Исследование особенностей действия излучения, генерируемого Серпуховским ускорителем, на различные биологические объекты.

Смирнова Е.Н., Заичкина С.И., Розанова О.М., Ахмадиева А.Х., Аптикаева Г.Ф.

Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино, Россия

Экспериментальные исследования проводились в Лаборатории Радиационной цитогенетики Института биофизики РАН совместно с Отделом радиационных исследований ИФВЭ.

Эта работа была начата нами в середине 80-х годов, поскольку изучение мутагенного действия частиц высоких и сверхвысоких энергий представляло интерес с точки зрения оценки риска, как при работе на ускорителях, так и во время космических полетов.

Известно, что в земных условиях единственно доступными источниками излучения, близкого по своим физическим характеристикам к космическому, являются ускорители заряженных частиц.

Кроме прикладного аспекта, исследование биологического действия этих частиц является инструментом для изучения такой фундаментальной проблемы, как выяснение механизмов инициации и формирования повреждений в генетическом аппарате клеток, так называемых хромосомных нарушений, которые, как сейчас уже доказано, имеют непосредственное отношение к злокачественной трансформации клеток.

По-видимому, практически любая патология в организме, так или иначе, обусловлена изменениями в генетическом аппарате клеток.

С этой точки зрения, мы проводили исследование мутагенного действия и определение относительной биологической эффективности вторичного излучения от протонов с энергией 70 ГэВ и нейтронным излучением с энергией 30 ГэВ.

Объектами исследования служили: культура фибробластов китайского хомячка, клетки мыши линии NIH 3T3, 2 линии мышиной лимфомы, лимфоциты периферической крови человека, а также целые организмы: 2 вида растений: Vicia faba и Crepis capillaries и **мыши**.

Были получены дозовые зависимости и определена относительная биологическая эффективность с помощью цитогенетических и молекулярных методов.

Техническое обеспечение экспериментов и дозиметрия осуществлялись сотрудниками Отдела радиационных исследований.

Все исследуемые объекты облучали в зоне внутренней мишени 4-го канала при мощности дозы 1 Гр/мин. Вторичное излучение, генерируемое протонами с энергией 70 ГэВ, представляет собой естественную смесь частиц различных сортов и энергий (протоны, нейтроны, лептоны и другие), энергетический спектр которых простирается до 70 ГэВ. Число нейтронов в этой смеси составляет около 90 %. Средняя энергия в точке облучения наиболее значимых частиц равна: нейтронов – 47 ГэВ, протонов и заряженных пионов – 5 и 3,5 ГэВ, соответственно.

Облучение объектов в кольце ускорителя обеспечивалось специально разработанной системой автоматической доставки под руководством А.В. Антипова.

Хроническое нейтронное облучение проводили на канале нейтральных частиц с энергией 30 ГэВ.

Интенсивность до 10^7 за сброс длительностью 0.5 сек, частота повторения импульсов 0.1 Гц, примесь заряженных частиц 2%, средняя мощность дозы 6 сГр/сут.

Параллельно, такие же объекты облучали у-квантами ^{60}Co на установке ГУБЭ при мощности дозы 1,2 Гр/мин в Институте Биофизики в Пущино.

Для исследования мутагенного действия различных физических и химических факторов на клетки и организмы чаще всего используются цитогенетические методы.

Первым методом является анализ различных **хромосомных повреждений**, который основан на микроскопическом учете видимых нарушений структуры хромосом в делящихся клетках на определенных стадиях клеточного цикла.

Вторым способом оценки этих же цитогенетических нарушений, является метод подсчета клеток с микроядрами.

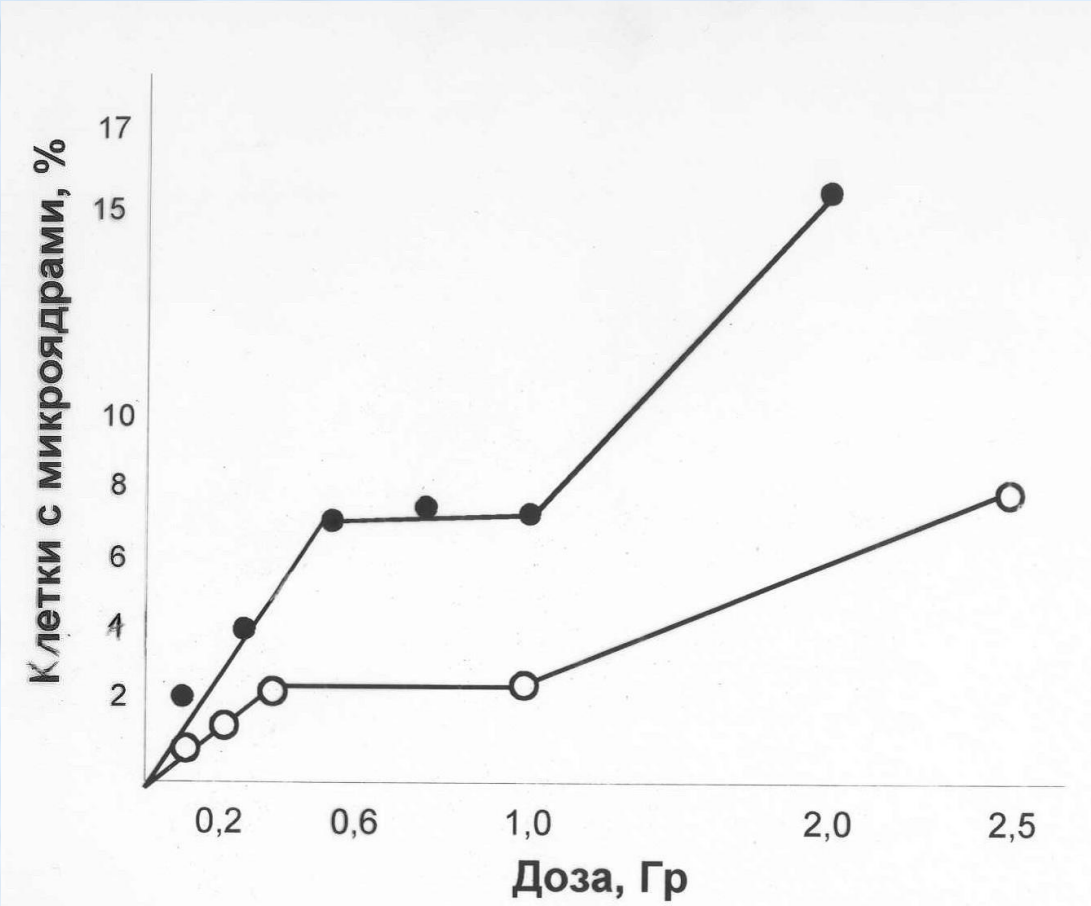
Микроядерный тест имеет ряд преимуществ, по сравнению с методом подсчета хромосомных нарушений, поскольку он позволяет получить сведения об эффективности воздействия сразу по всему клеточному циклу.

Поэтому в зависимости от задачи мы использовали оба метода.

За время нашей совместной работы было получено большое количество данных. Все они были опубликованы в различных отечественных и зарубежных журналах. Подробно были доложены в Вашем Институте на конференции в декабре 2001 года.

Наиболее интересными, с нашей точки зрения, на сегодняшний момент являются данные по изучению действия малых доз различных излучений.

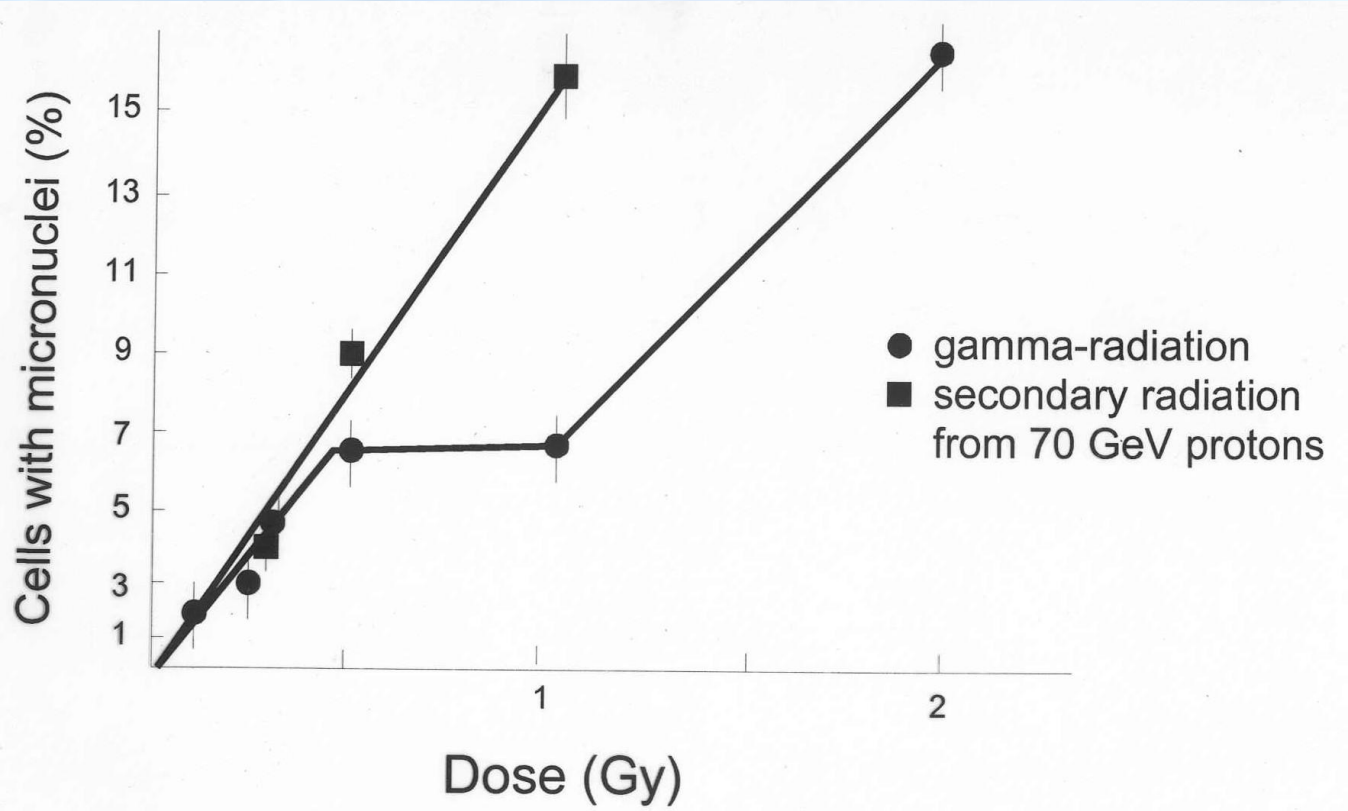
Дозовые зависимости на фибробластах китайского хомячка и растениях (проростки Vicia faba)

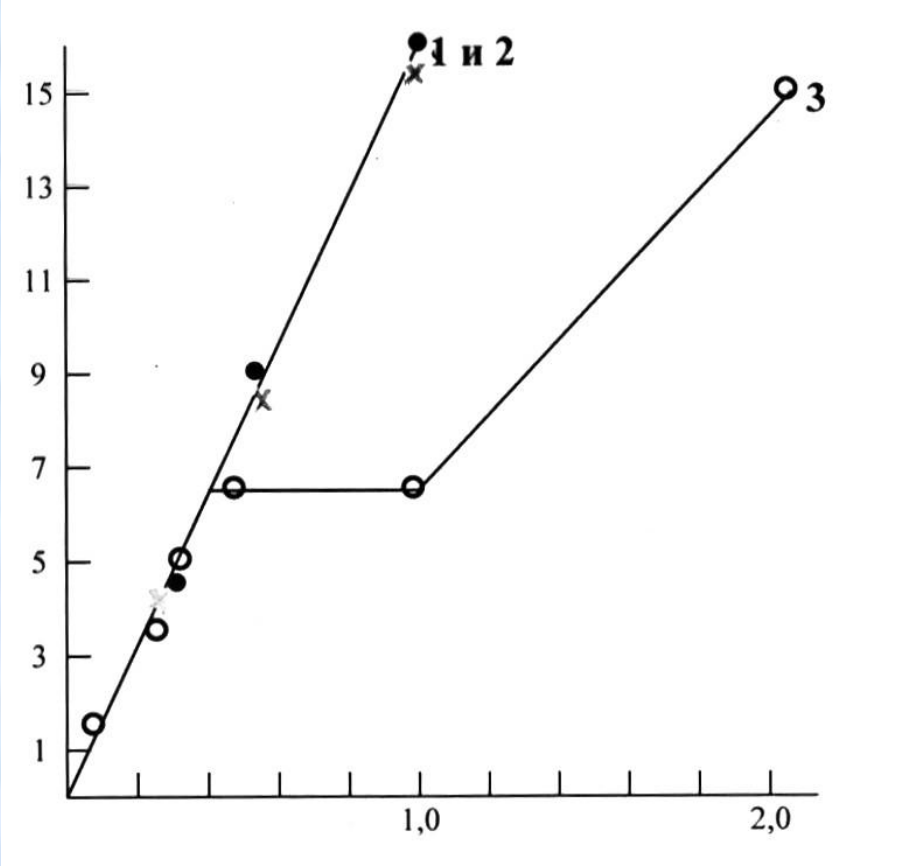


● Фибробласты китайского хомячка

○ Проростки семян Vicia faba

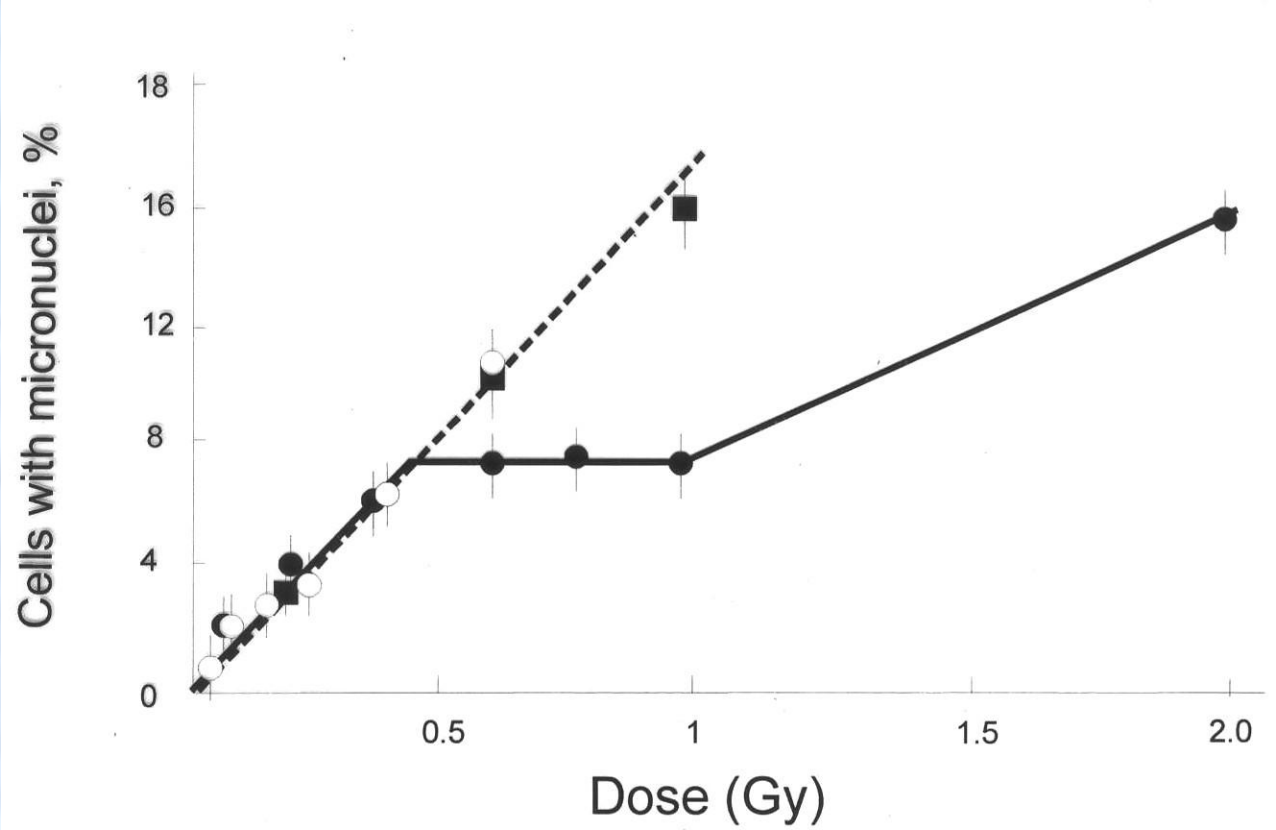
Дозовые зависимости на фибробластах китайского хомячка при γ–излучении и вторичном излучении протонов с энергией 70 ГэВ





Дозовые зависимости цитогенетического повреждения фибробластов китайского хомячка от дозы вторичного излучения (1), γ-излучения в присутствии кофеина (2) и γ-излучения (3)

По оси абсцисс доза облучения, Гр; по оси ординат – выход клеток с микроядрами

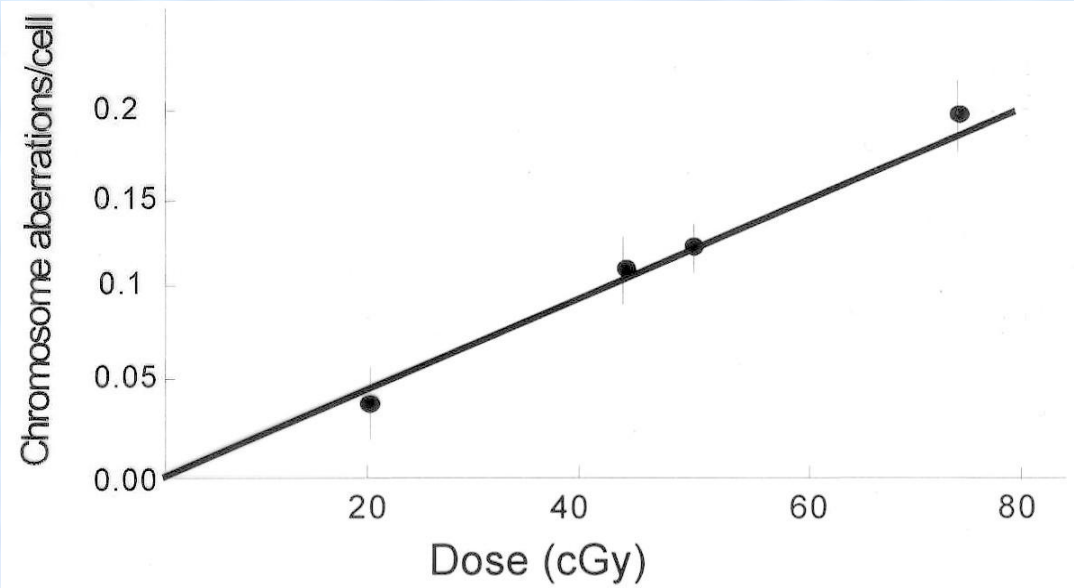


Дозовые зависимости при облучении культуры клеток фибробластов китайского хомячка

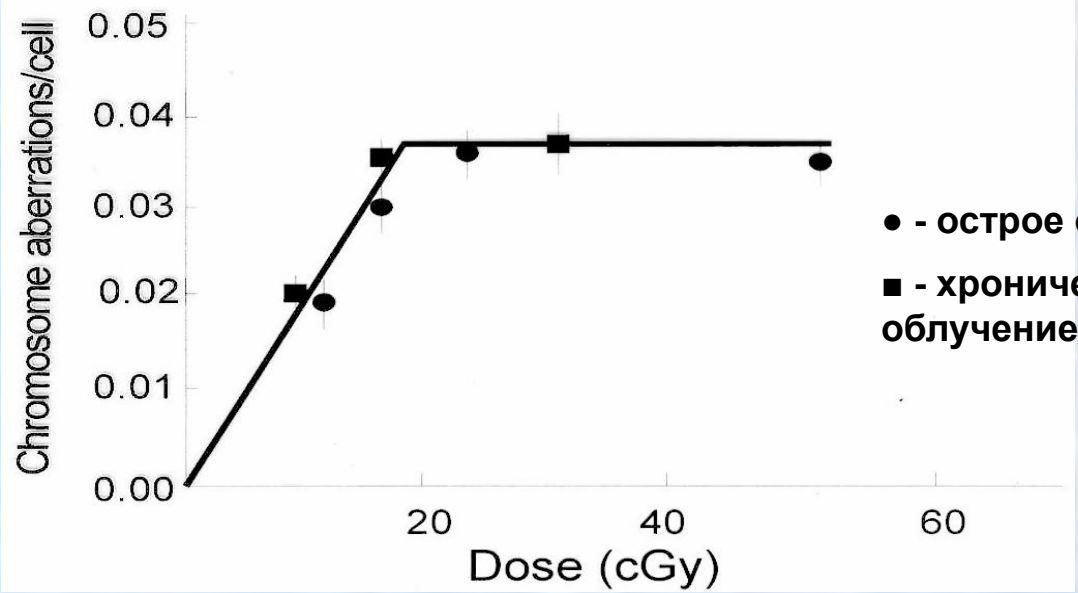
- ○ **нейтронами с энергией 30 ГэВ;**
- ■ **вторичным излучением протонов с энергией 70 ГэВ;**
- ● **γ-излучением.**

Дозовая зависимость по выходу аберраций хромосом в культуре лимфоцитов человека, полученной после облучения образцов донорской крови:

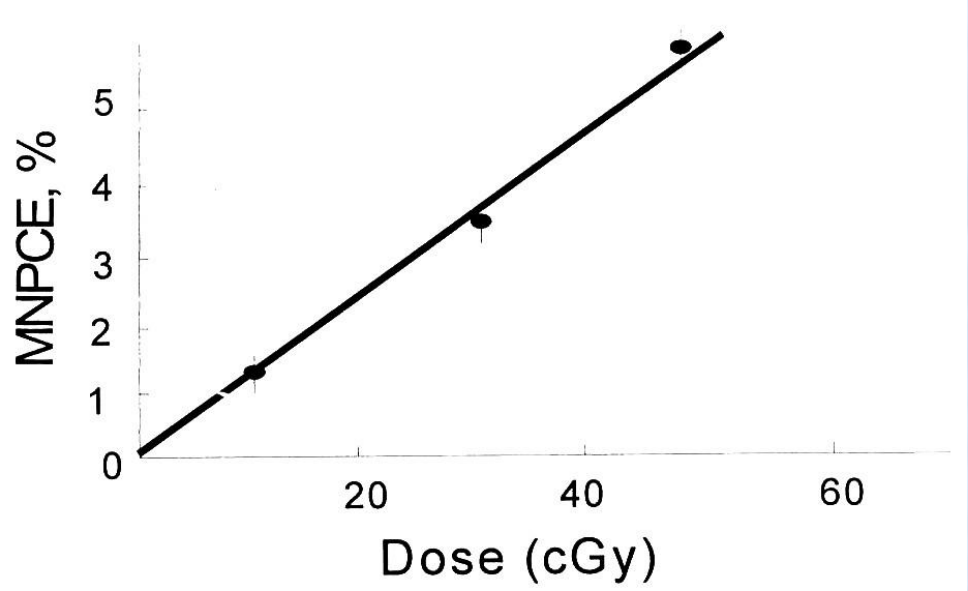
- нейтронами с энергией 30 ГэВ



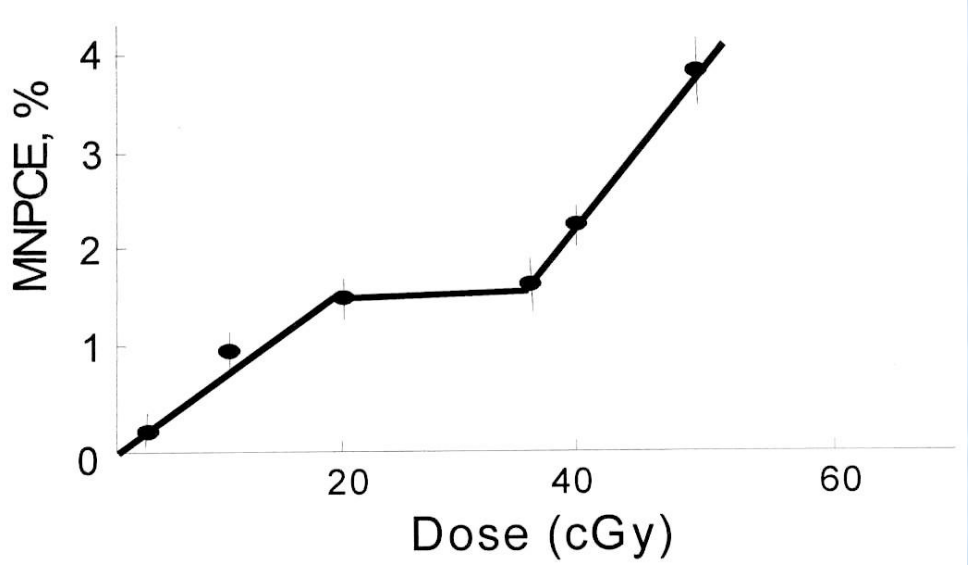
- γ-излучением



Дозовая зависимость выхода микроядер в полихроматофильных эритроцитах костного мозга мышей



Вторичное излучение от протонов с энергией 70 ГэВ



γ-излучение

Заключение:

В результате проведенных исследований на различных объектах при облучении малыми дозами острого и хронического излучений на Серпуховском ускорителе нами было показано, что эти виды излучения имеют ОБЭ от 1 до 3 в зависимости от величины дозы.

Мы предполагаем, что это связано с разной эффективностью репарации ДНК и качеством первоначально индуцированных повреждений ДНК.

Таким образом, повреждения от ускорителя не модифицируются ни протекторами ни ингибиторами. Это дает основание сделать вывод о том, что это излучение само ингибирует репарацию, так как модификация осуществляется через репарацию ДНК.