

DUBNA



JINR

Радиобиологические исследования в ОИЯИ

Е.А. Красавин



Основатели



Андрей Владимирович
Лебединский



Василий Васильевич
Парин



Олег Георгиевич Газенко



Юрий Григорьевич Григорьев

Основатели

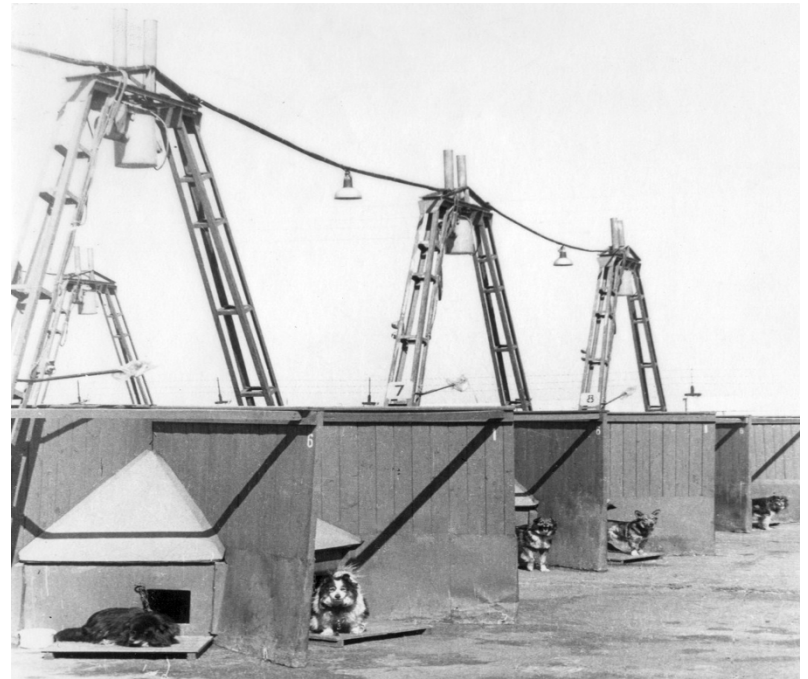


Первые радиобиологические эксперименты на синхроциклотроне

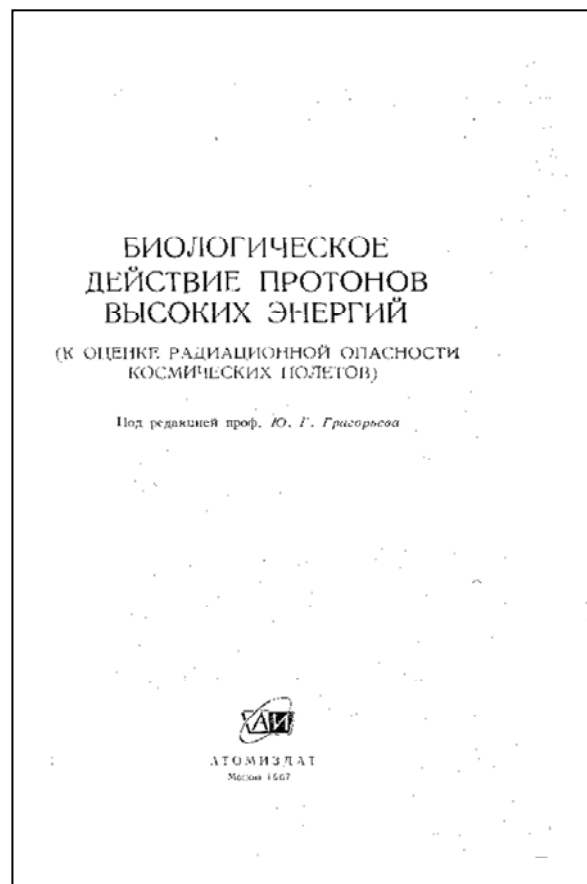
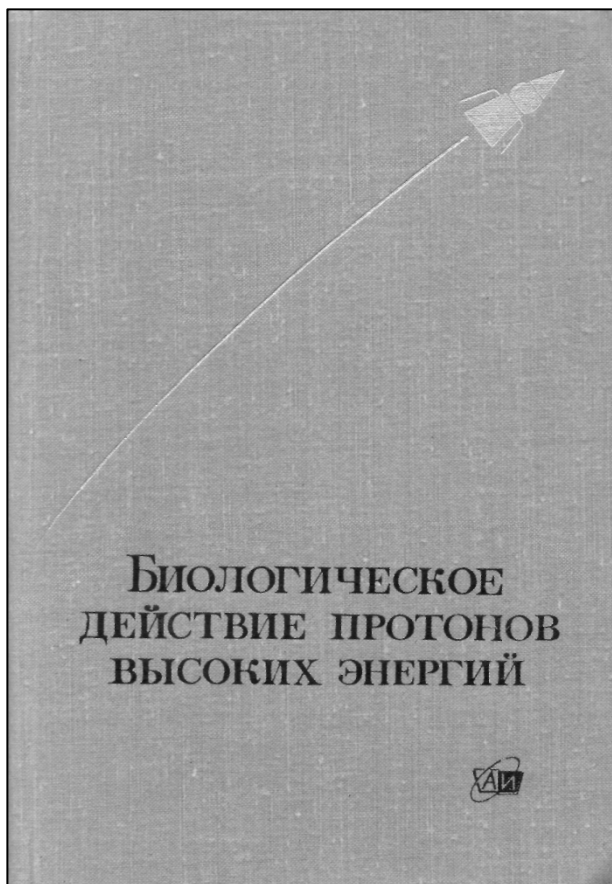


Первые радиобиологические эксперименты на синхроциклотроне





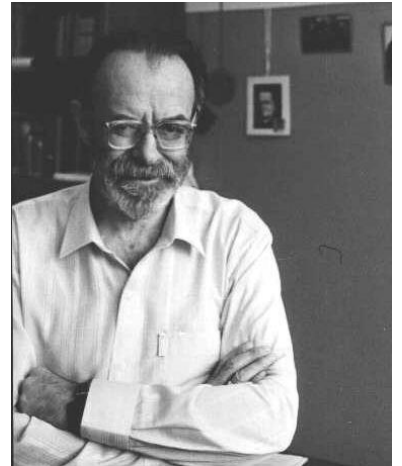






1978 г.

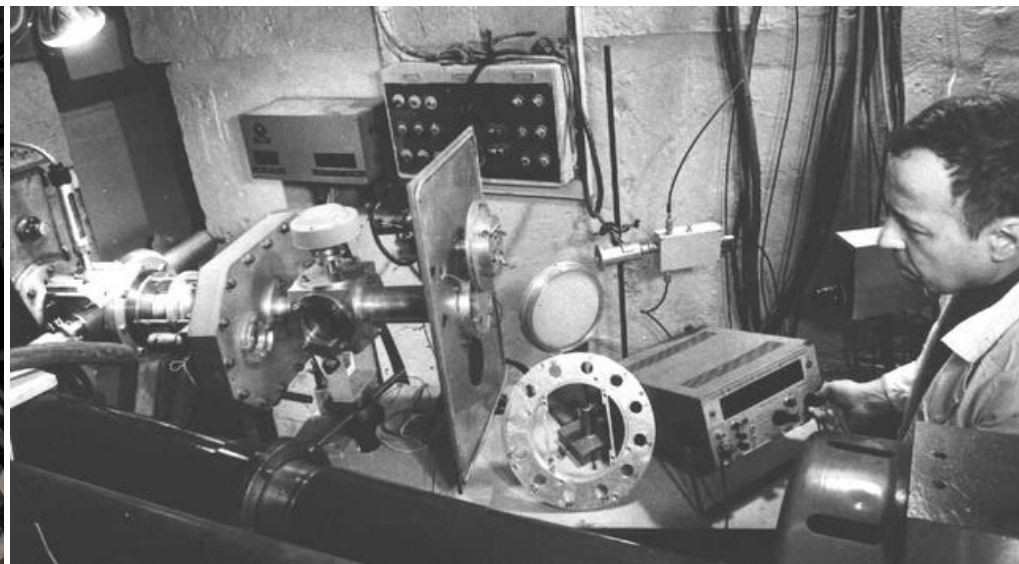
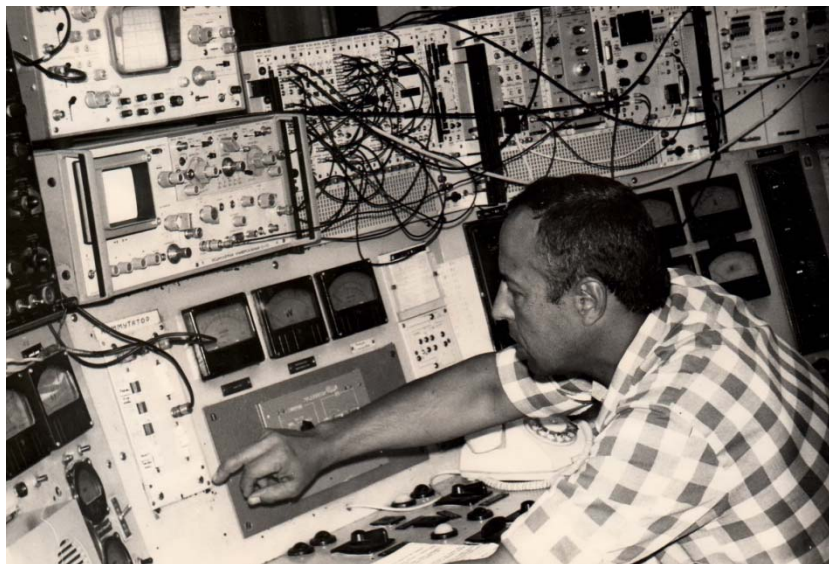
Создание сектора биологических исследований
Лаборатории ядерных проблем



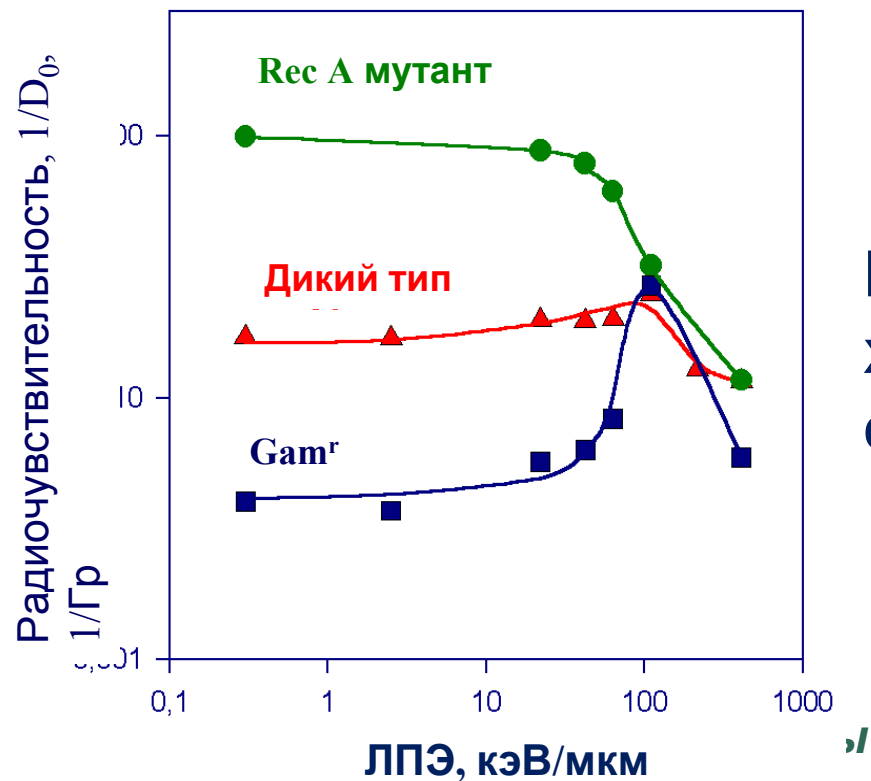
Проблема ОБЭ



Установка «Геном»



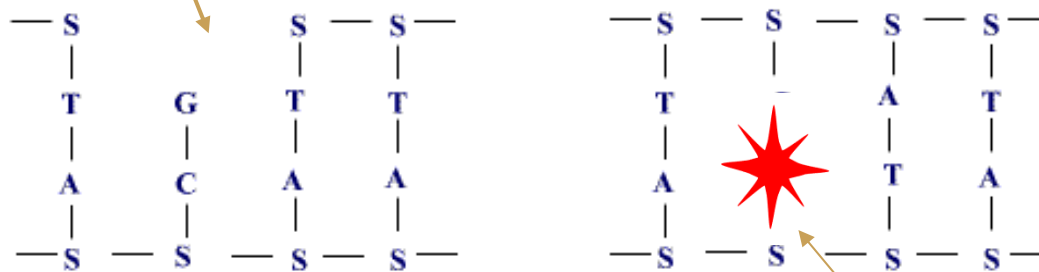
Бактериальные клетки



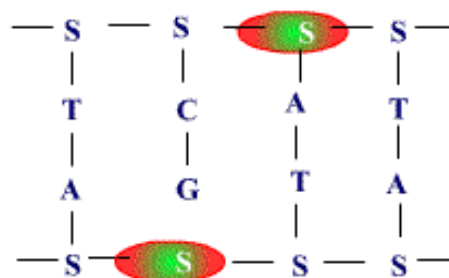
Влияние репарации ДНК на характер зависимости ОБЭ от ЛПЭ

Одиночные повреждения ДНК

Однонитевой разрыв



Повреждение основания

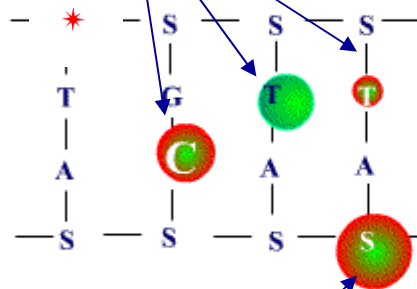


Повреждение сахара

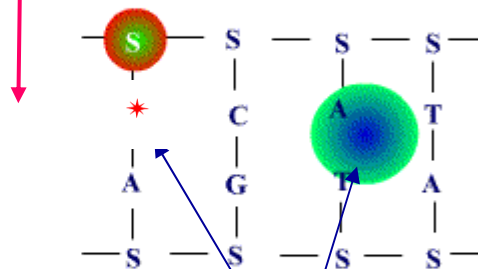
Кластерные повреждения ДНК

Двунитевой разрыв ДНК

Повреждение оснований



Повреждение сахара



Повреждение оснований

1-я Премия ОИЯИ



1988 г.

создание Отдела биофизики
Лаборатории ядерных проблем

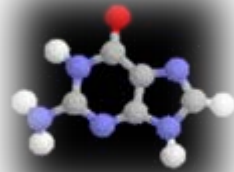


Главная задача:

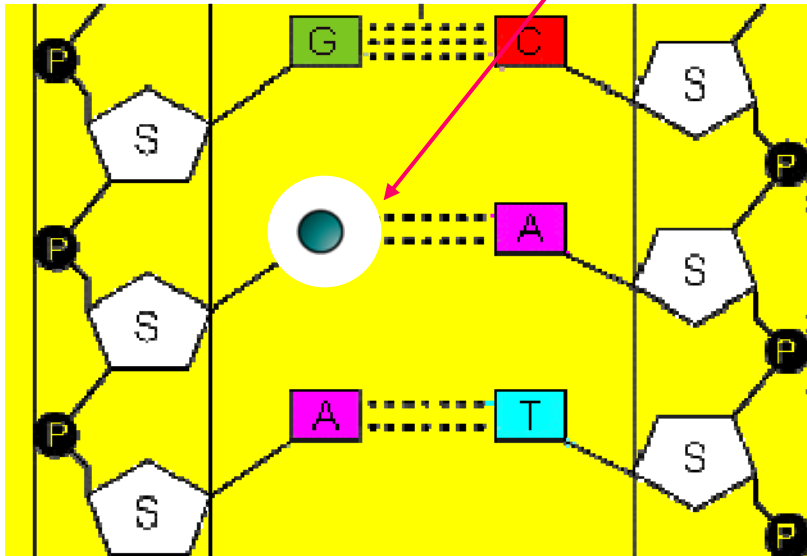
Исследование механизмов
мутагенного действия
ускоренных заряженных частиц

Radiation-induced mutagenesis

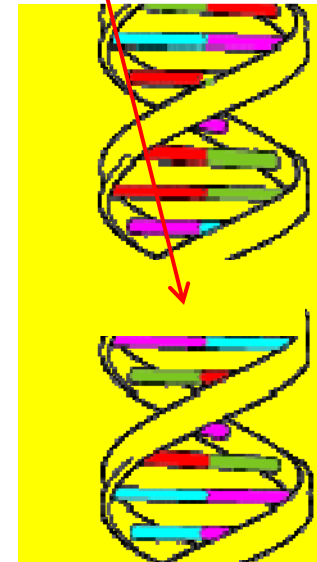
Gene mutation



Guanine



Structural mutation

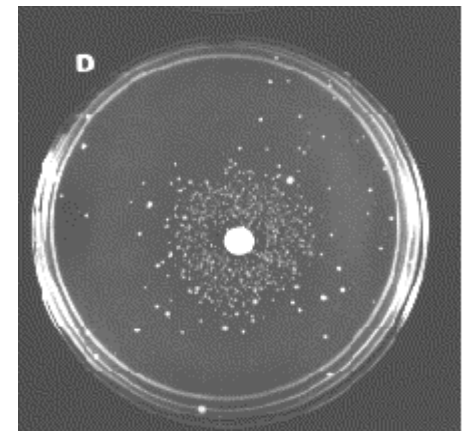
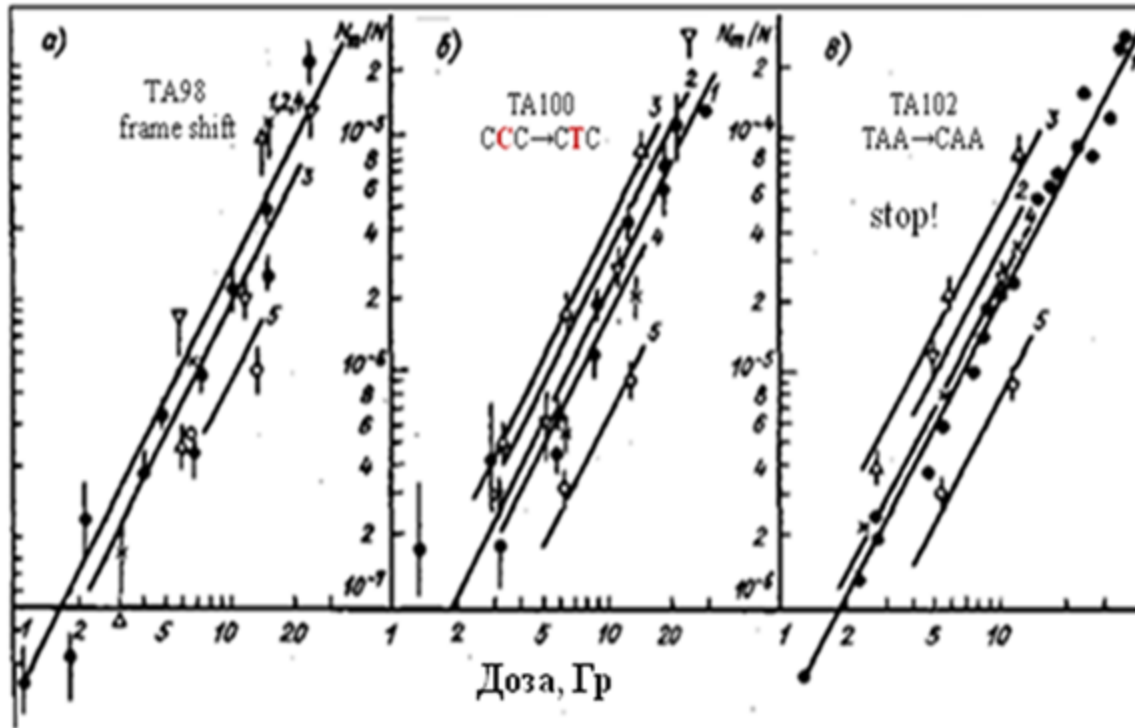


Тест-штаммы Эймса (*Salmonella typhimurium*). Индукция реверсий в гистидиновом опероне

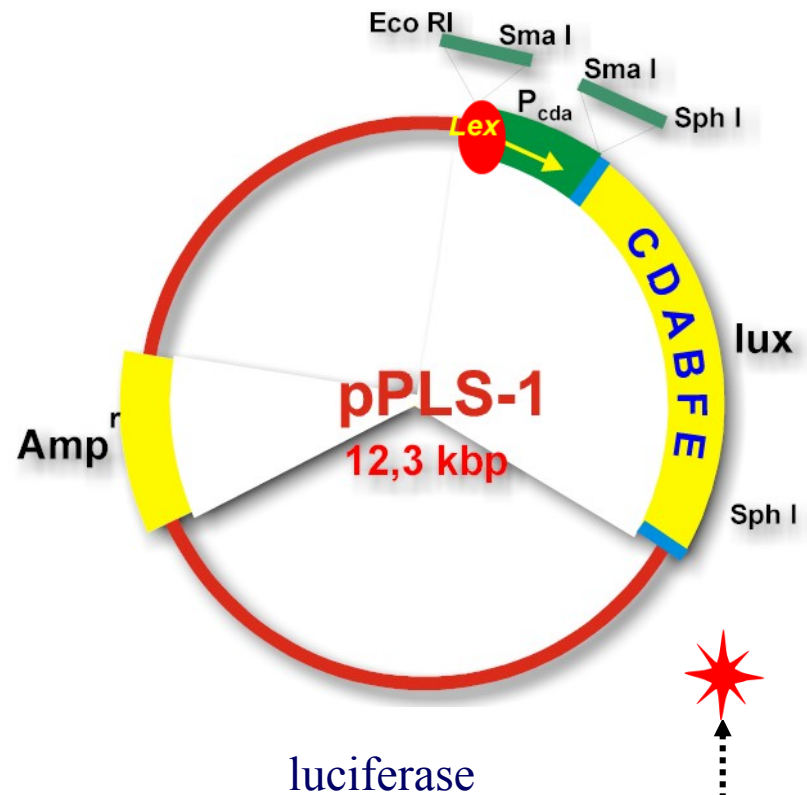
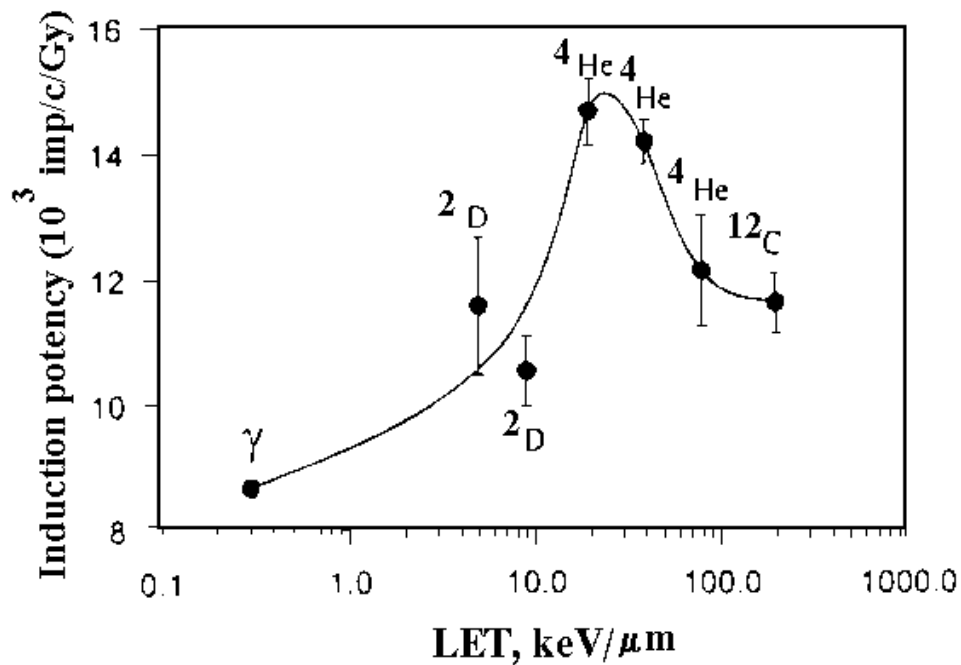
Сдвиг рамки считывания

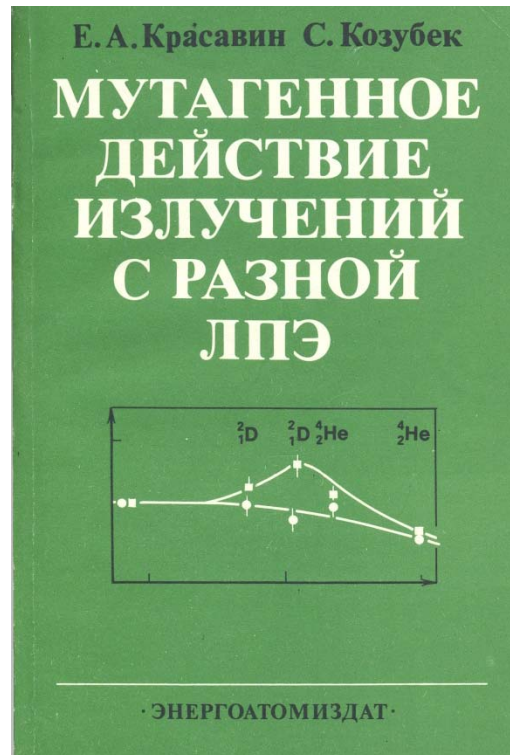
C → T
транзигция

T → C
транзигция



Induction of mutagenic DNA repair by heavy ions

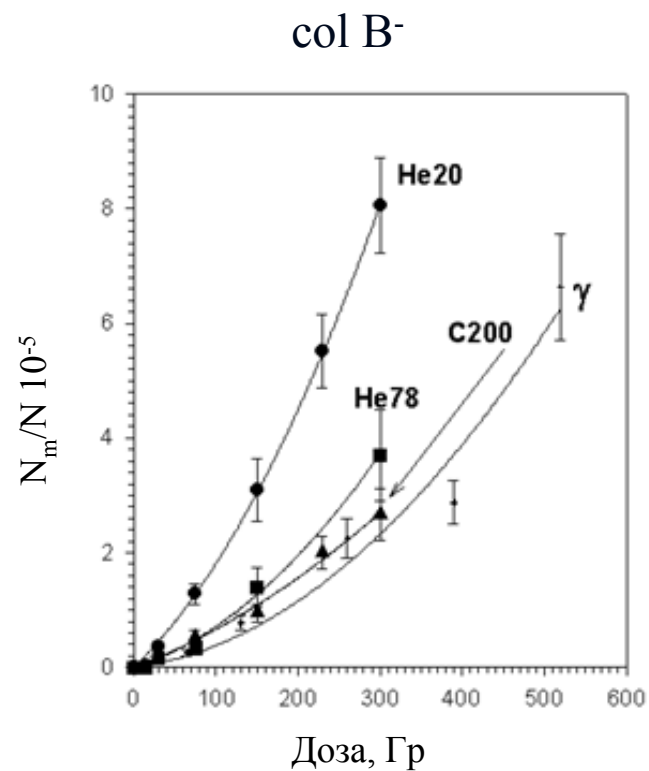
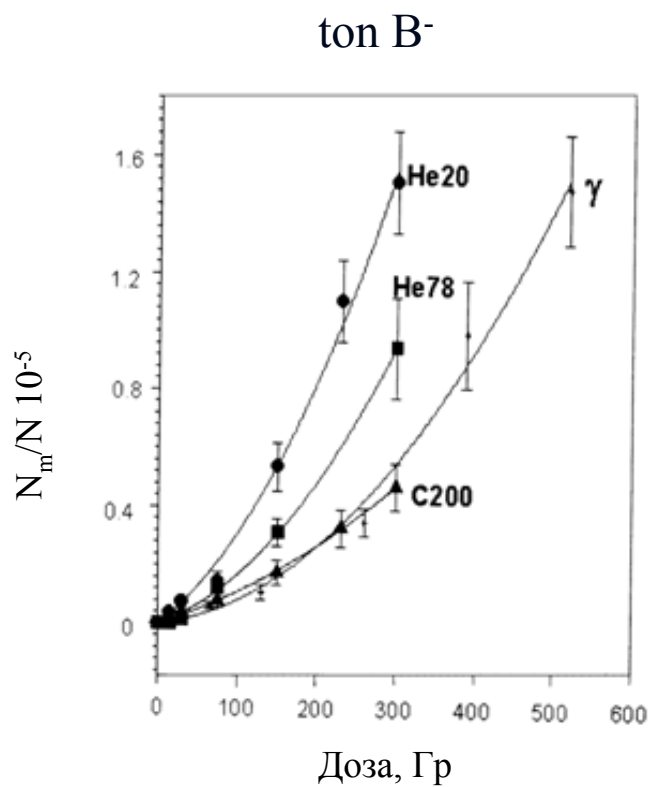




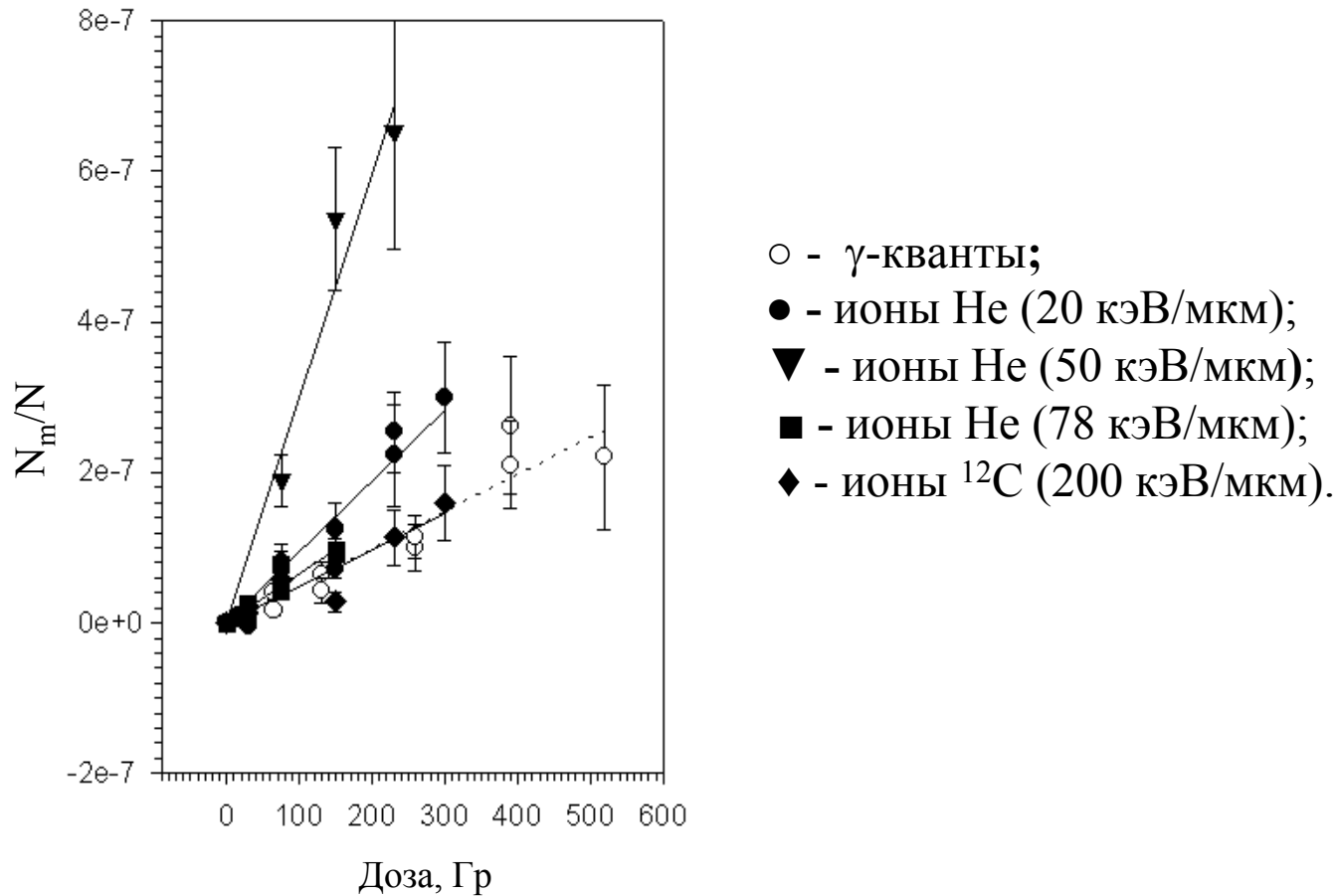
1995 г.

Создание Отделения радиационных
и радиобиологических исследований
ОИЯИ

Клетки E.coli. Индукция генных мутаций ton B⁻ и col B⁻

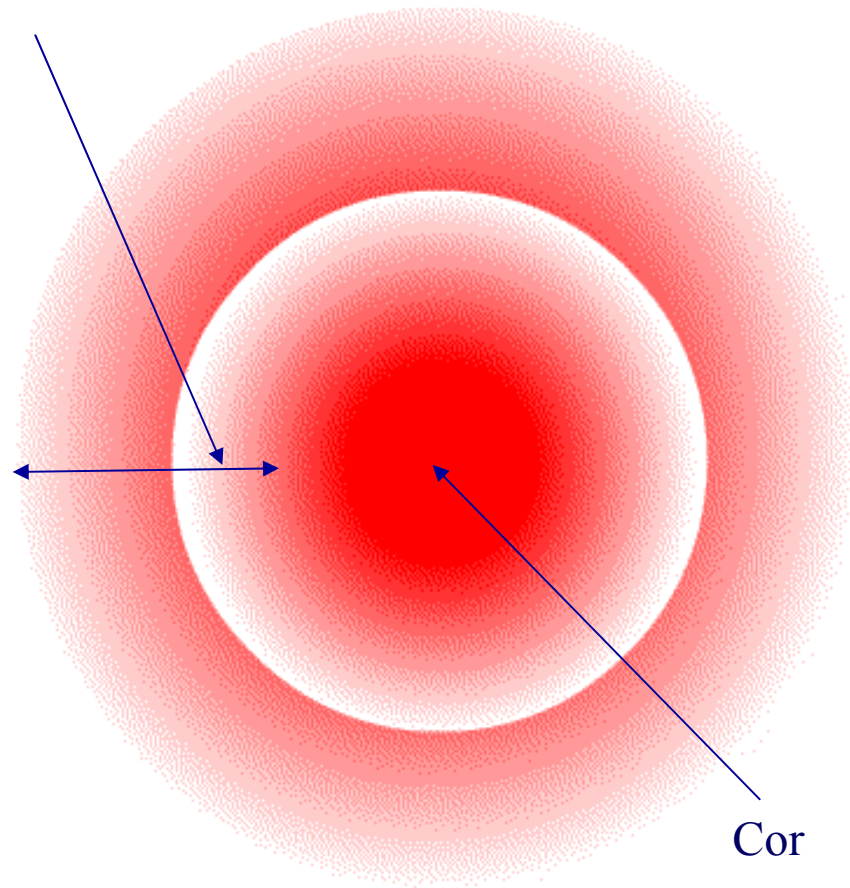


Индукция структурных (делеционных) ton В trp^- мутаций у клеток *E.coli* излучениями с разной ЛПЭ



Mutagenic belt

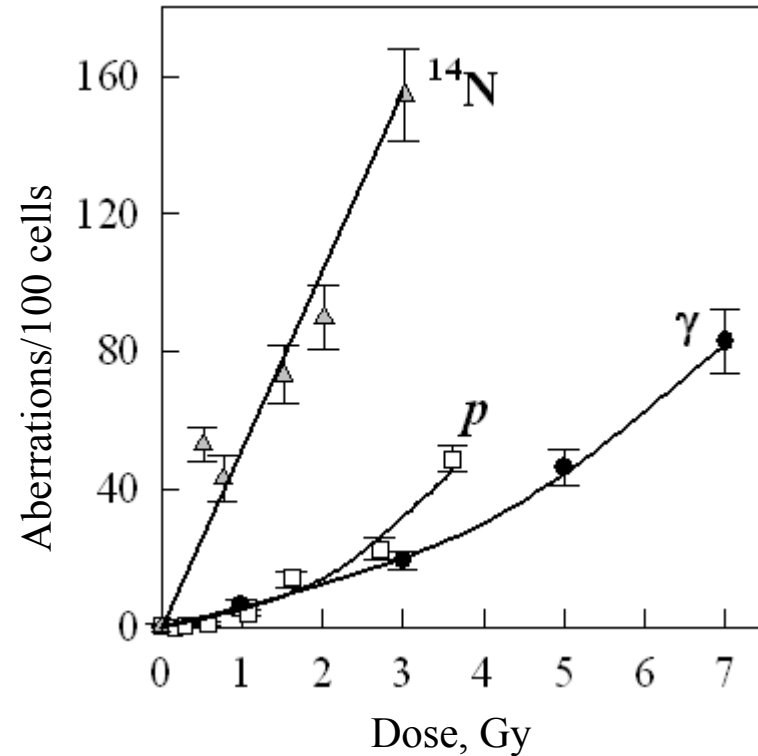
Mutagenic belt of heavy particle track



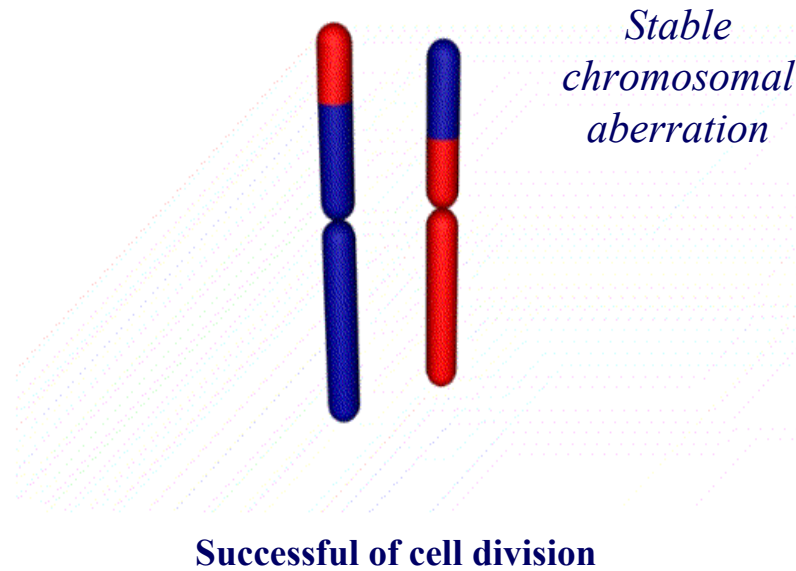
Индукция нестабильных хромосомных aberrаций в лимфоцитах человека

*Unstable
chromosomal
aberration*

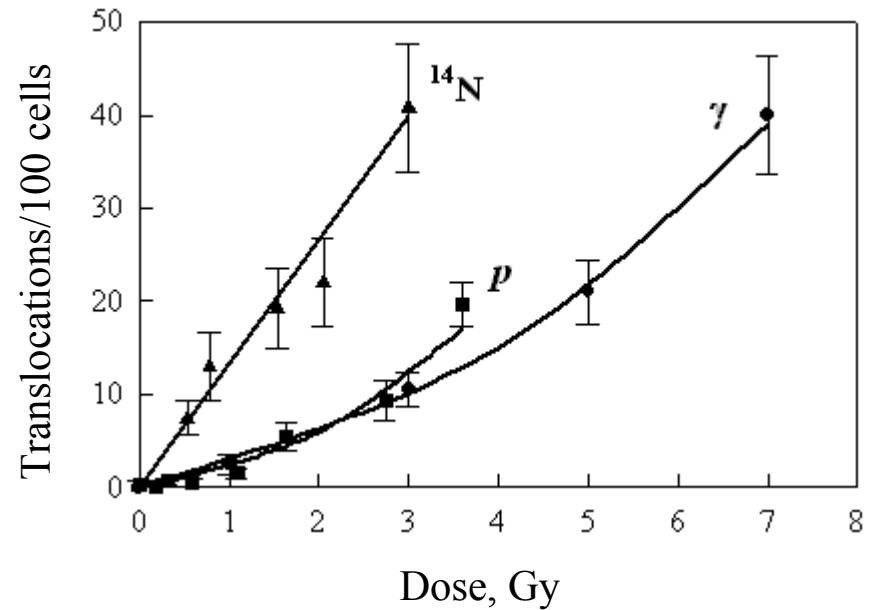
Block of cell division



Индукция транслокаций в лимфоцитах человека разными типами излучений



Chromosome № 1





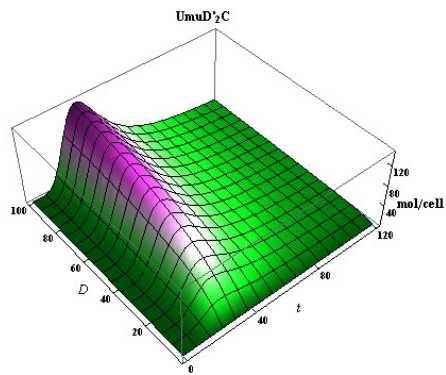
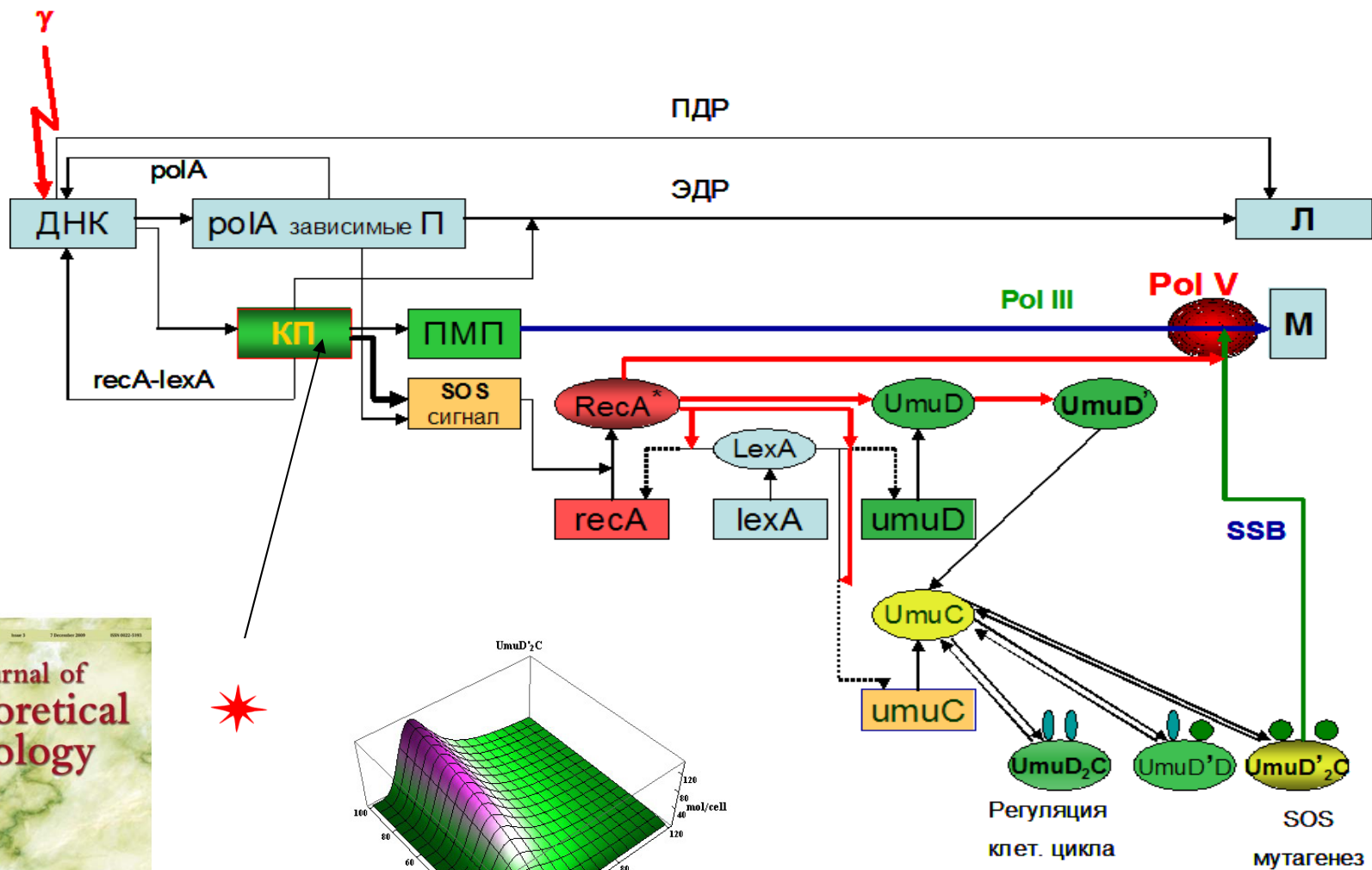
2005 г.



Создание Лаборатории
радиационной биологии ОИЯИ

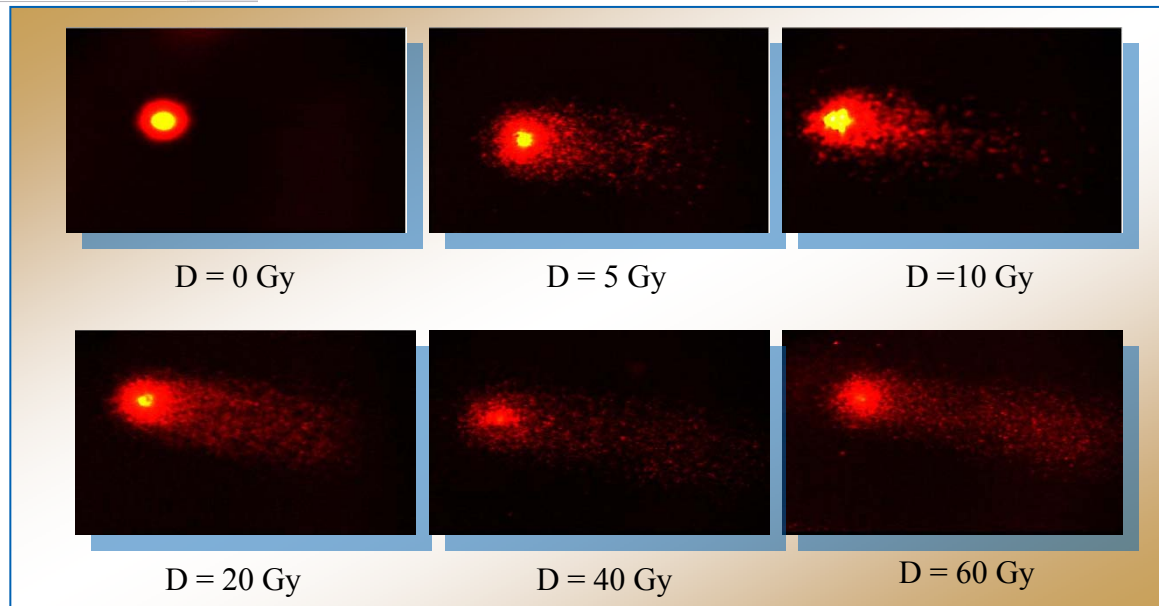
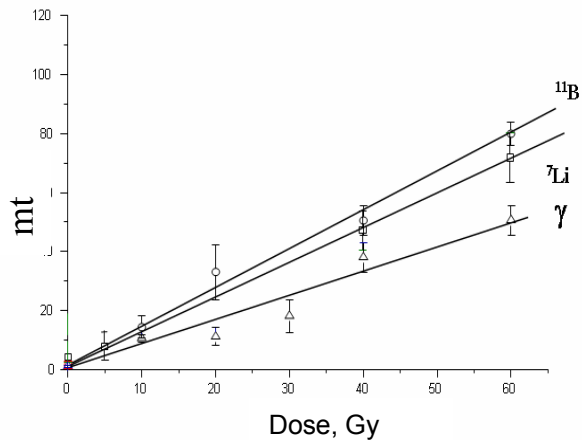
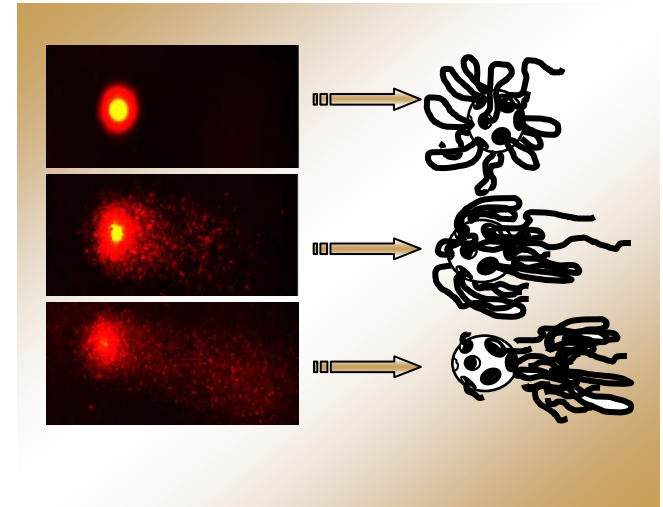
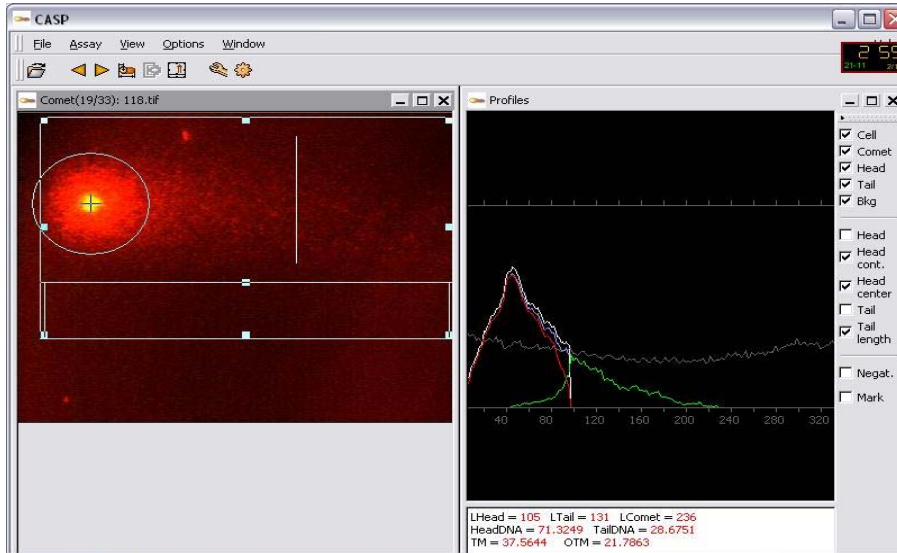


Генетическая сеть реализации генных мутаций у клеток E.coli при действии ионизирующих излучений

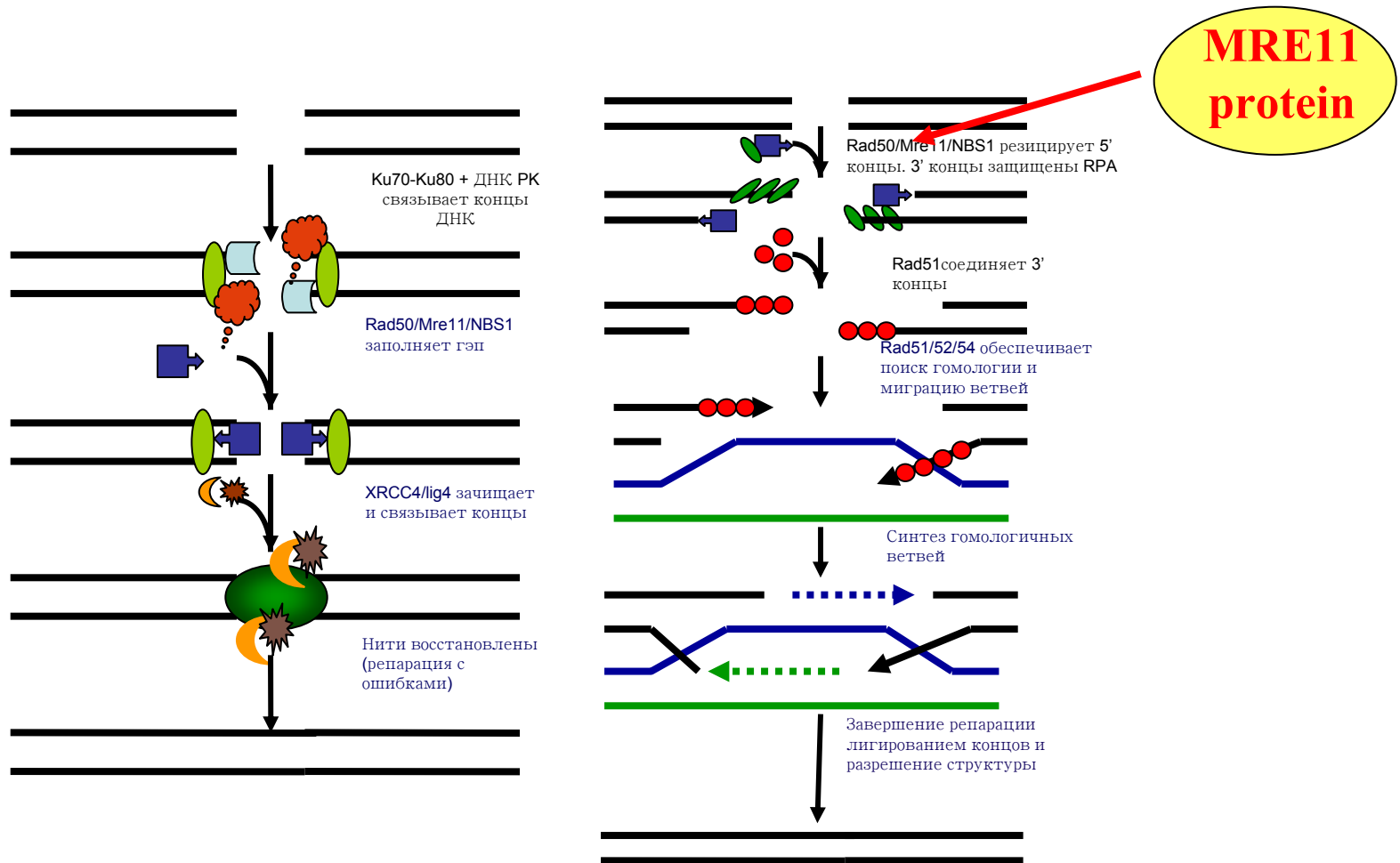


Повреждения ДНК

“Comet assay” for detection of DNA lesions

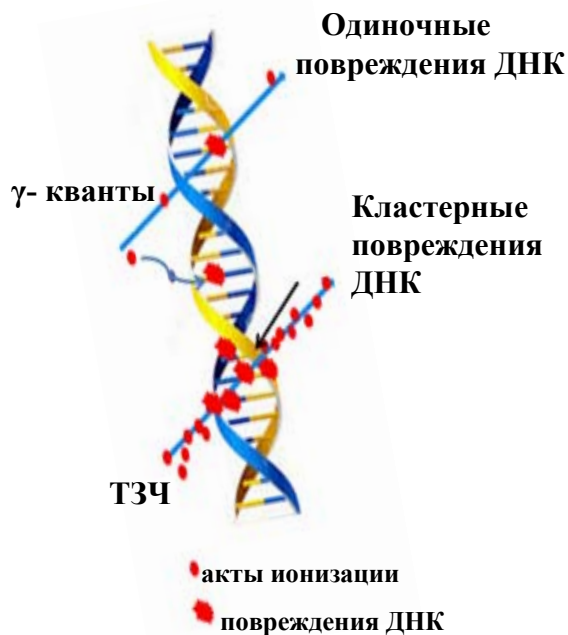


The mechanism of DNA DSB repair in human cells



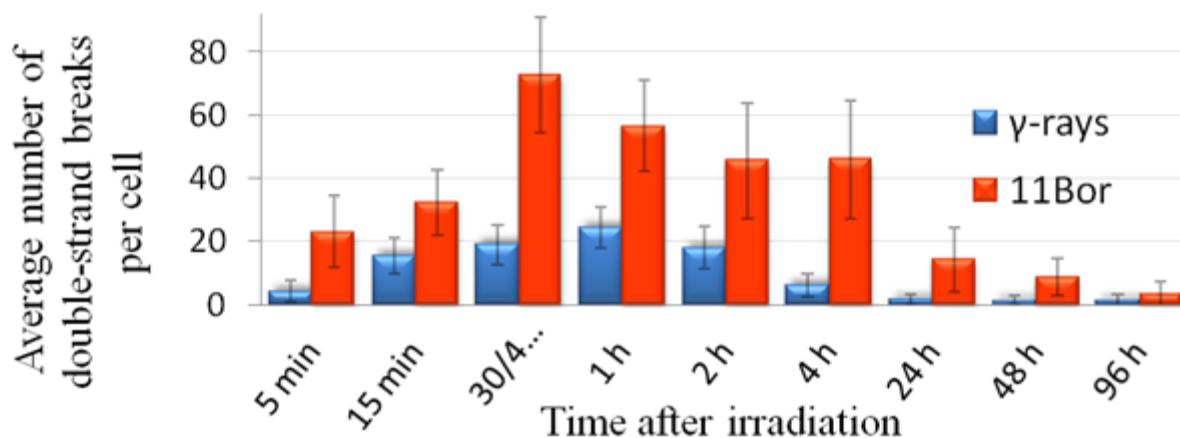
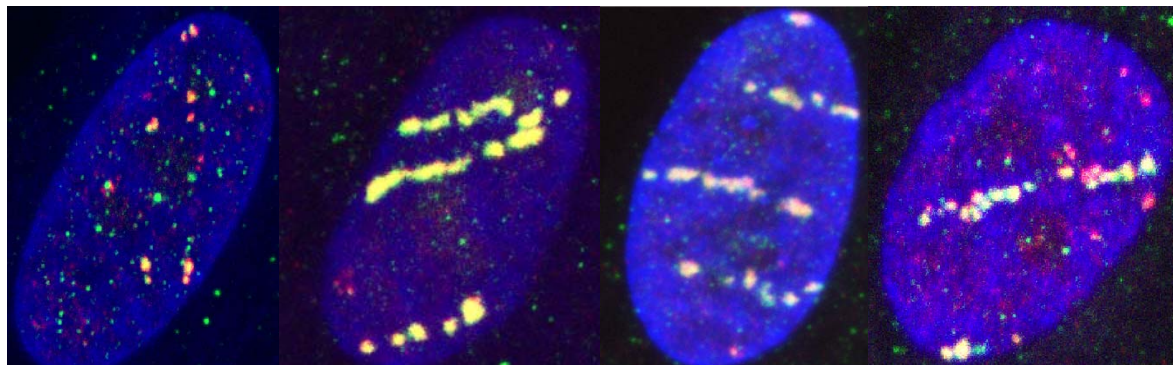
Перспективы исследований на период 2017/23

А. Повреждение и восстановление структуры ДНК при действии ускоренных тяжёлых ионов



γ -rays

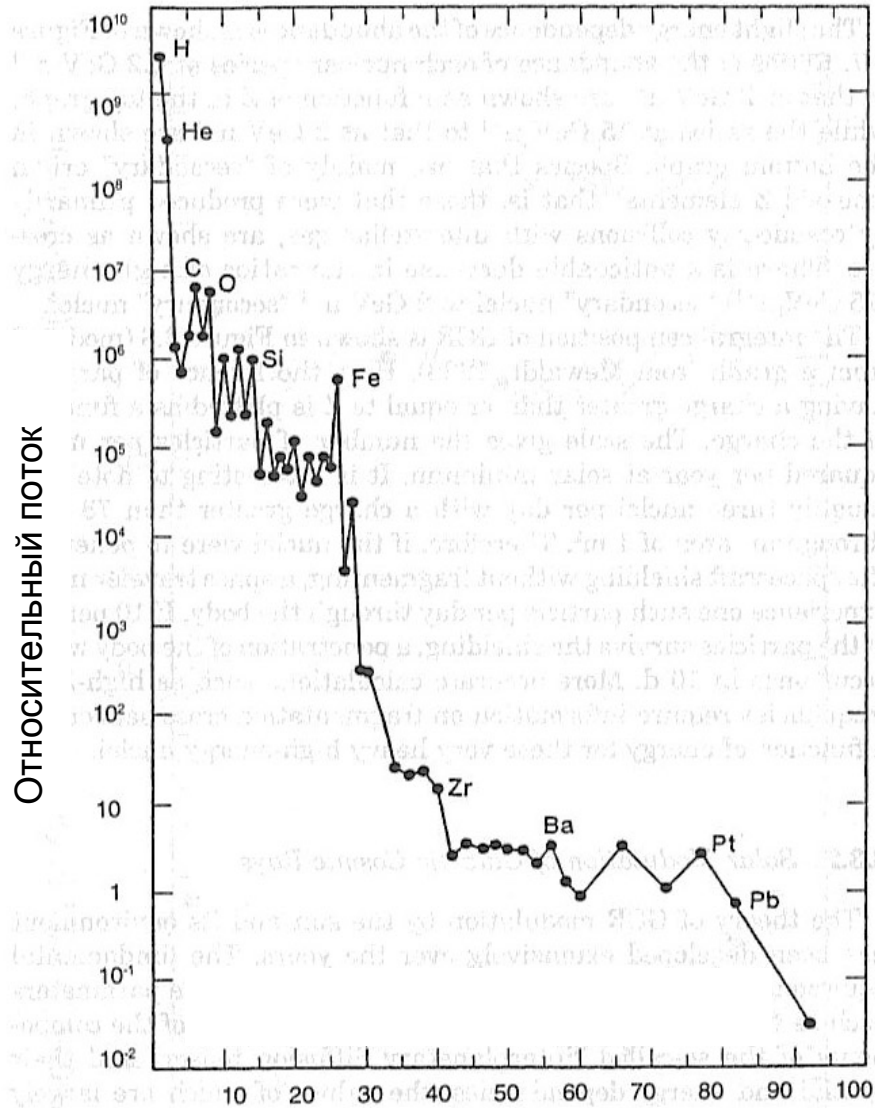
^{11}B ions, 50 MeV/amu



ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДВУНИТЕВЫХ РАЗРЫВОВ ДНК



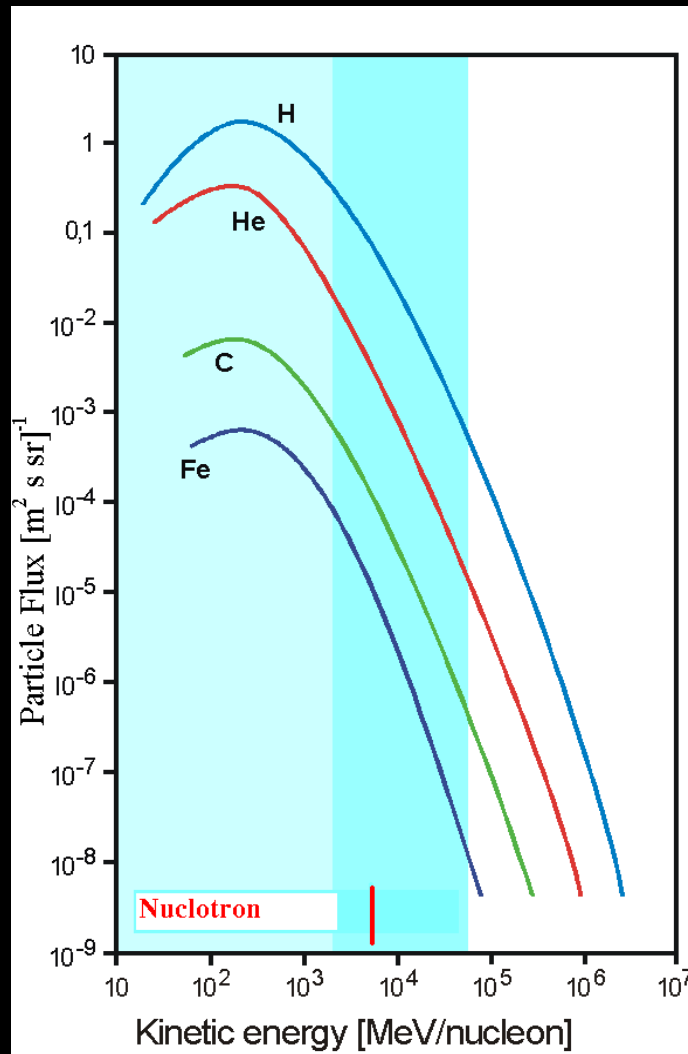
Тяжелые заряженные частицы в космосе



Заряд ядра
(Z)

Состав Галактического космического излучения

Энергетический спектр ГКИ и ВОЗМОЖНОСТИ нуклотрона ОИЯИ



Поток ядер Галактического излучения



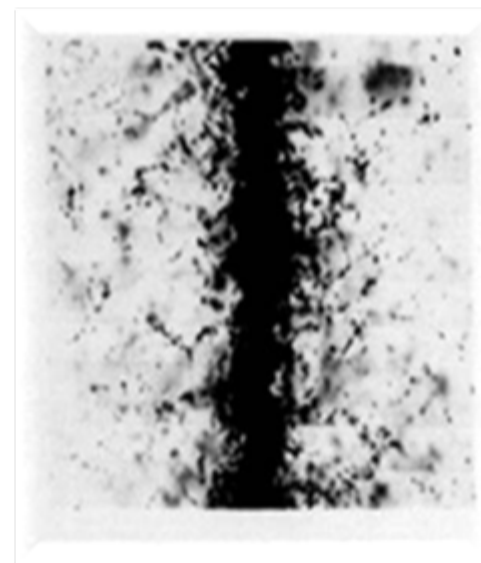
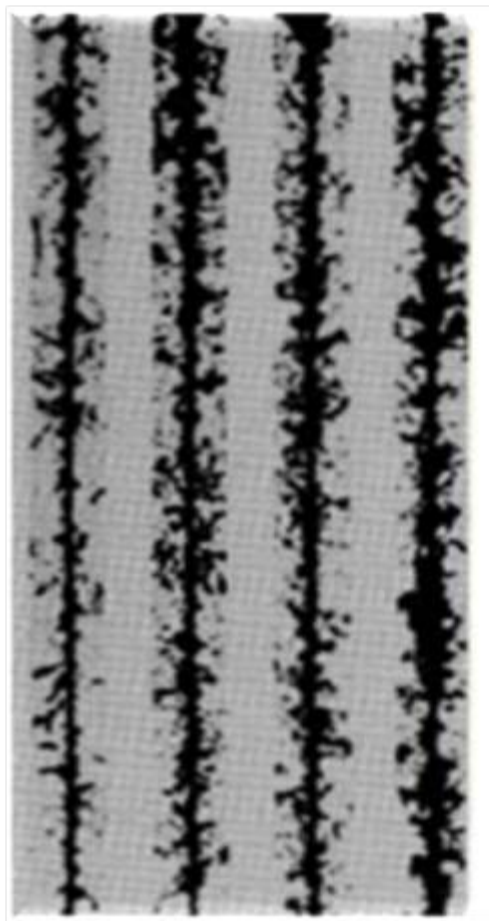
Интегральный поток ядер ГКИ
группы углерода и железа

10^5 част/см²/год

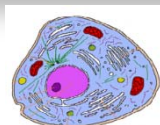
Плотность потока
частиц с $z \leq 20$ в
открытом космосе
составляет 160
част/см²/сутки



Треки тяжёлых ионов в ядерной эмульсии



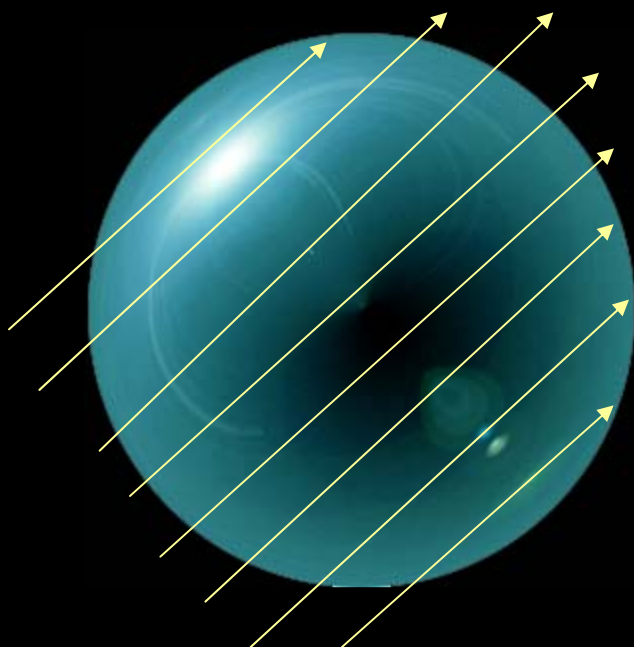
Z = 70



← Клетка человека

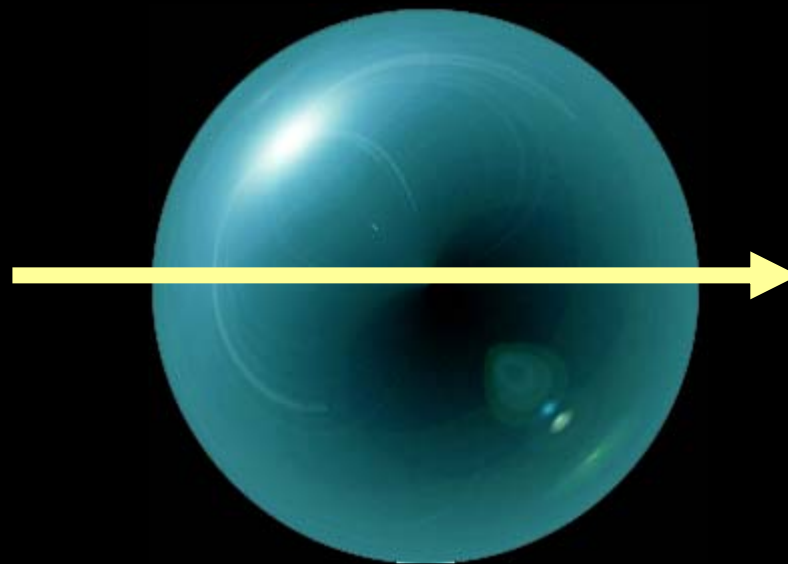
Распределение дозы излучения в веществе

1 единица
дозы



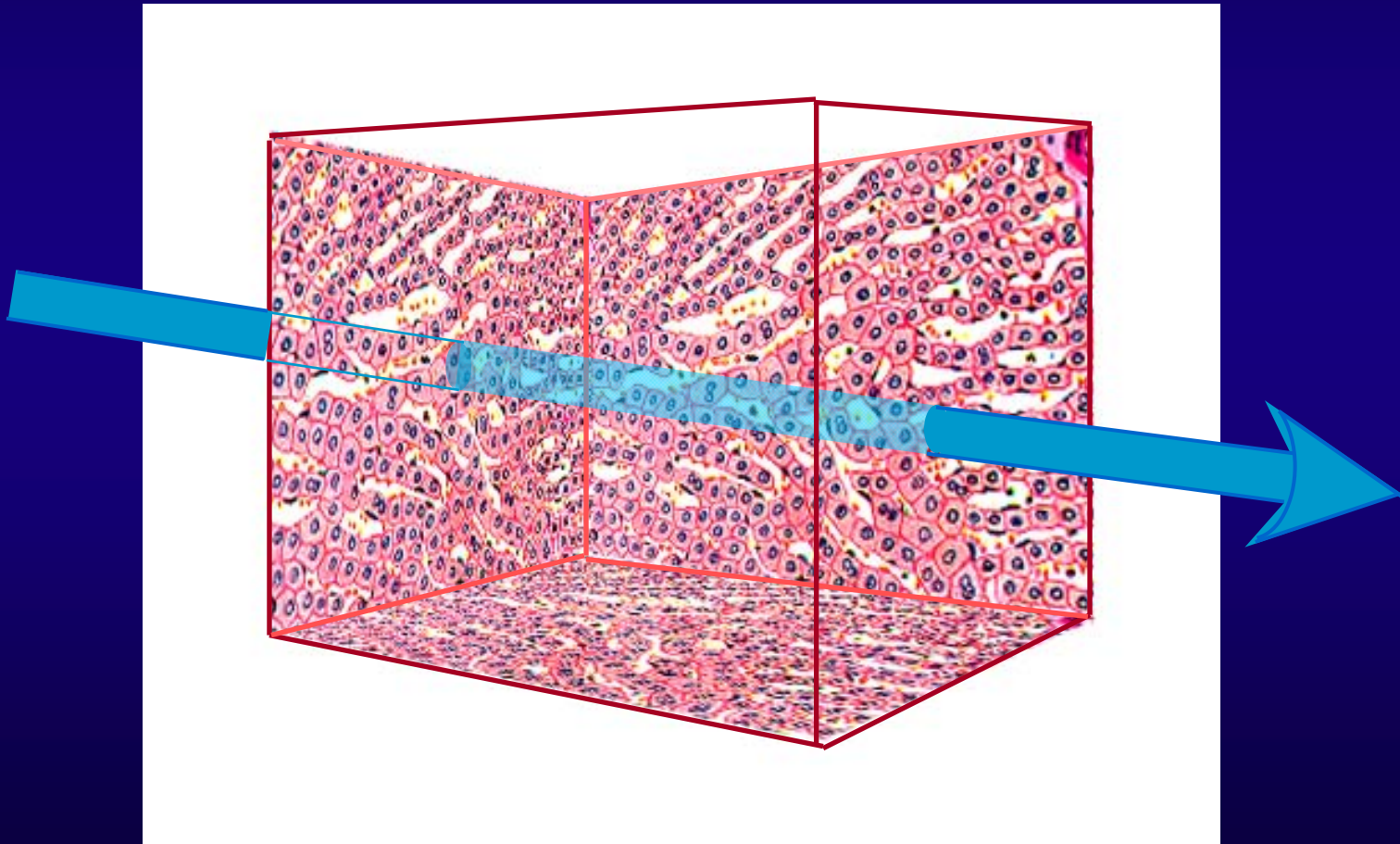
γ -кванты

1 единица дозы



Ионы железа

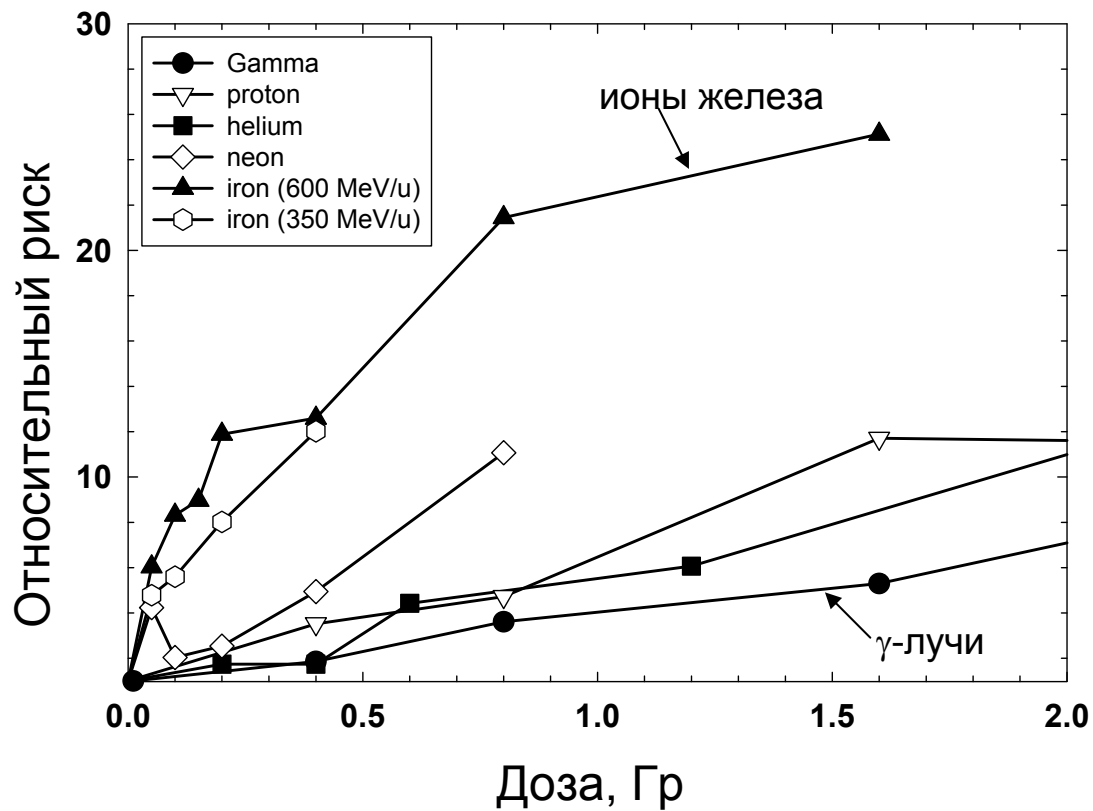
Единичный трек одновременно повреждает большое количество клеток различных тканей



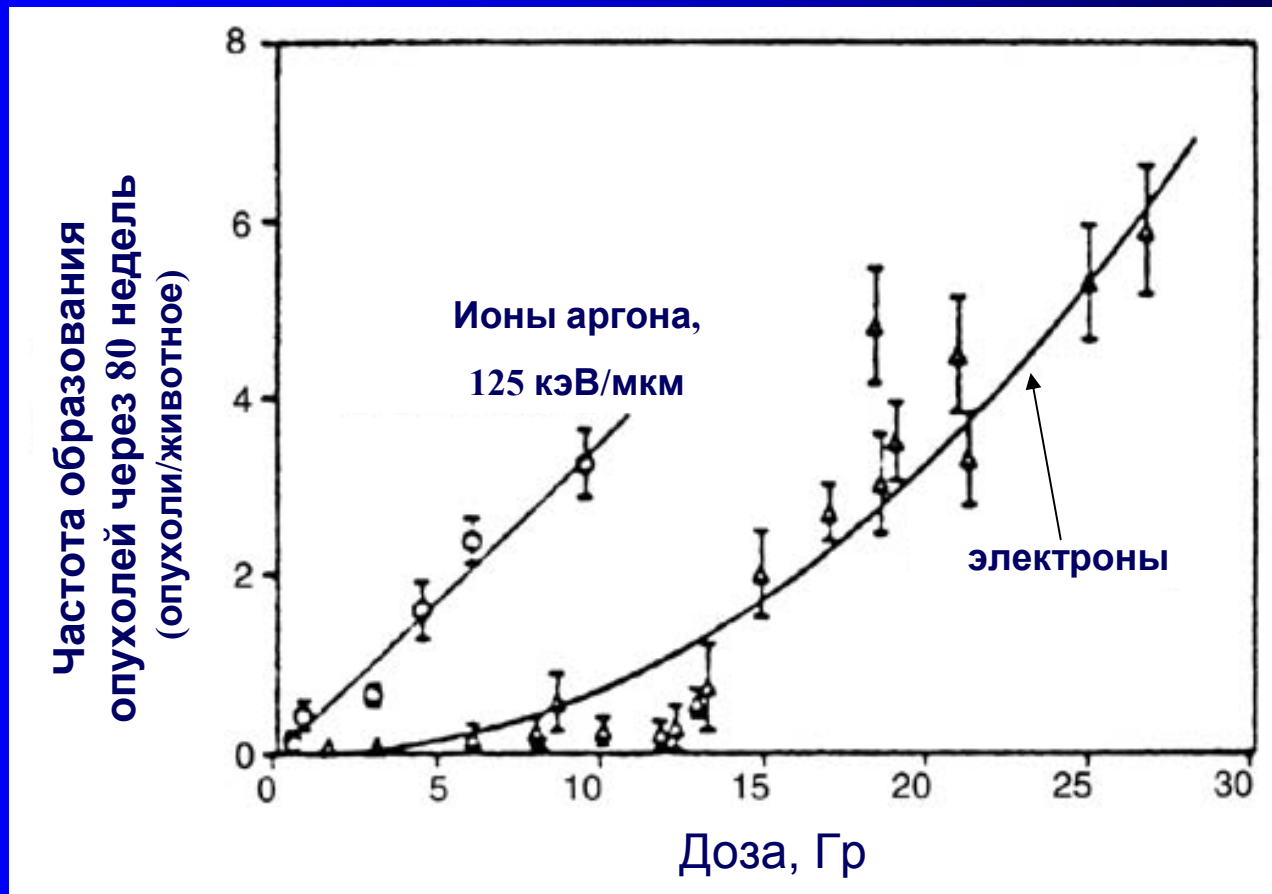
Последствия биологического действия тяжёлых ионов ГКИ

- Генетические нарушения (канцерогенез)
- Нарушение функций ЦНС
- Нарушение зрительных функций

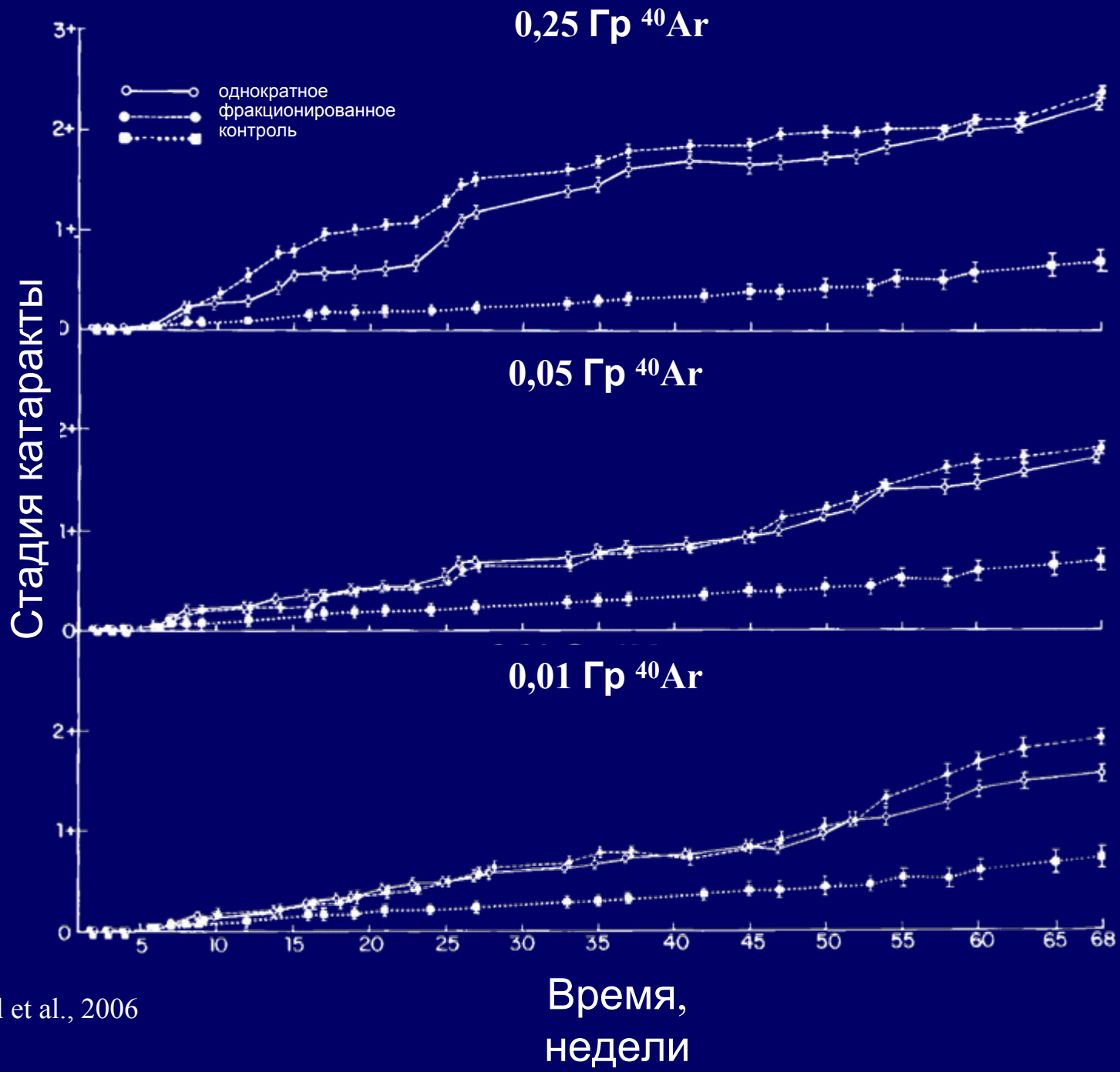
Опухоли гарднеровой железы



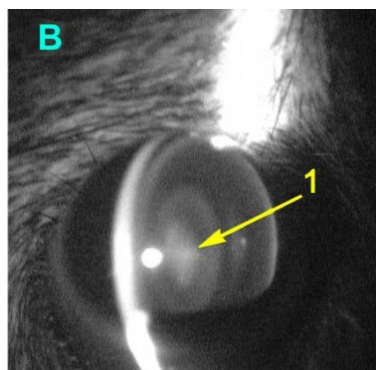
Опухоли кожи (крысы)



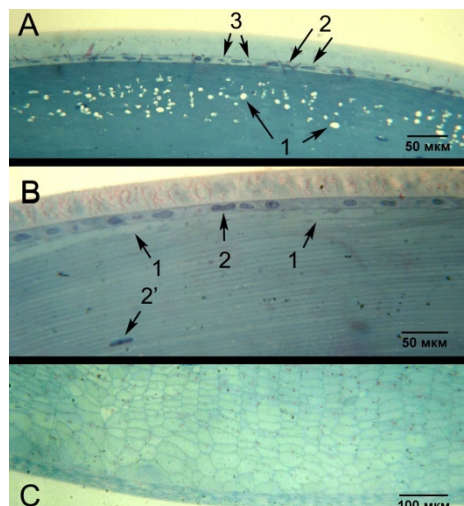
Нарушение функций зрения



Катарактогенез и повреждение сетчатки

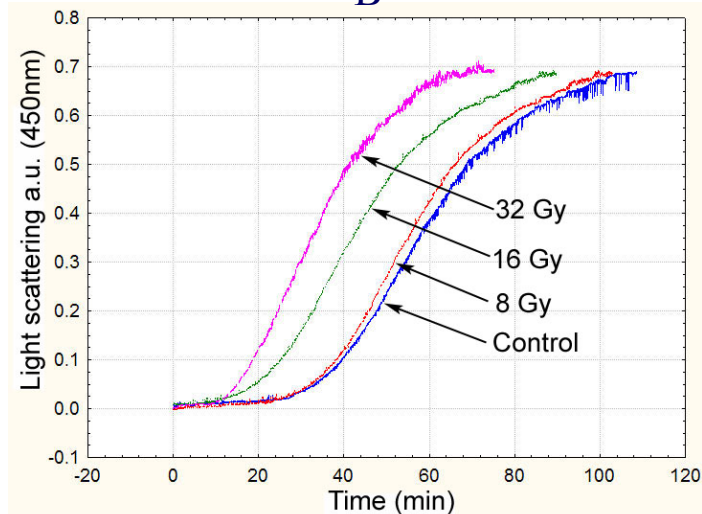


Хрусталик и сетчатка

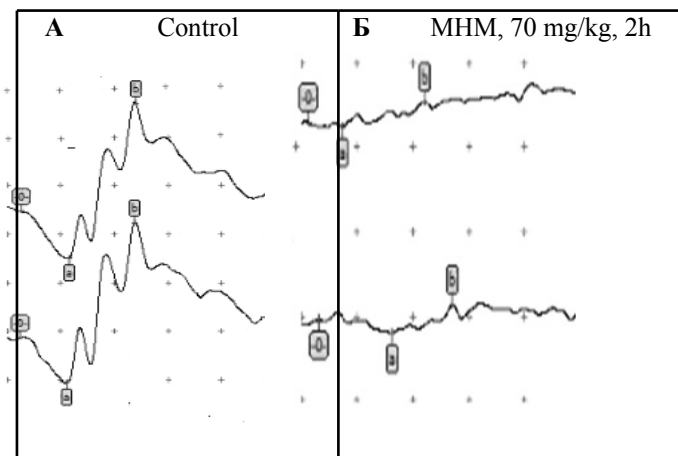


cytoplasm micro-vacuolization, fiber cell swelling, nuclear fragmentation

UV-индуцированная агрегация β_L - кристаллина при действии ионов B^{11}



электроретинограмма



Катарактогенез

Функциональные нарушения сетчатки при введении мутагена



Центральная нервная система

ЦНС как критическая система



В ходе марсианской миссии:

- от 2-х до 13% нервных клеток будут пересекаться по крайней мере одним ионом железа;
- от 8 до 46% нервных клеток будут пересекаться по крайней мере одной частицей с $Z \geq 15$;
- каждое ядро клетки в течение 3-х дней будет пересекаться протоном и в течение 30 дней – альфа-частицей.

Треки ионов железа визуализируются маркерами двунитевых разрывов ДНК



Водный лабиринт Морриса

Rat 214-126
Morris Water Maze
Learning Test #1

Tracking with:
Noldus Ethovision

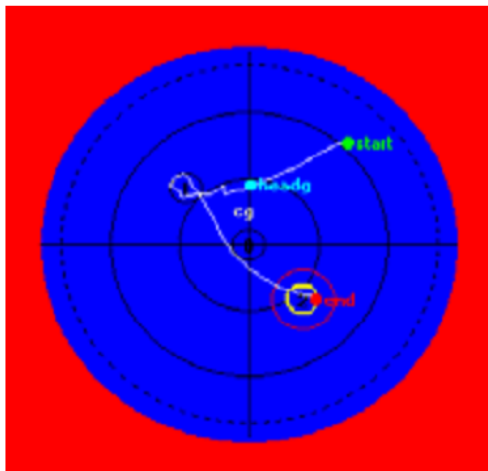
(c) Jean-Etienne Poirrier, 2006
Cyclotron Research Center
University of Liege

jepoirrier@ulg.ac.be
<http://www.poirrier.be/~jean-etienne/>

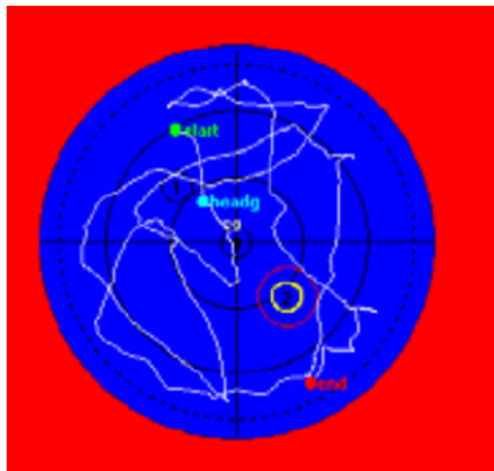


Ионы ^{56}Fe - 1 ГэВ/нуклон

Контроль

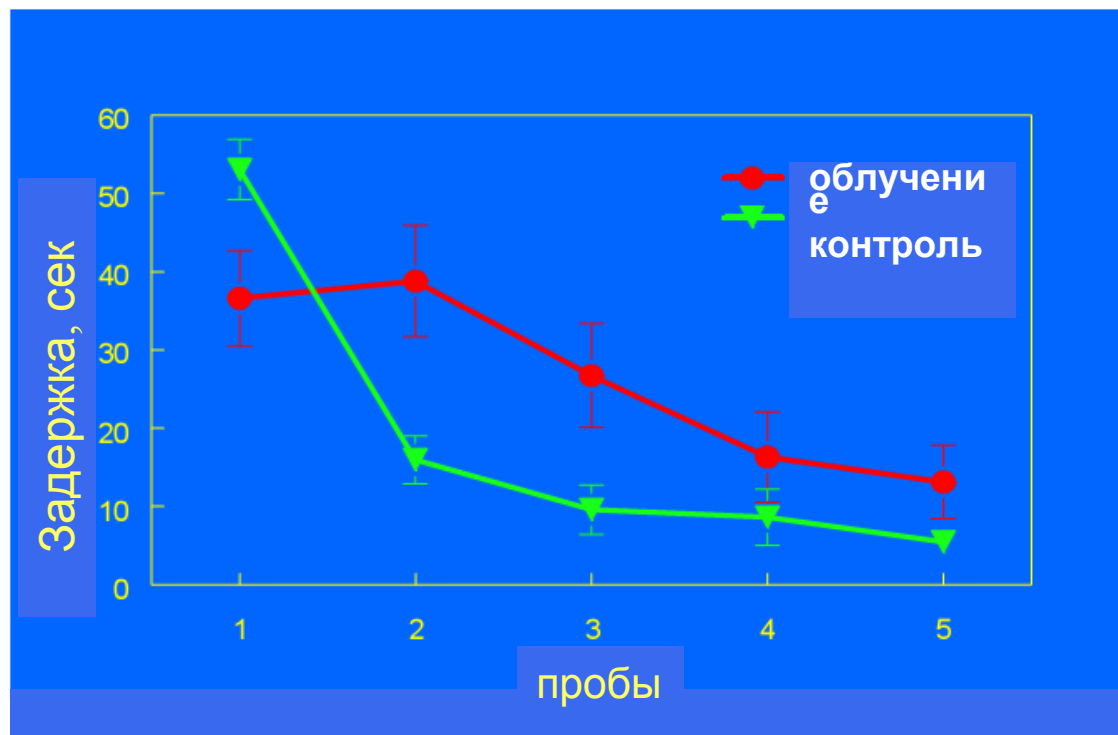


1,5 Гр

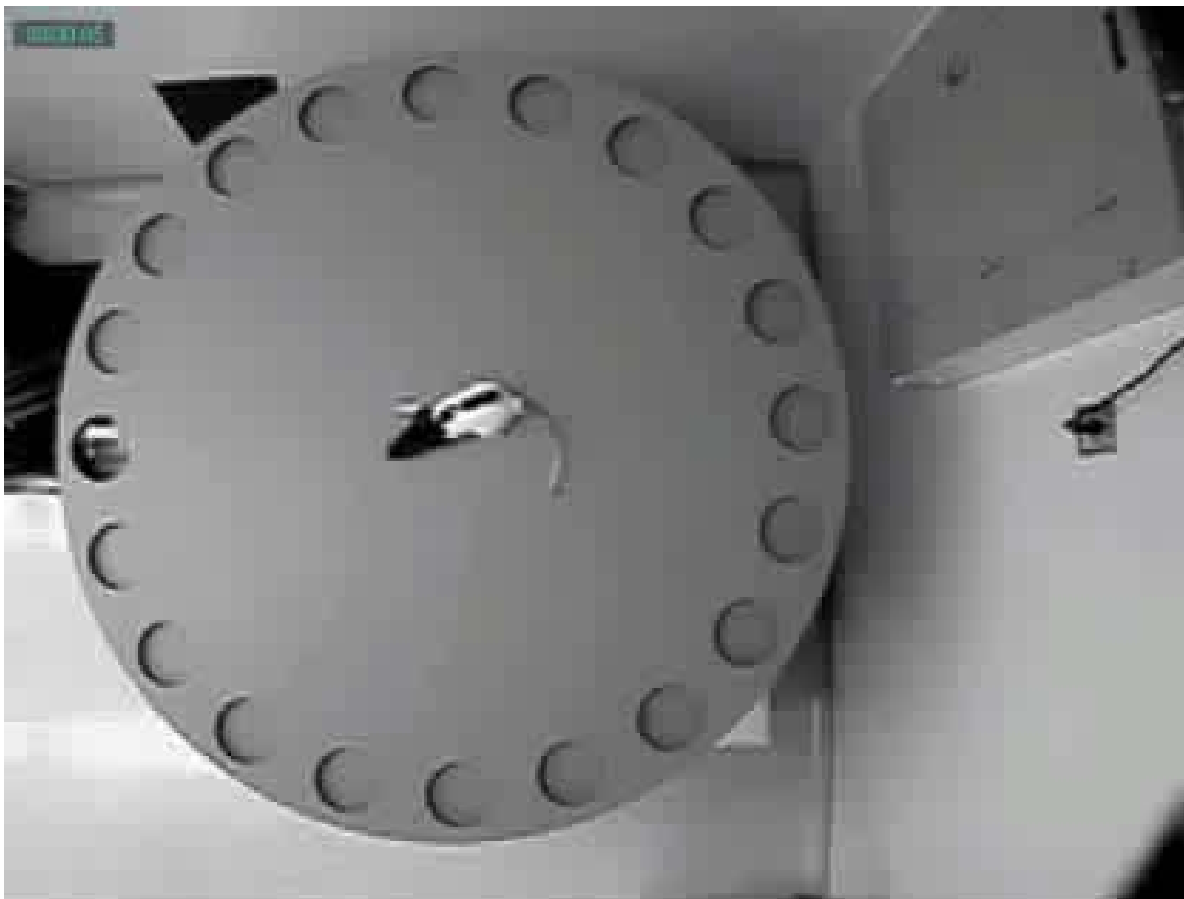


КОГНИТИВНЫЕ ТЕСТЫ (водный лабиринт Р. Морриса и др.)

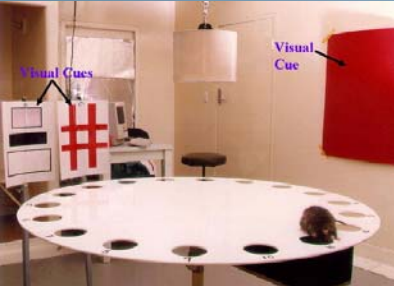
*Через 1 месяц
после
облучения*



Тест К. Барнс

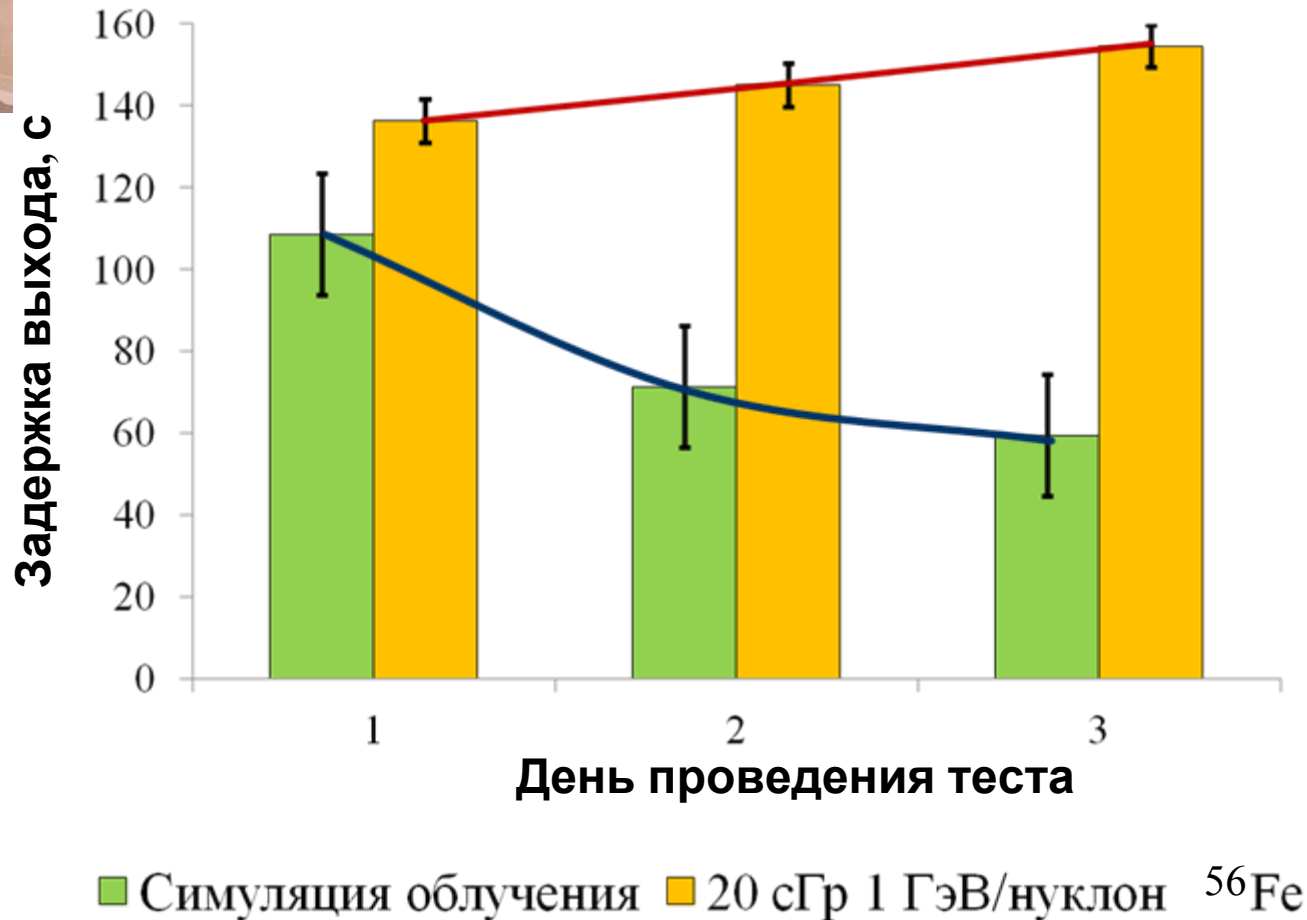


Нарушение процессов пространственного обучения при действии ионов ^{56}Fe

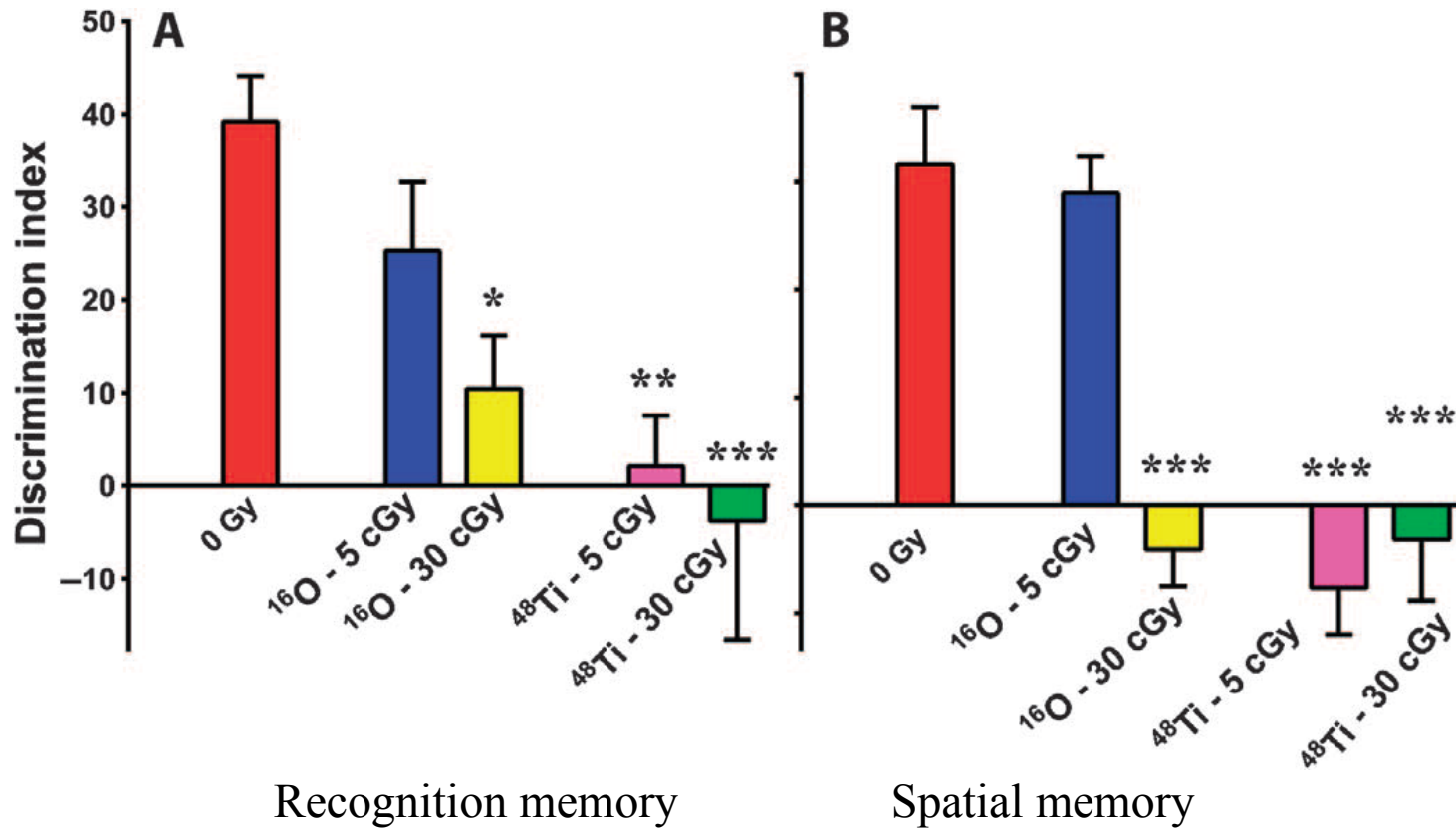


20 с Гр
 $\Phi \approx 10^5 / \text{см}^2$

Спустя 3 месяца после облучения

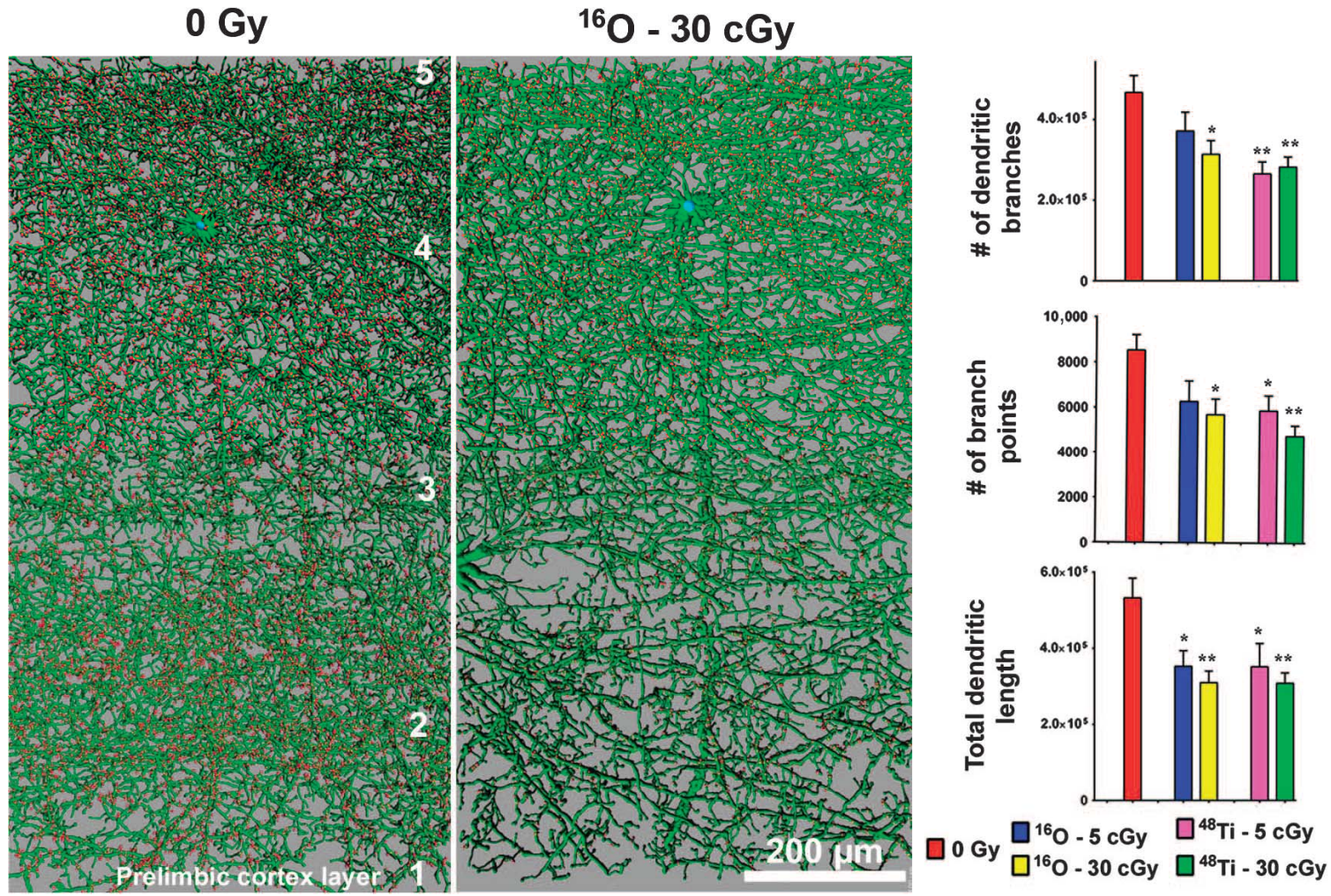


Нарушение процессов пространственного обучения при действии ионов ^{16}O и ^{48}Ti у мышей

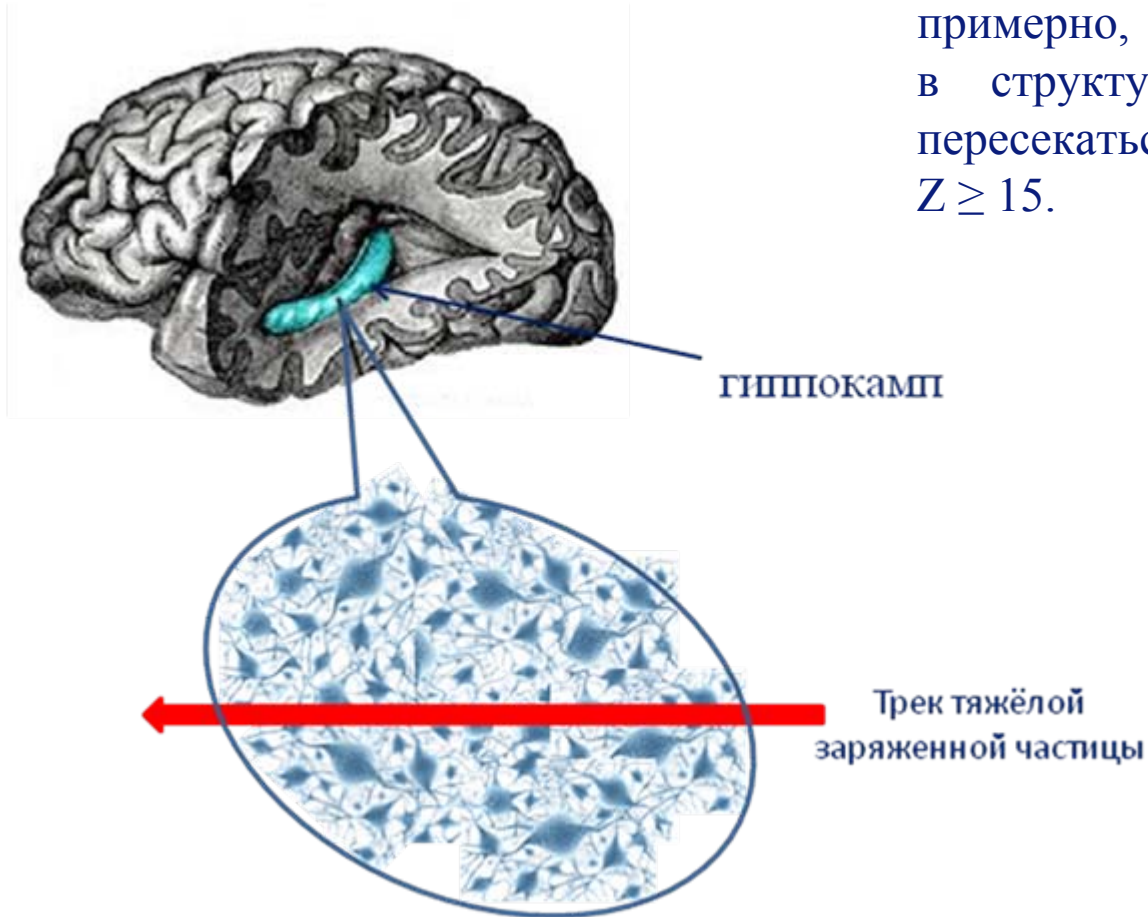


Спустя 6 недель после облучения частицами с энергией 600 МэВ/нуклон

Нарушение структуры дендритов нейронов в прелимбической области спустя 8 недель после облучения



В ходе марсианской миссии около 20 миллионов нервных клеток из, примерно, 46 миллионов, входящих в структуры гиппокампа, будут пересекаться одной и более частиц с $Z \geq 15$.




Initial experiments with monkeys

Irradiation with proton
medical beam, 170 MeV



Irradiation with ^{12}C ions,
500 MeV/amu at nuclotron



Благодарю за внимание