

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

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

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

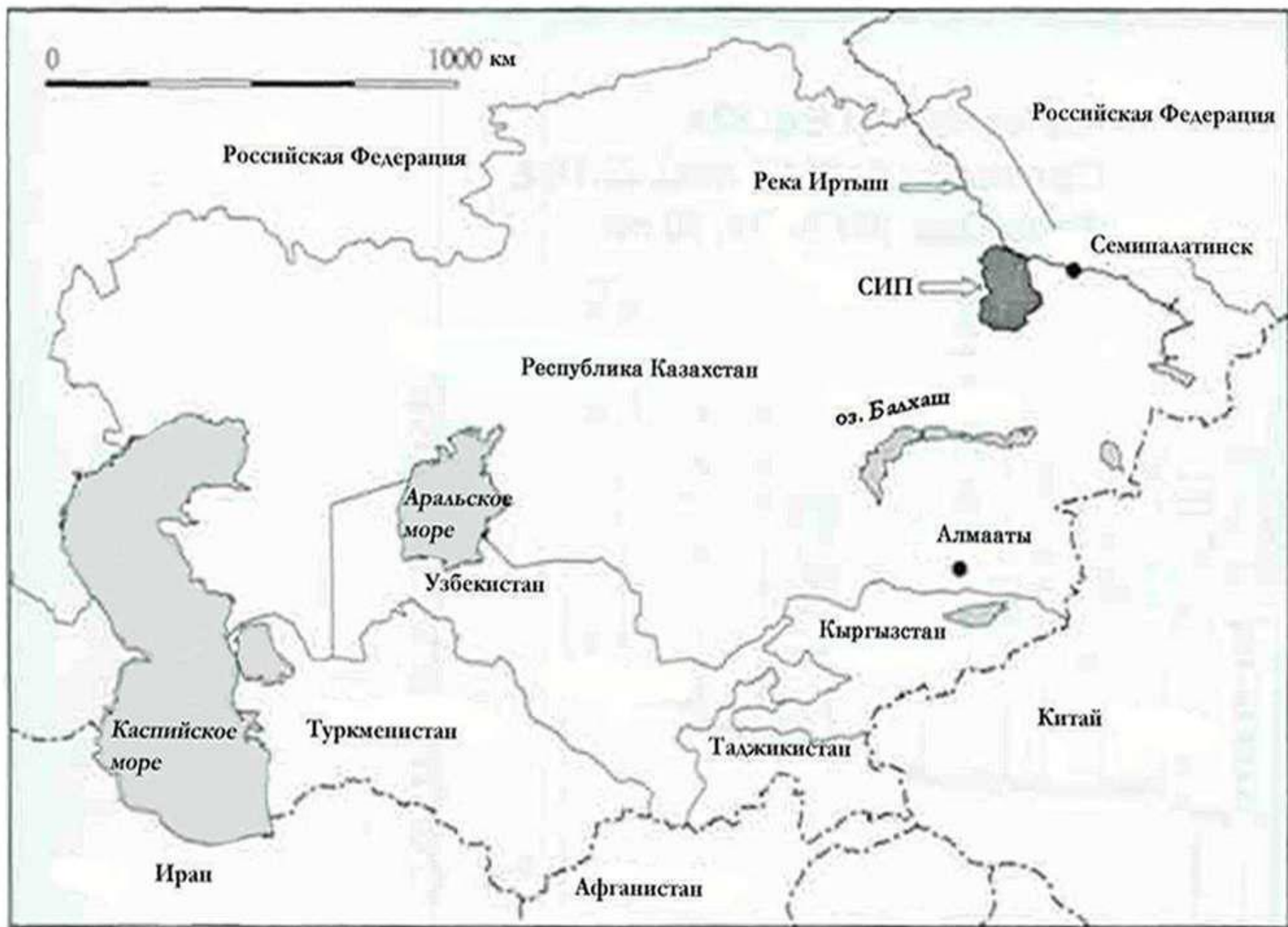


Брянская обл., Россия, 2003
350 $\mu\text{R}/\text{h}$



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 ²), 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:

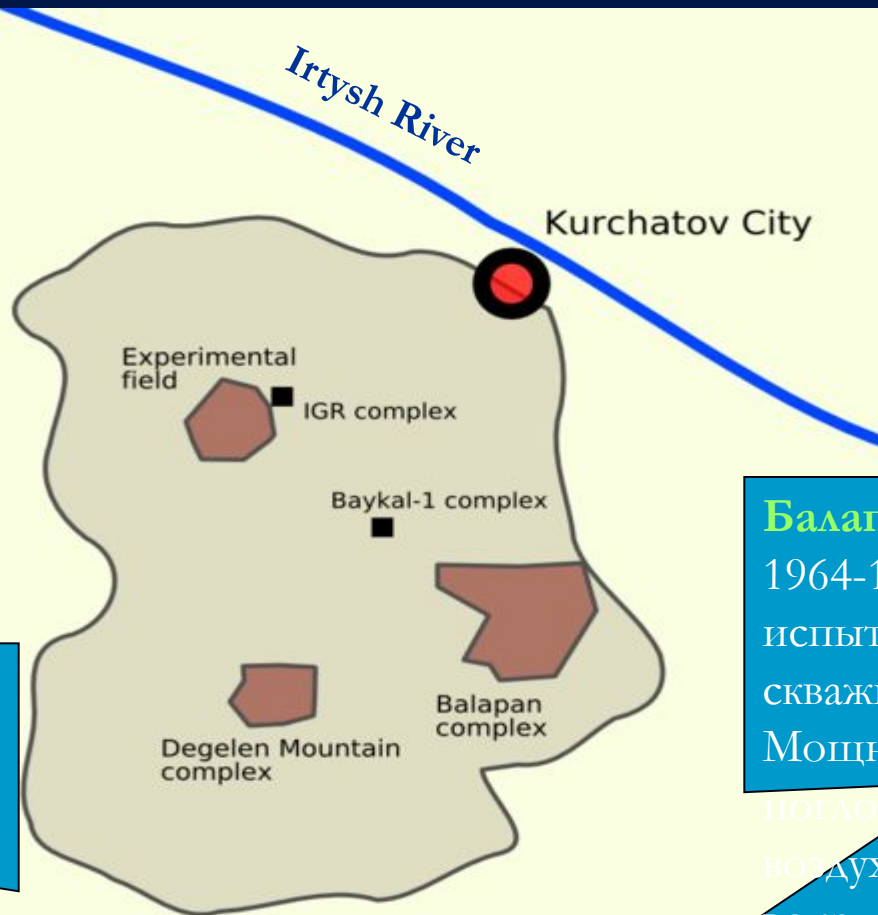
1949-1964: 86 воздушных и 30 наземных ядерных взрывов

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

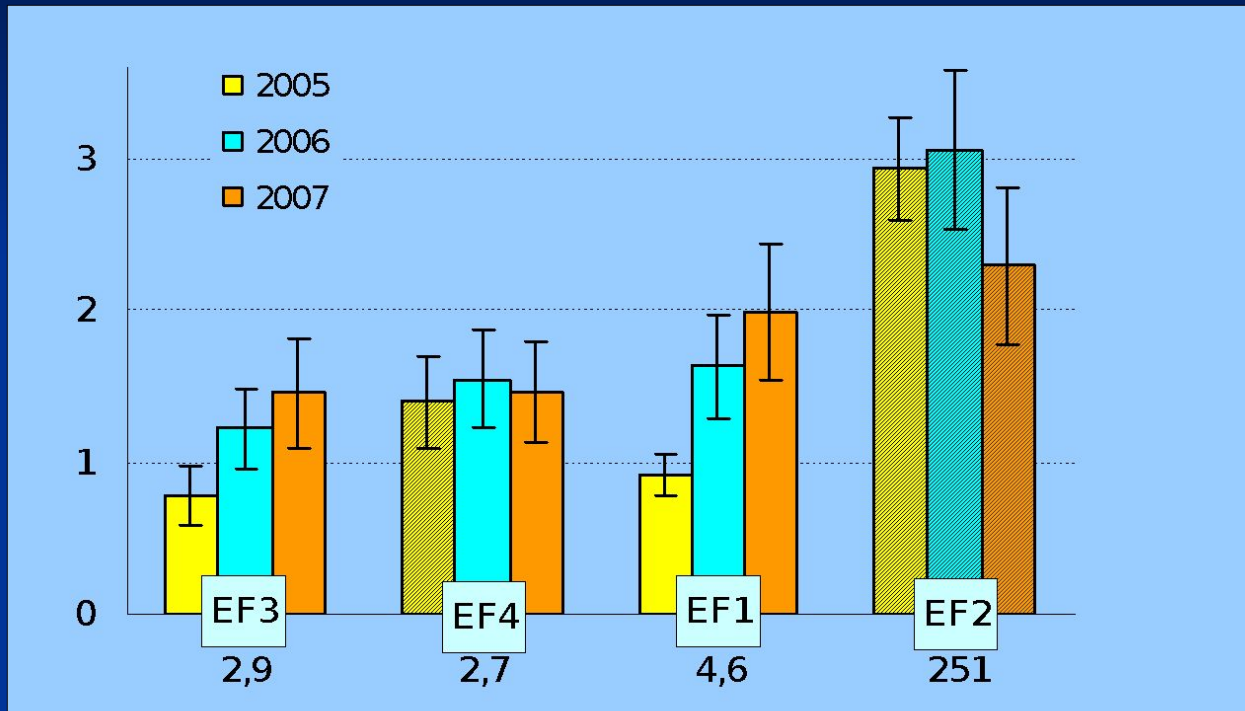


Тонконоз

2018 мкр/ч

Семипалатинский полигон, Казахстан, 2005-2008

Частота аберрантных клеток в колеоптилях проростков тонконога



Correlation

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

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

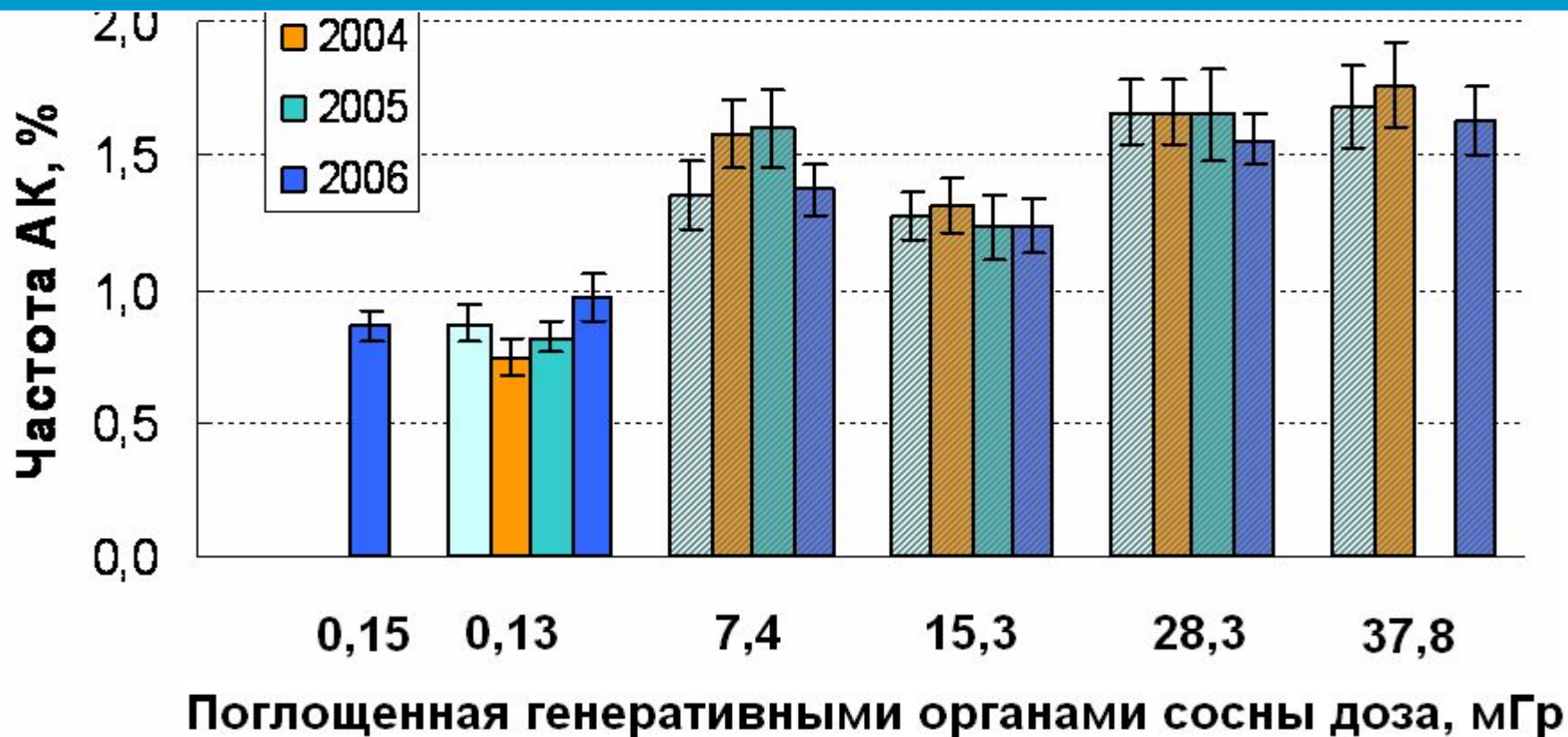
2007: $r = 78.6$, $p < 22\%$

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

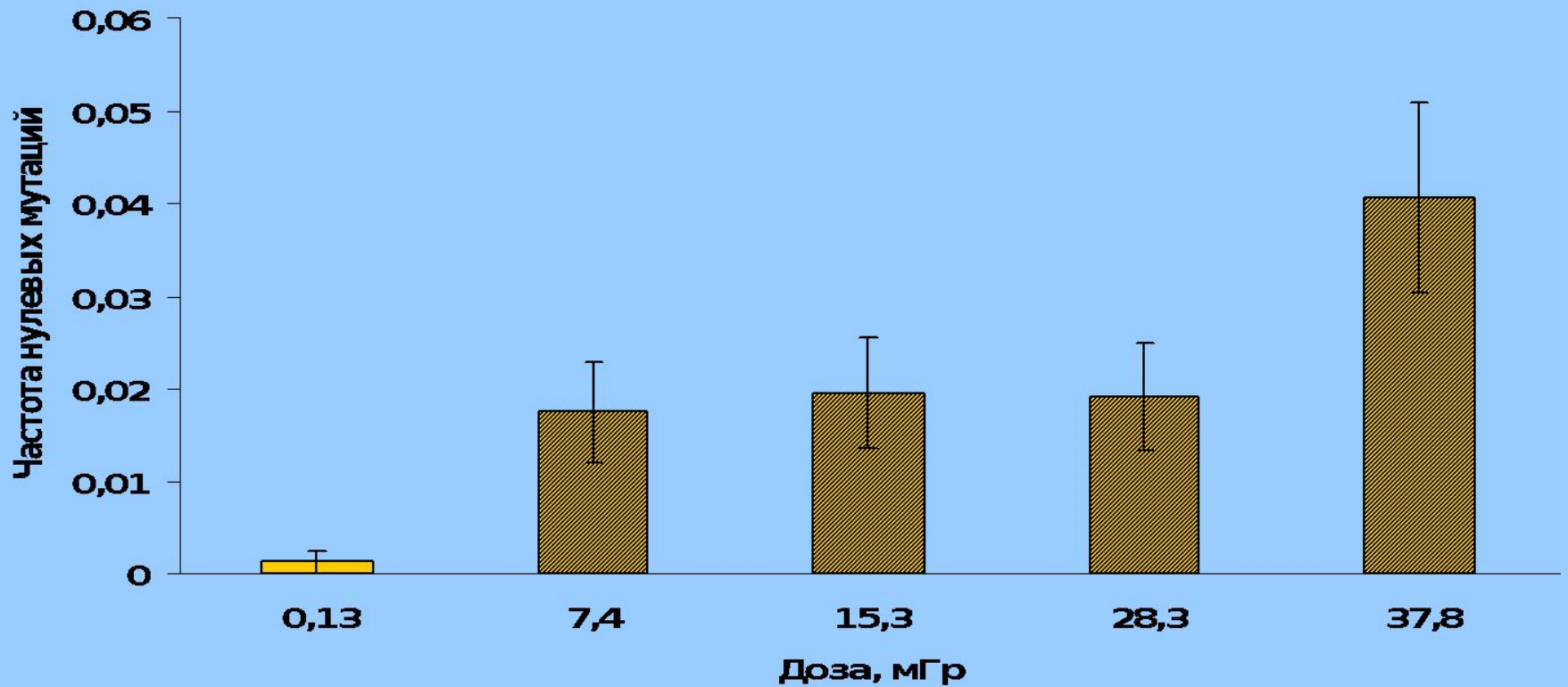
Новозыбковский район, 2003-2008



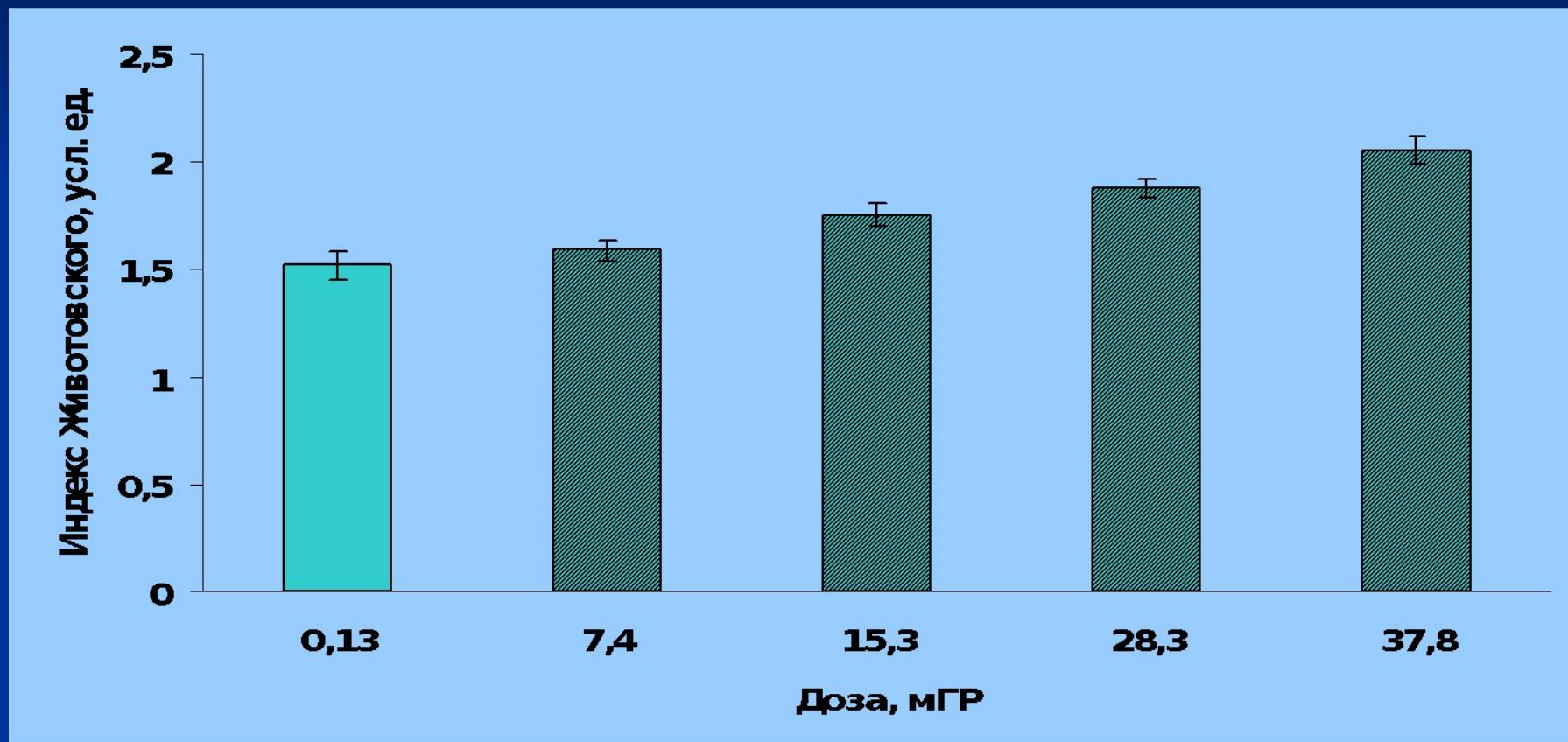
Популяции растений, населяющие участки с относительно невысокими уровнями радиоактивного загрязнения, характеризуются повышенной частотой цитогенетических нарушений



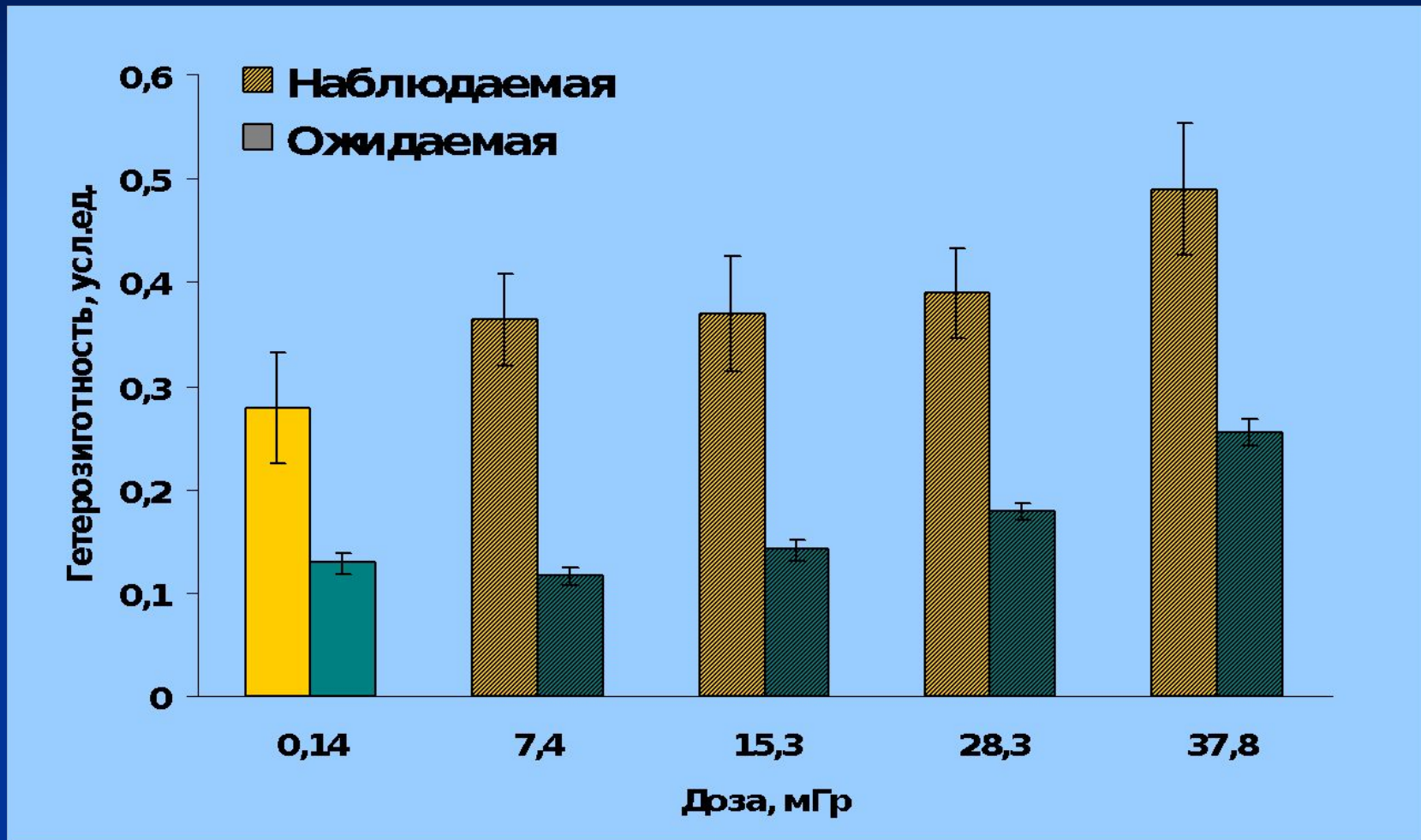
дубликации и изменение электрофоретической ПОДВИЖНОСТИ



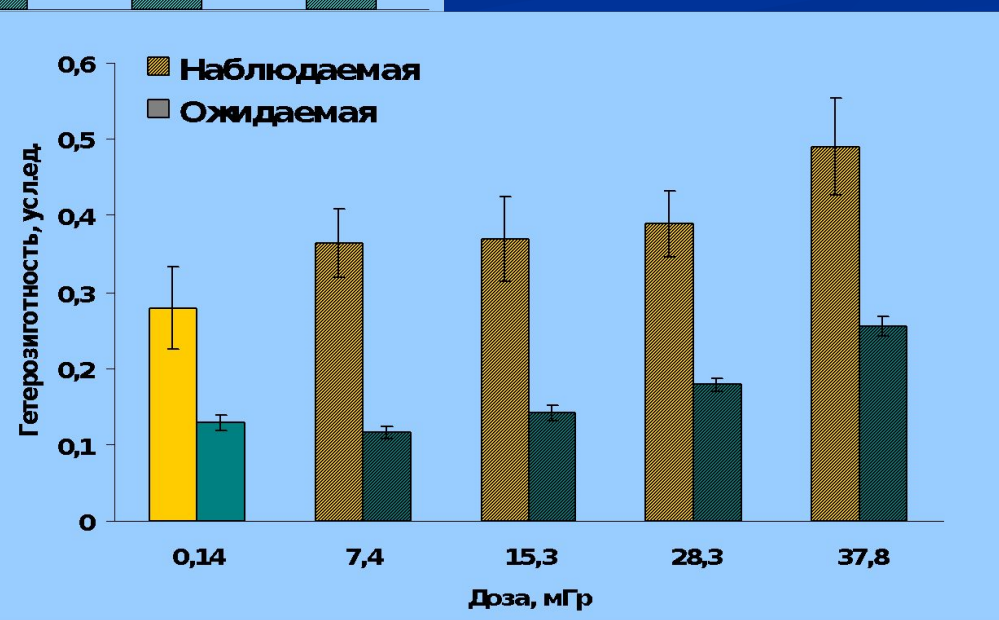
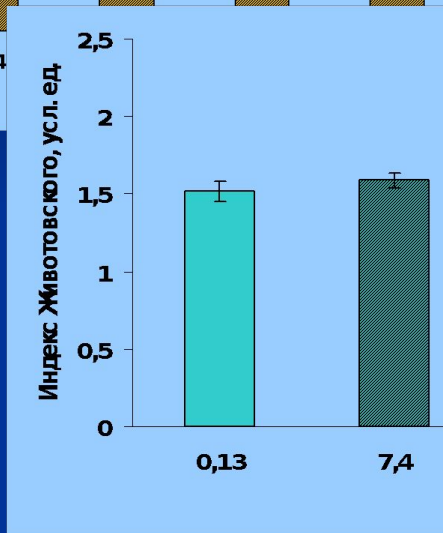
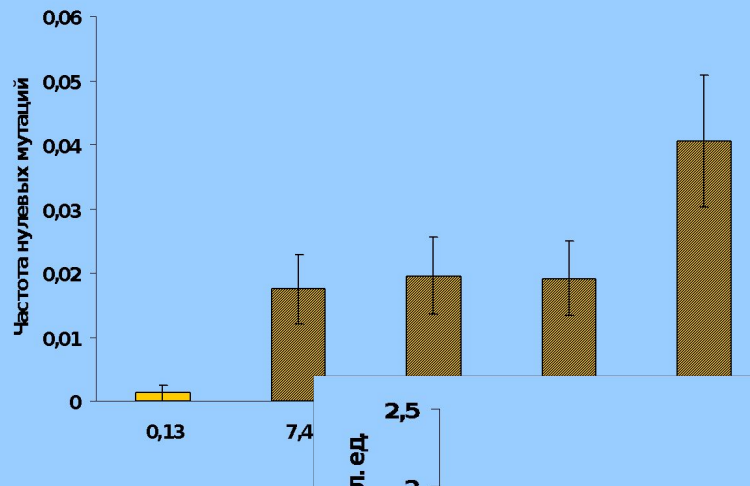
Внутрипопуляционное разнообразие на всех экспериментальных участках достоверно превышает контрольный уровень и увеличивается вместе с плотностью радиоактивного загрязнения



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

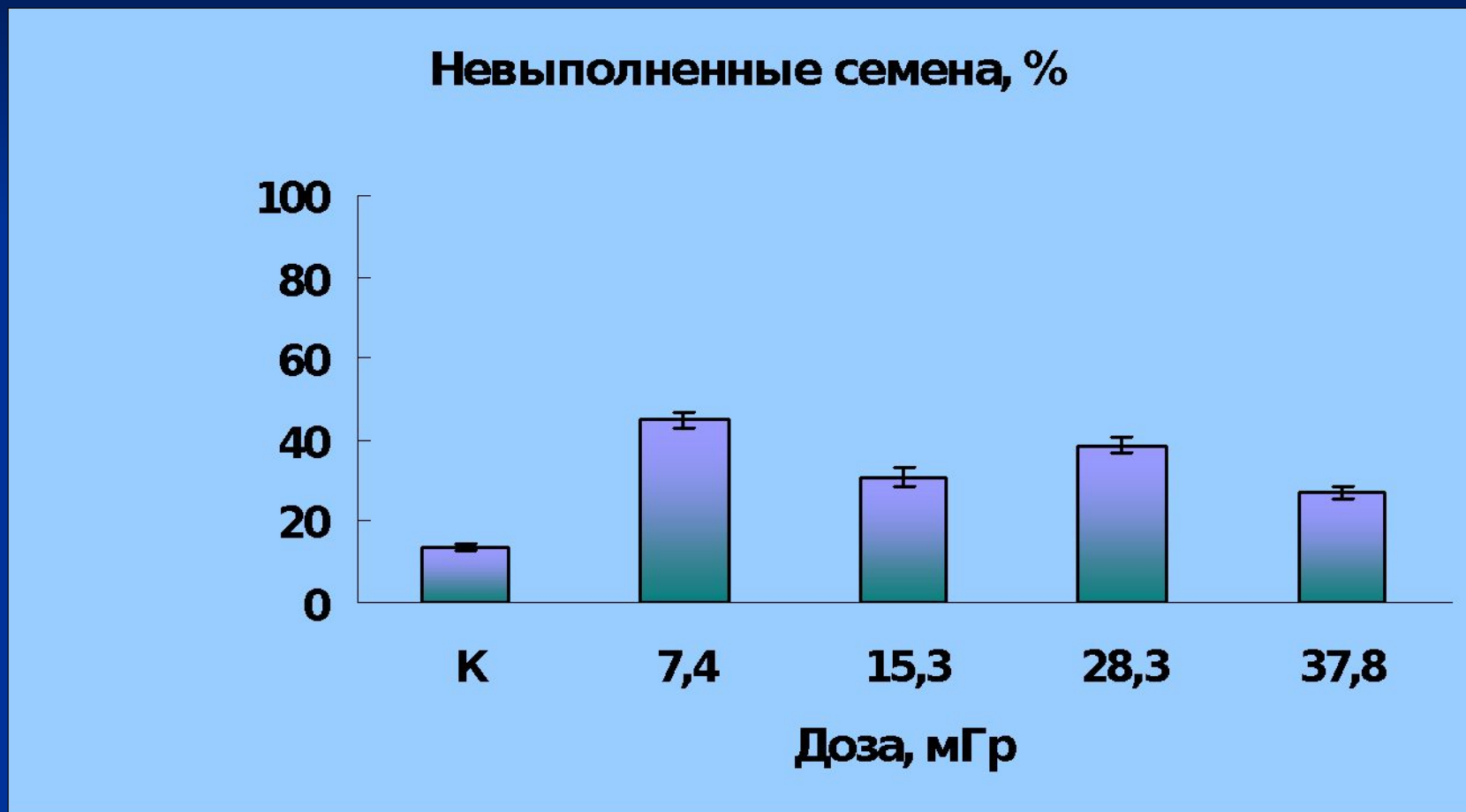


В исследованных популяциях сосны формируется семенное потомство с высоким уровнем мутационной изменчивости, а генетическая дифференциация сравниваемых популяций в значительной степени обусловлена радиационным воздействием



Гераськин и др. Радиационная биология. Радиоэкология. 2009. Т. 49. № 3, в печати

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





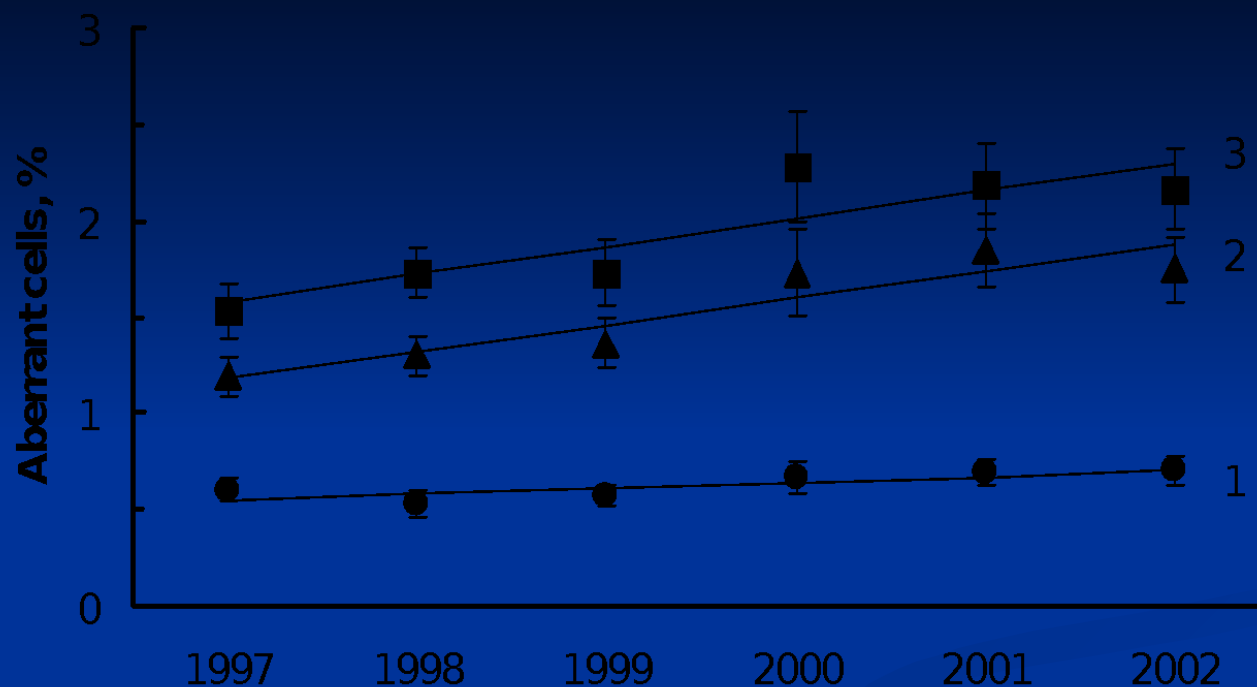
 Ленинградская атомная электростанция

 Временное хранилище радиоактивных отходов

 Место отбора проб

15км.



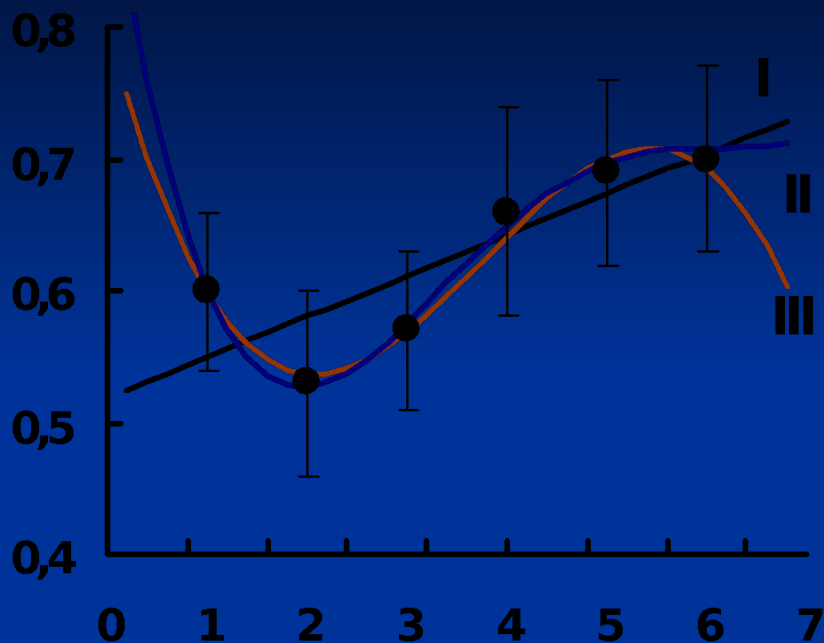


Частота aberrантных клеток в корневой меристеме проростков семян сосны обыкновенной. Ленинградская область, 1997-2002.

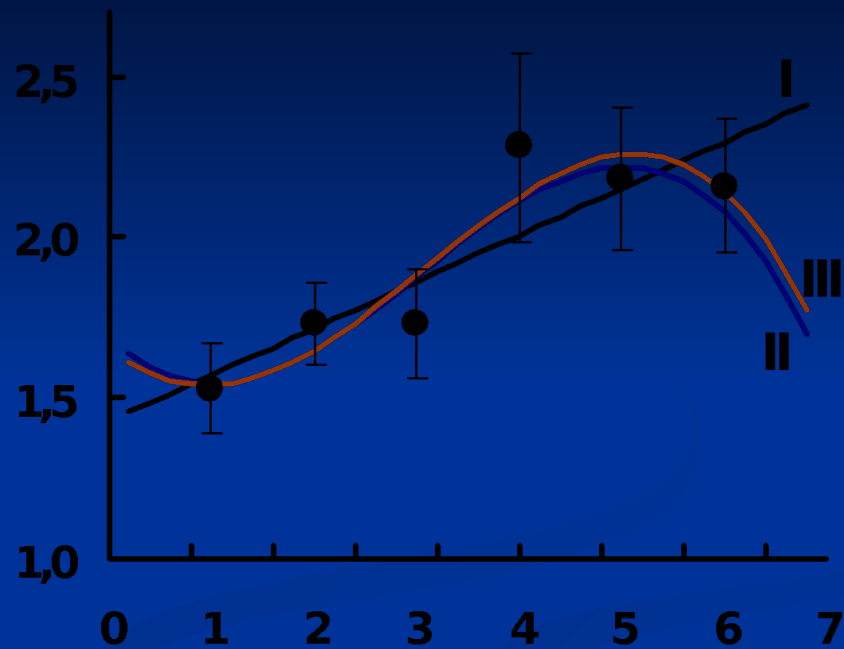
Места отбора проб:

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

Контроль

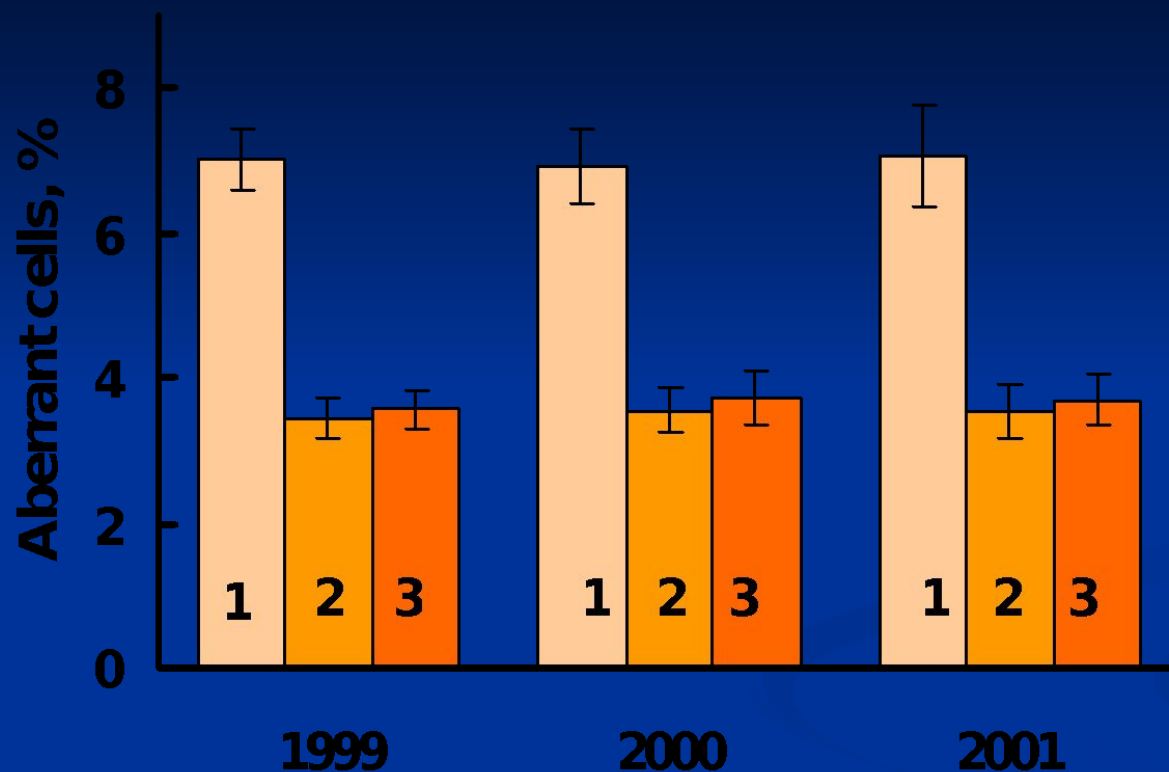


ЛСК



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 γ -облучения

Свалка отходов радиевого промысла, Республика Коми, 2003-2007



3300 мкР/ч

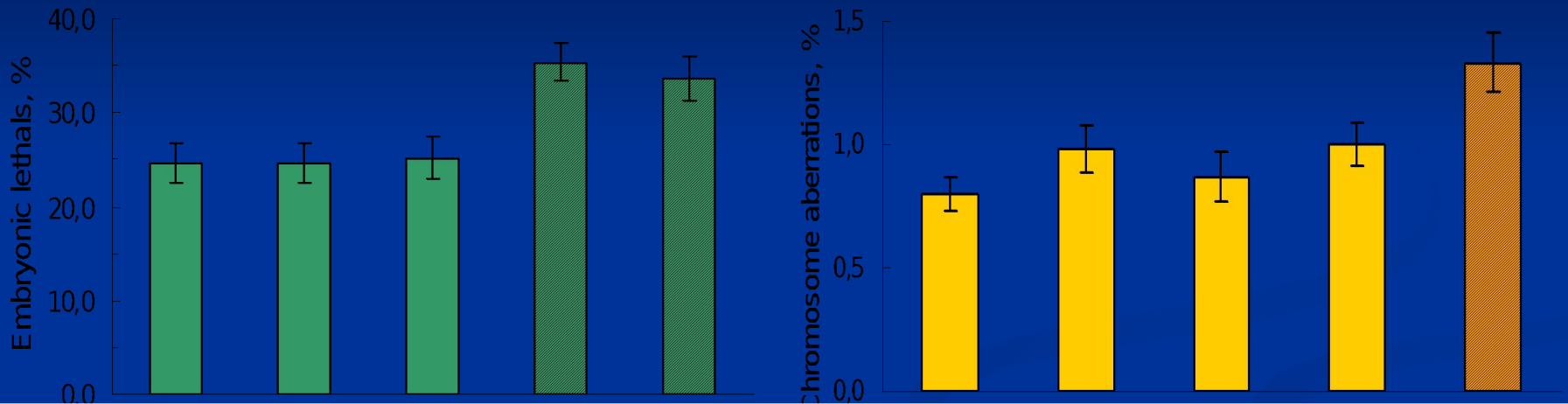
Мышиный горошек



Черные отвалы

Свалка отходов радиевого промысла, Республика Коми, 2003-2007

Частота эмбриональных леталей и аберраций 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!