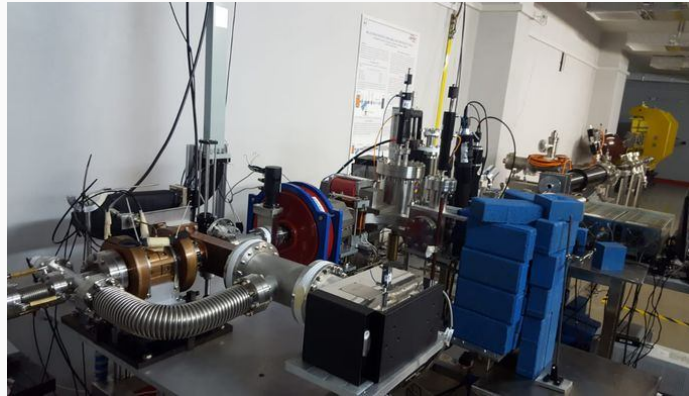


## Ученые выяснили, как излучение лазерных ускорителей влияет на живые клетки



Юррян Осипов

Исследователи изучили, как ультракороткое импульсное излучение новых лазерных ускорителей электронов влияет на живые клетки. По сравнению с рентгеновским излучением, оно вызывает преимущественно гибель клетки, а не нарушения в передаче наследственной информации. Это означает, что облученные раковые клетки не приобретут новые мутации, из-за которых могут стать более опасными, а окружающие их нормальные, но попавшие под удар, не переродятся. Новые знания помогут приблизить момент, когда такие устройства будут активно использовать в медицине и биологии в качестве более эффективной замены рентгеновским излучателям и традиционным ускорителям частиц. Но прежде чем их применять, ученым нужно выяснить все их свойства. Работа опубликована в журнале [International Journal of Molecular Sciences](#). Исследование поддержано Российским научным фондом.

Последние достижения в области лазерных технологий привели к разработке лазерных линейных ускорителей, которые могут посылать ультракороткие импульсные пучки электронов. Примером такой установки может служить лазерный ускоритель электронов AREAL (Advanced Research Electron Accelerator Laboratory), находящийся в Армении. Подобные устройства позволяют обеспечить большую точность и меньшее рассеивание пучка электронов по сравнению с обычными нелазерными ускорителями. Облучение происходит гораздо быстрее, чем многие химические реакции в облученных клетках. Это позволяет предположить, что возникают ранее неизученные радиационные процессы, которые могут повлиять на радиобиологическую эффективность излучения.

Используя это устройство, российские ученые из Федерального медицинского биофизического центра имени А. И. Бурназяна, Института химической физики имени Н. Н. Семенова и Московского физико-технического института совместно с коллегами из Армении исследовали, как его излучение влияет на клетки вне организма и сравнили с воздействием рентгеновского излучения. Особое внимание уделили образованию двухцепочечных разрывов ДНК – наиболее опасному для клеток повреждению структуры наследственного материала, так как в таком случае нормальное восстановление с помощью другой цепи почти невозможно. Именно эти повреждения являются одной из основных причин гибели клеток, а в случае их выживания – развития злокачественных новообразований.

Также исследователи изучили, как именно гибнут облученные клетки. Первый способ – аккуратная разборка клетки на составные части, которые переваривают макрофаги (апоптоз). Благодаря этому ее содержимое не попадает в окружающее пространство и не повреждает соседей. Другой вариант – некроз. В таком случае клетка разваливается и ее вещества (порой очень агрессивные) повреждают соседние клетки. В масштабах всего организма это вызывает воспаление, которое может привести к очень тяжелым последствиям и даже смерти. Кроме того, авторы исследовали формирование патологических микроядер, которые появляются из-за образования фрагментов хромосом и нарушений в делении клеток, вызванных облучением.

Ученые проводили исследование на выращенных вне организма фибробластах легких человека. Эти клетки синтезируют внеклеточный матрикс, к которому прикрепляются клетки и который определяет структуру ткани. Поглощенная доза была равна 0,1; 0,5 и 1 Гр, что меньше смертельной для человека (от 3 Гр). Оказалось, что после облучения клеток ультракороткими импульсными пучками электронов они восстанавливаются медленнее, чем после воздействия рентгена. Это свидетельствует о том, что лазерный ускоритель вызывает более серьезные нарушения в функционировании клетки. По мнению ученых, можно говорить даже о комплексном повреждении ДНК. При этих же дозах рентгеновского облучения ученые не обнаружили никаких существенных изменений в жизнеспособности клеток. В тоже время, при воздействии ультракороткими импульсными пучками электронов усиливался процесс апоптоза. Зафиксировать это помогла метка аннексином, связанным со светящимся красителем. У умирающей клетки происходит изменение состава мембраны, она как бы выворачивается наизнанку. Аннексин взаимодействует с одним из компонентов, оказавшихся снаружи, и участвует во взаимодействии с макрофагами. Воздействие лазерного ускорителя при этом практически не вызывало появление микроядер. Они формировались только при дозе 1 Гр. Таким образом, по сравнению с рентгеновским излучением, ультракороткое импульсное электронное излучение вызывает преимущественно гибель клетки, а не нарушения в передаче наследственной информации. Это означает, что облученные раковые клетки не приобретут новые мутации, из-за которых могут стать более опасными, а окружающие их нормальные, но попавшие под удар, не переродятся.

«Лазерные ускорители частиц в перспективе могут стать альтернативой используемым в настоящее время ускорителям. Но для начала нам необходимо изучить, какое влияние оказывает импульсное ультракороткое излучение на клетки и организм. Только после этого мы сможем найти им применение в биологии и медицине, например, в онкологии. Наше исследование – важный шаг на пути к этому, однако многие эффекты воздействия ультракоротких импульсных пучков электронов все еще остаются неизвестными», – прокомментировал Андреян Осипов, доктор биологических наук, профессор [РАН](#), заведующий отделом экспериментальной радиобиологии и радиационной медицины Федерального медицинского биофизического центра имени А. И. Бурназяна [ФМБА](#) России.