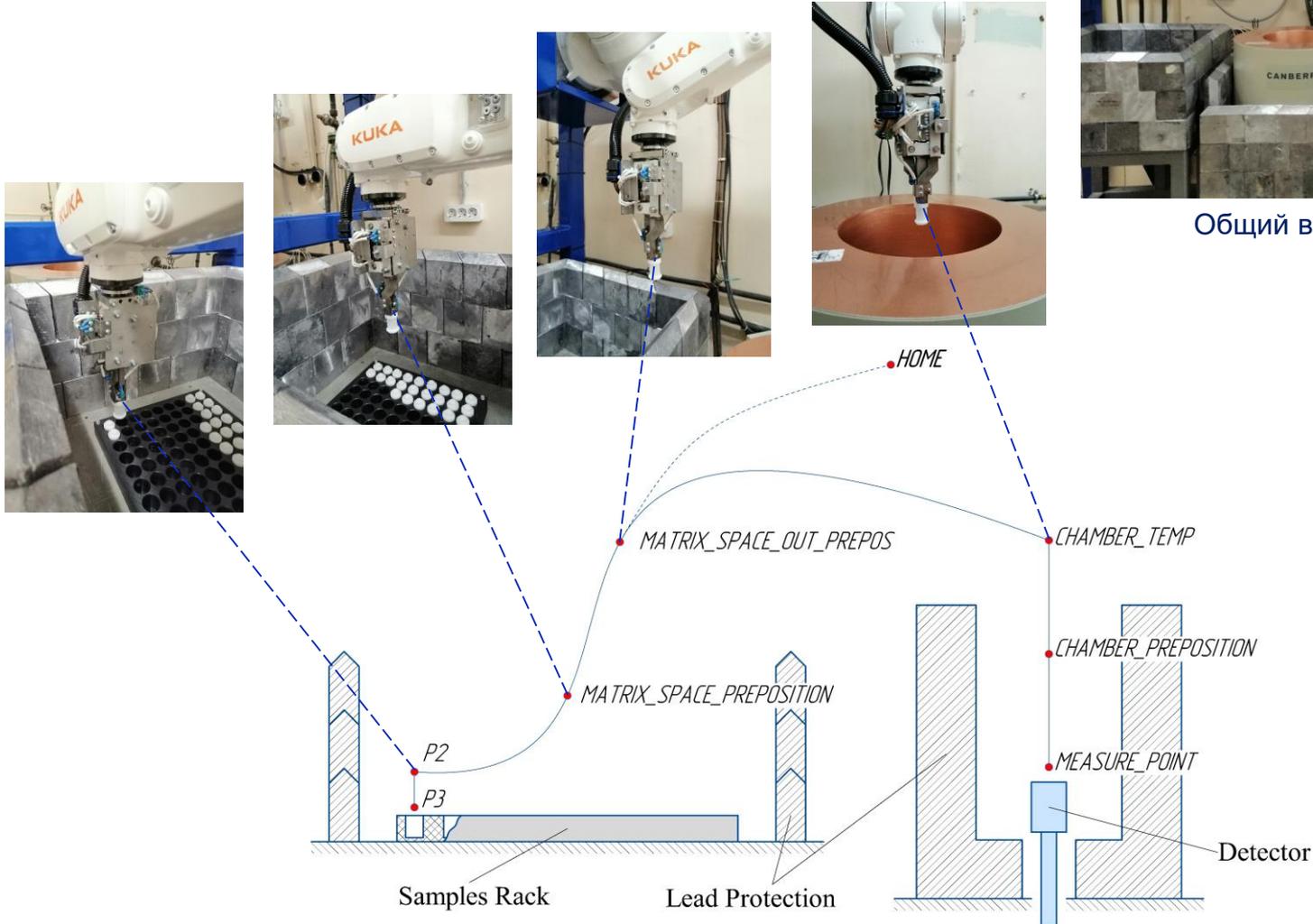
Окно программы управления установкой.

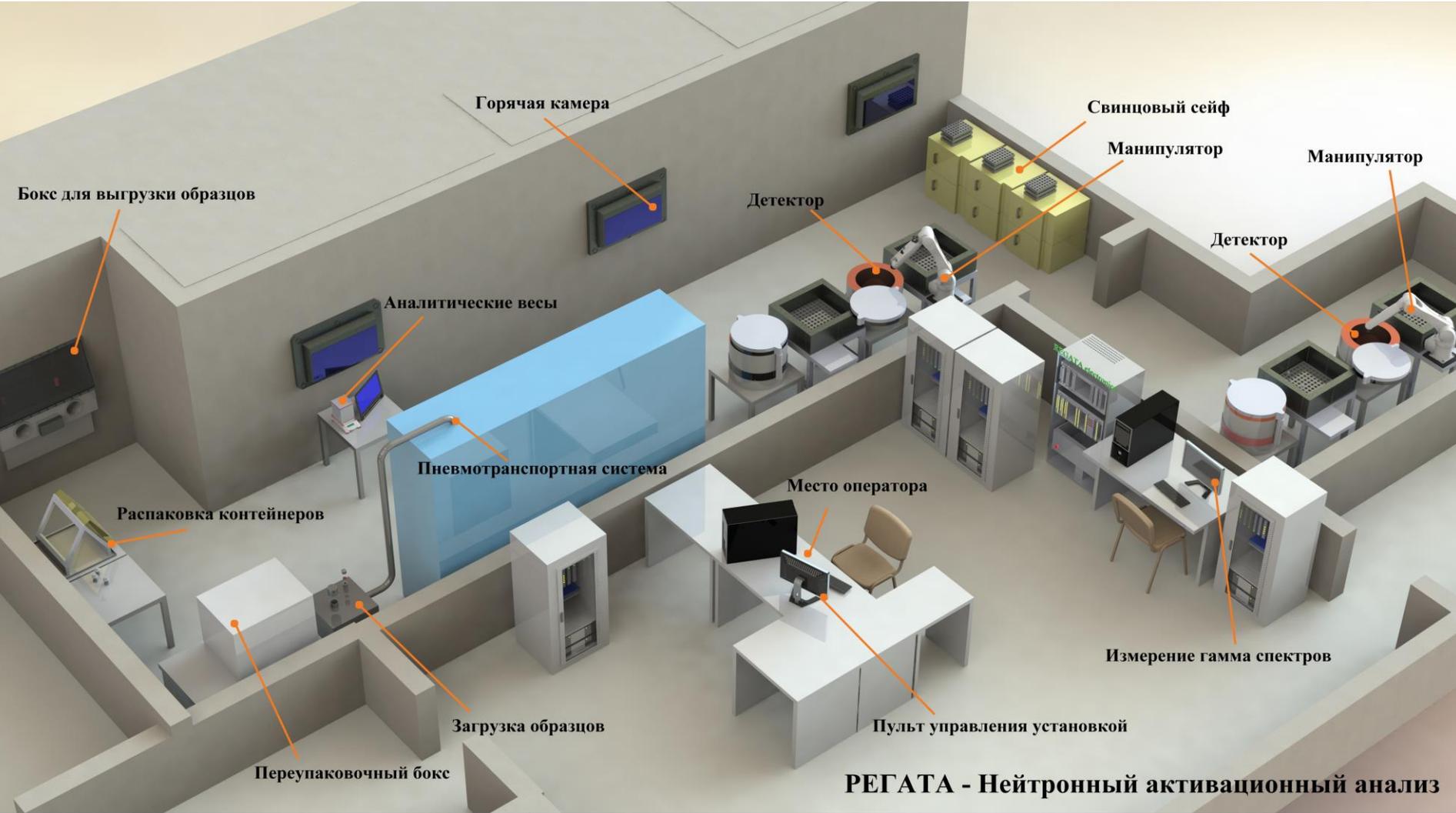
# Автоматизация гамма-спектрометрии

Задача каждого робота — захватить контейнер с образцом из ячейки кассетницы и переместить его на позицию над детектором для измерения  $\gamma$ -спектра. После завершения измерения робот должен вернуть контейнер в свою ячейку и взять следующий. Алгоритм повторяется до тех пор, пока не будут измерены все образцы. Траектория контейнера определяется набором заранее заданных точек в пространстве. Размер матрицы кассетницы  $9 \times 9 = 81$  ячейка.



Общий вид манипуляторов.





Бокс для выгрузки образцов

Горячая камера

Свинцовый сейф

Манипулятор

Манипулятор

Детектор

Детектор

Аналитические весы

Пневмотранспортная система

Место оператора

Распаковка контейнеров

Измерение гамма спектров

Загрузка образцов

Пульт управления установкой

Переупаковочный бокс

### РЕГАТА - Нейтронный активационный анализ



# Аттестация методики проведения ИНАА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ им. Н.М. ФЕДОРОВСКОГО» (ФГБУ «ВИМС»)  
119017, г. Москва, Старомосковский пер., д.31

аттестат аккредитации в области обеспечения единства измерений № 01.00115-2013

## СВИДЕТЕЛЬСТВО

об аттестации методики (метода) измерений

№ 348/2021-01.00115-2013

Определение содержаний (массовой доли) химических элементов (Na, Al, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, As, Sr, Rb, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Tb, Hf, Ta, Th, U) в твердых объектах окружающей среды и технологических сред инструментальным нейтронно-активационным методом

Разработчик

Международная межправительственная организация  
«Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ)»

Российская Федерация, 141980, Московская область, Дубна, ул. Жолио-Кюри 6

Обозначение

МП ОИЯИ 01-2021. Определение содержаний (массовой доли) химических элементов (Na, Al, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, As, Sr, Rb, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Tb, Hf, Ta, Th, U) в твердых объектах окружающей среды и технологических сред инструментальным нейтронно-активационным методом, 2021 г., на 32 листах

аттестована в соответствии с Приказом Минпромторга № 4091 от 15 декабря 2015 года и ГОСТ Р 8.563-2009.

Аттестация осуществлена: по результатам экспертизы, теоретических и экспериментальных исследований, выполненных при разработке методики (метода) измерений

В результате аттестации установлено, что методика соответствует предъявляемым к ней метрологическим требованиям и обладает основными метрологическими характеристиками, приведенными в приложении к настоящему свидетельству.

Метрологические характеристики методики (метода) измерений приведены в Приложении №1 к свидетельству (на 6 листах).

Бюджет неопределенности приведен в Приложении №2 к свидетельству (на 6 листах).

Дата выдачи свидетельства: « 31 » мая 2021 г.

Первый заместитель генерального  
директора по основной деятельности  
ФГБУ «ВИМС»



А.А. Рогожин

Главный метролог ФГБУ «ВИМС»

М.И. Лебедва

Показатель	Диапазон измерений, млн <sup>-1</sup> (мг/кг)	Показатель внутривлабораторной прецизионности в относительных единицах $\sigma_{rel}$ , %
Na	100-1000	26,0
	1000-40000	11,5
	40000-500000	3,86
Al	1000-500000	19,3
	1000-5000	11,2
	1000-3000	20,5
K	3000-30000	14
	30000-100000	8,08
	1000-15000	18,8
Ca	15000-35000	11,4
	35000-400000	10,1
	100-1000	17,9
Ti	1000-10000	15,3
	10000-20000	6,78
	10,0-50	17,3
V	50-500	13,6
	10-100	27,2
	100-500	15,6

Исторические данные облученных стандартов.

Пример метрологической характеристики.



Опτικο-эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой  
PlasmaQuant 9100 Elite

Milestone's DMA-80 Direct Mercury Analyzer



# Биоремедиация почв



подсолнечник

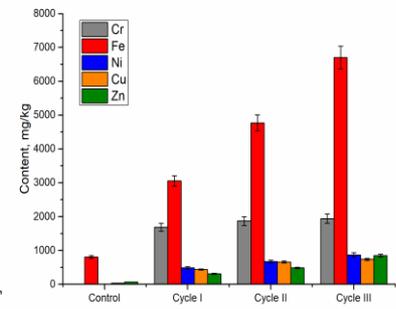
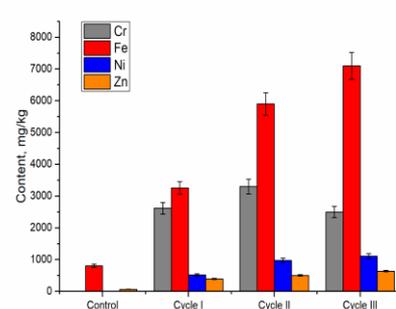
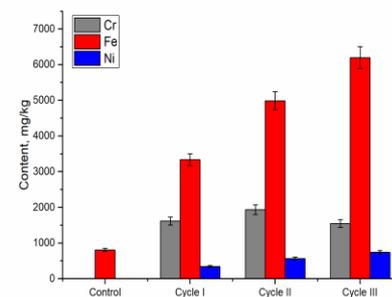
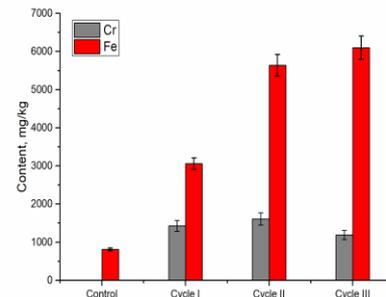


сорго



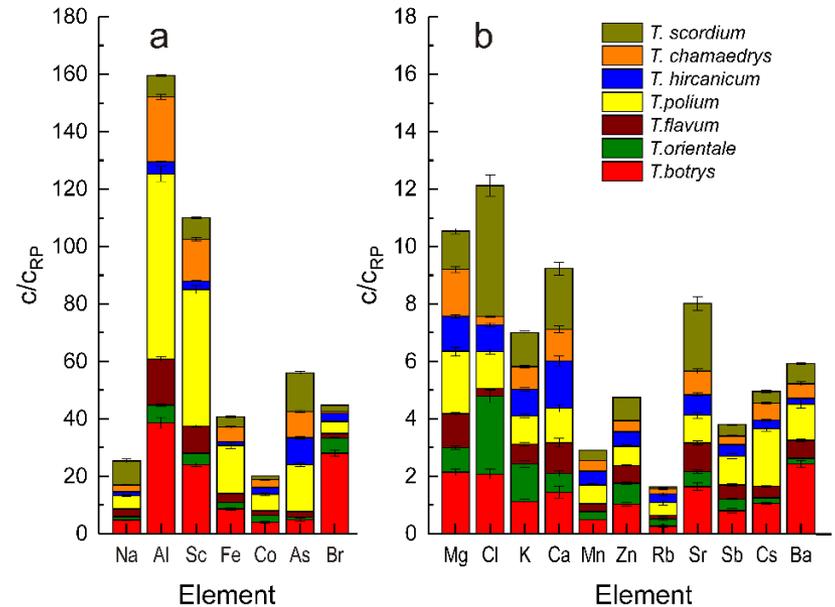
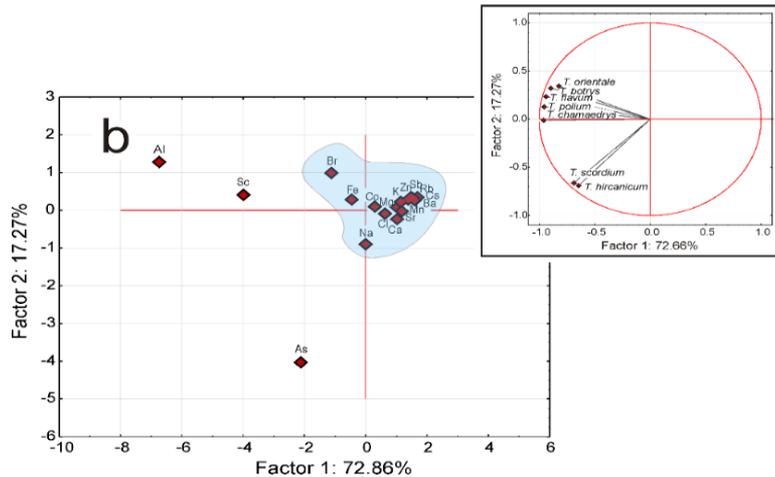
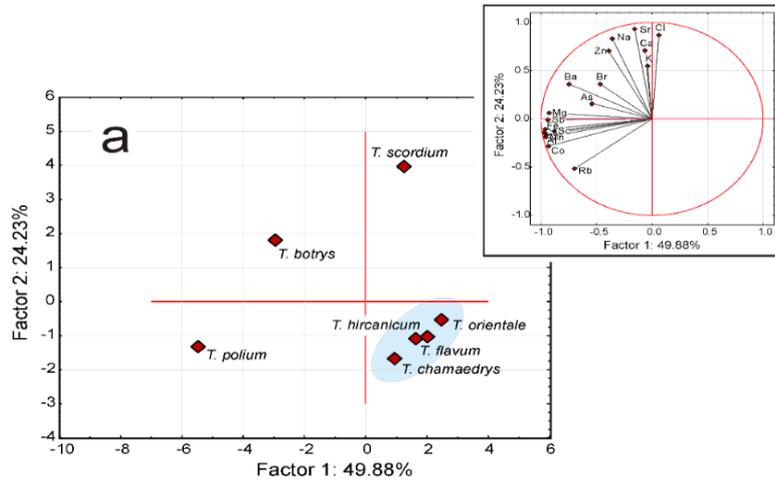
*Nostoc linckia* (Roth)  
Born et Flah CNM-  
CB-03

При выращивании растений на почвах с полиэлементными аномалиями, наблюдается увеличение аккумуляции свинца по сравнению с контролем в корнях в 2-2,5 раза. При полиэлементных аномалиях урбаноземов также установлено увеличение биоаккумуляции Си в корнях растений по сравнению с контролем от 12 до 67 % у подсолнечника и от 7 до 130 % у сорго.



**Биоаккумуляция хрома и других металлов цианобактерий *Nostoc linckia* в течении трех циклов роста в среде содержащей ионы металлов**

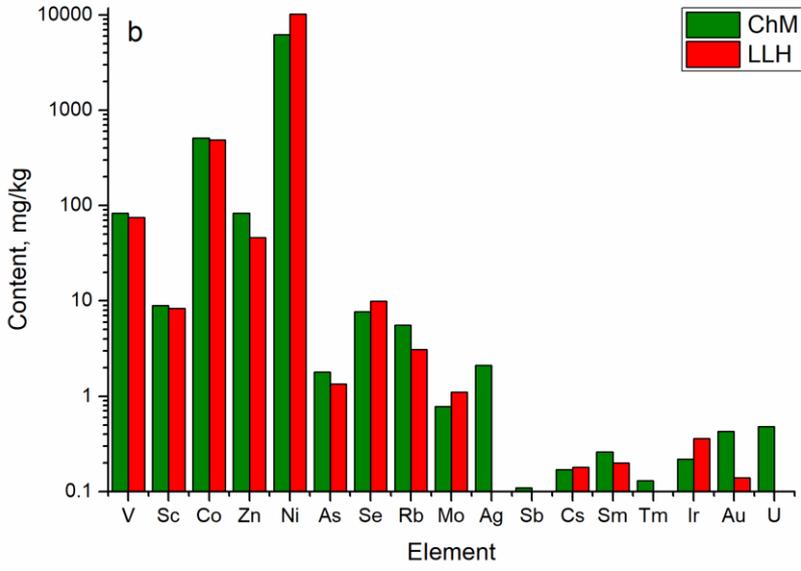
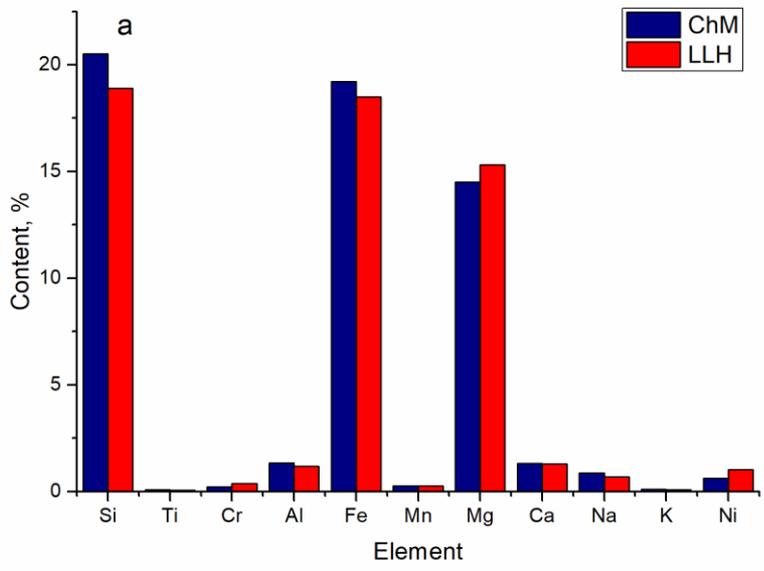
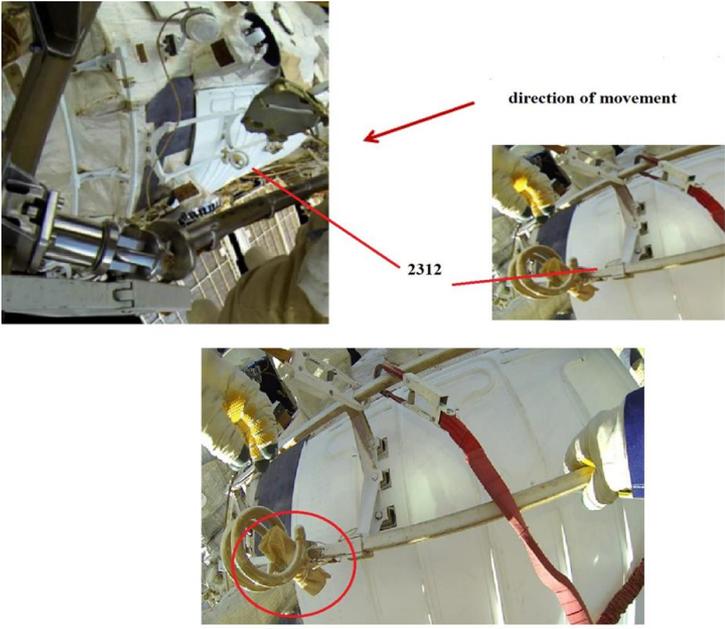
# Медицинские растения



Bi-plots illustrating the results of Q (a) and R (b) mode PCA. The distribution of the first and second factor loadings are reproduced in the corresponding insets

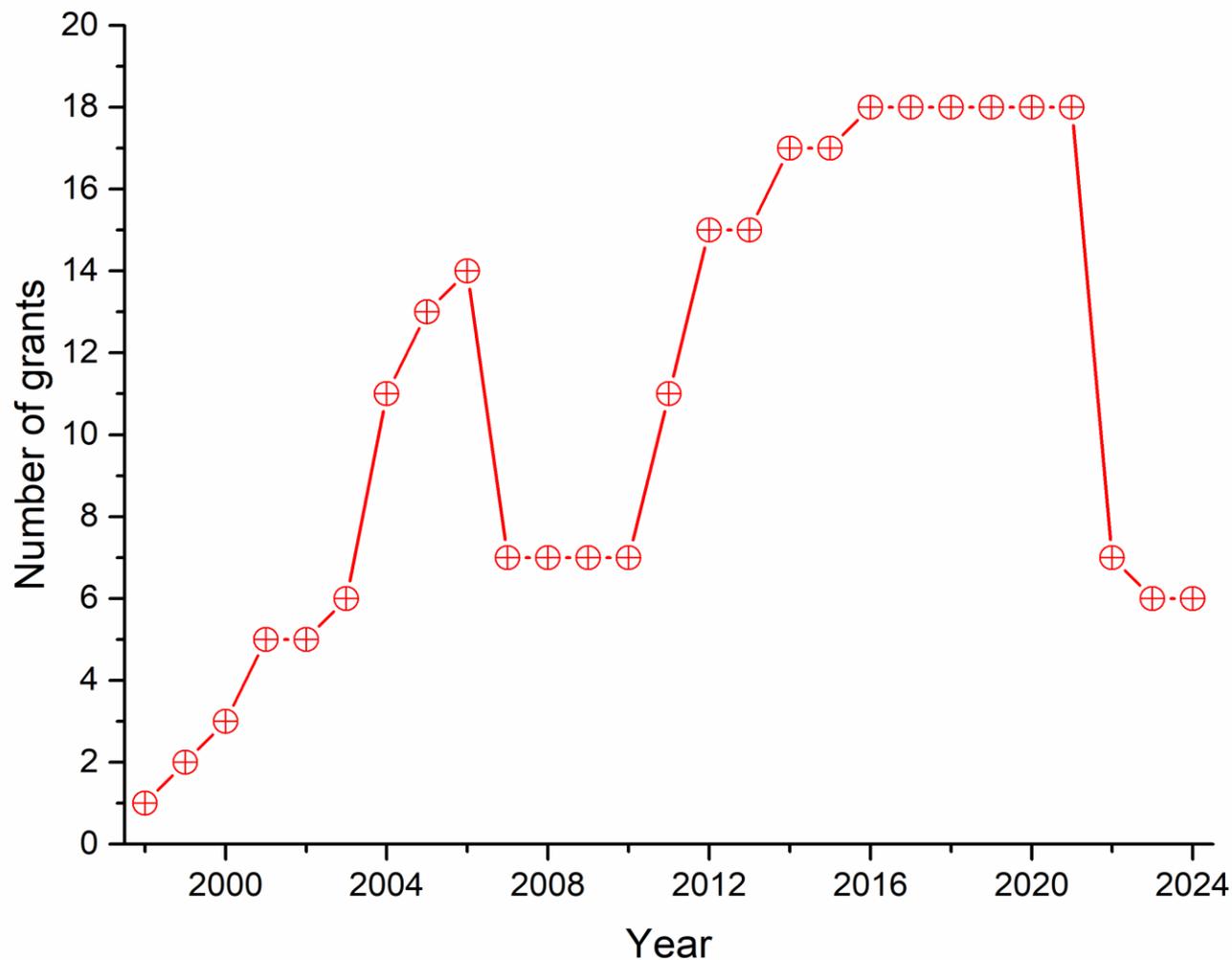
The stacked bar chart illustrates the distribution of mass fractions of all 18 elements determined in all analyzed plants, each taxon normalized to the Reference Plant.

# Объекты внеземного происхождения



The content of major (a) and trace elements (b) in Chelyabinsk meteorite

## ➤ Гранты Полномочных Представителей



## ➤ Технические кооперации и гранты МАГАТЭ

## ➤ Гранты РФФИ

# Диссертации, выполненные по результатам НАА, полученных на установке РЕГАТА, на ИБР-2

## Кандидатские

Н. Стефанов (МИСИ), Н. Бабошин (МИСИ), М. Аничич (Сербия), Кармен Кристач (Румыния), Магдалена Тома (Румыния), Ш. Петриашвили (Грузия), Д.Г. Чуткерашвили (Грузия), Л. Барандовски (Македония), З. Панчевски (Македония), М. Ежковски (Словакия), Я. Мерешова (Словакия), Л.И. Смирнов (ОИЯИ) Э. Витковска (Польша), Е.В. Ермакова (ОИЯИ), О.А. Куликов (ОИЯИ, Румыния), К. Астел (Щепаньяк) (Польша), К. Астел (Щепаньяк) (Польша), И. Зиньковская (ОИЯИ, Молдова), А.Ю. Дмитриев (ОИЯИ), В. Свозилик (Чехия), А. Краковска (Чехия), К. Бетсоу (Греция), Ш. Алайбеу (Албания), Зикхона Ндлову (ЮАР) «наша Зина», Ю. Алексеенок (ОИЯИ)

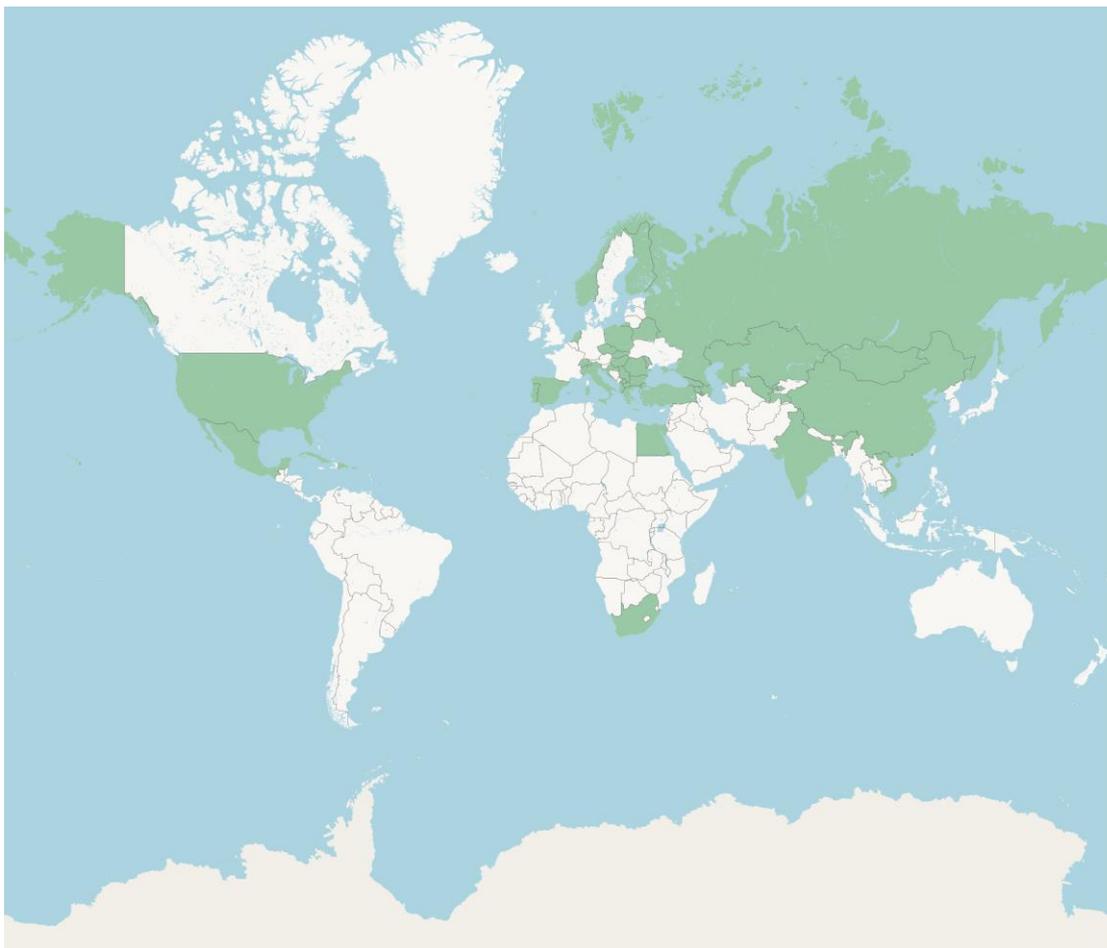
## Докторские

Н.Я. Цыбакашвили (Грузия), Л.А. Церцвадзе (Грузия), И. Зиньковская (ОИЯИ, Молдова), В. Бадави (ОИЯИ, Египет)

# Научные школы



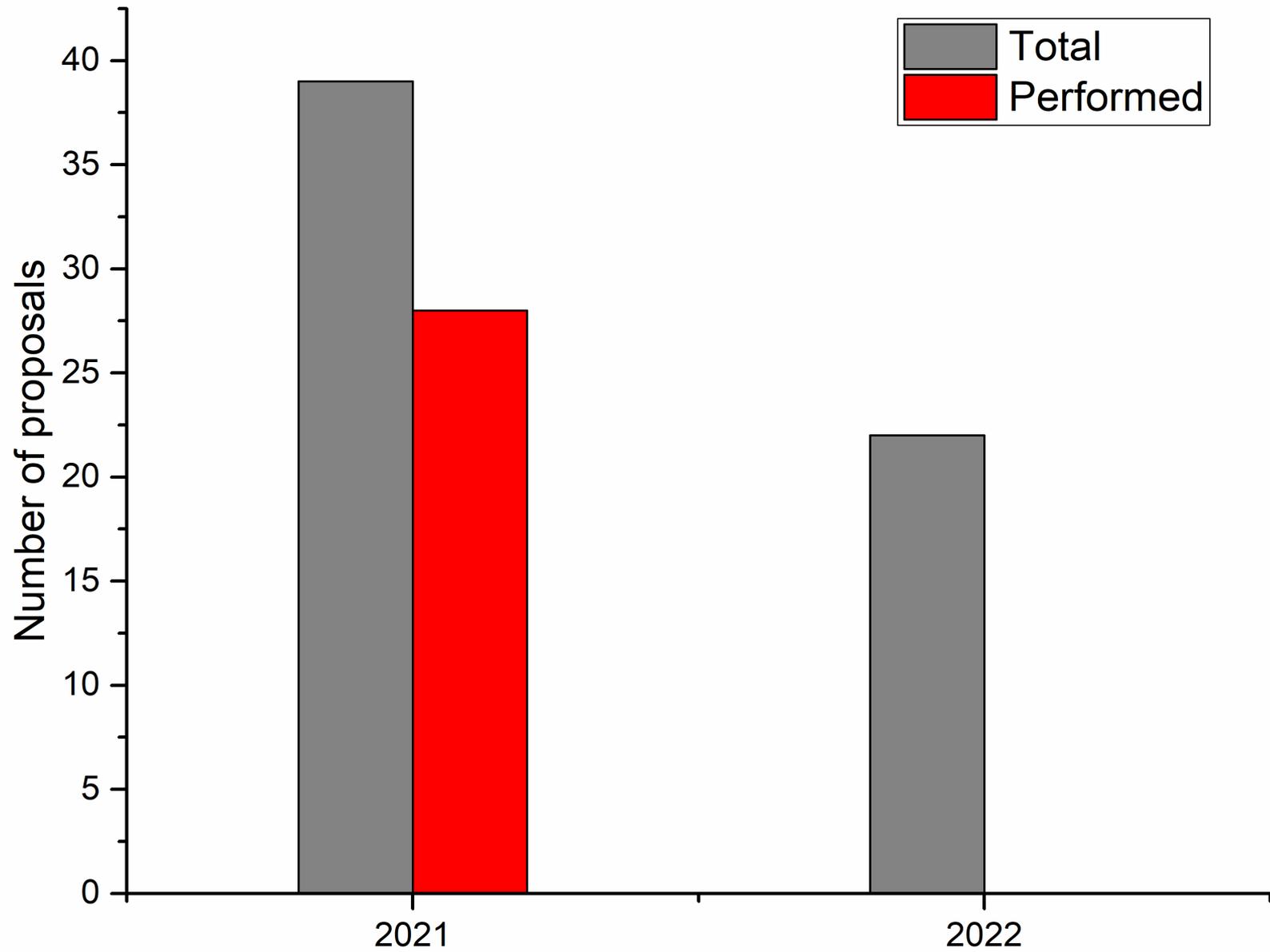
# Международное сотрудничество



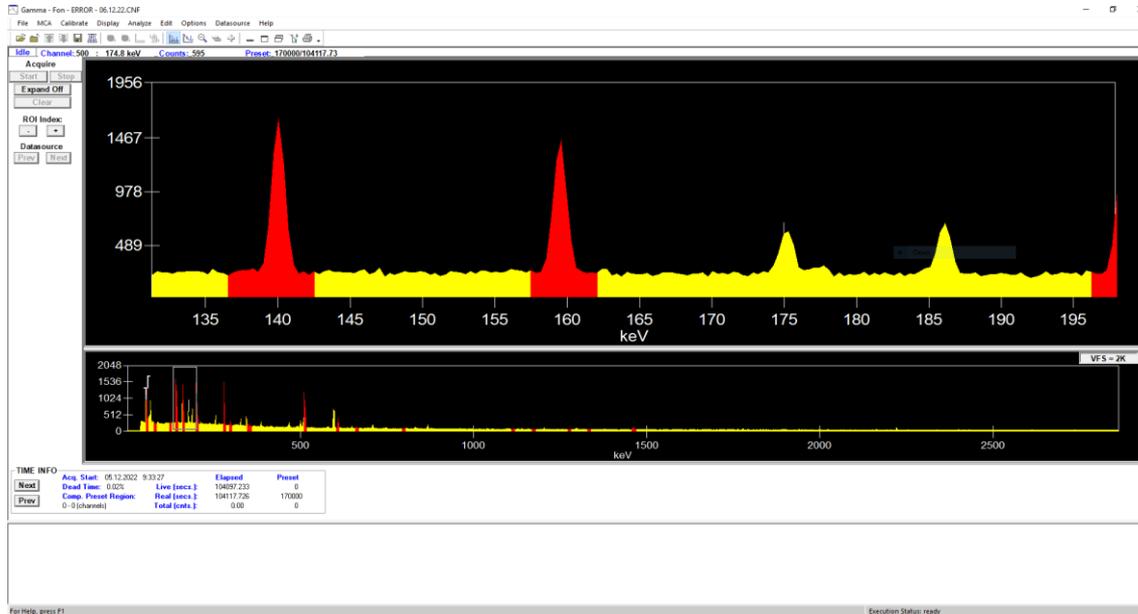
## International collaboration

<b>Albania</b>	<b>1</b>	<b>Mexico</b>	<b>1</b>
<b>Armenia</b>	<b>2</b>	<b>Moldova</b>	<b>4</b>
<b>Azerbaijan</b>	<b>5</b>	<b>Mongolia</b>	<b>2</b>
<b>Belarus</b>	<b>3</b>	<b>Netherlands</b>	<b>1</b>
<b>Bulgaria</b>	<b>5</b>	<b>Norway</b>	<b>6</b>
<b>China</b>	<b>1</b>	<b>Poland</b>	<b>6</b>
<b>Croatia</b>	<b>1</b>	<b>Portugal</b>	<b>2</b>
<b>Cuba</b>	<b>1</b>	<b>Romania</b>	<b>11</b>
<b>Czech Republic</b>	<b>3</b>	<b>Russia</b>	<b>45</b>
<b>Dominican Republic</b>	<b>1</b>	<b>Serbia</b>	<b>6</b>
<b>Egypt</b>	<b>9</b>	<b>Slovakia</b>	<b>3</b>
<b>Finland</b>	<b>1</b>	<b>South Africa</b>	<b>3</b>
<b>Georgia</b>	<b>2</b>	<b>Spain</b>	<b>1</b>
<b>Greece</b>	<b>1</b>	<b>Switzerland</b>	<b>1</b>
<b>Hungary</b>	<b>1</b>	<b>Tajikistan</b>	<b>1</b>
<b>India</b>	<b>1</b>	<b>Turkey</b>	<b>2</b>
<b>Italy</b>	<b>1</b>	<b>United States</b>	<b>2</b>
<b>Kazakhstan</b>	<b>3</b>	<b>Vietnam</b>	<b>3</b>
<b>Macedonia</b>	<b>1</b>		

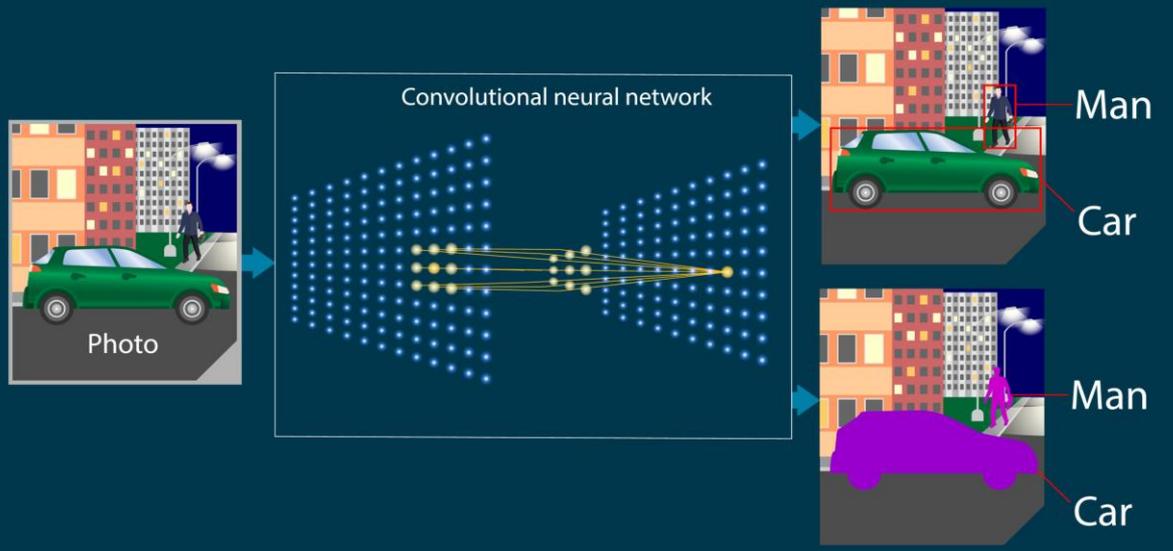
# Участие в программе пользователей



# Автоматизация обработки гамма-спектров



## Object detection and Instance segmentation



# Научные направления

- Экология
- Нанотоксикология
- Медицина
- Геология
- Археология
- Анализ объектов внеземного происхождения
- Материаловедение и др.

Выражаю огромную благодарность сотрудникам сектора за их вклад в развитие метода нейтронно-активационного анализа и научной программы на установке РЕГАТА.

**Спасибо за внимание!**