



ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ  
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ  
ПРОГРАММ  
работаем из дома

SCIENCE  
BarHopping

Бумага  
paperpaper.ru

## Что с нами будет? Письма ученых о самом важном

Это письмо об ускорителях частиц, которые применяют в лечении рака



Привет!

Меня зовут Ярослав Шашков. Я кандидат технических наук, доцент [кафедры электрофизических установок НИЯУ МИФИ](#). Основная область исследований нашей кафедры — ускорители частиц. И в этом письме я расскажу, как они применяются в лечении онкологических заболеваний.

Но прежде чем начать, хочу пригласить вас на фестиваль [Science Bar Hopping](#), который пройдет 24 октября. На мою лекцию «Зачем (и как) ученые строят Небольшой адронный коллайдер, если уже есть Большой?» места уже закончились, но можно выбрать другую — например, о новых инфекциях, свободе слова или восстании 3D-машин. Приходите!

А теперь к теме письма. Ускорители заряженных частиц имеют широкий спектр применения — начиная от досмотров грузов и обработки продуктов питания и заканчивая изучением фундаментальных блоков материи, из которых мы состоим. Но сегодня речь пойдет об одной из наиболее важных сфер использования — радиотерапии для лечения онкологических заболеваний, которую также называют лучевой терапией, или радиационной.

Существует три типа радиотерапии: контактная, дистанционная и радионуклидная. Мы сосредоточимся на дистанционной. Сразу отмечу, так как я физик, а не врач, об этом методе я буду говорить с физической точки зрения, а не медицинской. Так вот: суть радиотерапии заключается в том, чтобы использовать ионизирующее излучение в различных формах (рентген, гамма-излучение, частицы: протоны, ионы или нейтроны) для разрушения и уничтожения раковых клеток, при этом нанося минимально возможный вред здоровым тканям.

О том, что рентгеновское излучение может оказывать негативное влияние на опухоли, стало известно еще во времена Вильгельма Конрада Рентгена в XIX веке. Уже на следующий год после открытия X-лучей, в 1896-м, рентгеновское излучение впервые попробовали [использовать](#) для лечения опухолей. А после того как в Мария и Пьер Кюри [открыли](#) свойства радия — высокорadioактивного химического элемента, — они предположили, что и его можно использовать для лечения онкологии.

Постепенно методы радиотерапии развивались, а техническое усовершенствование аппаратов привело к использованию в медицине ускорителей заряженных частиц.

## Что такое ускоритель заряженных частиц

Это установка, которая ускоряет заряженные частицы — электроны, протоны, ионы — с помощью электромагнитных полей до высоких значений скоростей и энергий. Для разного применения требуются разные уровни энергий пучка частиц. При сравнительно низких энергиях ускоренные частицы используют, например, в медицине для генерации рентгеновского излучения, разрушения раковых клеток и стерилизации медицинского оборудования. А при высоких энергиях их применяют для фундаментальных исследований в области физики высоких энергий. Для этих целей служит, например, Большой адронный коллайдер и коллайдер NICA в Дубне.

Впервые лучевую терапию с помощью гамма-излучения провели в 1956 году в Стэнфорде. Для генерации излучения использовался линейный ускоритель электронов. Пациентом

был ребенок с [ретинобластомой](#) — это редкий вид рака глаза, при котором опухоль появляется на сетчатке.

Давайте посмотрим, как с помощью ускорителя частиц получают гамма-излучение и используют его для лечения рака.

## **Как работает линейный ускоритель частиц в медицине**

Говоря простыми словами, с помощью линейного ускорителя мы увеличиваем скорость пучка электронов, после чего они сталкиваются с металлической мишенью, и в результате возникает гамма-излучение, которое направляется в сторону пациента.

Современные линейные электронные ускорители для лечения онкологических больных оснащены компьютерными программами, которые по томографическому изображению органов и тканей составляют план облучения.

Прежде чем излучение достигает опухоли, оно проходит через специальную систему, которая обеспечивает его равномерность, а также через дозиметры, которые измеряют доставляемую до пациента дозу радиации.

Изменение формы гамма-излучения происходит при помощи многолепесткового коллиматора — устройства для получения параллельных пучков частиц или света, — встроенного в ускоритель, или специальных пластин, которые меняют свою позицию и подстраиваются под форму опухоли.

Дополнительное снижение нагрузки на здоровые ткани обеспечивается за счет облучения с опухоли с разных сторон. То есть вся система вращается вокруг пациента, который лежит на столе. Благодаря этому получается максимально снизить повреждение здоровых тканей.



Так выглядит современный линейный ускоритель частиц, который используется в медицине. Фото: Wikipedia

Посмотреть, как работает линейный электронный ускоритель для лечения рака, можно [здесь](#).

## **Кто в России занимается разработками в области современной радиотерапии**

У нас в стране есть несколько центров радиотерапии. Например, в 2014 году на базе Московского научно-исследовательского онкологического института имени П. А. Герцена, НИИ урологии имени Н. А. Лопаткина и Медицинского радиологического научного центра имени А. Ф. Цыба в Обнинске было создано [ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России](#). Одно из направлений его деятельности — протонная терапия.

Кроме того, в 2017 году в Петербурге открылся первый в России и странах СНГ протонно-лучевой центр — [Медицинский институт им. Березина Сергея \(МИБС\)](#). А в 2019 году [центр](#) протонной терапии открылся в Димитровграде Ульяновской области.

Отмечу, что протонная терапия отличается от терапии при помощи гамма-излучения способом ускорения, потому что

протоны и электроны ускоряются по-разному. Видео про принцип работы циклотрона можно посмотреть [здесь](#). Еще одно отличие — в том, что протонами мы атакуем опухоль напрямую, а электроны ускоряются лишь для того, чтобы сгенерировать гамма-излучение.

Вот [график](#) того, как поглощается энергия излучения в тканях пациента в зависимости от глубины погружения, для гамма-излучения и протонов. Мы видим, что для гамма-излучения сначала теряются малые энергии, потом возникает пик, а потом происходит спад энергии. Таким образом, в области, где у нас находится пик, по идее, должна располагаться опухоль, чтобы она получила максимальное повреждение.

У протонов этот пик гораздо более выраженный и узкий, это так называемый пик Брэгга. Суть в том, что частица сначала почти не теряет энергию, а затем, перед самой остановкой, начинает терять ее очень интенсивно. За счет этого свойства, которое можно рассчитать и направить, во время терапии наносится минимальный вред здоровым тканям, а опухоль можно по миллиметру выжигать даже в самых труднодоступных местах.

## Что будет дальше

В нашей стране всё еще существует недостаток установок для радиотерапии. Поэтому, во-первых, насколько мне известно, в ближайшее время планируется запустить их производство.

Во-вторых, в этом году было подписано [соглашение](#) о создании нового центра ядерной медицины. Среди его основных задач — развитие технологий, клинические исследования и внедрение в практику новых методов и оборудования для лучевой терапии. Кроме того, в центре будут готовить специалистов для работы в области ядерной медицины.

И в-третьих, продолжается научная деятельность в этой сфере. Например, в этом году в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН [разработали](#) ускоритель протонов, который послужил прототипом для создания медицинской установки бор-нейтронозахватной терапии рака. Во время такого лечения опухолевые клетки, насыщенные борсодержащим веществом, самоуничтожаются микровзрывом после облучения нейтронами.

# Что еще почитать и посмотреть об ускорителях частиц

- [Видео](#) об истории и современных мегаустановках, с помощью которых ученые изучают Вселенную.
- [Лекцию](#) преподавателя Оксфорда Сьюзан Шихи о том, как работают ускорители частиц.
- [Историю](#) самого большого рентгеновского лазера X-FEL.

На этом всё.

Отличных выходных и до встречи на [Science Bar Hopping](#) 24 октября!

Ярослав

---

Science Bar Hopping — это научный фестиваль, который организуют [Фонд инфраструктурных и образовательных программ](#) ([Группа РОСНАНО](#)) и «[Бумага](#)». Также мы делаем [научную рассылку](#) и YouTube-шоу «[Заходит ученый в бар](#)».

Вы получили это письмо, потому что подписались на рассылку проекта [Science Bar Hopping](#). Спасибо!

[Отписаться](#)