



Пятая международная конференция • Школа молодых учёных

**ФИЗИКА —  
НАУКАМ О ЖИЗНИ**

Санкт-Петербург • 16–19 октября • 2023



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ИМ. Б.П. КОНСТАНТИНОВА»  
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



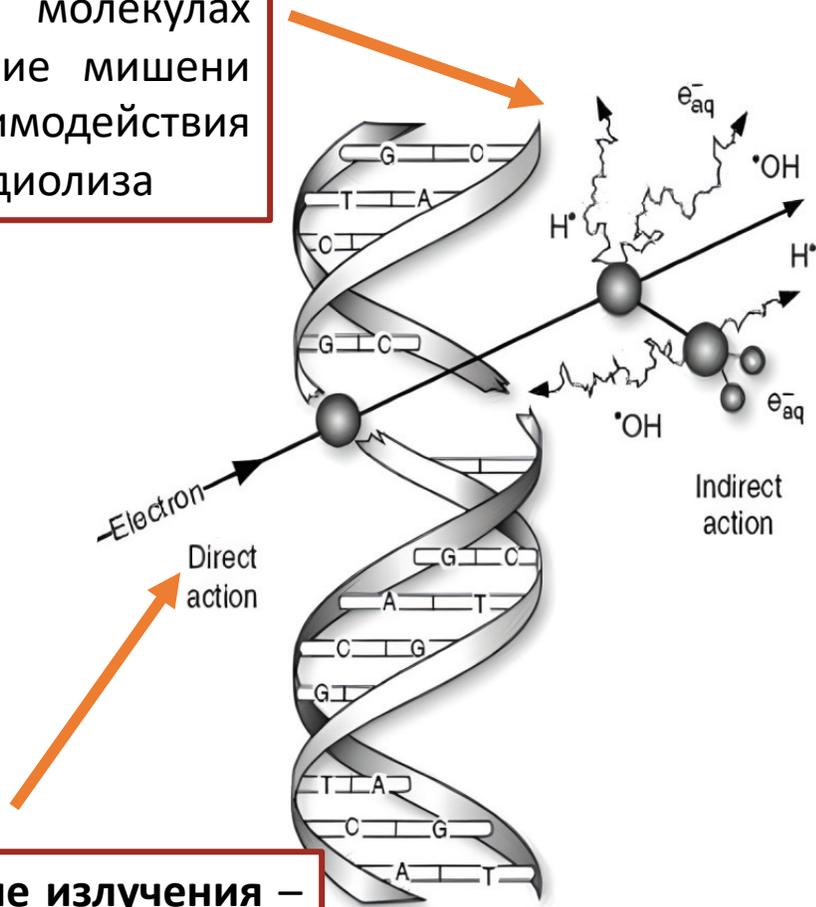
Санкт-Петербургский  
государственный  
университет

# Влияние ионной силы раствора на повреждения ДНК под действием ионизирующих излучения.

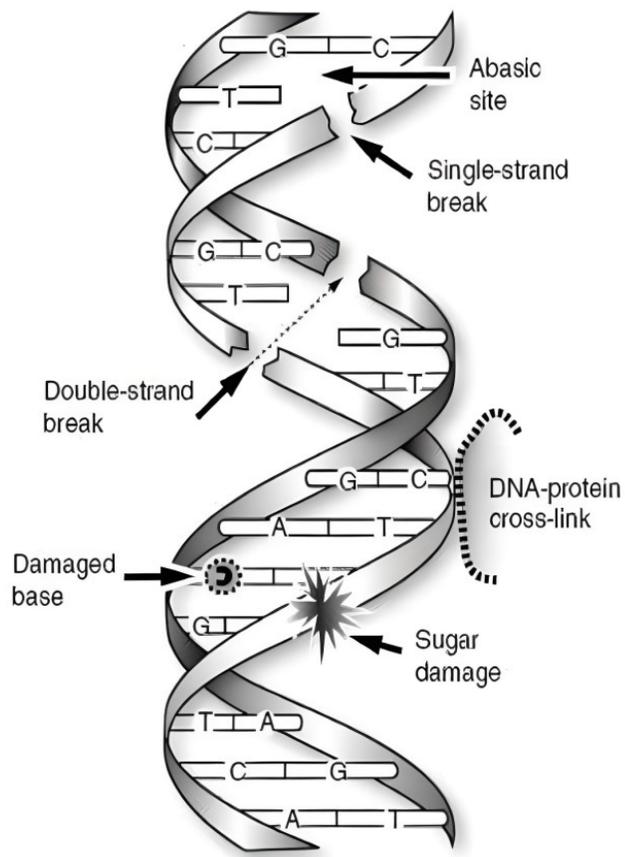
**Иванова Д.Н.**, Котб О.М., Брожик Д.С., Вербенко В.Н., Гулевич Е.П., Ежов В.Ф., Карлин Д.Л.,  
Мурзакова И.Ф., Пак Ф.А., Пастон С.В., Халиков А.И.

# Повреждения ДНК

**Косвенное действие излучения** – ионизация, возбуждение в молекулах среды, поражение мишени вследствие взаимодействия с продуктами радиолиза



**Прямое действие излучения** – ионизация, возбуждение в молекуле-мишени



## Радиационные повреждения ДНК:

- Однонитевой разрыв
- Двунитевой разрыв
- Модификация оснований
- Локальные множественные повреждения
- Межмолекулярные сшивки
- Разрыв водородных связей (радиационная денатурация)

# Виды излучений и методы исследования

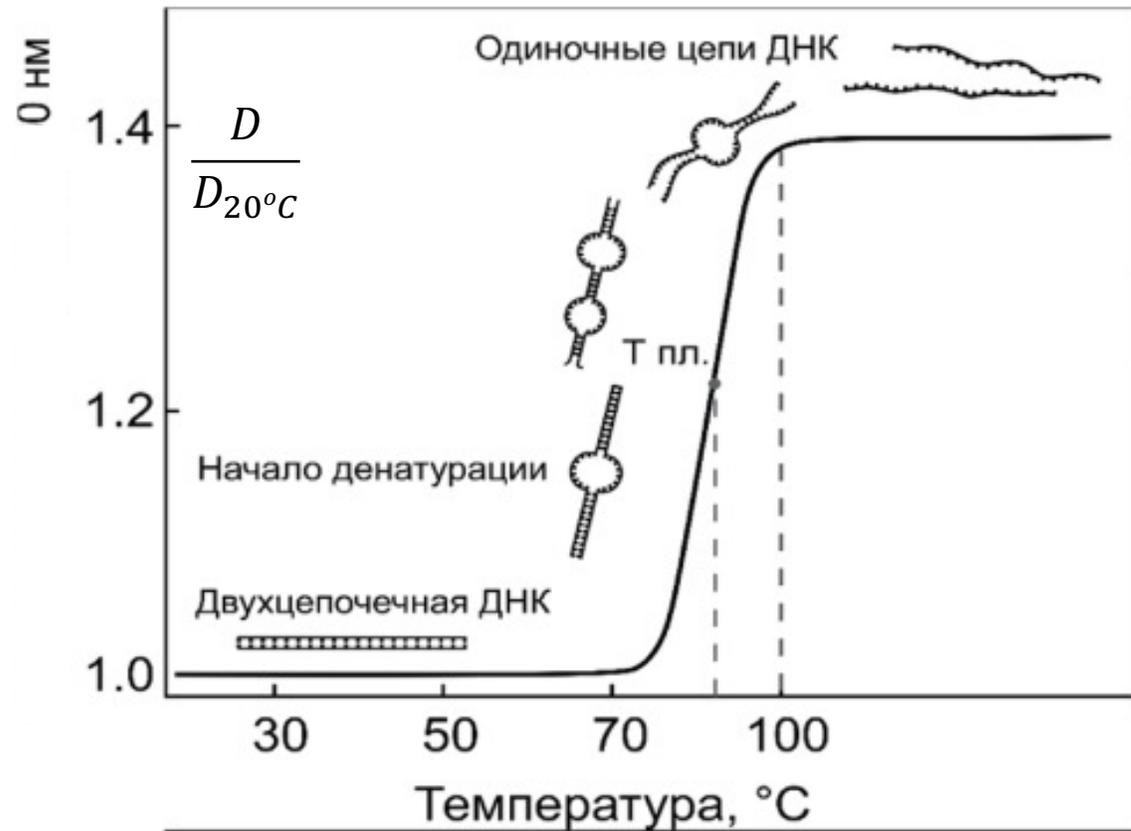
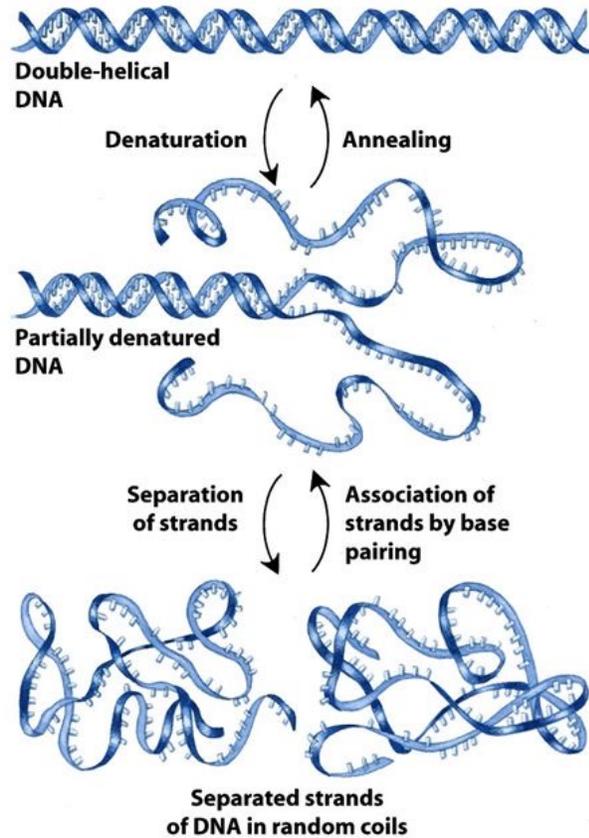
$\frac{1}{1}p$   
E=1ГэВ

Рентгеновское излучение  
E=60кэВ

$\gamma$ -излучение  $^{60}\text{Co}$   
E=1,1732 МэВ и 1,3325 МэВ

- Плавление ДНК – выявление дефектов в структуре ДНК
- Метод Спирина – определение количества неразрушенных азотистых оснований в облученной ДНК после гидролиза

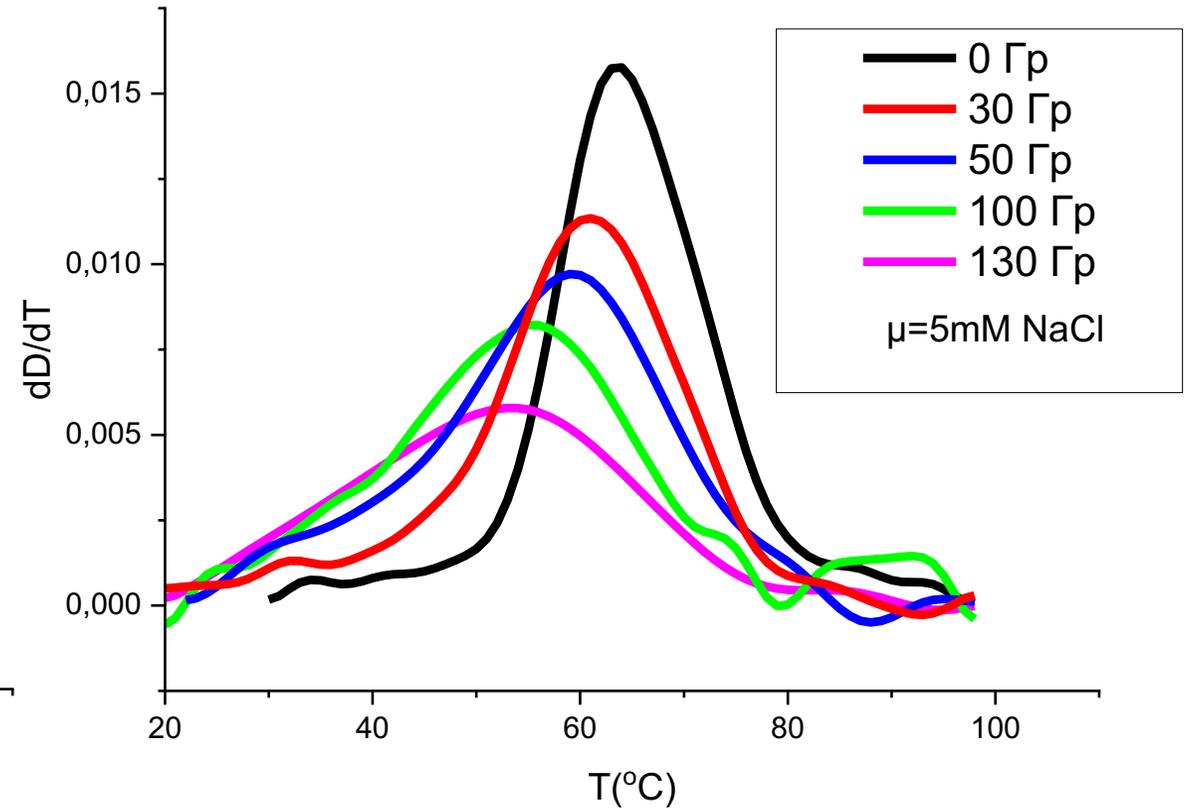
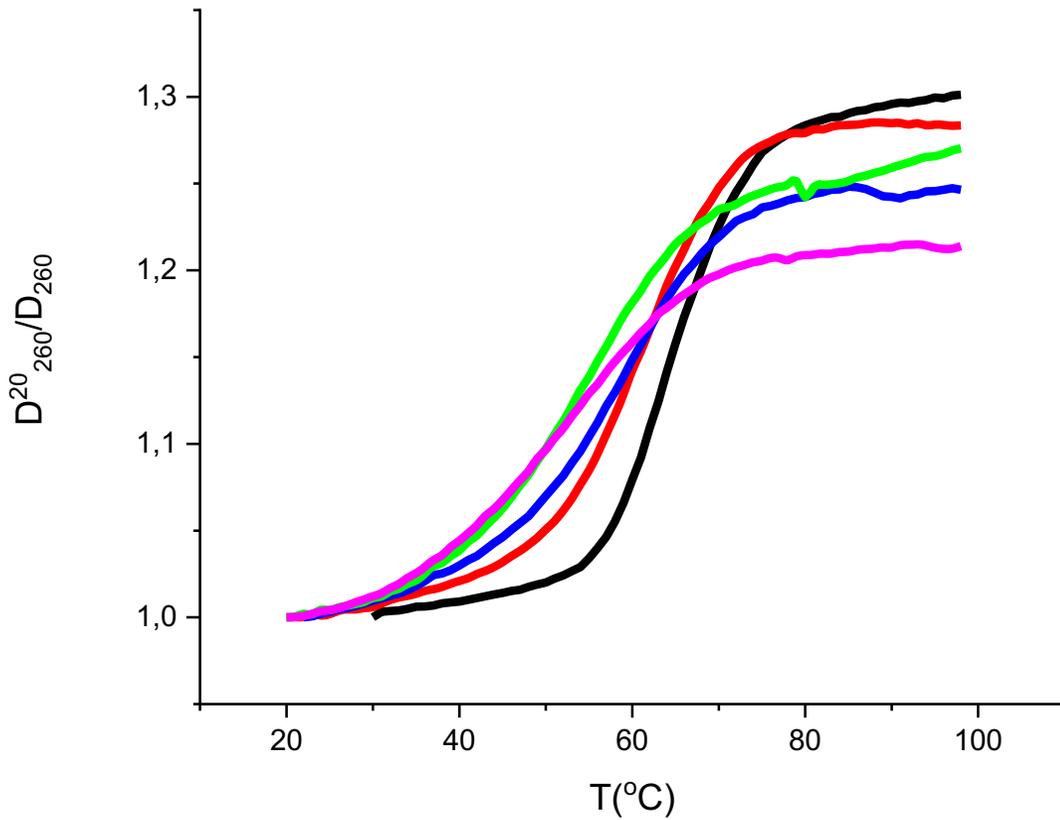
# Плавление ДНК



$D$  – оптическая плотность раствора ДНК в максимуме поглощения (260 нм)

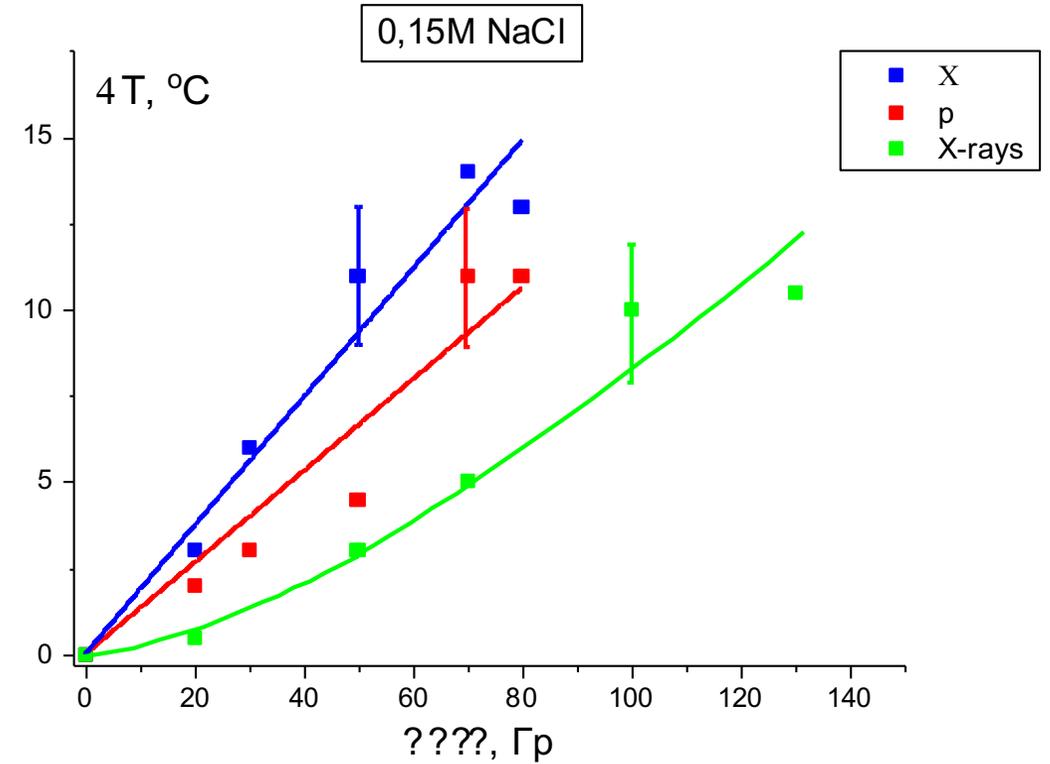
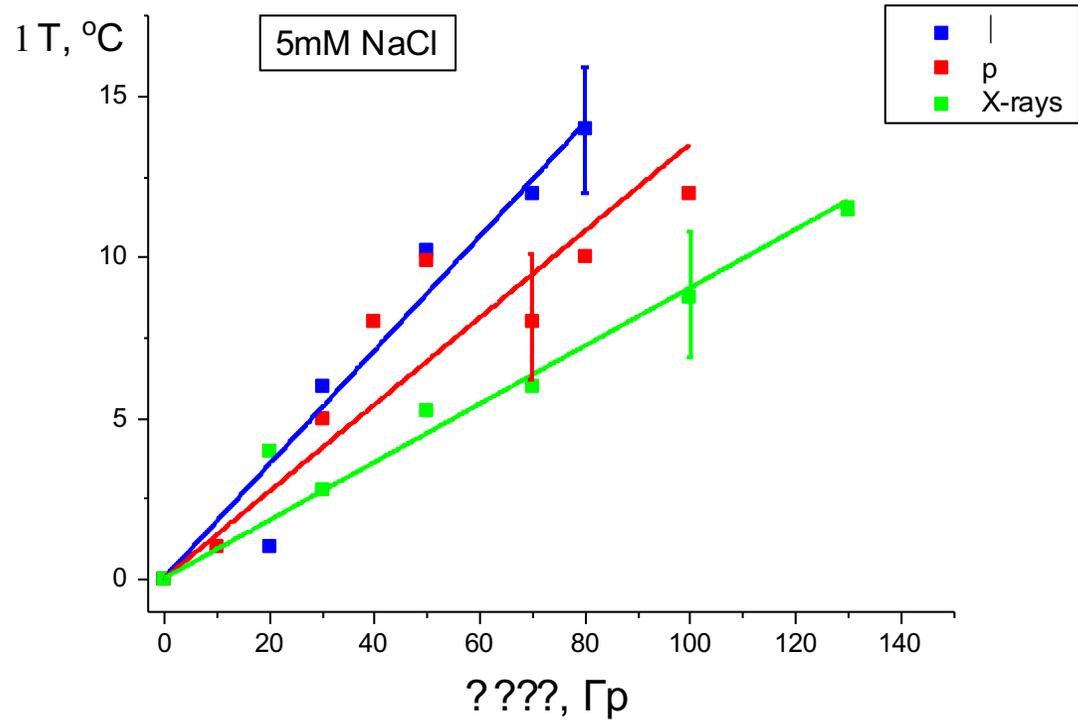
$T_m$  - температура плавления, температура при которой денатурировано 50% ДНК. Процесс плавления ДНК очень чувствителен к любым дефектам ее структуры.

# Кривые плавления



Кривые плавления  $\frac{D}{D_{20^{\circ}\text{C}}}(T) = f(T)$  и их первые производные  $\frac{dD_{260}}{dT} = f'(T)$  для ДНК облученной рентгеновским излучением

# Изменение температуры плавления ДНК $\Delta T_m = T_0 - T_D$



Рентгеновское излучение  
E=60кэВ

<

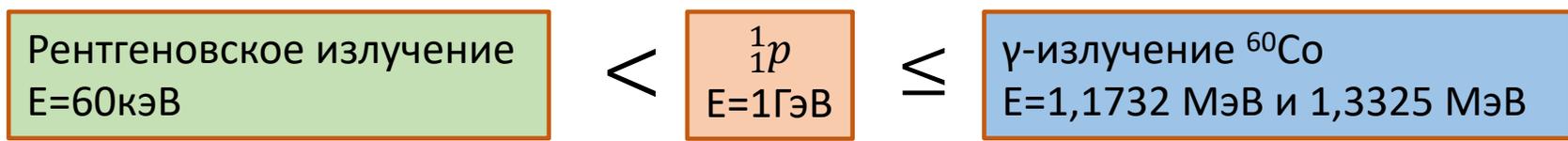
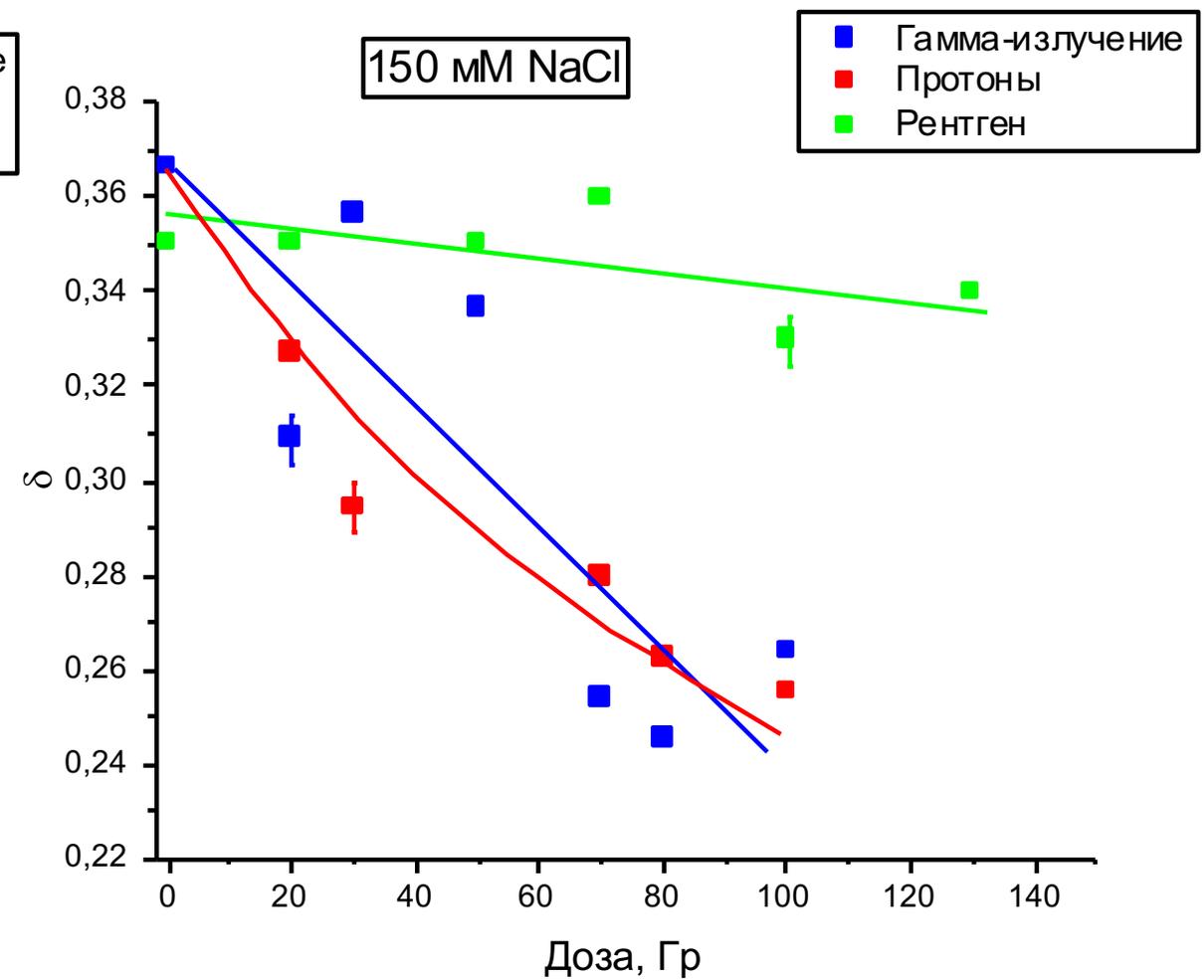
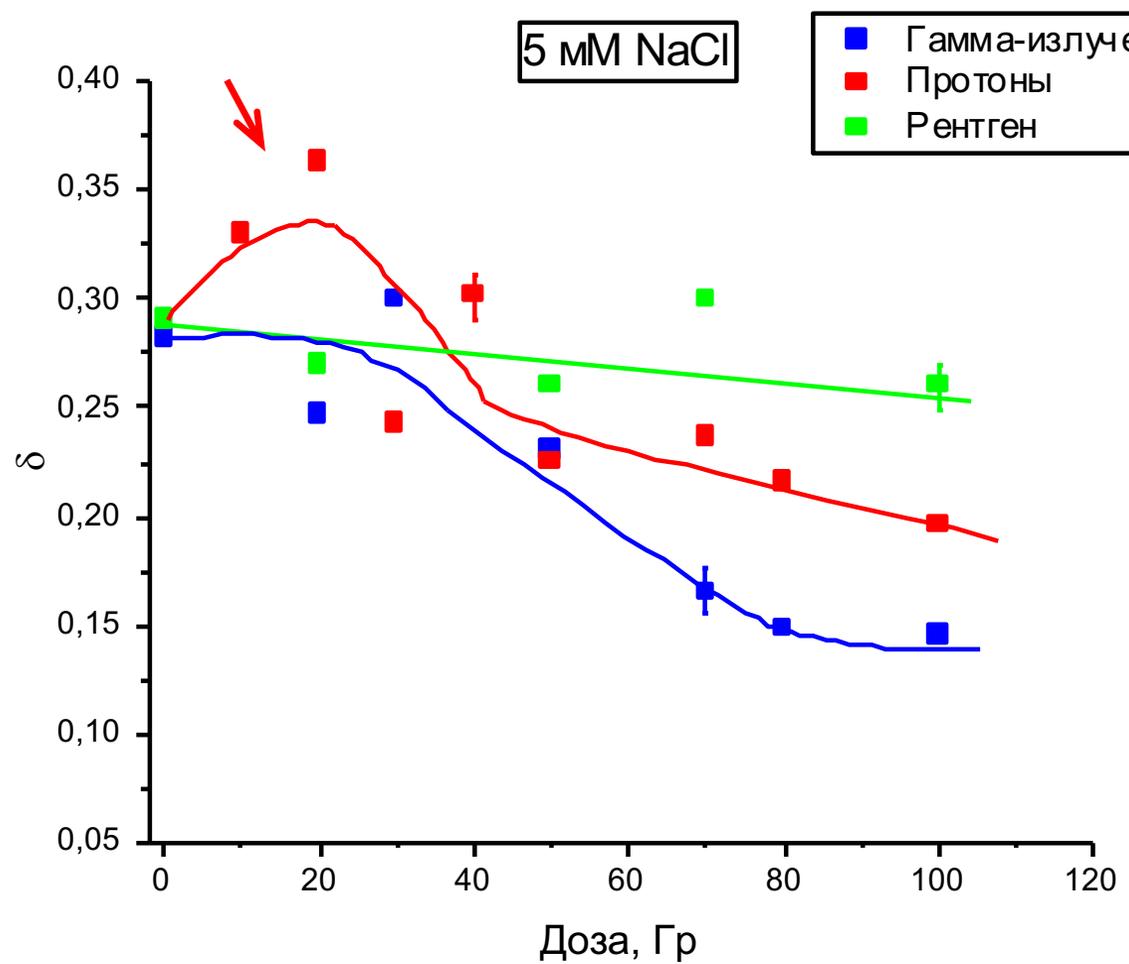
$\frac{1}{1p}$   
E=1ГэВ

<

γ-излучение  $^{60}\text{Co}$   
E=1,1732 МэВ и 1,3325 МэВ

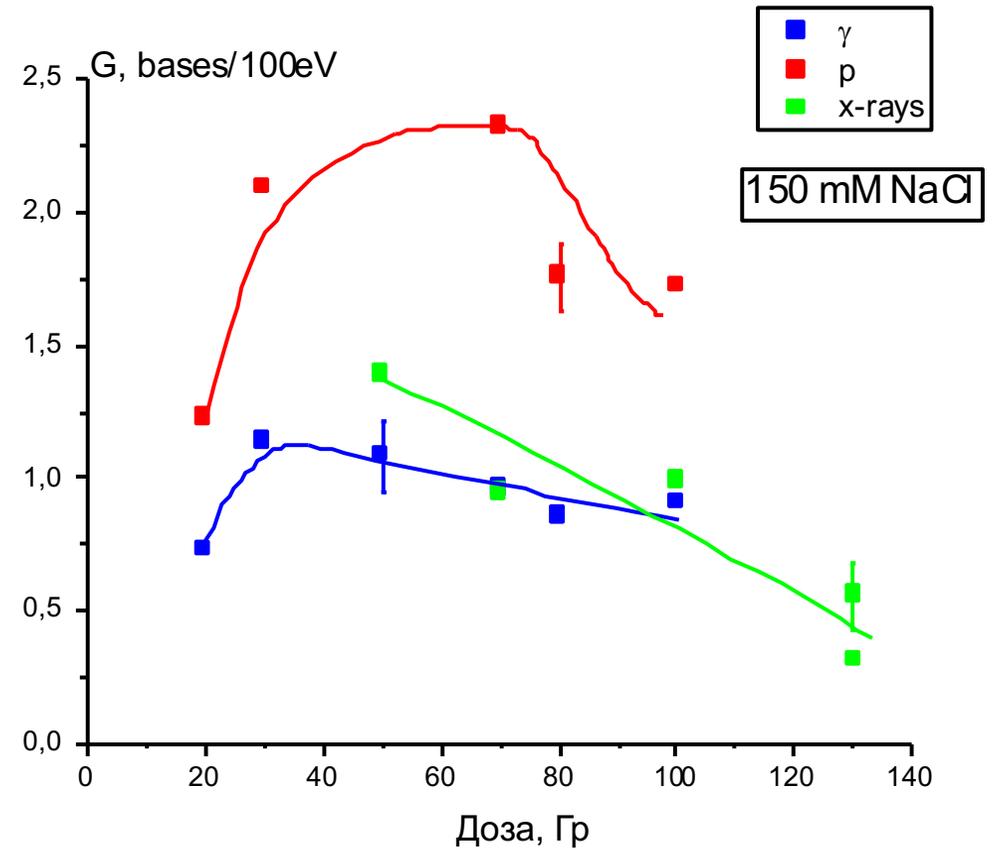
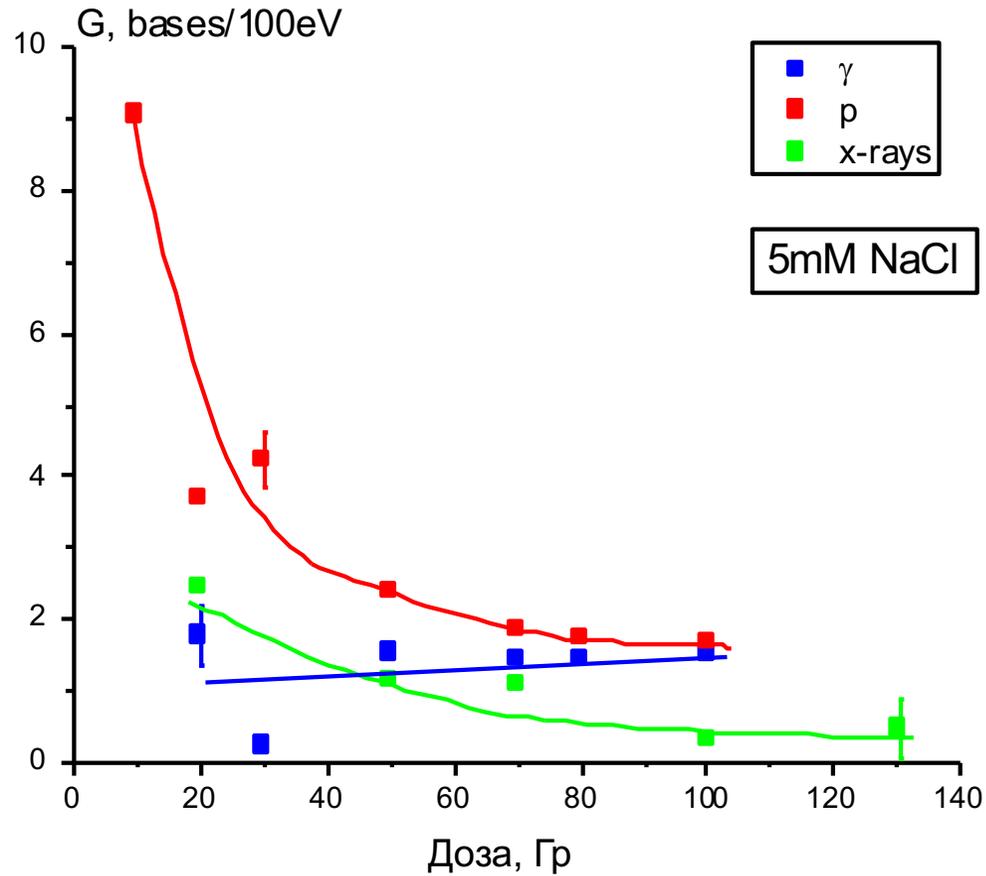
# Зависимость гиперхромного эффекта от дозы облучения

$$\delta = \frac{D_{260}^{98^\circ} - D_{260}^{20^\circ}}{D_{260}^{20^\circ}}$$



# Радиационно-химический выход

$$G = \frac{N_{\text{продуктов}}}{100 \text{ эВ поглощенной энергии}}$$



Рентгеновское излучение  
E=60кэВ

≈

$\gamma$ -излучение  $^{60}\text{Co}$   
E=1,1732 МэВ и 1,3325 МэВ

<

$\frac{1}{1p}$   
E=1ГэВ

## Выводы:

- Получены дозовые зависимости радиационно-химического выхода разрушения азотистых оснований ДНК, температуры плавления и гиперхромного эффекта ДНК.
- Наиболее эффективно снижает температуру плавления ДНК, а, следовательно, вызывает нарушение вторичной структуры гамма-излучение.
- Обнаружено, что и при малой, и при большой концентрации электролита протоны вызывают большее разрушение оснований, чем такие же дозы гамма-излучения.

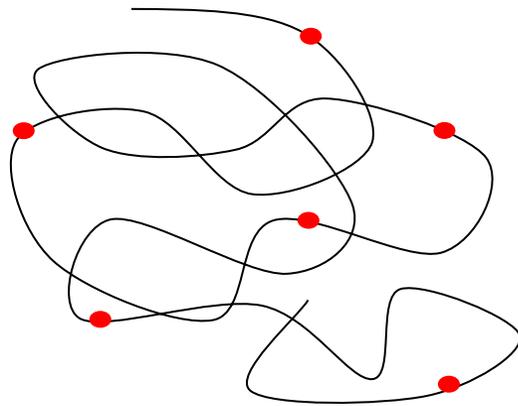
## Выводы:

### $\gamma$ -излучение

- Однородное распределение ионизаций
- Более эффективное нарушение вторичной структуры ДНК



Односайтовые повреждения ДНК

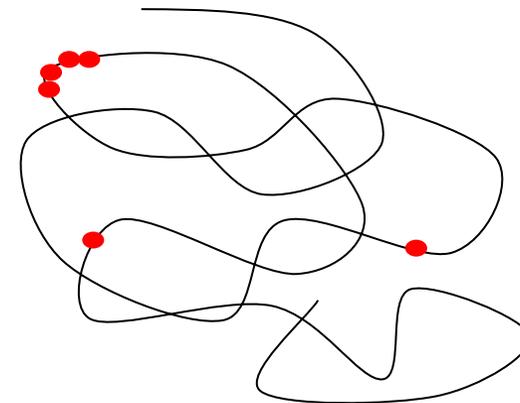


### Протонное излучение

- Неоднородное распределение ионизаций
- Менее эффективное нарушение вторичной структуры ДНК
- Фрагментация цепи ДНК (одно- и двунитевые разрывы)



Кластерные повреждения ДНК



*В растворах малой ионной силы (5мМ) эффекты, связанные с неоднородным распределением ионизаций в образце проявляются более ярко из-за бóльшего размера мишени (молекулы ДНК).*



Пятая международная конференция • Школа молодых учёных

# ФИЗИКА — НАУКАМ О ЖИЗНИ

Санкт-Петербург • 16–19 октября • 2023



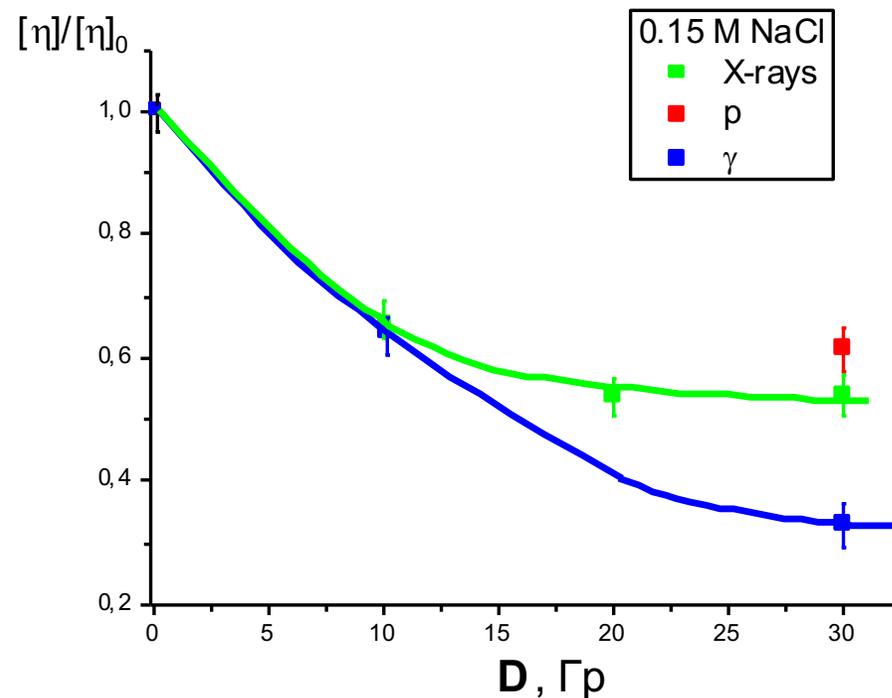
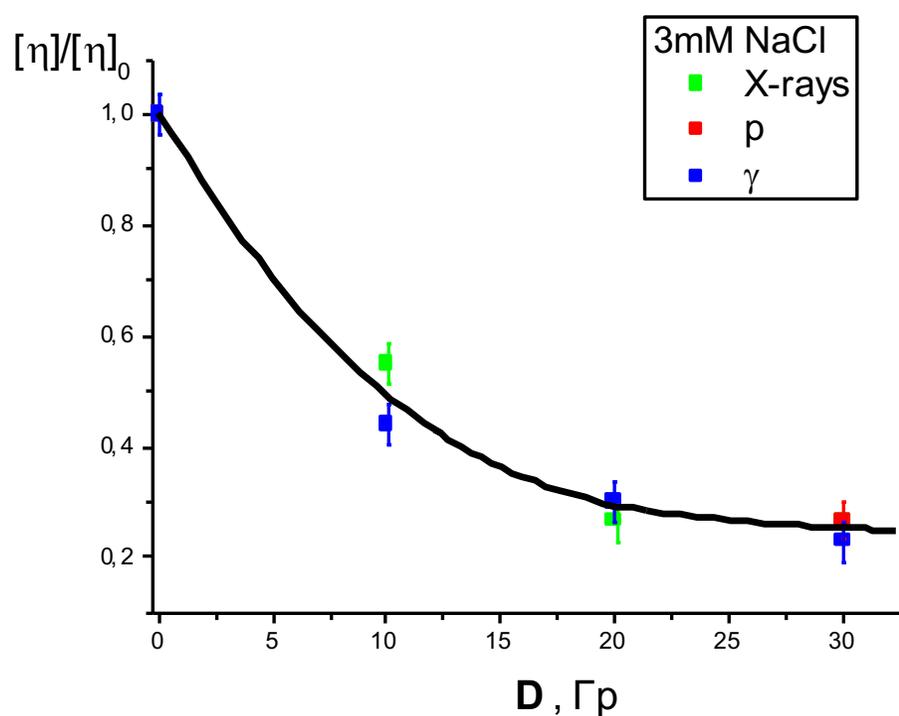
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ИМ. Б.П. КОНСТАНТИНОВА»  
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



Санкт-Петербургский  
государственный  
университет

# Спасибо за внимание!

# Относительное изменение характеристической вязкости ДНК, облученной разными видами ионизирующего излучения



Рентгеновское излучение  
E=60кэВ

≈

$\frac{1}{1p}$   
E=1ГэВ

<

γ-излучение  $^{60}\text{Co}$   
E=1,1732 МэВ и 1,3325 МэВ