



# «Развитие Научно-образовательного медицинского центра ядерной медицины в «НИЦ Курчатовский институт»

*С.М. Деев, И.Н. Завестовская, Н.В. Карпов*

Перспективные направления развития энергетической безопасности ядерных и  
радиационных технологий,  
Минск, 20-22 мая 2025

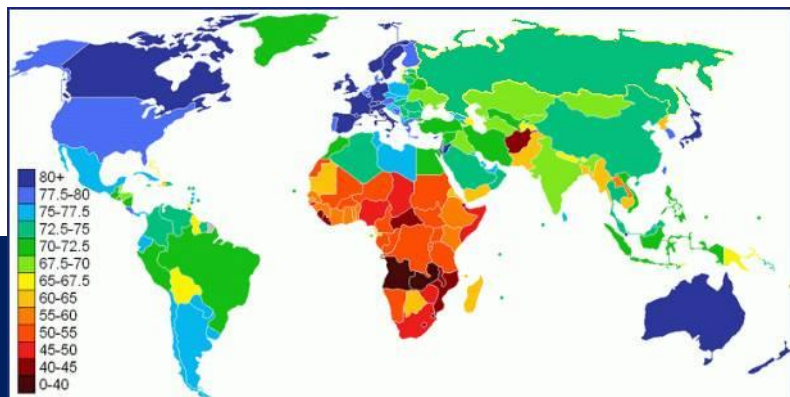


**СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ЦЕЛЬ** – повышение продолжительности жизни до 78 лет

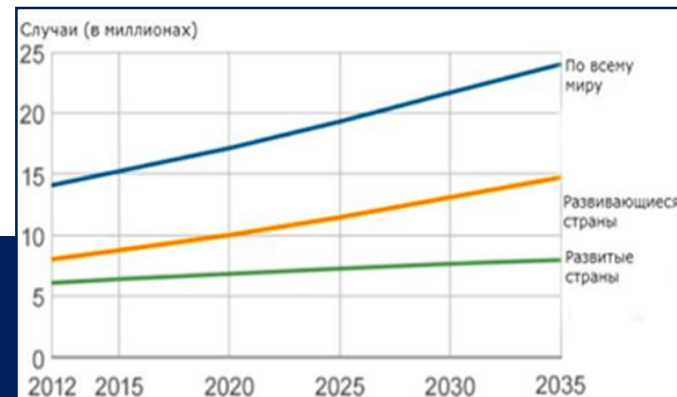


**Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474** «О национальных целях развития РФ на период до 2030г.»

**Указ Президента РФ от 28 февраля 2024 г. № 145** «О Стратегии научно-технологического развития РФ»



Продолжительность жизни в мире



Динамика роста онкологических заболеваний (по данным ВОЗ)

### ПРИОРИТЕТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РФ

В ближайшее десятилетие приоритетами научно-технологического развития следует считать направления, позволяющие получить значимые научные и научно-технические результаты, создать отечественные наукоемкие технологии и обеспечивающие:

- переход к персонализированной, предиктивной и профилактической медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения, в том числе за счет рационального применения лекарственных препаратов (прежде всего антибактериальных) и использования генетических данных и технологий;

- **Вызовы для продолжительности жизни людей** – смертельные болезни, второе место – рак.
- К 2030 году число новых заболеваний раком и смертность от него возрастет **в 2 раза** (данные ВОЗ).
- В 2023 г. в Российской Федерации впервые выявлены **674 587** случаев злокачественных новообразований. Прирост данного показателя по сравнению с 2022 г. составил **8,0%**.
- **Радиационные методы** (в том числе в сочетании с хирургией и химиотерапией) показаны **70%** онкологических больных.



**Кардиология**

46 %



**Неврология**

10 %



**Онкология**

34 %



**Иные  
заболевания**

10 %

**ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА**

Радиоактивные изотопы

**ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА И  
ТЕРАПИЯ**

Источники излучения

**Программа развития направления «Ядерная медицина»  
НИЦ «Курчатовский институт»**

Фундаментальные и  
прикладные исследования  
в рамках **Тематического  
плана** НИОКР  
НИЦ «Курчатовский институт»  
на 2023 год и плановый  
период 2024-2025 годов

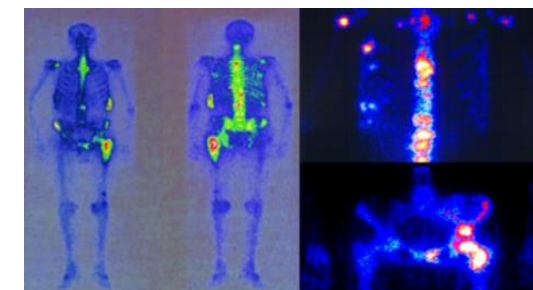
**Федеральная научно-  
техническая программа**  
синхротронных и нейтронных  
исследований и  
исследовательской  
инфраструктуры  
на 2019 – 2027 годы



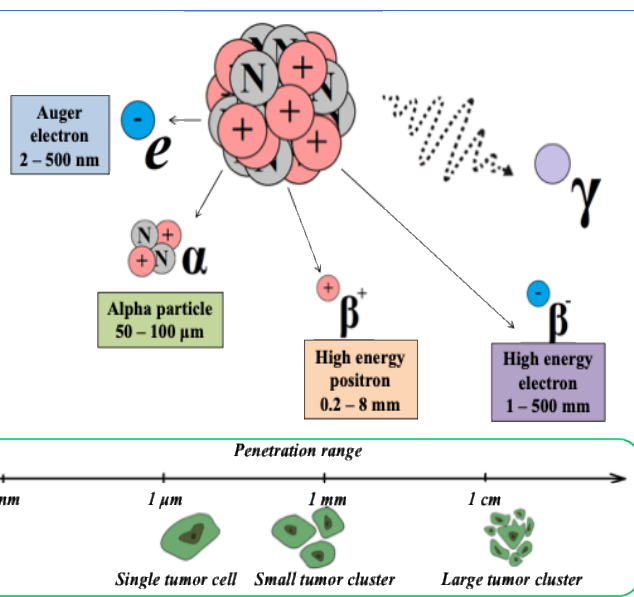
Расширение спектра  
производимых РФЛП в РФ



Создание комплексов  
адронной терапии



*Последние достижения сосредоточены на разработке адресных  
РФЛП для эффективной терапии и диагностики заболеваний.*





ФНТП «Развитие синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры на 2019-2027 гг»

**НИЦ «Курчатовский институт»** -  
головная научная организация совместно  
с ведущими медицинскими организациями

- НМИЦ радиологии МЗ РФ
- Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А. М. Гранова
- ГК «ММЦ»
- Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского
- Ленинградская областная клиническая больница
- Комитет по здравоохранению Лен. Области
- АО «Номеко»

## Цели и задачи:

- сопровождение проекта ФНТП «Развитие синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры» НИЦ «КИ», включая сопровождение при проектировании и изготовлении ускорительного и другого ВТ оборудования для ЯМ и ЛТ
- разработка и продвижение передовых ядерно-физических технологий в диагностике и лечении сердечно-сосудистых, онкологических и др. заболеваний
- подготовка и переподготовка профессиональных кадров в области ядерной медицины (программы ВО, ДПО и др)
- организация совместных работ с медицинскими партнерами, включая разработку МТЗ, МТТ, проведение испытаний
- создание научно-технологических заделов и внедрение эффективных технологий ядерной медицины и адронной терапии

Создание экспериментально-клинического  
комплекса ионной лучевой терапии на  
действующем ускорительном комплексе У-70

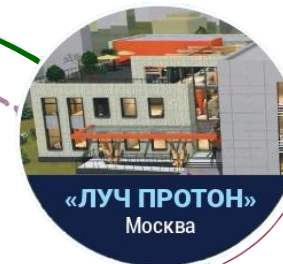


«ЛУЧ У-70»  
Протвино



«ЛУЧ ТИП-ИОН»  
Протвино

Создание прототипа типового отечественного  
клинического центра ионной углеродной терапии



«ЛУЧ ПРОТОН»  
Москва

Создание  
комплекса  
протонной лучевой  
терапии

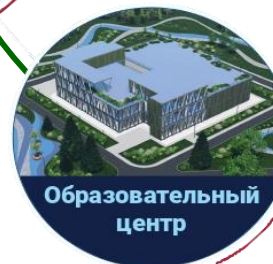
**НОВЕЙШИЙ ЦЕНТР  
ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ**  
на базе передового  
отечественного оборудования



«ОКО»  
Гатчина

Создание  
Онкоофтальмологического  
комплекса

Подготовка кадров  
в области  
ядерной медицины



Образовательный  
центр



Консультационный  
центр

Сопровождение проектирования  
модульных центров  
ядерной медицины



«ИЗОТОП»  
Гатчина

Создание  
радиоизотопного  
комплекса для получения  
широкого спектра  
радиоизотопов для  
диагностики и терапии  
онкологических,  
сердечно-сосудистых,  
неврологических и  
офтальмологических  
заболеваний





## УСКОРИТЕЛИ

Автоматизированный компактный ускоритель отрицательных ионов  
(Siemens) до 11 МэВ

*Изохронный циклотрон У-150, 32 МэВ*

Протонный циклотрон Ц-80, 40-80 МэВ

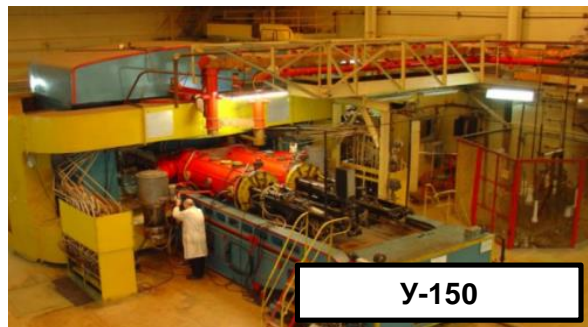
Протонный циклотрон Ц-70 (IBA), 70 МэВ

Протонный циклотрон СЦ-1000, 1000 МэВ

У-70, 70 ГэВ



Ц-80



У-150

## РЕАКТОРЫ

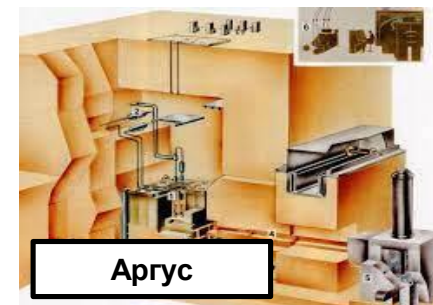
Исследовательский реактор ИР-8, 8 МВт

Реактор ВВР-М, 14 МВт

Высокопоточный реактор ПИК, 100 МВт



ИР-8



Аргус



ПИК



ВВР-М

Обеспечена возможность получения следующих радионуклидов:

$^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{18}\text{F}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{35}\text{S}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Mg}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{64}\text{Cu}$ ,  $^{67}\text{Cu}$ ,  $^{68}\text{Ge}$ ,  $^{82}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{99}\text{Mo}$ ,  $^{111}\text{In}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{124}\text{I}$ ,  $^{125}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{124}\text{Xe}$ ,  $^{127}\text{Xe}$ ,  $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{149}\text{Tb}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  
 $^{153}\text{Gd}$ ,  $^{177}\text{Lu}$ ,  $^{186}\text{Re}$ ,  $^{188}\text{Re}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{197}\text{Hg}$ ,  $^{198}\text{Au}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{203}\text{Tl}$ ,  $^{204}\text{Tl}$ ,  $^{211}\text{At}$ ,  $^{212}\text{Bi}$ ,  $^{213}\text{Bi}$ ,  $^{223}\text{Ra}$ ,  $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{225}\text{Ac}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{229}\text{Th}$



«ЛУЧ ПРОТОН» - прототип типового комплекса ПЛТ для последующего тиражирования.



## Характеристики установки:

- энергия –  $70 \div 250$  МэВ
- интенсивность –  $5 \times 10^{10}$  протонов в секунду
- установка типа «Гантри»
- горизонтальный фиксированный пучок
- максимальный размер дозового распределения –  $25 \times 25$  см
- 3D-система рентгеновского позиционирования
- система формирования дозовых распределений: пассивная, активная
- универсальное средство позиционирования стол-кресло



г. Москва

**2024г.**

- Разработана проектная документация
- Разработаны эскизные проекты ускорителей
- Получение положительного заключения экспертизы

**2025г. – 2027г.**

- Разработка и изготовление нестандартизированного оборудования, монтаж и пуско-наладка оборудования

**2028 г.**

- Ввод в эксплуатацию

**2029 г.**

- Регистрация медицинского изделия

**2030 г.**

- Начало оказания медицинской помощи

## ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПЛТ:

### ТОЧНОСТЬ

- локализация лучевого воздействия в области заданного объема за счет пика Брэгга
- облучение малых и сверхмалых мишеней, в том числе расположенных практически вплотную к «критическим» органам

### БЕЗОПАСНОСТЬ

- минимизация лучевой нагрузки на здоровые ткани

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ

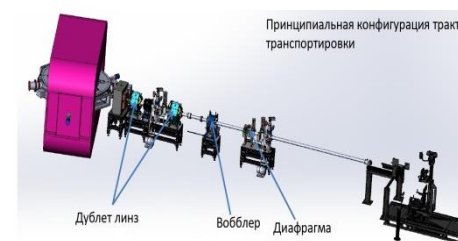
- снижение риска вторичных злокачественных новообразований и побочных эффектов

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛТ:

Технологии диагностики и лучевой терапии социально значимых заболеваний протонными и ионными пучками с использованием бинарных ядерно-физических методов для усиления поражающего воздействия на больные клетки и минимизации лучевого поражения здоровых органов

## «ОКО» - комплекс ПЛТ для онкоофтальмологии

отработка отечественных технологий ПЛТ злокачественных новообразований глаз и обеспечение лечения пациентов с опухолями органов зрения в России и тиражирования технологий



Принципиальная конфигурация тракта транспортировки

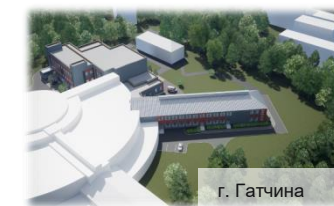


Общий вид процедурного помещения.

## Характеристики установки:

- энергия – 70 МэВ;
- интенсивность –  $1,0 - 1,5$  мкА,
- диаметр поперечного сечения – 60 мм
- расходимость пучка – не более 60 мрад
- неравномерность плотности частиц по сечению пучка – не более  $\pm 3\%$

- 1 Базалиома;
- 2 Меланома;
- 3 Рецидив меланомы орбиты;
- 4 Рак: кожи век, внутреннего угла глаза, конъюнктивы, слезных желёз



г. Гатчина

**2022г. – 2023г.**

- Получено положительное заключения экспертизы 15.12.2022 г.
- Изготовление и поставка оборудования
- Строительство объекта

**2024г.**

- Ввод в эксплуатацию и регистрация медицинского изделия
- Получение медицинской лицензии

**2025 г.**

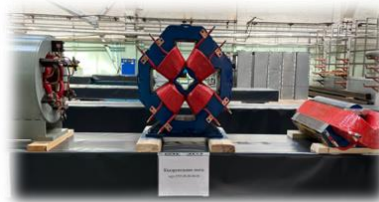
- Начало оказания медицинской помощи



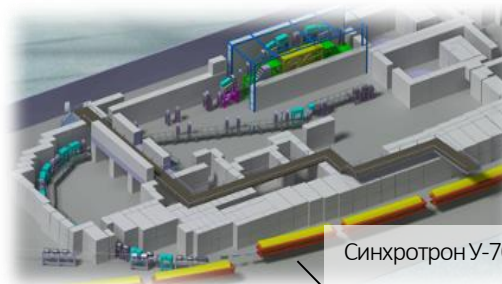


В НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» - ИФВЭ получен **ЕДИНСТВЕННЫЙ В РОССИИ** пучок ионов углерода, его параметры соответствуют требованиям лучевой терапии:

- система медленного вывода пучка длительностью 1–2 сек
- энергия –  $200 \div 450$  МэВ/нуклон
- интенсивность – до  $10^9$  частиц/сек
- неоднородностью не более  $\pm 2.5\%$ .



г. Протвино



Синхротрон У-70

**2030г.**  
Создание  
комплекса  
ИЛТ

**2031г.**  
Проведение  
регистрации  
медицинского изделия

**2032г.**  
Начало оказания  
медицинской  
помощи

**«Луч-Тип-Ион»** - типовой клинический центр ИЛТ

- тиражирование центров ИЛТ

**до 600 пациентов в год**

Получено положительное заключение

ФАУ «Главгосэкспертиза России» от 31.03.2023

**«Луч У-70»** - экспериментально-клинический комплекс ИЛТ

- отработка технологий лечения;
- разработка оборудования нового поколения;
- подготовка кадров.

**до 600 пациентов в год**

Получено положительное заключение

ФАУ «Главгосэкспертиза России» от 29.03.2023

**2026г.**  
Создание  
комплекса  
ИЛТ

**2027г.**  
Проведение  
регистрации  
медицинского  
изделия

**2028г.**  
Внедрение  
клинических  
рекомендаций

**2028г.**  
Начало оказания  
медицинской  
помощи

 **В РОССИИ**

около **1 200**  
пациентов в год нуждаются в  
ионной лучевой терапии (ИЛТ)

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технологии сочетанного действия протонными и ионными пучками для получения синергетического действия и увеличения эффективности терапии



эффективно воздействует на  
радиорезистентные опухоли



показывает высокую  
ОБЭ =  $2,5 \div 3$



более короткий курс облучения по  
сравнению с протонами (в 2 – 3 раза)



эффективность применения 90 %



## Диагностические

### ОФЭКТ

$\gamma$  - излучатели

$T_{1/2}$  от минут до нескольких дней

$^{99m}\text{Tc}$ ,  $^{111}\text{In}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{155}\text{Tb}$ ,  $^{201}\text{Tl}$

### ПЭТ

$\beta^+$  излучатели

$T_{1/2}$  от секунд до нескольких дней

$^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{18}\text{F}$ ,  $^{43}\text{Sc}$ ,  $^{44}\text{Sc}$ ,  $^{62}\text{Cu}$ ,  
 $^{64}\text{Cu}$ ,  $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ ,  $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ ,  $^{86}\text{Y}$ ,  $^{89}\text{Zr}$ ,  
 $^{124}\text{I}$ ,  $^{132}\text{La}$ ,  $^{135}\text{La}$ ,  $^{152}\text{Tb}$

## Терапевтические

### Бета-излучатели

100–2000 кэВ (пробег  
электронов в ткани  
составляет несколько мм)

$^{47}\text{Sc}$ ,  $^{67}\text{Cu}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{117\text{m}}\text{Sn}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  
 $^{161}\text{Tb}$ ,  $^{166}\text{Ho}$ ,  $^{169}\text{Er}$ ,  $^{177}\text{Lu}$ ,  
 $^{186}\text{Re}$ ,  $^{188}\text{Re}$

### Альфа-излучатели

с высокой линейной  
передачей энергии  
(~80 кэВ/мкм) и коротким  
пробегом частиц (50-90  
мкм)

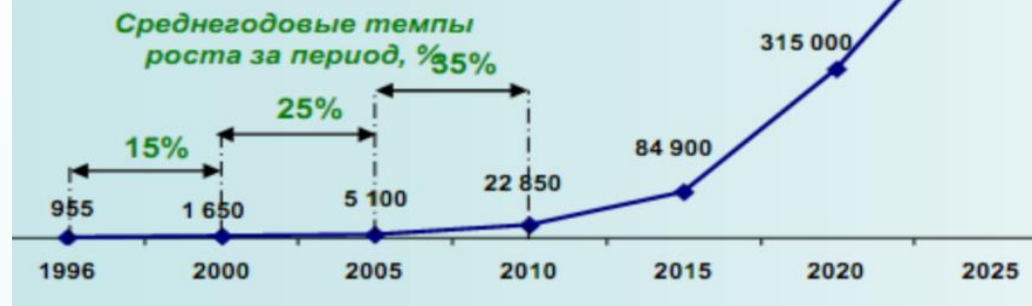
$^{149}\text{Tb}$ ,  $^{211}\text{At}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  
 $^{213}\text{Bi}$ ,  $^{223}\text{Ra}$ ,  
 $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{225}\text{Ac}$ ,  $^{227}\text{Th}$

### Оже-электроны

с линейной передачей  
энергии до 26 кэВ/мкм и  
очень коротким пробегом  
частиц от 3 нм

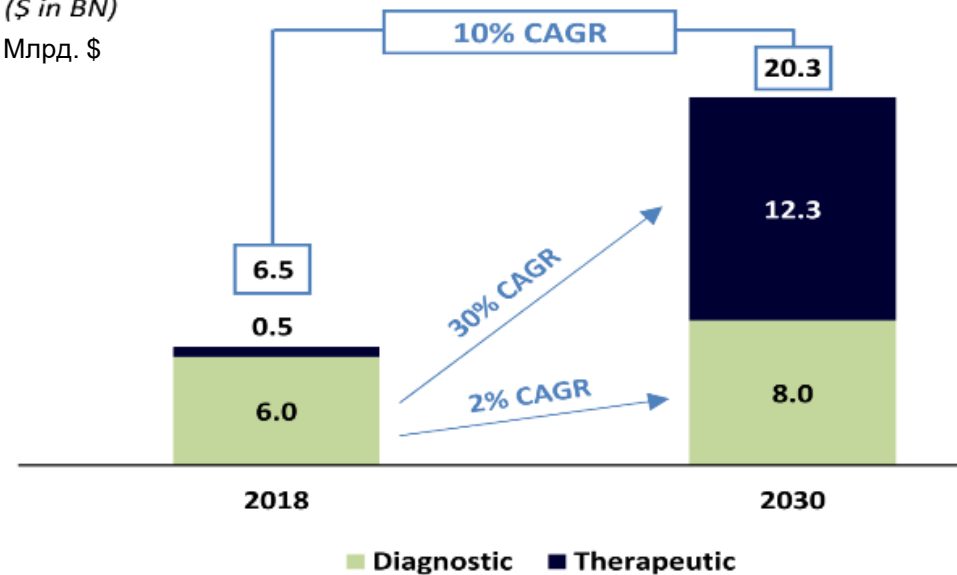
$^{103}\text{Pd}$ ,  $^{119}\text{Sb}$ ,  $^{111}\text{In}$ ,  
 $^{117\text{m}}\text{Sn}$ ,  $^{195\text{m}}\text{Pt}$ ,  $^{131}\text{Cs}$ ,  
 $^{165}\text{Er}$

Рост мирового рынка продукции и услуг ЯМ  
млн.долл. (экспертно)



(\$ in BN)

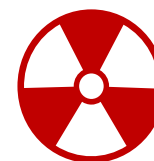
Млрд. \$



Прогноз глобального рынка РФЛП

Требуется увеличение объемов выпуска и видов доступных РФЛП





МЕДИЦИНСКИЕ ФИЗИКИ



ИНЖЕНЕРНЫЕ КАДРЫ



СПЕЦИАЛИСТЫ в области ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ и  
ТЕХНОЛОГИЙ



СПЕЦИАЛИСТЫ в области РАДИОХИМИИ и ОРГАНИЧЕСКОЙ  
ХИМИИ



МЕДИЦИНСКИЙ ПЕРСОНАЛ

## 1 УРОВЕНЬ - КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЗДАВАЕМЫХ КОМПЛЕКСОВ

Создание **территориальных кластеров на основе тиражирования модульных клинических центров** ядерных и ускорительных технологий с использованием отечественного оборудования, включая центры ионной и протонной лучевой терапии отечественного производства, для оснащения российского здравоохранения

## 2 УРОВЕНЬ - ПОДГОТОВКА, ПЕРЕПОДГОТОВКА И ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ КАДРОВ В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНСКОЙ РАДИОЛОГИИ



Октябрь 2025 года

## III Международный форум природоподобных технологий

<http://nrcki.ru/catalog/nauka/nauchno-organizacionnaya-deyatelnost/konferencii-i-seminary/>



НИЦ «Курчатовский институт»

Дом ученых им. академика А.П. Александрова  
(г. Москва, ул. Рогова, д.1)

### Организаторы:

- НИЦ «Курчатовский институт»
- Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН
- Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
- Национальный медицинский исследовательский центр радиологии Минздрава РФ

Октябрь 2025 года

## I Международная молодёжная научная школа по ядерной медицине

### IV Международная научная конференция

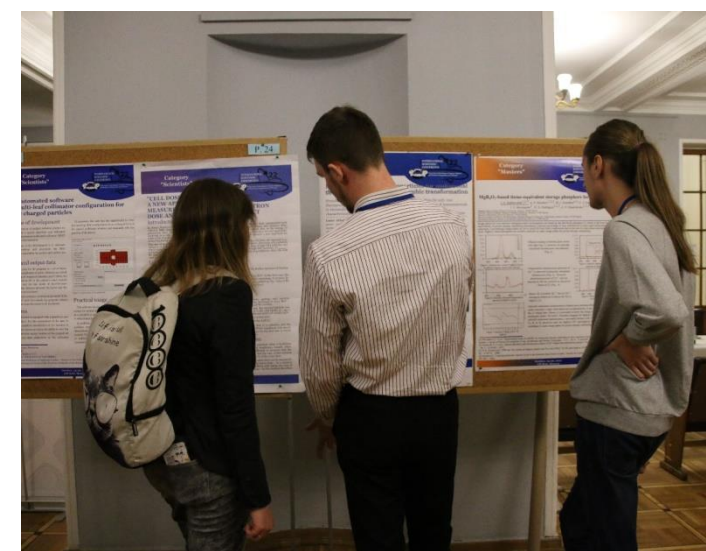
«Инновационные технологии ядерной медицины и лучевой диагностики и терапии»

<https://protonconf.lebedev.ru/>

### VII Международная молодёжная школа

«Инновационные ядерно-физические методы высокотехнологичной медицины»

<https://protonschool.lebedev.ru/>





Спасибо за внимание!

Перспективные направления развития энергетической безопасности ядерных и  
радиационных технологий,  
Минск, 20-22 мая 2025