

Чернобыль и пост- травматические последствия

**д.с.-х.н., профессор, профессор кафедры кормления и
разведения животных РГАУ-МСХА имени К.А.**

Тимирязева

Глазко Т.Т.

tglazko@rambler.ru

- **«Горизонтальные» эффекты техногенных аварий и катастроф – дестабилизация тех характеристик многоклеточных организмов и их сообществ, отличавшихся нестабильностью до воздействия;**
- **- отбор наиболее устойчивых и наименее специализированных.**

**Частоты встречаемости различных типов
цитогенетических аномалий в клетках костного
мозга мышей различного возраста и в разные сезоны
исследований в контроле (спонтанный мутагенез) и в
спец-виварии в Чернобыльской зоне
(«индуцированный» мутагенез)**

**Линия мышей BALB/c - наиболее изменчивые
характеристики - двухядерные лейкоциты и одноядерные с
микроядрами**

**Линия мышей C57BL/6j - наиболее изменчивые
характеристики - двухядерные лейкоциты и одноядерные с
микроядрами и еще - доля анеуплоидных метафаз**

**Линия мышей C57W/Mv - наиболее изменчивые
характеристики - одноядерные лейкоциты с микроядрами и
еще - доля метафаз с хромосомными абберациями**

Частоты встречаемости различных типов цитогенетических аномалий в клетках костного мозга мышей различного возраста и в разные сезоны исследований в контроле и в в спец-виварии в Чернобыльской зоне (линия мышей BALB/c)

Возраст, сезон (кол-во животных)	Кол-во метафаз	Анеуплоиды (%)		Полиплоиды (%)	Метафазы (%) с:			Встречаемость на 1000 клеток (%):		
		A-I (2n±6)	A-II (2n±1)		робертсоновскими слияниями	хромосомными aberrациями	асинхронно расщепления центромер	метафаз	двухъядерных лейкоцитов	одноядерных лейкоцитов с микроядрами
2-3 месяца/, январь-апрель (5)	496	22,6±1,8	*7,4±1,2	1,2±1,0	8,6±1,3	6,1±1,0	4,8±2,0	6,6±1,4	**5,8±1,2	*9,2±1,2
12-18 месяцев/, январь-апрель (8)	191	25,0±3,5	*3,1±1,2	6,8±2,7	4,3±1,6	4,5±1,8	7,4±4,6	5,1±0,5	3,5±0,9	*5,7±0,8
2-3 месяца/, июль, (11)	500	22,0±2,4	9,0±2,0	4,4±2,3	10,7±2,4	7,0±1,6	4,1±1,0	4,6±0,8	*2,5±0,5	**3,8±1,0
Чернобыль, /2-3 месяца/ март-апрель (10)	623	29,2±5,0	10,2±2,0	3,7±0,9	8,3±1,6	5,8±0,9	5,9±0,8	6,8±1,2	**12,8±1,8	14,2±2,4

Наиболее изменчивые характеристики - двухъядерные лейкоциты и одноядерные с микроядрами

Частоты встречаемости различных типов цитогенетических аномалий в клетках костного мозга мышей различного возраста и в разные сезоны исследований в контроле и в в спец-виварии в Чернобыльской зоне (линия мышей C57BL/6)

Mice lines /age in month/ season (animal's number)	Metaphase's number	Aneuploids (%)		Polyploids (%)	Metaphase frequency (%) with:			Frequency in 1000 cells (‰) of:		
		A-I (2n±6)	A-II (2n±1)		Robertsonian translocations	chromosome aberrations	asynchronous centromere division	metaphase plates	binuclear lymphocytes	mononuclear lymphocytes with micronuclei
C57BL/6 /2-3 month /, January-April (5)	410	***13,0±2 ,1	***4,2±1 ,3	2,8±1,2	**5,8±1, 2	3,6±2,3	*2,6±1,2	**5,4±1,5	*3,4±0,6	*5,6±0,9
/12-18 month /, January-April (9)	119	28,7±6,7	10,0±3,0	16,0± 11,4	7,3±1,5	8,7±4,0	*8,3±1,2	**2,4±0,9	*1,5±0,3	5,2±0,6
/ 2-3 month /, July, (20)	916	***30,0±1 ,0	***11,0± 1,0	0,8±0,2	**10,2±0 ,8	2,0±0,4	*6,1±0,7	6,4±0,5	2,2±0,5	*3,0±0,5
Chernobyl, /2-3 month / March – April (11)	662	**22,5±1, 8	*8,1±1,4	2,0±0,9	9,1±1,6	3,8±0,8	3,5±0,8	4,6±0,7	*7,8±1,9	*10,4±1,9

Наиболее изменчивые характеристики - двуядерные лейкоциты и одноядерные с микроядрами и еще - доля анеуплоидных метафаз

**Частоты встречаемости различных типов цитогенетических аномалий
в клетках костного мозга мышей различного возраста и в разные
сезоны исследований в контроле и в в спец-виварии в Чернобыльской
зоне (линия мышей CC57W/Mv)**

Mice lines /age in month/ season (animal's number)	Metaphase's number	Aneuploids (%)		Polyploids (%)	Metaphase frequency (%) with:			Frequency in 1000 cells (‰) of:		
		A-I (2n±6)	A-II (2n±1)		Robertsonian translocations	chromosome aberrations	asynchronous centromere division	metaphase plates	binuclear lymphocytes	mononuclear lymphocytes with micronuclei
CC57W/Mv /2-3 month /, January (6)	534	27,4±4,7	**10,4 ±0,7	***3,6 ±1,4	8,8±2,9	*2,2±0,2	*1,6±0,4	**6,8±0,5	4,5±0,7	***5,2±0,3
/12-18 month /, January- April (9)	341	34,2±5,8	**4,4 ±1,2	***25,3 ±4,0	7,5±2,4	*7,8±1,8	*7,2±2,6	**3,5±0,6	7,1±1,3	***10,5±1,3
/ 2-3 month /, July, (7)	638	23,2±1,8	10,3± 0,9	7,6±1,3	10,1±0, 8	*0,9±0,4	0,7±0,4	5,8±0,7	6,2±0,6	6,0±0,7
Chernobyl, /2-3 month / March – April (5)	284	29,2±2,6	12,0± 1,2	4,4±1,8	10,6±3, 6	5,8±2,4	3,8±1,1	5,6±0,7	*9,0±1,4	**14,4±2,4

Наиболее изменчивые характеристики - одноядерные лейкоциты с микроядрами и еще - доля метафаз с хромосомными aberrациями

Заключение по лабораторным линиям мышей:

У линейных мышей под влиянием повышенного ионизирующего излучения обнаруживается увеличение частот встречаемости в клетках костного мозга только тех цитогенетических аномалий, изменчивость которых линейноспецифична для них в “чистой” зоне, в связи с возрастом или сезоном исследования.

Более того, у “старых” линейных черномбыльских мышей частоты встречаемости цитогенетических аномалий ниже, чем у “старых” мышей тех же линий в “чистой” зоне, что совпадает с увеличением темпов клеточного деления (обновлением клеточных популяций) у Чернобыльских животных.

То есть, ионизирующее излучение не индуцирует новых аномалий, а только усиливает проявление исходно нестабильных цитогенетических характеристик для каждой из исследованных линий мышей.

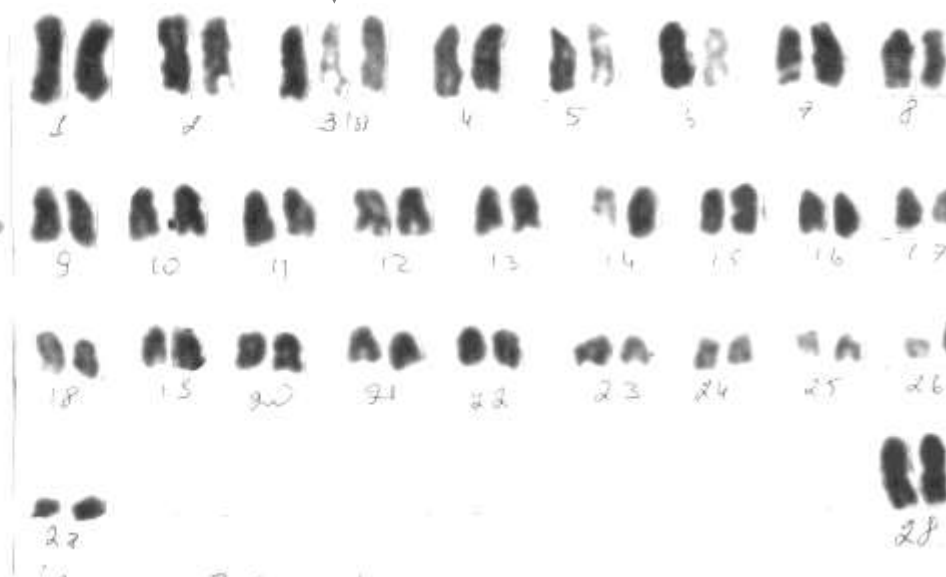
2) Полевки (*Microtus arvalis*, *Microtus oeconomus*, *Clethrionomys glareolus*), отловленные в различных локальностях зоны отчуждения ЧАЭС

Динамика цитогенетических аномалий в одних и тех же локальностях в разные годы исследований

Рыжая полевка, цитогенетические аномалии

Частота встречаемости метафаз с						Количество на 1000 клеток костного мозга		
A1 %	A2 %	РБ %	полиплоидией %	АРЦР хромосом %	ХА %	митозов	ДЯ	Одноядерных лимфоцитов с М
КОНТРОЛЬ								
33,7±6	9,0±3,5	14,0±3,5	0,5±0,5	6,2±3,6	1,2±0,7	3,2±0,6	3,5±0,6	5,5±1,5
Общее Янов за 1997-1999								
31,2±2,4	8,9±3,7	13,9±6,0	6,9±5,6	10,1±4,1	8,1±4,0	5,7±1,0	5,2±0,8	3,2±0,8
Рыжий лес 1999								
34,6±6,2	10,5±3,0	22,6±3,6	1,2±0,7	9,6±1,3	3,5±0,8	5,2±1,2	3,7±1,1	6,5±0,7
Рыжий лес 2001								
35,2±2,8	6,3±1,1	12,9±3,1	0,5±0,4	11,8±2,8	0,9±0,3	8,0±2,5	9,8±1,7	8,0±1,2

Трисомия по третьей хромосоме:



Участие в анеуплоидии разных групп хромосом у рыжих полевок (*Clethrionomys glareolus*), отловленных в разных местообитаниях 30-километровой зоны отчуждения ЧАЭС.

Чаще всего - самые большие (1-9) и самые маленькие (27 и 28)

Животное	Место отлова	1 группа (1-9 п.хр.), %	2 группа (10-19 п.хр.),%	3 группа (20-26 п.хр.),%	4 группа (27 п.хр.), %	5 группа (28 п.хр.), %
16	Неданчичи	10,0	25,0	45,0	5,0	15,0
20	Неданчичи	21,6	28,5	29,9	20,0	0
Среднее, %		15,8±5,8	26,8±1,8	37,5±7,6	12,5±7,5	7,5±6,8
10	Рыжий лес	36,7	11,7	43,3	6,7	1,7
85	Рыжий лес	29,4	25,1	25,3	1,7	18,8
87	Рыжий лес	39,7	14,4	32,4	5,3	8,3
8	Рыжий лес	35,3	21,7	21,1	11,9	10,0
Среднее, %		35,3±2,2**	18,2±3,1**	30,5±4,9	6,4±2,1	9,7±3,5
6	Копачи	19,7	13,7	31,3	16,5	18,8
5	Янов	25,0	7,0	55,7	12,5	0
4	Янов	17,2	25,4	42,9	8,3	6,1
4б	Янов	46,9	18,4	28,0	1,4	3,5
Среднее, %		27,2±6,8	16,1±3,9	39,5±6,3	9,7±3,1	7,1±4,1
Теоретически ожидаемый результат		32,1	35,7	25	3,6	3,6

Частоты встречаемости хромосом с асинхронным расщеплением центромерных районов в хромосомах разных групп у рыжих полевок (*Clethrionomys glareolus*), отловленных в 30-километровой зоне отчуждения ЧАЭС.

Чаще всего мелкие хромосомы, реже всего – самые крупные

Животное	Место отлова	1 группа (1-9 п.хр.), %	2 группа (10-19 п.хр.), %	3 группа (20-26 п.хр.), %	4 группа (27 п.хр.), %	5 группа (28 п.хр.), %
16	Неданчичи	34,2	12,3	36,9	4,2	12,5
20	Неданчичи	25,0	5,6	19,5	50,0	0
Среднее, %		29,6±4,6	8,9±3,4	28,2±8,7	27,1±22,9	6,3±6,3
10	Рыжий лес	16,7	44,8	13,5	25,0	0
85	Рыжий лес	13,9	44,1	32,0	6,4	3,6
87	Рыжий лес	10,7	35,8	21,0	17,2	15,4
8	Рыжий лес	28,3	17,8	17,8	31,1	5,0
Среднее, %		17,4±3,8*	35,6±6,5*	21,1±4,0	19,9±5,3	6,0±3,3
6	Копачи	12,5	25,0	25,0	25,0	12,5
5	Янов	16,0	46,2	24,4	13,5	0
4	Янов	7,6	31,4	39,7	15,3	6,0
4б	Янов	22,7	19,2	38,0	15,1	2,5
Среднее, %		14,7±3,2*	30,5±5,8*	31,8±4,1	17,2±2,6	5,3±2,7
Теоретически ожидаемый результат		32,1	35,7	25	3,6	3,6

Полевка-экономка - чаще всего в мутационных спектрах хромосомы 10 и 14

Доля метафаз					на 1000 одноядерных лимфоцитов			Район отлова
с А1	с А2	полипл оидов	с ХА	с АРЦРХ	митозов	двухядерных лимф.	однояд.лим ф с МЯ	
21,2±6,4	4,2±1,4	1,7±0,8	2,7±0,9	12,7±3,3	3,7±0,2	8,0±2,1	4,5±0,9	Лелев
30,7±6,0	11,5±1,8	0,5±0,5	5,0±3,0	1,5±0,9	1,7±1,2	7,7±1,0	5,0±0,9	Янов
23,0±5,0	12,5±4,7	0	5,0±0,9	1,8±0,7	9,8±0,6	7,2±0,4	5,5±0,6	Оз.Глубоко е

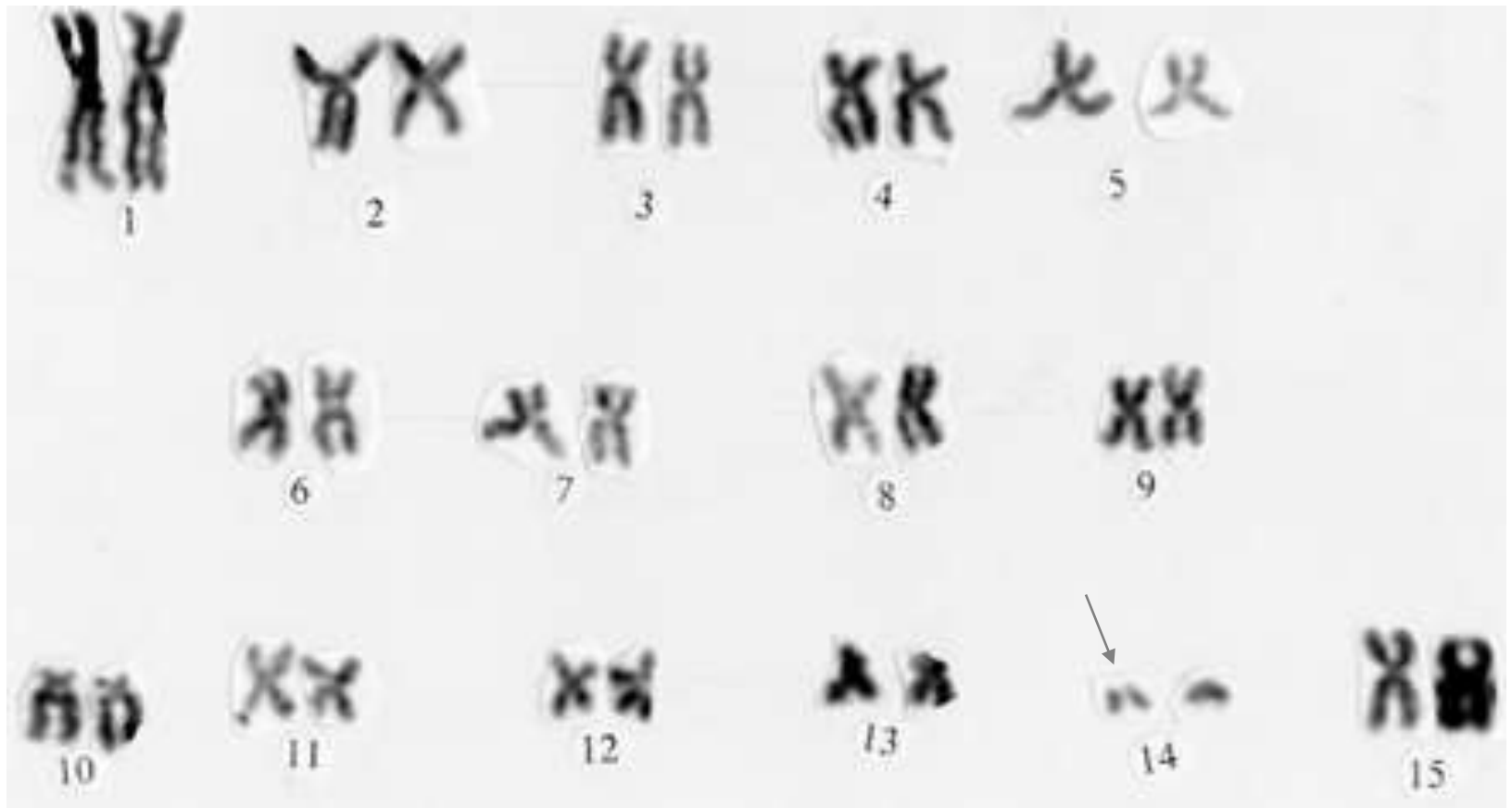
Анеуплоидия у полевок-экономок

кол-во метафаз	M=30		M=31		M=29		Потери хромосом					
	кол-во метафаз	%	кол-во метафаз	%	кол-во метафаз	%	1	2-9, X	10	11 - 13	14	У
24	17	70,8	2	8,3	4	16	-	5	1	3	1	-
46	32	69,6	-	0	7	15,2	-	12	4	9	3	-
49	30	61,2	5	10,2	5	10,2	1	7	2	4	3	-
52	36	69,2	10	19,2	2	3,8	-	5	2	6	-	-
29	21	72	-	0	4	13,8	-	2	2	1	3***	4***

Асинхронность у полевок-экономок

кол-во метафаз	метафаз с АРЦРХ	Хромосом с АРЦРХ			Индивидуальные показатели для отдельных групп хромосом					
	кол-во	%	кол-во	на 1 метафазу	1	2-9, X	10	11-13	14	У
24	4	16,7	3	0,13	-	-	1	1	1	-
46	12	24,5	18	0,39	-	8	1	6	3	-
49	15	30,6	29	0,59	1	7	6***	6	9***	1
52	11	21,2	22	0,42	2	11	4	3	2	-
29	3	10,3	4	0,14	-	2	1	1	-	-

Полевка экономка (асинхронность расщепления центромерного района хромосомы 14)



Обыкновенная полевка – нет различий по участию хромосом в мутационных спектрах

№ жив.	Все-го метафаз	Доля метафаз						На 1000 одноядерных лимфоцитов		
		с А1	с А2	полиплоидов	с ассоциациями по типу Rb-транслокаций	с ХА	с АРЦРХ	митозов	двухъядерных лимфоцитов	одноядерных лимфоцитов с МЯ
КОНТРОЛЬ, << 20 Ки.км2										
Σ 15	948	44,4±5,1	8,6±2,8	0,9±0,5	1,0±0,5	2,5±0,6	16,5±4,9	4,5±0,9	5,0±0,8	3,0±0,4
1999 >>300 Ки/км2										
3	175	44,4±8,3	19,7±5,8	0,3±0,3	0	5,0±2,3	27,0±14,5	6,7±0,9	6,7±0,3	1,3±0,7
2001>>300 Ки/км2										
16	710	26,5±2,7	3,1±0,8	1,8±0,4	0,3±0,3	2,5±0,3	17,6±4,1	6,1±0,6	7,8±1,6	3,1±0,5

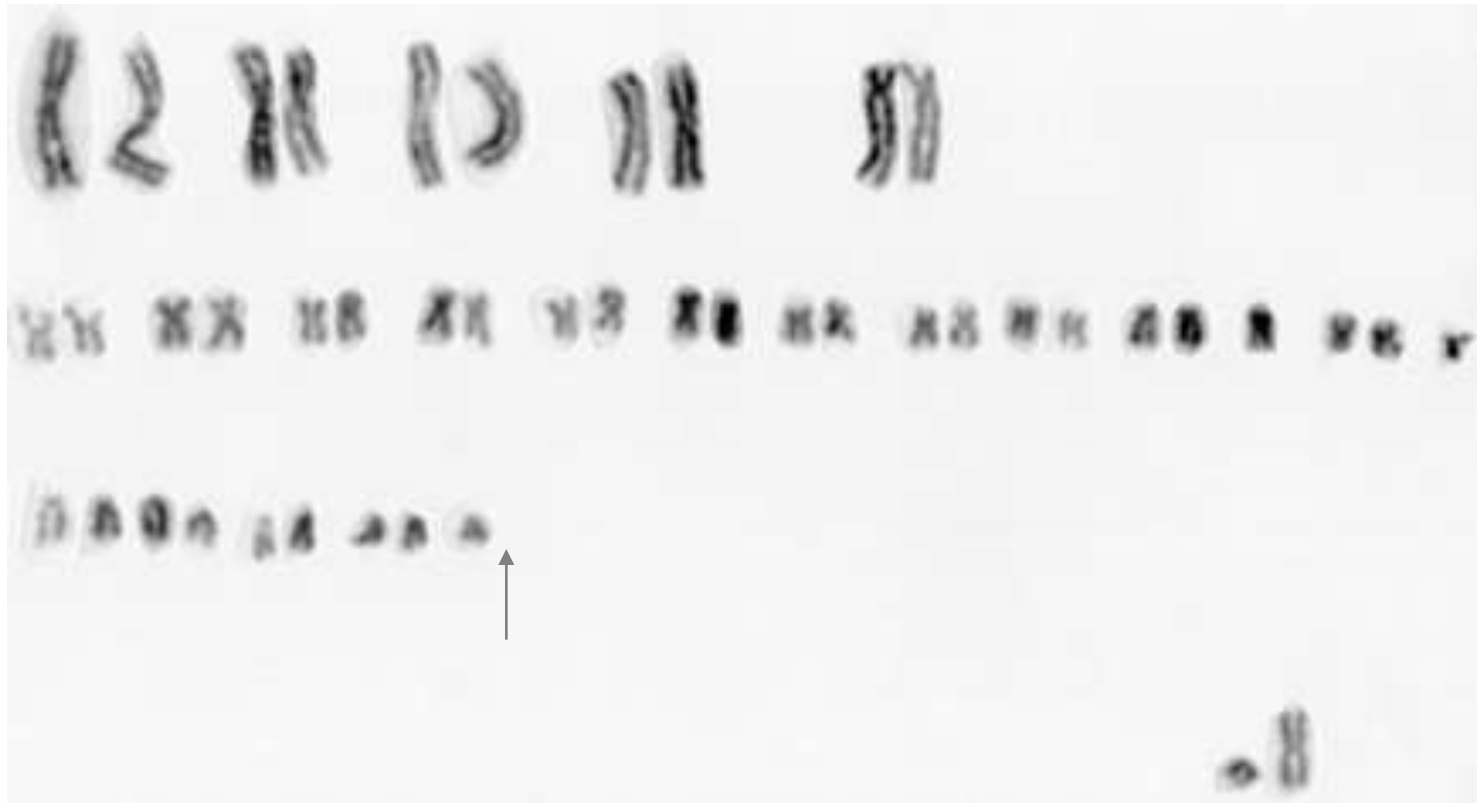
Анеуплоидия у обыкновенных полевков

кол-во метафаз	M=46		M=45		M=47		Потери хромосом					
	Кол-во метафаз	%	кол-во метафаз	%	кол-во метафаз	%	всего хромосом	1-5	6-18	19-22	X	Y
43	30	69,8	4	9,3	2	4,7	23	2	8	13	0	0
42	22	52,4	5	11,9	4	9,5	31	0	26	3	2	0
56	38	67,9	5	8,9	7	12,5	18	0	8	8	2	-
40	29	72,5	3	7,5	5	12,5	19	1	9	7	1	1
30	22	73,3	1	3,3	3	10,0	13	1	7	5	0	-
43	18	41,9	5	11,6	4	9,3	30	2	21	7	0	-

Асинхронность у обыкновенных

кол-во метафаз	Метафаз с АРЦРХ		Хромосом с АРЦРХ	Индивидуальные показатели для отдельных групп хромосом				
	кол-во	%		кол-во	1-5	6-18	19-22	X
43	22	51,2	50	10	32	4	3	1
42	13	31,0	33	2	23	6	2	0
56	33	58,9	126	18	82	17	9	-
40	18	45,0	46	7	24	12	3	0
30	10	33,3	24	6	16	0	2	-
43	17	49,5	48	3	37	7	1	-

Обыкновенная полевка (моносомия по хромосоме 22)



Обыкновенная полевка (хроматидные разрывы в центромерном районе)



Человек

Выполнены исследования частот встречаемости конститутивных цитогенетических аномалий среди детей с врожденными пороками развития, родившимися до и после Чернобыльской катастрофы. У детей с такими пороками, рожденными после Чернобыля, отмечается определенная тенденция к увеличению носителей конститутивных цитогенетических аномалий, причем в них принимает участие 11 из 22 возможных аутосом, наиболее часто хромосома 9, повышенный полиморфизм которой отмечен у людей и в “чистых” зонах.

То есть, и у человека в том числе, наблюдается повышение нестабильности именно по тем хромосомам, нестабильность которых отмечается и в “чистых” зонах.

У каждого вида свои особенности мутационных спектров и свои наиболее «мутабельные» - «горячие» хромосомы

Среди исследованных трех видов мышевидных грызунов наиболее “чувствительным” к действию ионизирующего излучения оказался наиболее из них эволюционно молодой вид обыкновенной полевки, для которого характерна определенная кариотипическая нестабильность в ареале, в отличие от полевки экономки и рыжей полевки.

Межвидовое сравнение свидетельствует в пользу данных, полученных на линейных мышах о том, что повышение ионизирующего излучения не индуцирует новые генетические повреждения, а усиливает потенциально имеющиеся, специфичные для отдельных генотипов (разные линии мышей) и для отдельных видов (разные виды мышевидных грызунов).

ПСИХОТРОПНЫЕ ЭФФЕКТЫ

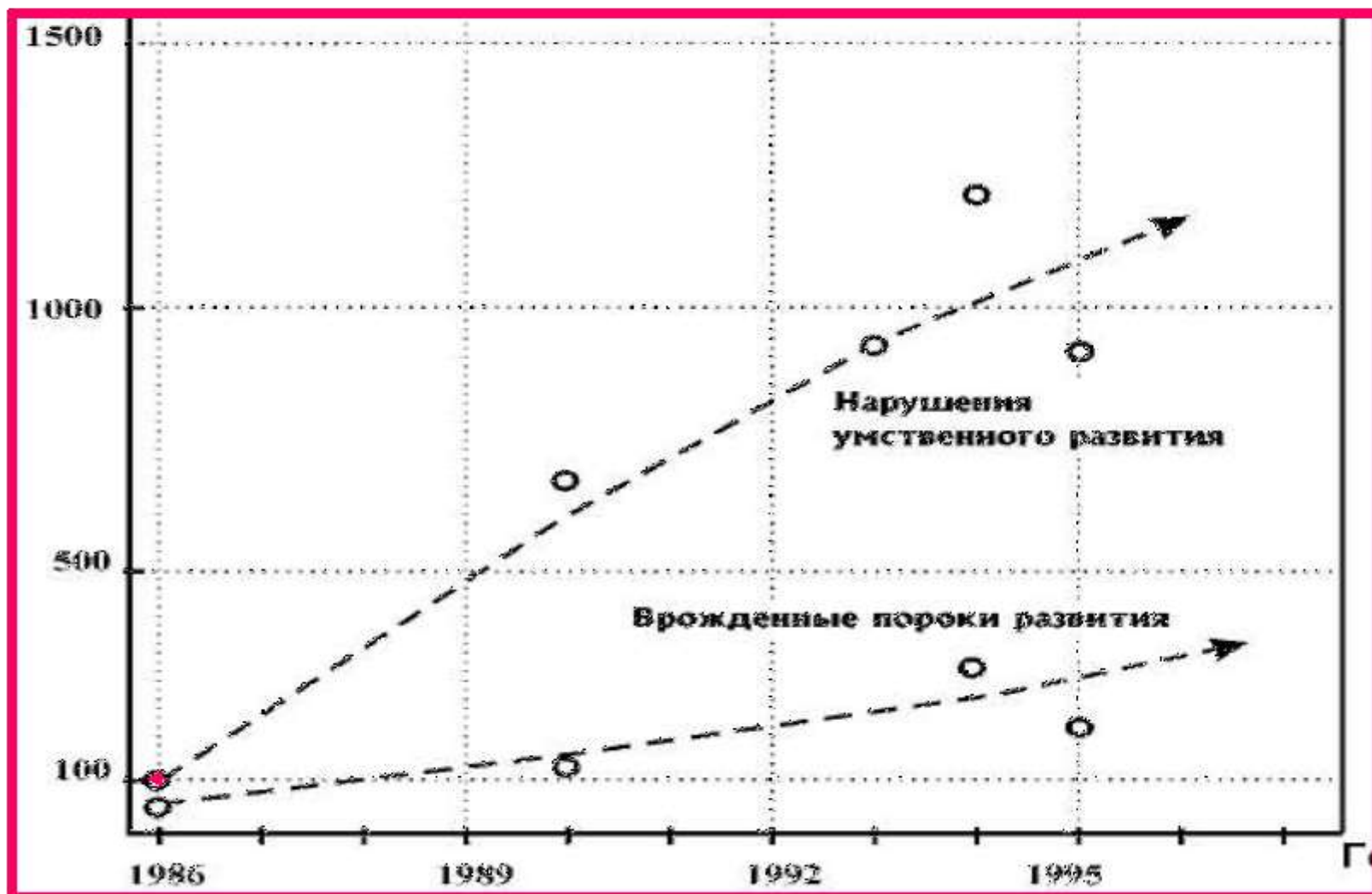
Дата	Открытие	Авторы
1896	Действие лучей Рентгена на организм. Первый нейрорадиобиологический эксперимент. Возможность лечения с помощью рентгеновых лучей	И.Р.Тарханов
1896	Радиофосфен	Т.Эдисон, Г.Брандес и Е.Дорн
1896	Непосредственные поведенческие реакции на облучение	Аксенфельд
1897	Радиационная неврологическая симптоматика (парезы, параличи, дрожание конечностей, нарушения тактильной чувствительности)	Удэн, Бартелеми и Дарье
1901	Радиационная гибель организмов	Кинбек
начало XX века	Общая ранняя лучевая реакция - «Rontgenkater» - «рентгеново похмелье»	Немецкие радиологи
1902	Электрические реакции сетчатки под влиянием рентгеновых лучей	Ф.Хишtedт и У.Нэйгел
1903	Изменения возбудимости коры головного мозга при воздействии ионизирующего излучения	М.О.Жуковский
1903	Радиационное поражение церебральных сосудов. Установление большей радиочувствительности молодых особей	Дж.Данич
1903	Радиационные морфологические изменения в нейронах коры головного мозга	Е.С.Лондон; С.В.Гольдберг; Г.Гейнеке
1904	Утверждение примата сосудистых нарушений над патологией непосредственно нейронов при радиационном поражении нервной системы	В.Шольц, Г.Оберштгейнер
1906	Радиационная задержка развития организма	Форстерлинг
1906	Признание высокой радиочувствительности нервной ткани	Л.М.Горовиц
1906	Установление «радиобиологического закона Бергонье-Трибондо», согласно которому нервная ткань считается радиорезистентной	Ж.Бергонье и Л.Трибондо
1913	Радиационные изменения функционального состояния периферических нервов	В-Лазарус-Барлов
1915	Радиационные нарушения вегетативной нервной системы. Установление высокой радиочувствительности вегетативной нервной системы. Роль парасимпатической нервной системы в реализации радиационного гипотензивного эффекта. Эффект нейромедиаторов для профилактики лучевых поражений	Г.Рикер
1918	Радиационные эпилептиформные припадки	Г.Бруннер и Г.Шварц
1920	Радиационное поражение мозжечка	Г.Бруннер
1922	Радиационная демиелинизация периферических нервов	Е.Рэдфилд, А.Рэдфилд и Д.Форбс.
1922	Радиационная токсемия	Пендеграсс и др.
1923	Теория о регулирующем действии ионизирующих излучений на вегетативную нервную систему и через нее - на организм в целом :	О.Валмершаузер
1924	Центрально-нервный механизм радиационной гипотонии	О.Штраусе и Дж.Ротер
1924	Радиационное поражение вестибулярного анализатора	К.Л.Хилов
1926	Фазность радиационных изменений сосудодвигательных центров	Н-ВЛазарев и А.П.Лазарева
1926 1927	Радиационные поражения центральной нервной системы вследствие внутриутробного облучения при рентгенотерапии беременных	Дж-Запперт, М.Робинсон
1928	«Рентгенотерапия через воздействие на нервную систему»	М.И.Неменов
1928	Радиационная гипергликемия. Роль нарушений нейроэндокринной регуляции в реализации эффектов облучения	Дж.Ротер
1929	Радиационные изменения чувствительных нервных окончаний в коже	М.С.Лютерштейн и А.В.Рахманов
1930	Радиационное повреждение гематоэнцефалического барьера	Б.Н.Могиланский и Л.Д.Подлящук
1932	Радиационные психофизиологические эффекты (изменения условных рефлексов)	М.И.Неменов
1933	Нейрогенный характер «рентгеношока» при экспериментальной лучевой болезни. Влияние исходного состояния тканей на их радиочувствительность	С.А.Никитин и Е.П.Максимчук
1933	Радиационные дегенеративные изменения в нейронах коры и подкорковых узлах промежуточного мозга, а также атрофические дегенеративные процессы в нейронах бокового и заднего рогов спинного мозга (у молодых особей)	Д.Г.Шефер
1933	Сочетание радиационных сосудистых и нейрональных поражений в головном мозге. Роль типа высшей нервной деятельности в реакциях нервной системы на облучение	Р.Лиман, П.С.Купалов и В.Шольц
1933	Радиационные изменения психики детей (ослабление памяти и внимания)	Г.Н.Эвергетова, С.И.Зиндберг и Р.В.Горяинова
1934	Гипотеза об «адаптации к радиоактивному влиянию»	П.О.Макаров
1936	Признание ганглиозных клеток вегетативных центров наиболее радиочувствительными элементами нервной системы. Радиационные изменения продукции спинно-мозговой жидкости	Д.Г.Шефер
1936	Первые радионейроэмбриологические эксперименты	АА.Заварзин и др.
1937	Радиационные некрозы в паренхиме головного мозга при проведении рентгенотерапии	Дж.О'Коннел и А.Бруншвиц
1938	Установление зависимости радиocereбральных эффектов от дозы облучения	Л.М.Давыдов и др.
1939	Первое применение Э-ЭГ для изучения радиocereбральных эффектов	Г.Давис и П.Давис
1939	Первые радионейроиммунологические исследования	Р.Альдерхалден
1941	Радиационные изменения в нервных элементах сердца и шейных симпатических узлах	И.М.Жданов
1942	Срыв высшей нервной деятельности и развитие «невротического состояния» после облучения	М.И.Неменов и В.В.Яковлева
1942	Кумуляция эффектов облучения	М.Б.Цукер

Повреждающее действие ионизирующего излучения на головной мозг и когнитивные функции известны достаточно давно. Так, в работе **А.И. Нягу** и **К.Н. Логановского** (Нягу А.И., Логановский К.Н. Нейропсихиатрические эффекты ионизирующих излучений. Киев, 1998) приводится историческая сводка наблюдений, в которых были обнаружены нейрофизиологические последствия ионизирующего облучения у человека, впервые описанные в 1896 году. В постчернобыльский период этими же авторами выявлены множественные нарушения функций центральной нервной системы, связанные с радионуклидным загрязнением после чернобыльской аварии (Нягу А.И., Логановский К.Н. Изменения в нервной системе при хроническом воздействии ионизирующего излучения. Журнал невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова, 1997, 97(2): 62-70.). Накапливаются данные, свидетельствующие о существенном вкладе в нейрофизиологические нарушения, индуцируемые ионизирующим облучением, окислительного стресса, который в том числе проявляется снижением супероксиддисмутазной активности в митохондриях (Heiervang KS et al. Effect of low dose ionizing radiation exposure in utero on cognitive function in adolescence. Scand. J. Psychol., 2010, 51(3): 210-215; Baulch J.E., Craver B.M., Tran K.K., Yu L., Chmielewski N., Allen B.D., Limoli C.L. Persistent oxidative stress in human neural stem cells exposed to low fluences of charged particles. Redox Biology, 2015, 5: 24-32 (doi: 10.1016/j.redox.2015.03.001; Parihar V.K., Allen B.D., Tran K.K., Chmielewski N.N., Craver B.M., Martirosian V., Morganti J.M., Rosi S., Vlkolinsky R., Acharya M.M., Nelson G.A., Allen A.R., Limoli C.L. Targeted overexpression of mitochondrial catalase prevents radiation-induced cognitive dysfunction. Antioxidants & Redox Signaling, 2014, 22(1): 78-91 (doi: 10.1089/ars.2014.5929).

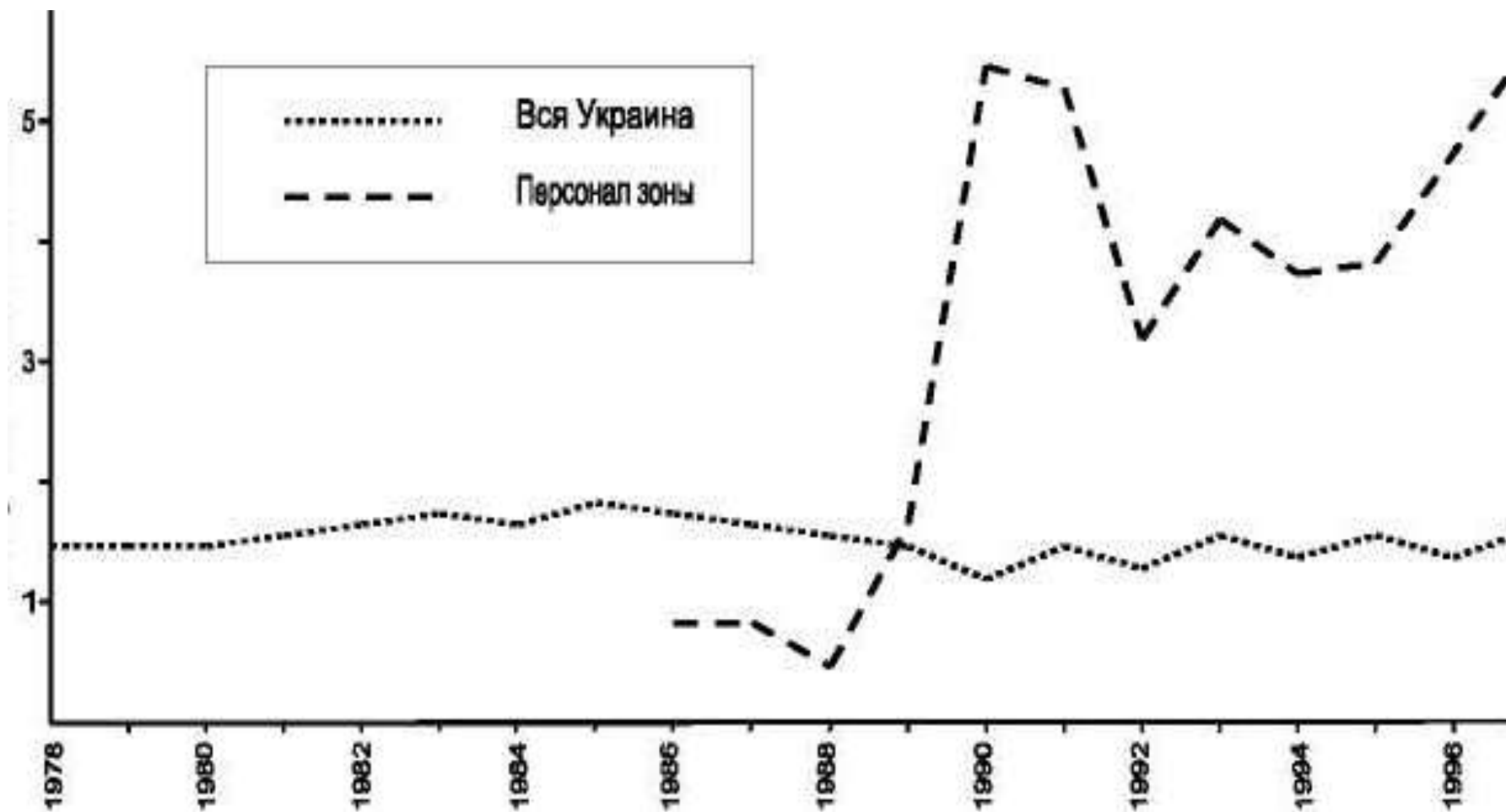
**Память о Чернобыле – как тест
на психическую норму у
европейских психотерапевтов:
наравне с памятью об
автобиографических событиях
пациента...**

**(I. Bizzozero • F. Lucchelli • A. Prigione •
M.C. Saetti • H. Spinnler “What do you
remember about Chernobyl?” A new test of
memory for media-mediated events// Neurol
Sci (2004) 25:205–215)**

Случаи врожденных дефектов умственного (верхняя линия) и физического (нижняя линия) развития у детей в Гомельской области, Беларуссия, в 1986-95 гг (Можева, 1996).



**Случаи диагностированной шизофрении (на 10 000) у персонала
зоны отчуждения вокруг ЧАЭС по сравнению со средним уровнем в
Украине (Логановский и др., 1999)**



Юные люди получившие дозы ионизирующего излучения in utero показали существенно более низкий IQ, чем контрольная группа того же возраста. Различия ограничиваются вербальным IQ, но не выражены по невербальному IQ. Эффекты не выявлялись у тех, кто получил облучение в результате Чернобыльской аварии после 16 недели беременности. ([Heiervang KS](#), [Mednick S](#), [Sundet K](#), [Rund BR](#). Effect of low dose ionizing radiation exposure in utero on cognitive function in adolescence.// Scand J Psychol. 2010 Mar 24.

**То есть – повреждается эволюционно
недавнее приобретение, результат –
социальная деградация, возврат к
примитивной родо-племенной
организации**



BREACHED REACTORS

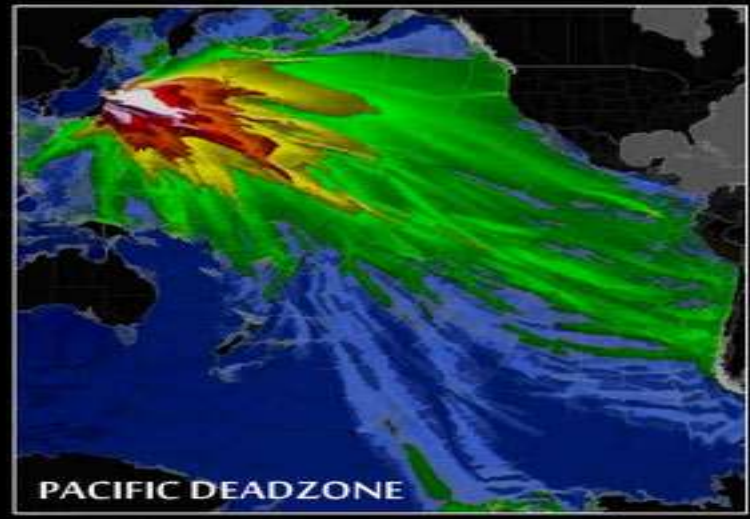


Latest updated time 2011/03/12

Radiation Maximum Data List

Prefecture	Maximum
Hokkaido	Under survey
Aomori	Under survey
Miyagi	Under survey
Fukushima	Under survey
Ibatski	48nGy/h
Kanagawa	43nGy/h
Nagata	40nGy/h
Ishikawa	53nGy/h
Fukui/Kyoto	74nGy/h
Shizuoka	81nGy/h
Osaka	59nGy/h
Okayama/Tottori	34nGy/h
Shimane	42nGy/h
Ehime	24nGy/h
Saga/Nagasaki	33nGy/h
Kagoshima	45nGy/h

The above table is a list of the maximum values of the space dose rate distributions shown from local governments in the latest updated date and time.



The NRC does not control or guarantee the accuracy, relevance, timeliness or completeness of information contained on a linked website.

RISK
HIGH
MODERATE
LOW



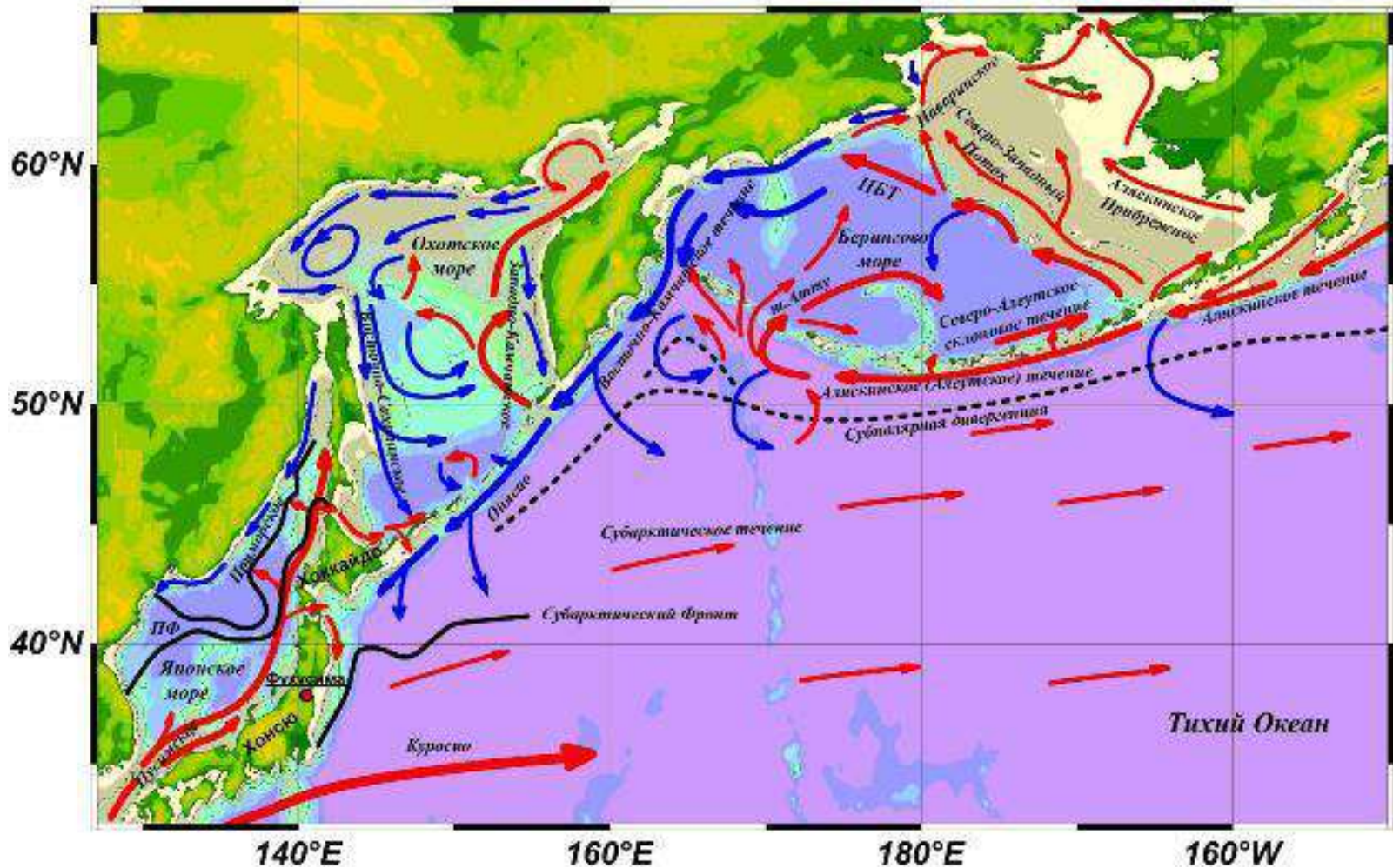
TheWeatherSpace.com

FUKUSHIMA

ALASKA

USA

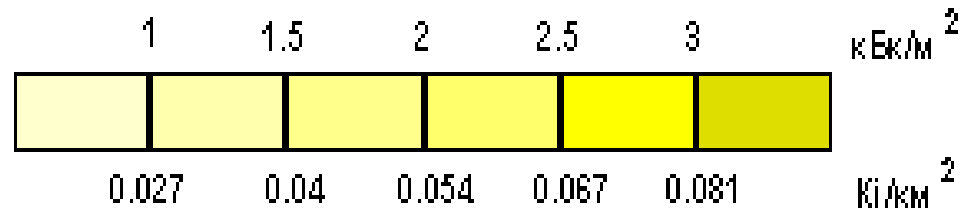
HAWAII



The Kuroshio ("Black Tide" or "Life Stream") is a north-flowing ocean current on the west side of the North Pacific Ocean. It is one of the largest ecosystems in the World Ocean of more than 200 000 km². It has a unique hydrological regime, bottom topography, productivity and trophic dependent populations.²⁸

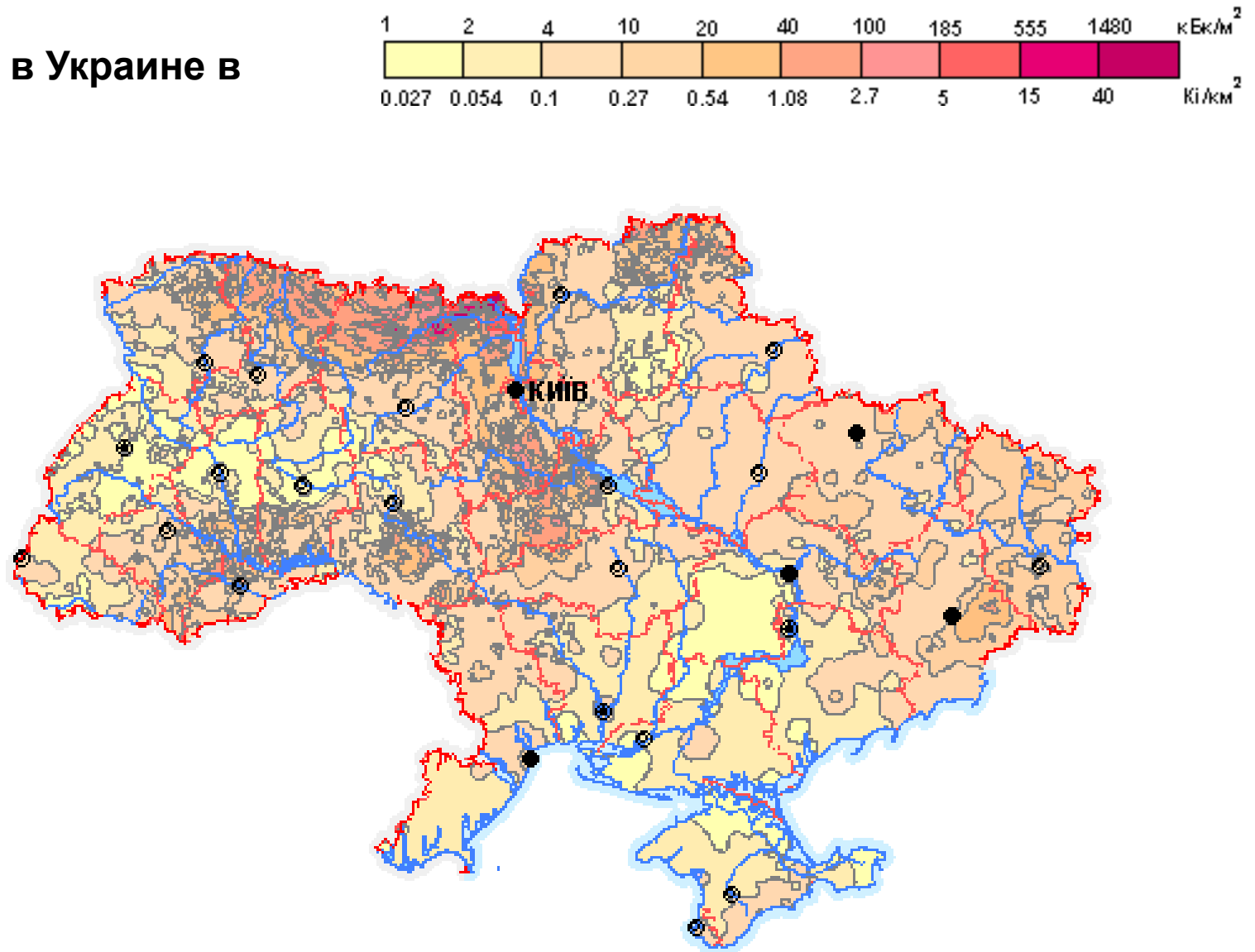
БЫЛО:

**Cs-137 в Украине до
1985г**



Стало:

**Cs-137 в Україні в
1998г**



При изучении последствий землетрясения и повышения ионизирующего облучения в популяциях человека после фукусимской трагедии получены данные о выраженных отклонениях в целом ряде показателей углеводного и липидного обмена, которые наблюдаются уже в первые несколько суток и сохраняются месяцами после воздействия.

В течение 3 лет в префектуре Фукусима после землетрясения и повышения ионизирующего облучения существенно увеличилось число пациентов с **нейроотоларингологическими заболеваниями, осложненными депрессиями и другими ментальными**

дефектами (Hasegawa J., Hidaka H., Kuriyama S. et al., Change in and long-term investigation of neuro-otologic disorders in disaster-stricken Fukushima Prefecture: retrospective cohort study before and after the Great East Japan Earthquake. PLoS ONE, 2015, 10(4): e0122631 (doi: 10.1371/journal.pone.0122631). Sakai A., Ohira T., Hosoya M. et al., Life as an evacuee after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident is a cause of polycythemia: the Fukushima health management survey. BMC Public Health, 2014, 14: 1318 (doi: 10.1186/1471-2458-14-1318).

Накоплен большой объем данных о **неспецифических нарушениях** здоровья у отселенных из зоны с повышенным уровнем ионизирующего излучения после аварий на атомных станциях в Чернобыле и в префектуре Фукусима.

После аварии на Фукусиме-1 почти 30 % матерей находились в клинически диагностируемом состоянии депрессии. Показано, что среди лиц, эвакуированных в связи с ядерной катастрофой на АЭС Фукусима-1, озабоченность радиационными рисками ассоциируется с наличием психологических расстройств

(GotoA.,BrometE.J.,FujimoriK. Immediate effects of the Fukushima nuclear power plant disaster on depressive symptoms among mothers with infants: a prefectural-wide cross-sectional study from the Fukushima health management survey. BMC Psychiatry, 2015, 15: 59 (doi: 10.1186/s12888-015-0443-8).
SuzukiY.,YabeH.,YasumuraS.,OhiraT. et al., Psychological distress and the perception of radiation risks: the Fukushima health management survey. Bull. World Health Org., 2015, 93: 598-605 (doi: 10.2471/BLT.14.146498).

Факт отселения из зоны с повышенным уровнем ионизирующего излучения вокруг атомной станции Фукусима-1 приводит к повышению смертности среди отселенного населения, и это отчетливо выявляется на протяжении первых 4 лет после аварии.

Увеличение смертности не было прямо связано с величинами доз, полученными за счет внешнего и внутреннего облучения. Предполагается, что в большей степени, чем собственно повреждающее действие ионизирующего облучения, этот эффект обусловлен **посттравматическим синдромом, который провоцирует ускоренное развитие ряда неспецифических (особенно хронических) заболеваний.**

Tanaka R. Prolonged living as a refugee from the area around a stricken nuclear power plant increases the risk of death. Prehosp. Disaster. Med., 2015, 30(4): 425-430 (doi: 10.1017/S1049023X15004926).

Среди отселенных после аварии на атомной станции Фукусима-1 и у внуков японцев, выживших после атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки, частота проявлений **посттравматического синдрома (повышена относительно контрольной группы)**

Ben- Ezra M., Palgi Y. , Soffer Y., Shrira A. Mental health consequences of the 2011 Fukushima nuclear disaster: are the grandchildren of people living in Hiroshima and Nagasaki during the drop of the atomic bomb more vulnerable?

World Psychiatry, 2012, 11(2): 133 (doi: 10.1016/j.wpsyc.2012.05.011). .

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ: Селекция радиорезистентных особей у рыжей и обыкновенной полевок в местообитаниях с высоким уровнем радионуклидного загрязнения

- У представителей рыжей и обыкновенной полевок обнаруживается отчетливая селекция к 1999-2001 году животных с повышенной радиорезистентностью.
- В 1994-1996 гг., через 16-20 поколений после взрыва, они отличаются от популяций из «чистых» зон по частотам встречаемости цитогенетических аномалий в клетках костного мозга, в 1999-2001 гг, через 26-30 поколений – нет).
- Интенсивность такой селекции наиболее выражена в Рыжем лесу (1000 Ки/км²). В местообитаниях с уровнем радионуклидного загрязнения на порядок меньше такая селекция, по-видимому, идет с существенно меньшей скоростью
- В местообитаниях с уровнем загрязнения около 100 Ки/км² в 1999 г обнаруживается высокая индивидуальная изменчивость и повышенная частота встречаемости цитогенетических аномалий относительно условного контроля и популяции из Рыжего леса 1999-2001 гг

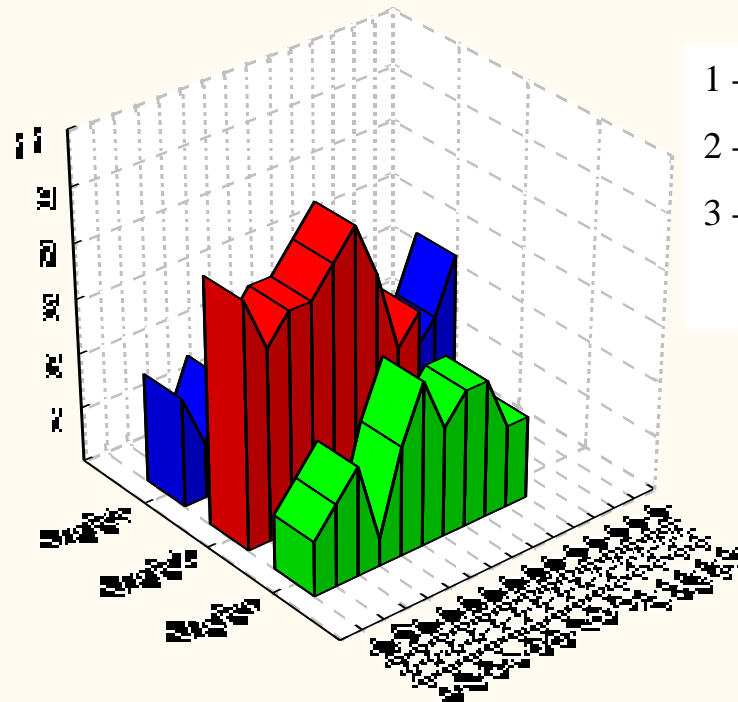
Виды полевков (обыкновенная, рыжая и экономка)

Среди исследованных трех видов мышевидных грызунов наиболее “чувствительным” к действию ионизирующего излучения оказался наиболее из них эволюционно молодой вид обыкновенной полевки, для которого характерна определенная кариотипическая нестабильность в ареале, в отличие от полевки экономки и рыжей полевки.

Межвидовое сравнение свидетельствует в пользу данных, полученных на линейных мышах о том, что повышение ионизирующего излучения не индуцирует новые генетические повреждения, а усиливает потенциально имеющиеся, специфичные для отдельных генотипов (разные линии мышей) и для отдельных видов (разные виды мышевидных грызунов).

Отбор на радиорезистентность у обыкновенной полевки (микроядерный тест) в Чистогаловке (около 300 – 500 Ки/км²)

Data: NEW3.STA 10v * 16



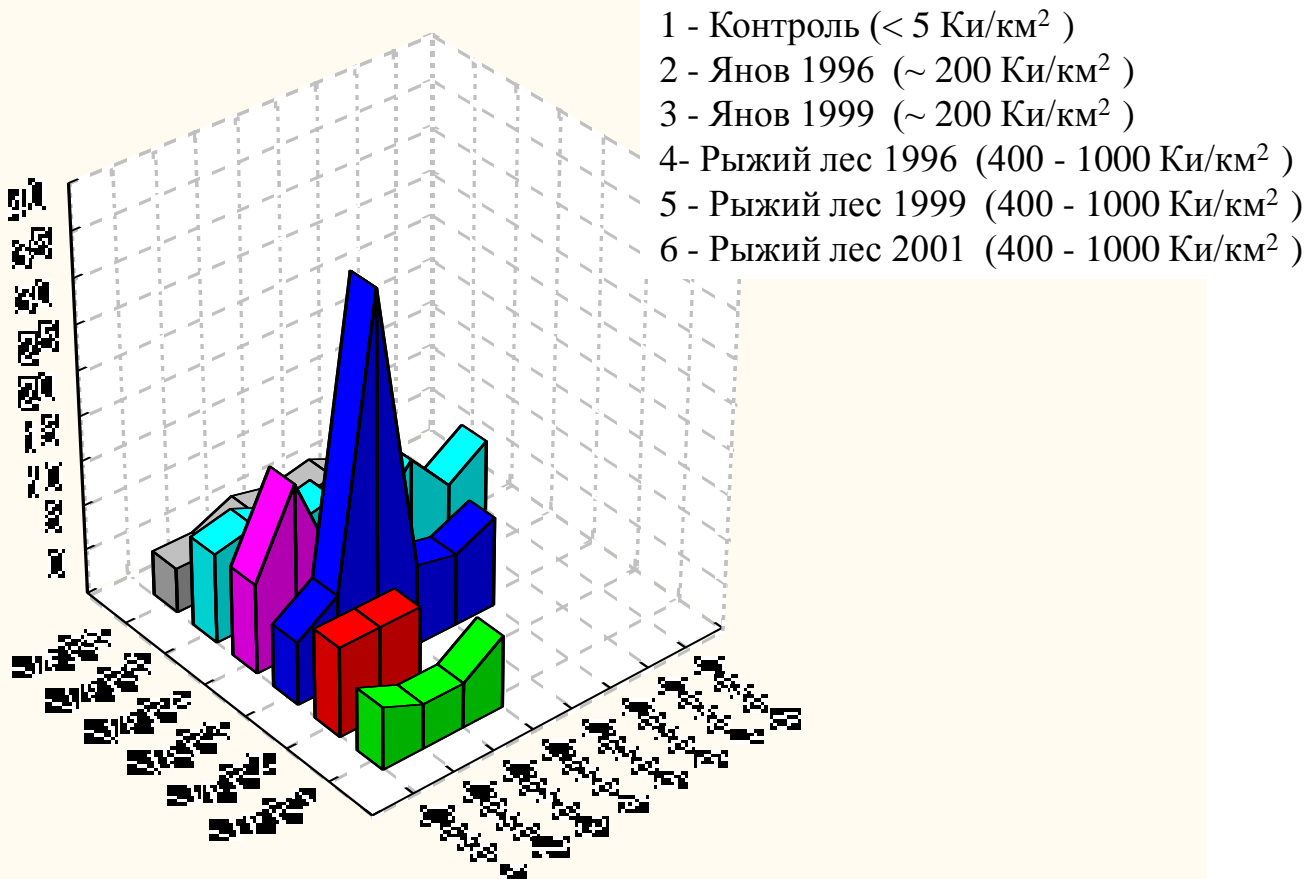
1 - Контроль (<20 Ки/км²)

2 - Чистогаловка 1996 г

3 - Чистогаловка 1999 г

Отбор на радиорезистентность у рыжей полевки по частотам встречаемости метафаз с хромосомными aberrациями

Data: NEW3 СТА 10v * 10



Ожидаемая частота встречаемости генотипов по локусу трансферрина (TF) у потомков от коров Альфа и Гамма и быка Урана в первом (F1) поколении животных, родившихся в экспериментальном хозяйстве «Новошепеличи» (200 Ки/км²) (решетка «Пеннета»)

Локус		Ожидаемые генотипы	
Трансферрин	TF аллели	♂ A	♂ D1
♂ AD1	♀ A	AA (25%)	AD1 (25%)
♀ AD2	♀ D2	AD2 (25%)	D1D2 (25%)



**Ива́н
Ива́нович
Шмальга́узен**

**«Творческая роль естественного отбора
выражается в отборе на максимальную
приспособляемость к данным условиям
существования... Однако преобладание
активной внутривидовой конкуренции с ее
косвенной элиминацией ведет рано или
поздно к узкой специализации, к
уменьшению плодовитости и к утрате
эволюционной пластичности. Это —
тупики эволюции, ведущие рано или
поздно к вымиранию....Окончательная
победа в борьбе за существование остается
за неспециализированными организмами,
идущими по пути аккумуляции адаптации
общего значения...»**

***И.И. Шмальгаузен, «Факторы эволюции.
Теория стабилизирующего отбора»***

Вывод:

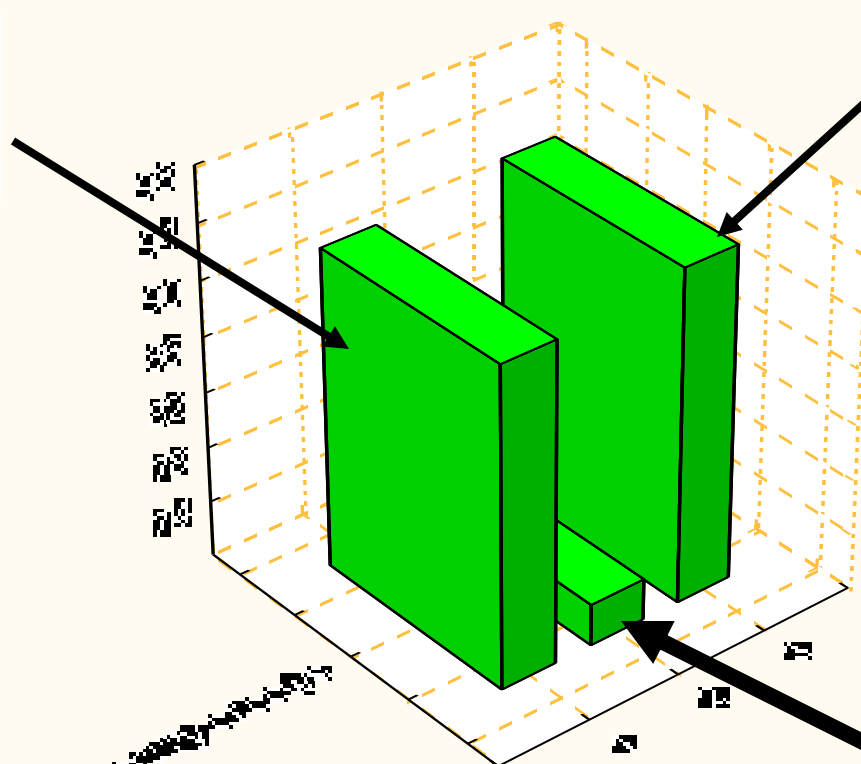
Селекция на увеличение количества радиорезистентных особей реализуется за счет ухода из воспроизводства популяции наиболее чувствительных, и наиболее специализированных особей.

Как это происходит?

- **Изменяется приспособленность генотипов (их вклад в следующее поколение) за счет изменения плодовитости коров.**
- **Плодовитость коров, в количестве рожденных телят на одну голову в год, за 7-9 лет исследований и в первом, и втором поколениях, рожденных в экспериментальном хозяйстве, снижается примерно в два раза, по сравнению с родительским поколением (в среднем от 0,9 до 0,4).**

3D Sequential Graph (NEW...)

Плодовитость
коров
родительского
поколения



Плодовитость
коров
поколения
внучек (F2)

Плодовитость коров
первого поколения,
рожденного в
Чернобыльской зоне
(F1)

Плодовитость коров в количестве телят на одну корову в год

1 - 16 коров родительского поколения экспериментального стада, рожденных в «чистой» зоне, суммарно дали 96 телят ($0,93 \pm 0,03$ теленка на корову в год); 20 из них (21%) умерло в возрасте до 3 месяцев после рождения.

2 - F1, первое дочернее поколение, родившееся в условиях экспериментального хозяйства «Новошепеличи (~ 200 Ки/км²). Среди 36 коров 21 (58%) оказались стерильными; только 15 коров F1 принесли потомство F2 поколения ($0,73 \pm 0,06$); 13 из них умерли до 3-х месячного возраста после рождения (26%).

3 - 4 коровы F2 суммарно родили 10 телят (F3) за 2-4 года; $0,94 \pm 0,06$ теленка на корову в год.

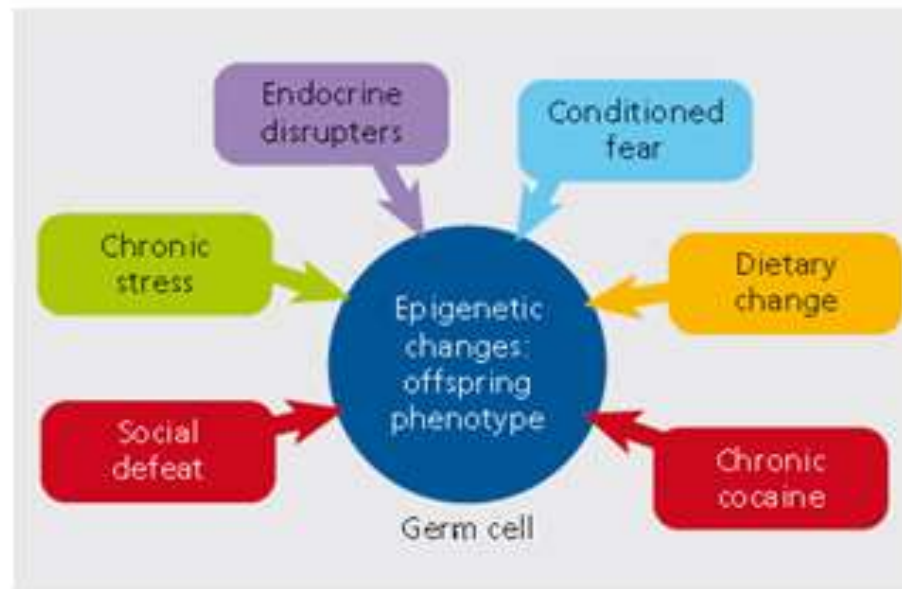
Пол погибших до трех месяцев телят:

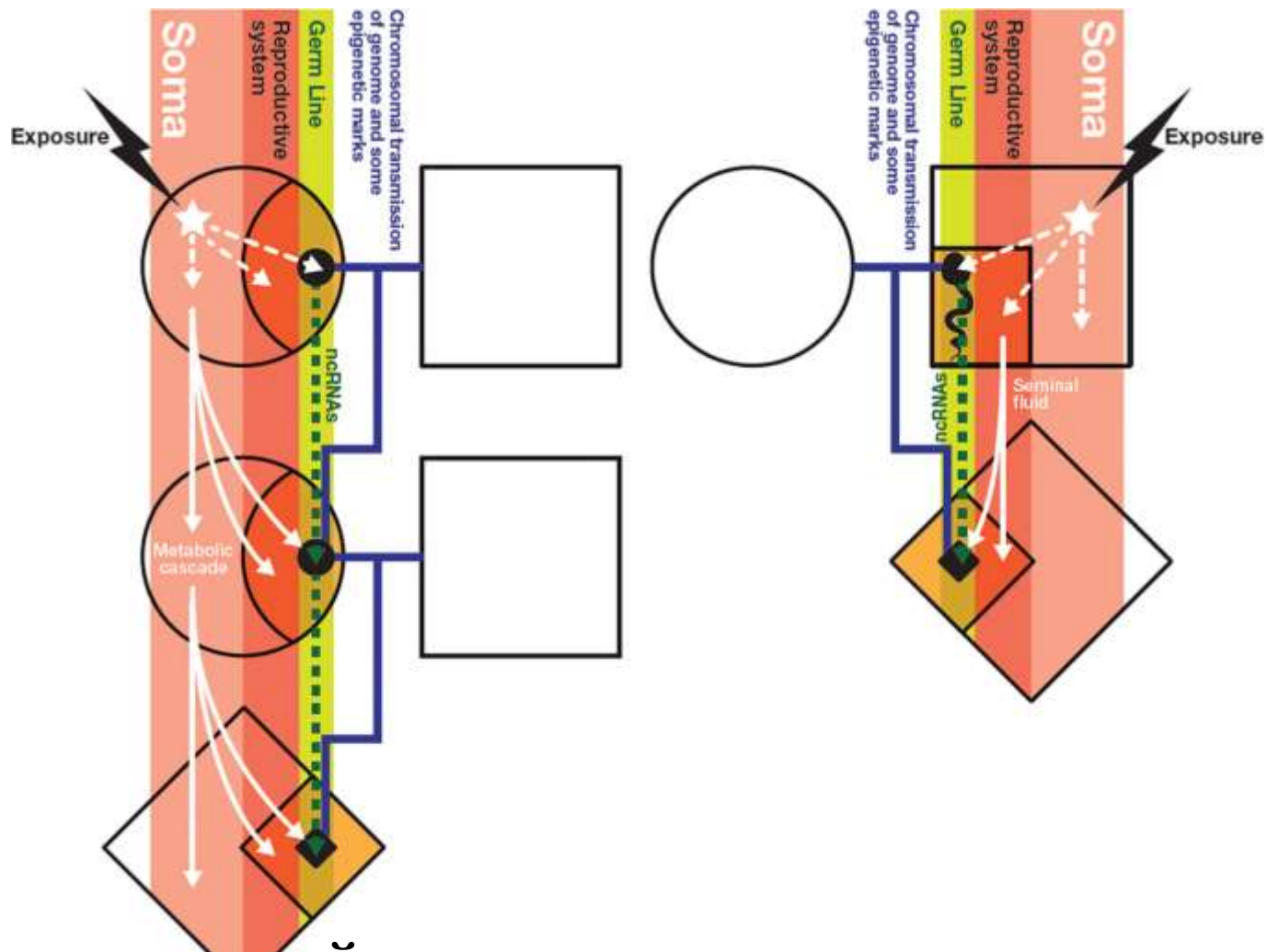
	Самки	Самцы
Первое поколение, суммарно рожденное 16-тью коровами	6 самок	14 самцов
Второе поколение, суммарно рожденное 15-тью коровами первого поколения	7 самок	6 самцов

**Вклад Чернобыльской
катастрофы в изменения
генофонда человека можно будет
оценить через несколько
десятков лет, поскольку
поколение, родившееся после
аварии, недавно вступило в
репродуктивный период**

«Вертикальные» эффекты ионизирующего излучения

«Вертикальные последствия» для
потомства, «трансгенерационная»
передача признаков пост_травматического
синдрома





БИОЛОГИЧЕСКИЙ ПУТЬ: схема передачи воздействия через репродуктивные системы (Dalgaard N.T., Montgomery E. Disclosure and silencing: a systematic review of the literature on patterns of trauma communication in refugee families. Transcultural Psychiatry, 2015, 52(5): 579-593 (doi: 10.1177/1363461514568442).

Культурный путь – РОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ В СЕМЬЕ, ПЕРЕНЕСШЕЙ ПОСТ-ТРАВМАТИЧЕСКИЙ СИНДРОМ

Dalgaard N.T., Montgomery E. Disclosure and silencing: a systematic review of the literature on patterns of trauma communication in refugee families. Transcultural Psychiatry, 2015, 52(5): 579-593 (doi: 10.1177/1363461514568442).

Изменения видового состава микробиоты - влияние на поведенческие характеристики изменений у родителей и потомков микробиоты

Asgari S. Epigenetic modifications underlying symbiont-host interactions. Adv. Genet., 2014, 86: 253-276 (doi: 10.1016/B978-0-12-800222-3.00010-3)

Глазко В.И., Зыбайлов В.Л., Глазко Т.Т. Повышение уровня ионизирующего облучения: «горизонтальные» и «вертикальные» биологические и биосоциальные последствия (на примере аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима-1)// Сельскохозяйственная биология - 2016, Т. 51, № 2. - С. 141-155 (doi: 10.15389/agrobiology.2016.2.141rus)

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!