

# ЭФФЕКТЫ ХРОНИЧЕСКОГО РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОПУЛЯЦИИ РАСТЕНИЙ

Гераськин С.А.

*ВНИИ сельскохозяйственной  
радиологии и агроэкологии  
РАСХН, Обнинск, Россия*



# Различия антропоцентрического и экоцентрического подходов к нормированию действия ионизирующего излучения

	<b>Антропоцентрический</b>	<b>Экоцентрический</b>
<b>Поглощенные человеком и биотой дозы</b>	<b>Близки</b>	<b>Существуют радиэкологические ситуации, когда некоторые представители биоты получают дозу в 10-300 раз выше, чем человек</b>
<b>Объект нормирования</b>	<b>Человек</b>	<b>Системы надорганизменного уровня (популяции, экосистемы, биоценозы)</b>
<b>Показатели, по которым осуществляется нормирование</b>	<b>Детерминистские и стохастические эффекты</b>	<b>Сохранение структуры и устойчивое функционирование систем надорганизменного уровня</b>

экологические эффекты

**Экосистемы**  
продуктивность ценоза, видовое разнообразие, трофическая структура, выпадение чувствительных видов

репродуктивная функция

**Популяции**  
изменение половозрастной и генетической структуры популяции, репродуктивной способности, радиоадаптация

адаптация

смертность

**Организмы**  
выживаемость, заболеваемость, морфологические аномалии, наследственные эффекты

заболеваемость

**Клетки**

мутации, изменение концентрации внутриклеточных метаболитов, мутации, трансформации, гибель клеток

генетические эффекты

Ионизирующее излучение

клетка

- Какие процессы происходят в природных популяциях, населяющих радиоактивно загрязненные территории?
- Каков мутагенный эффект хронического радиационного воздействия в низких дозах?
- Какова судьба индуцированных мутаций в измененных экологических условиях?

# Исследования популяций растений, населяющих радиоактивно загрязненные территории

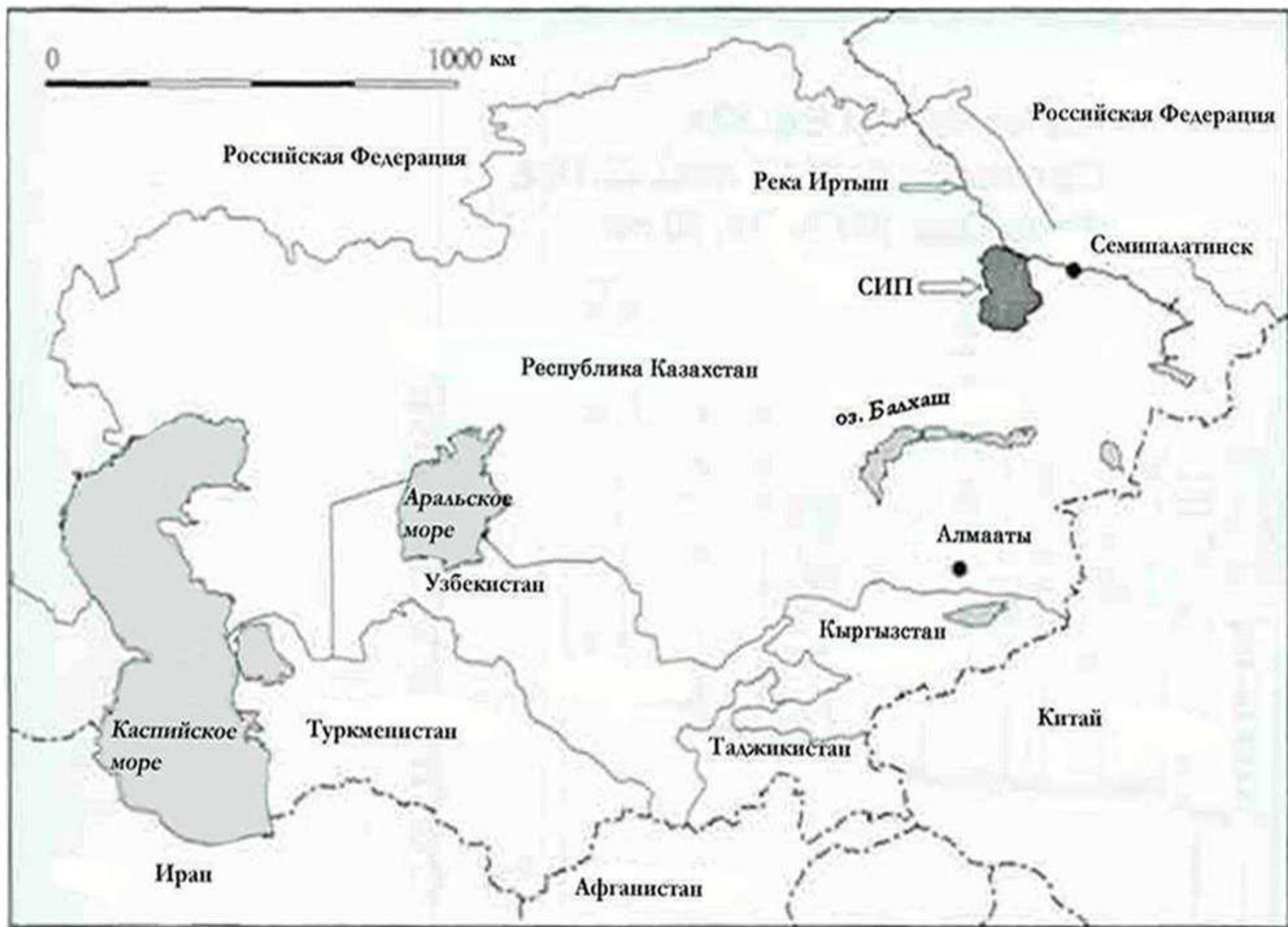


Брянская обл., Россия, 2003  
350  $\mu\text{R}/\text{h}$



Семипалатинский полигон, Казахстан, 2006  
эпицентр Опытного поля, 3557  $\mu\text{R}/\text{h}$

Объект	Место и время	Загрязнение	Показатели
Рожь, пшеница, ячмень, овес	10-км зона ЧАЭС (11.7-454 МБк/м <sup>2</sup> ), Украина, 1986-1989	Радионуклиды	Жизнеспособность семян, цитогенетические нарушения в интеркалярной меристеме и проростках семян (Geras'kin <i>et al.</i> , 2003a)
Сосна, пырей	30-км зона ЧАЭС (250-2690 мкР/ч), Украина, 1995	Радионуклиды	Цитогенетические нарушения в проростках семян (Geras'kin <i>et al.</i> , 2003b)
Сосна	Хранилище р/а отходов, Ленинградская обл., 1997-2002	Смешанное	Цитогенетические нарушения в проростках семян и интеркалярной меристеме хвои (Geras'kin <i>et al.</i> , 2005)
Мышиный горошек	Свалка отходов радиевого промысла (73-3300 мкР/ч), Республика Коми, 2003-2007	Естественные радионуклиды	Эмбриональные летали, цитогенетические нарушения в проростках семян (Евсеева и др., 2007; 2008)
Сосна	Брянская обл. (60-350 мкР/ч), 2003-2008	Радионуклиды	Цитогенетические нарушения в проростках семян, полиморфизм изоферментных локусов, доля abortивных семян (Гераськин и др., 2008; Гераськин и др., 2009)
Тонконог	Семипалатинский полигон (74-3557 мкР/ч), Казахстан, 2005-2008	Радионуклиды	Цитогенетические нарушения в колеоптилях проростков (Гераськин и др., 2009)



# Сайты биоиндикационных исследований на территории СИП

## Опытное поле:

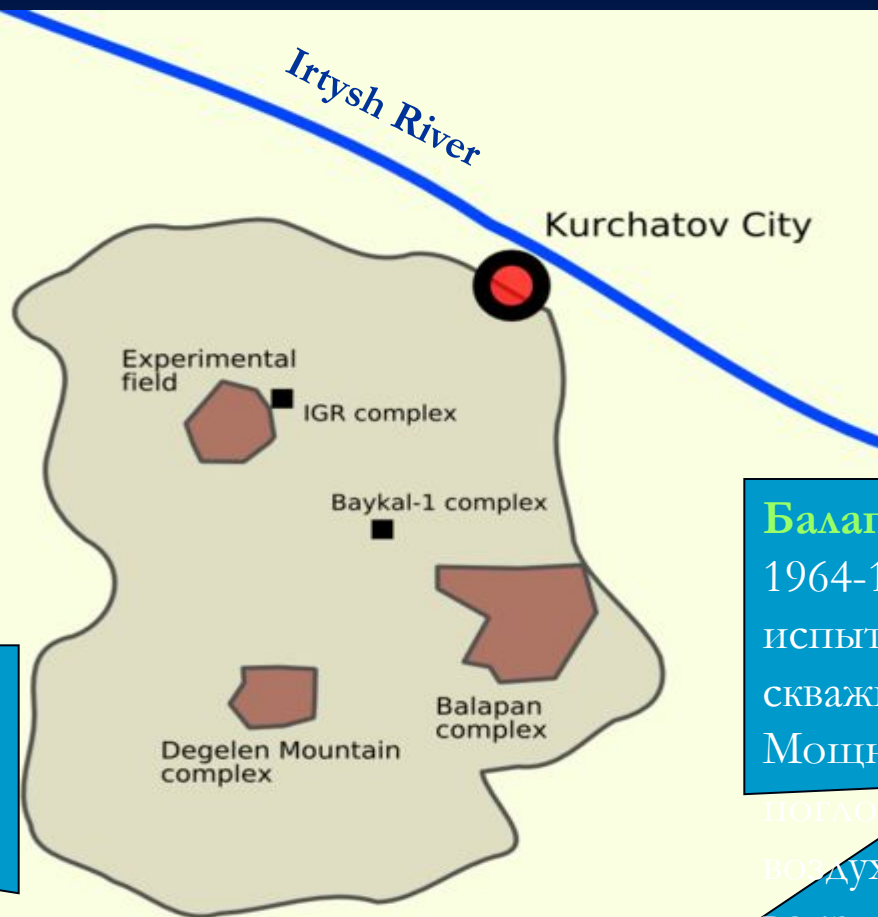
1949-1964: 86 воздушных и 30 наземных ядерных взрывов

Мощность поглощенной в воздухе дозы более 30 мкГр/ч

## Дегелен:

1961-1989: 215 ядерных испытаний в горных штольнях

Мощность поглощенной в воздухе дозы более 60 мкГр/ч



## Балапан:

1964-1989: 109 ядерных испытаний в скважинах  
Мощность

поглощенной дозы в воздухе над отвалами вокруг Атомного озера более 20 мкГр/ч



# Семипалатинский полигон, Казахстан, 2005-2008

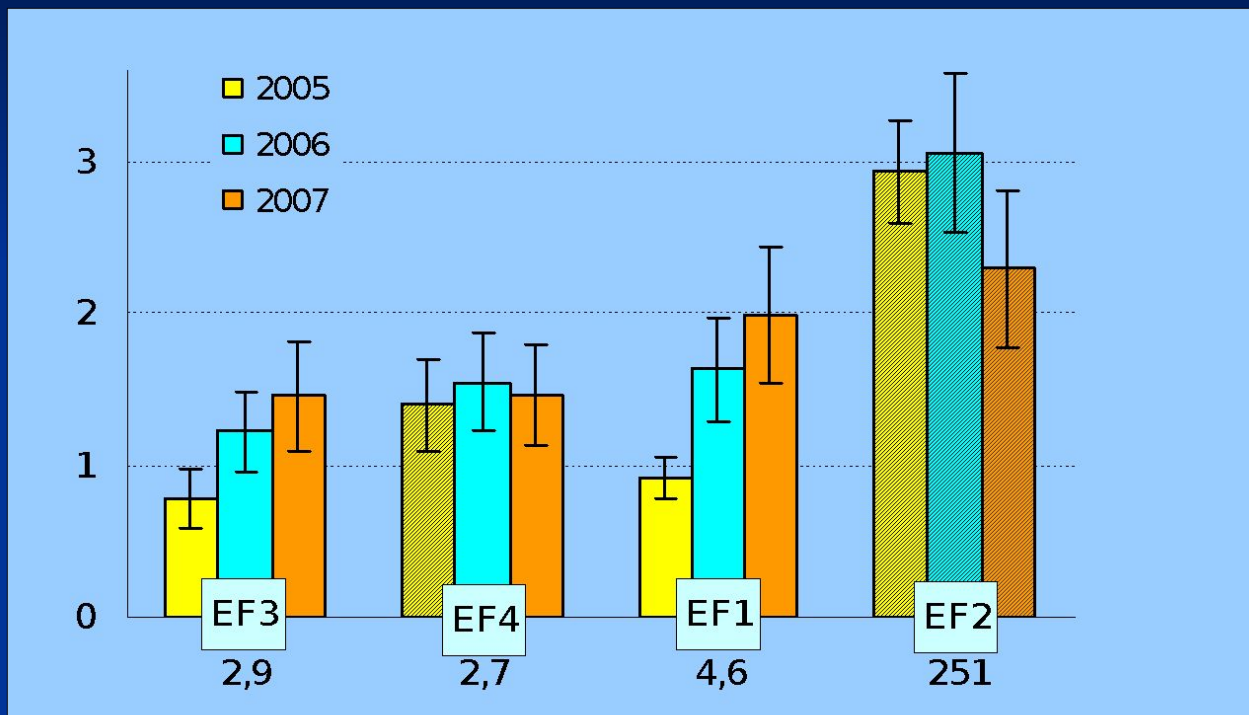


*Тонконоз*

2018 мкр/ч

# Семипалатинский полигон, Казахстан, 2005-2008

## Частота аберрантных клеток в колеоптилях проростков тонконога



### Correlation

2005:  $r = 96.3$ ,  $p < 4\%$

2006:  $r = 97.7$ ,  $p < 3\%$

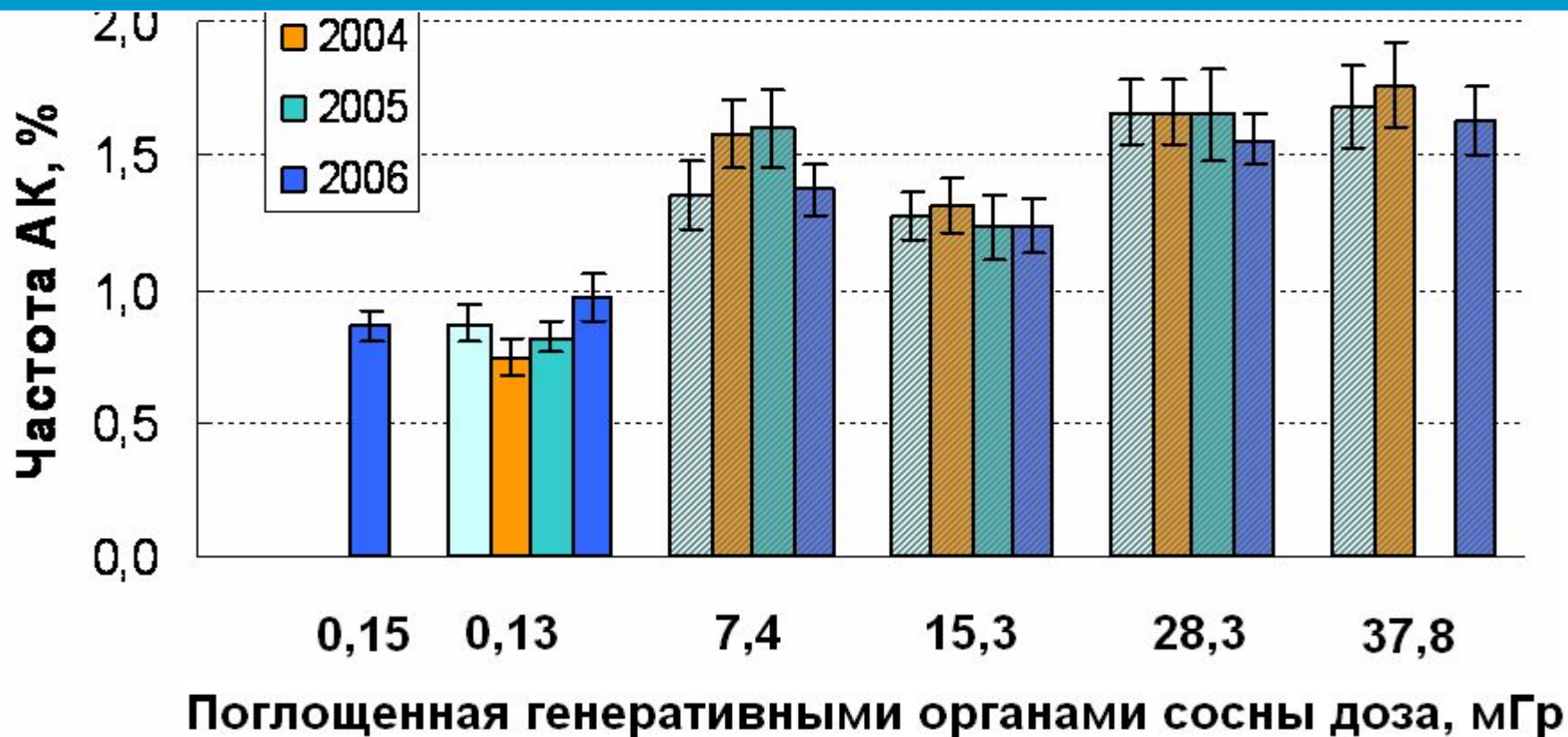
2007:  $r = 78.6$ ,  $p < 22\%$

С учетом однородности участков по почвенно-климатическим условиям и содержанию тяжелых металлов, следует сделать вывод о радиационной природе наблюдаемых в популяциях тонконога цитогенетических эффектов

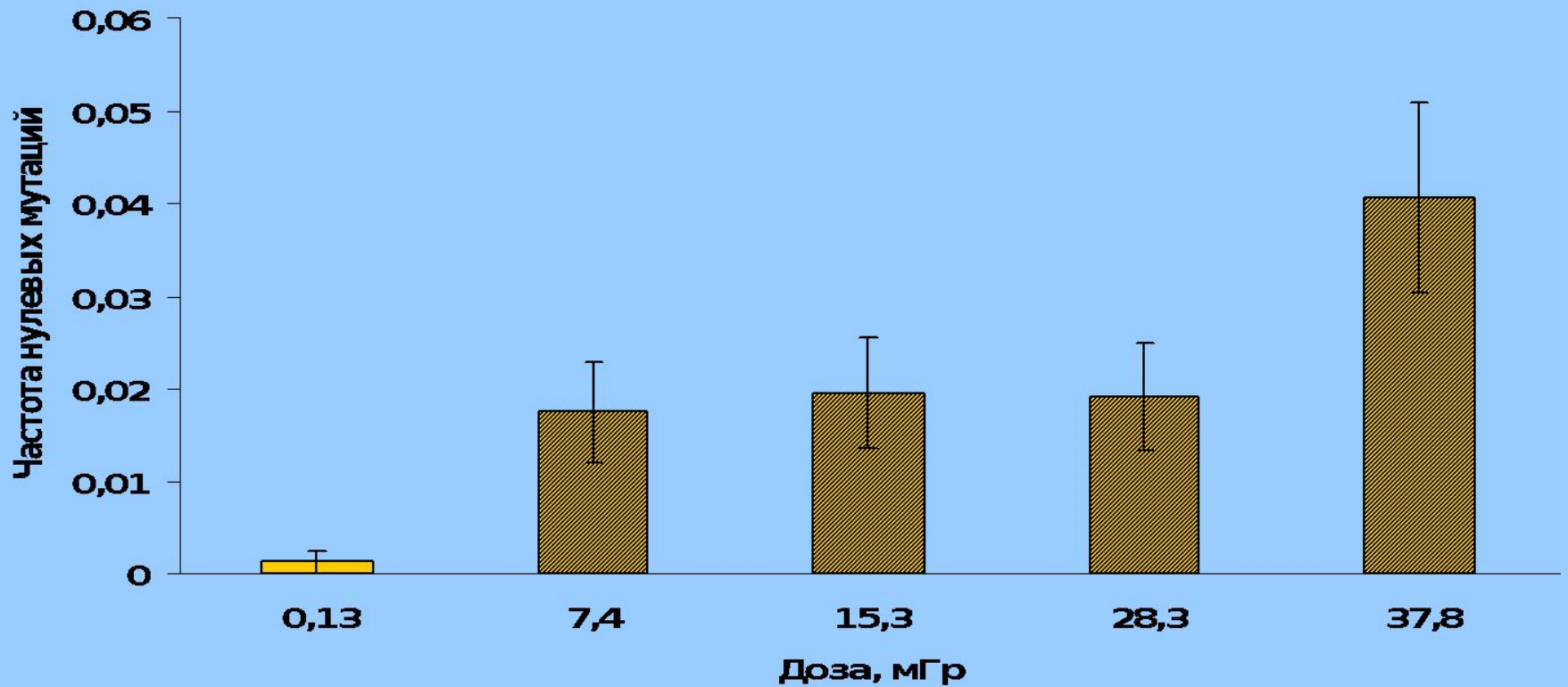
# Новозыбковский район, 2003-2008



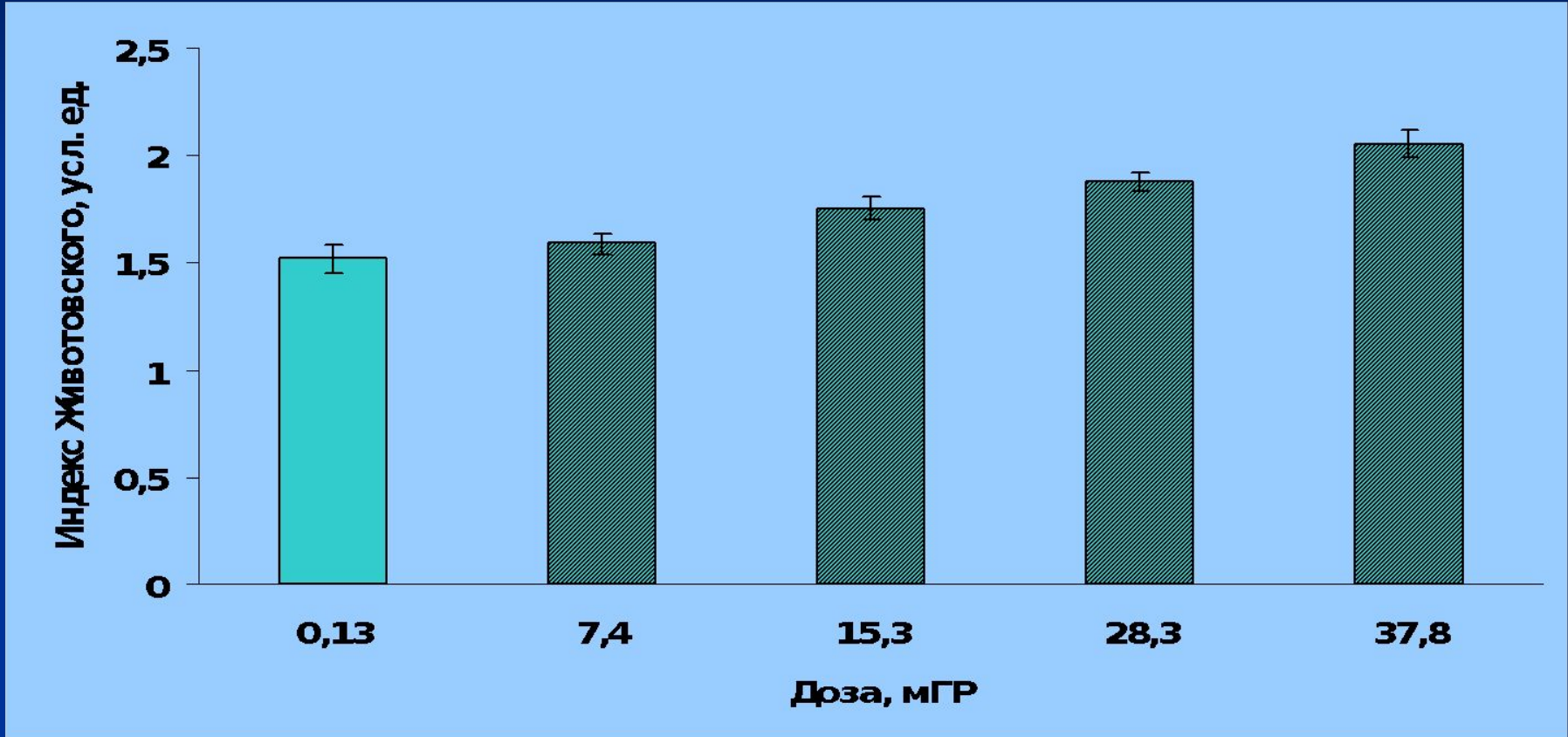
# Популяции растений, населяющие участки с относительно невысокими уровнями радиоактивного загрязнения, характеризуются повышенной частотой цитогенетических нарушений



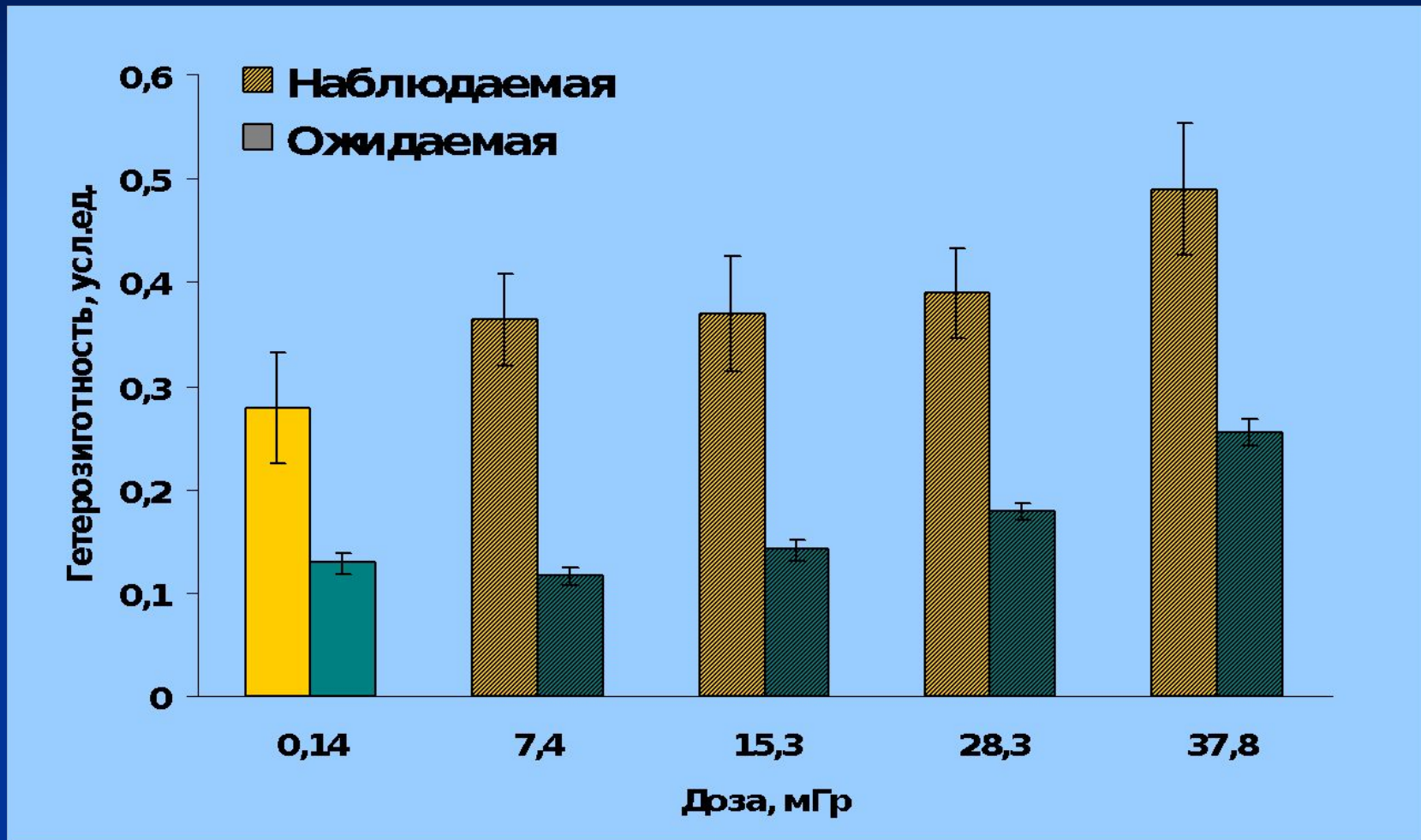
# дубликации и изменение электрофоретической ПОДВИЖНОСТИ



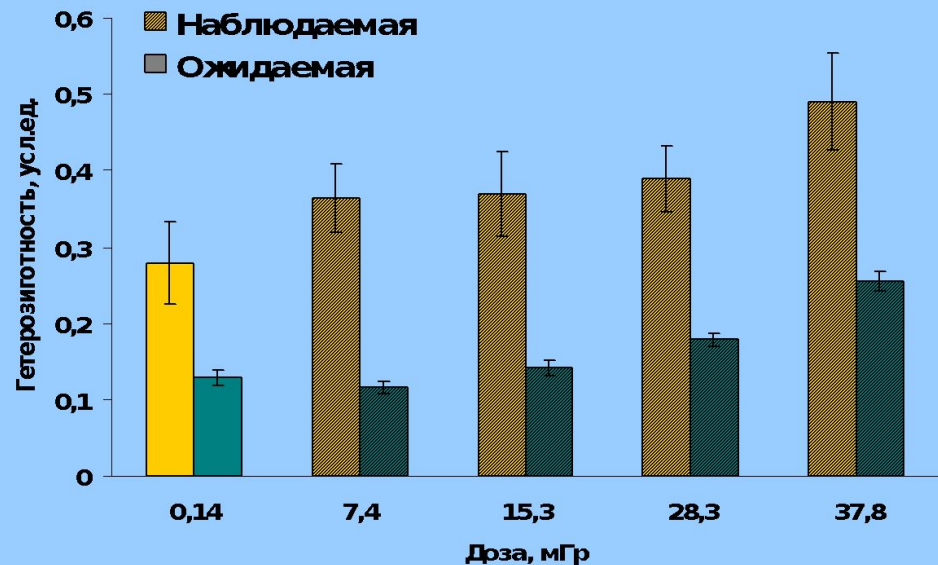
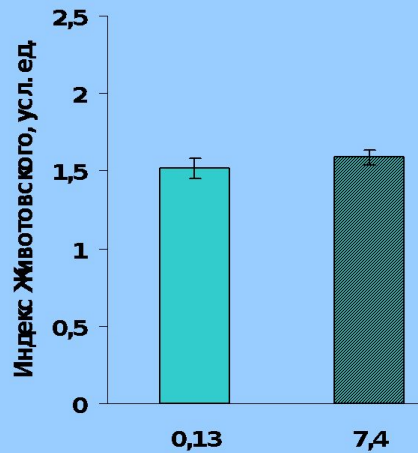
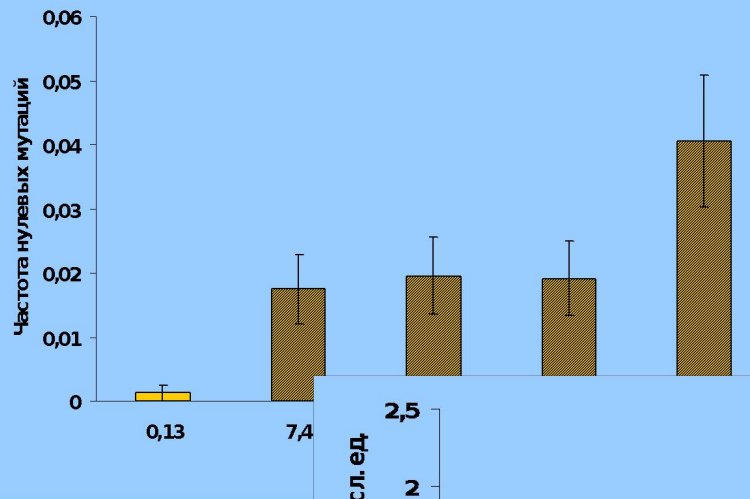
**Внутрипопуляционное разнообразие на всех экспериментальных участках достоверно превышает контрольный уровень и увеличивается вместе с плотностью радиоактивного загрязнения**



Повышенная по сравнению с контролем гетерозиготность и превышение наблюдаемой гетерозиготности над ожидаемой свидетельствует о селективном преимуществе гетерозигот в условиях хронического облучения



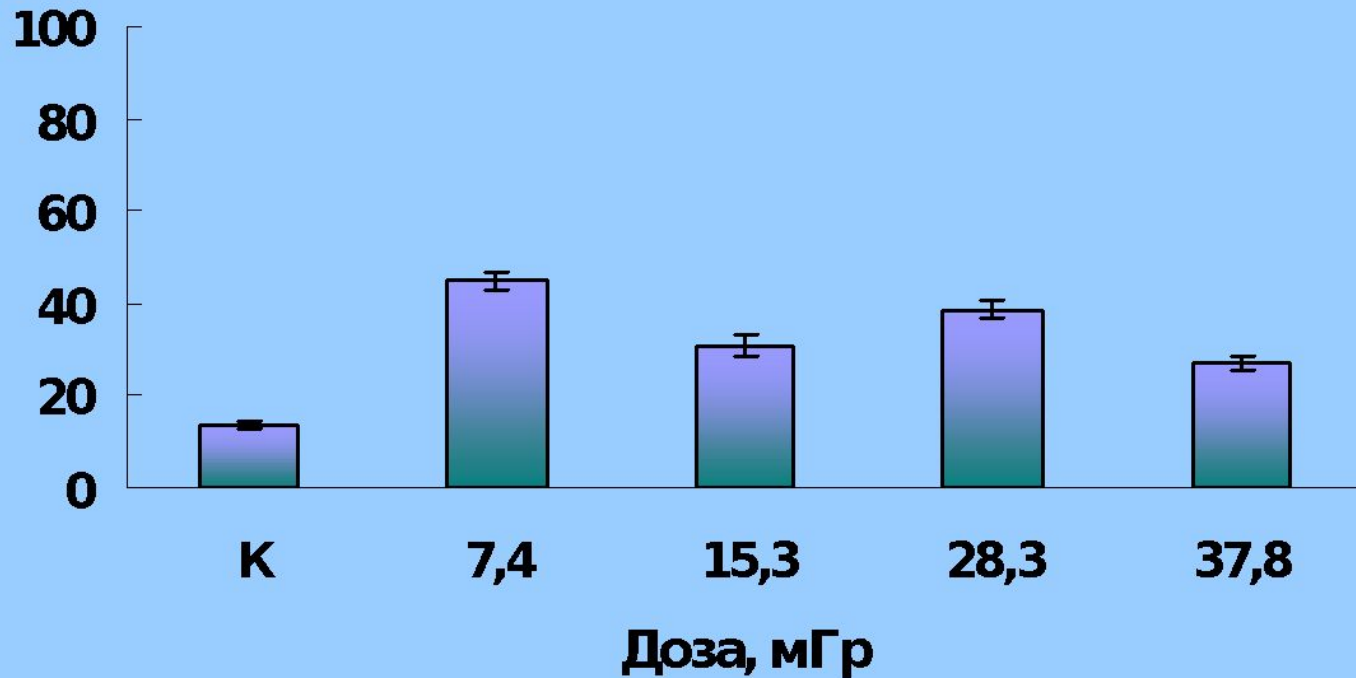
В исследованных популяциях сосны формируется семенное потомство с высоким уровнем мутационной изменчивости, а генетическая дифференциация сравниваемых популяций в значительной степени обусловлена радиационным воздействием





В условиях хронического облучения формируется семенное потомство, достоверно уступающее по репродуктивным качествам контрольному уровню

Невыполненные семена, %



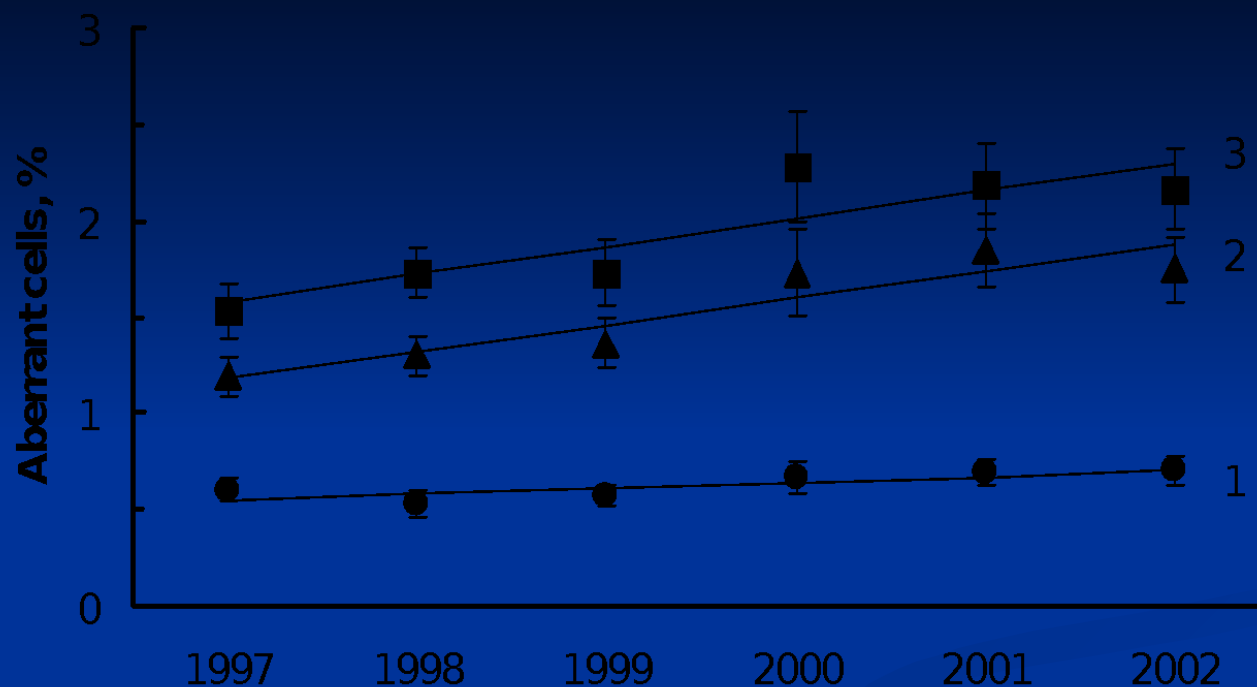


Ленинградская атомная электростанция

Временное хранилище радиоактивных отходов

Место отбора проб

15км.

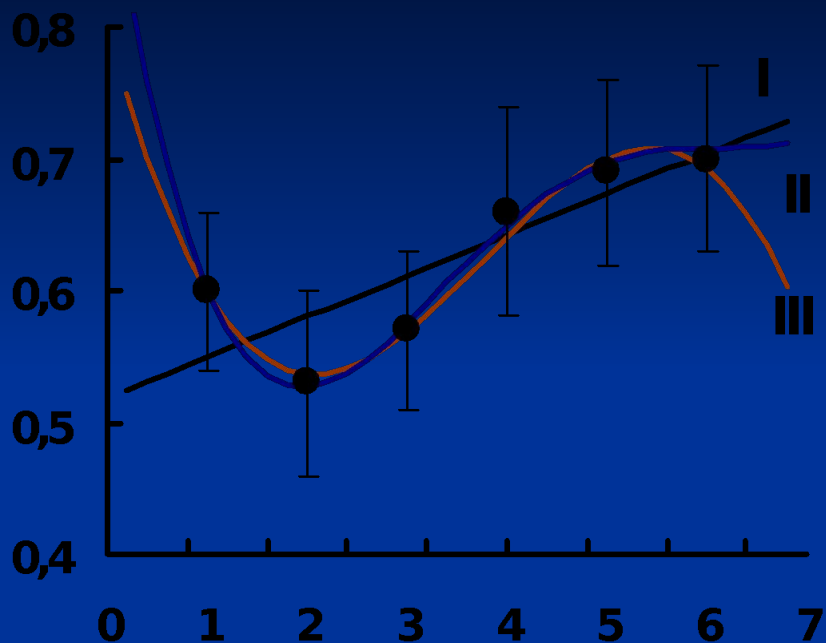


**Частота aberrантных клеток в корневой меристеме проростков семян сосны обыкновенной. Ленинградская область, 1997-2002.**

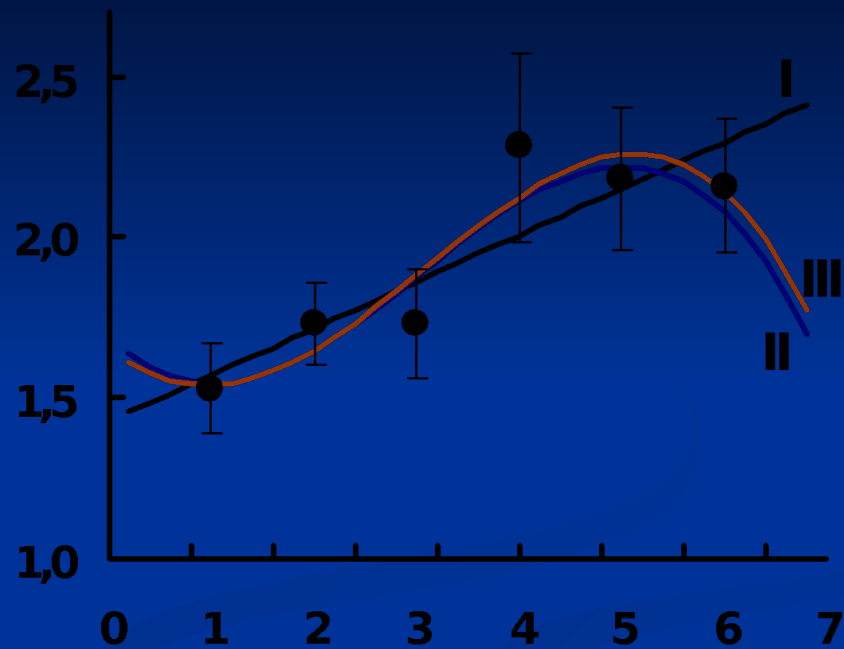
Места отбора проб:

1 – Большая Ижора (контроль); 2 – Сосновый Бор; 3 – ЛСК «Радон»

## Контроль

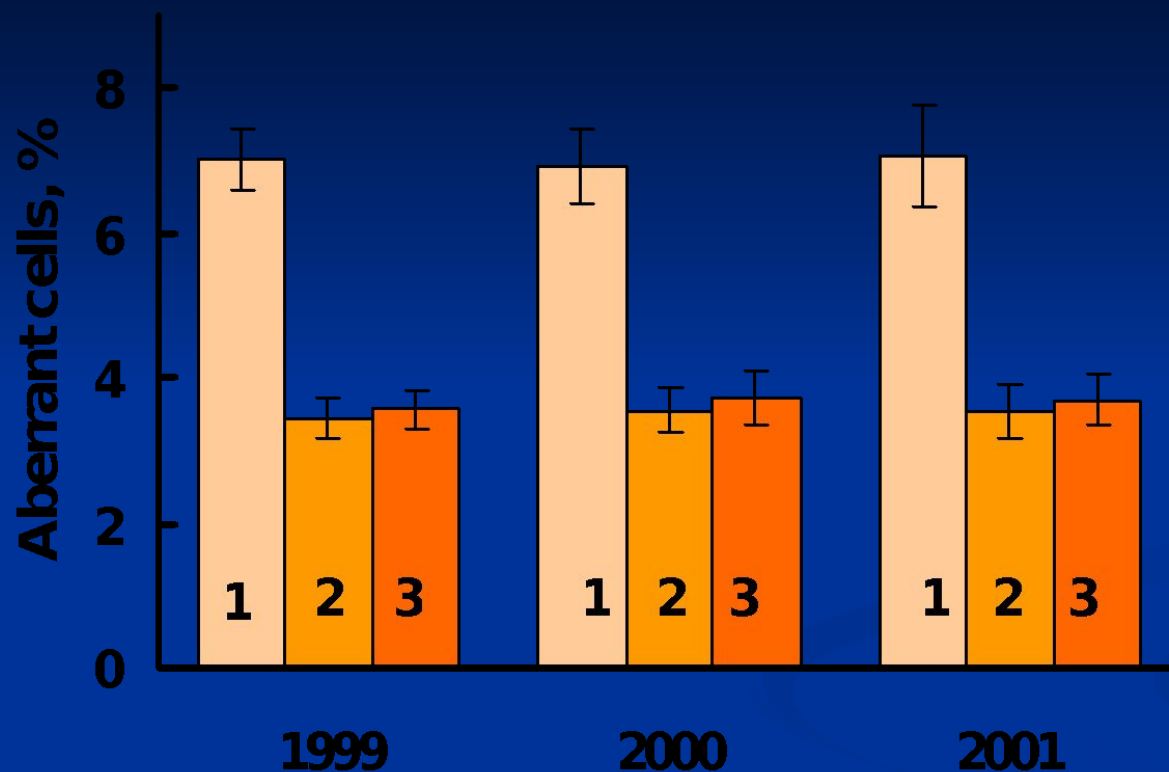


## ЛСК



**Уровень техногенного загрязнения в исследуемом районе достаточен для нарушения присущих интактным популяциям закономерностей саморазвития**

## Острое облучение семян



Характеризующиеся повышенной частотой цитогенетических нарушений семена из подвергшихся техногенному воздействию популяций демонстрируют достоверно большую устойчивость к действию дополнительного острого  $\gamma$ -облучения

# Свалка отходов радиевого промысла, Республика Коми, 2003-2007



3300 мкР/ч

Мышиный горошек

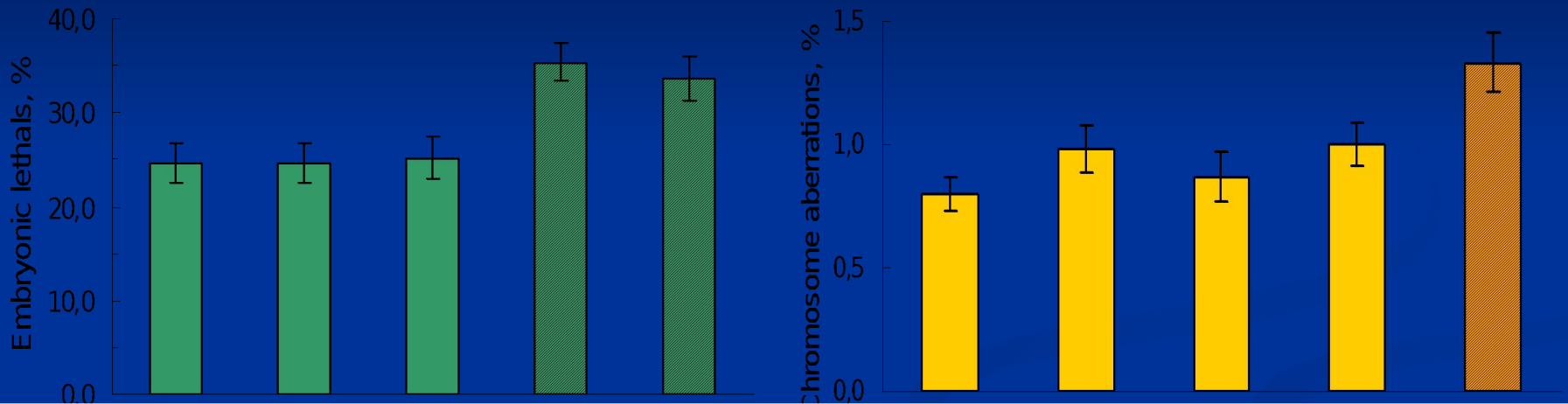


Черные отвалы



# Свалка отходов радиевого промысла, Республика Коми, 2003-2007

Частота эмбриональных леталей и aberrаций хромосом в корневой меристеме проростков семян мышиного горошка, 2003



Сопоставление полученных в 1980 и 2003 гг. результатов исследования свидетельствует о том, что до сих пор в исследуемой популяции сохраняется высокий уровень генетической и морфологической изменчивости

# ВЫВОДЫ

- Базовым уровнем построения системы радиационной защиты биоты является популяция. Поэтому уникальное значение для ее обоснования имеет исследование популяций растений и животных, населяющих контрастные по уровню и спектру дозообразующих радионуклидов территории. Особое внимание при этом следует уделять эффектам популяционного уровня, не сводимым к элементарным механизмам биологического действия радионуклидов — феномен радиоадаптации, изменение половой, возрастной и генетической структуры популяций



## ВЫВОДЫ-2

- Даже относительно низкие уровни техногенного загрязнения способны увеличивать генетическую изменчивость и нарушать присущие интактным популяциям закономерности саморазвития. Хроническое радиационное воздействие способно играть роль экологического фактора, меняя генетическую структуру природных популяций.
- В условиях экологического стресса в популяциях растений происходит отбор на повышение устойчивости к действующему фактору. Но скорость и сама возможность осуществления этого процесса может существенно различаться в разных радиоэкологических условиях



**Благодарим МНТЦ (проекты 3003 и К-1328); РФФИ (проект 08-04-00631); Фонд экологической безопасности энергетики (контракт № 5-18(359)-3-1802) и Роснауку (контракт № 02.512.11.0012) за финансовую поддержку!**