



BY0000384

Международная конференция, посвященная 100-летию со дня рожде

7. Цыхун Г.Ф., Бокуть Т.Б., Викентьева Н.К., Мурзенко П.П. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1996. – Т. 36. – В. 3. – С. 387-393.

## Генетические эффекты малых доз ионизирующей радиации и сравнение эффективности хронического и острого облучения

**Р.И. Гончарова, Н.И. Рябоконт, И.И. Смолич**

*Институт генетики и цитологии Национальной Академии Наук Республики Беларусь,  
г. Минск, Беларусь*

**Genetic effects of low-dose ionising radiation and comparison of efficiency between chronic and acute irradiation.** The analysis of dose-effect relationships was carried out by taking into account individual frequencies of cytogenetic damages (chromosome aberrations and polyploid cells in bone marrow as well as micronucleated erythrocytes in bone marrow and peripheral blood) and individual radiation exposure. The objects of investigations were bank voles (*Clethrionomys glareolus*) inhabited radiocontaminated regions of Belarus and laboratory mice exposed in these regions in the conditions of external and internal irradiation. The frequencies of cytogenetic damages were the first revealed to depend on low levels of exposure: concentration of basic dose-forming radionuclides (4–145410 Bq/kg of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{134}\text{Cs}$ ), total absorbed dose rate (2–730  $\mu\text{Gy/day}$ ) and the total absorbed dose (0.02–7.3 cGy). According to the latest information on cancerous and non-cancerous risks acquired by survivors of nuclear bombardments, significant effects of acute irradiation were observed in the range of 0.005–0.2 Sv [1]. Our findings demonstrate effects of chronic irradiation in much lower range and indicate the absence of threshold of low dose impact [2, 3].

For comparing effectiveness of chronic and acute irradiation, the dose-effect curves of acute irradiation (10–100 cGy) were obtained for bank voles from two chronically irradiated populations. Extrapolation of the obtained dose-effect straight lines to the dose range of chronic irradiation has shown their much higher efficiency as against low doses of acute irradiation. Possible causes of such disagreement are discussed.

Биологические эффекты малых доз ионизирующей радиации являются центральной проблемой радиобиологии. Исследования генетических эффектов хронического низкодозового облучения в течение ряда поколений животных, живущих в условиях повышенного радиационного фона, представляют наибольший интерес.

Нами проведены подобные исследования на рыжей полёвке (*Clethrionomys glareolus*),...

...экспонированными на радиационно-загрязненных территориях в течение 133 сут. в условиях сочетанного внешнего и внутреннего облучения (в корм животным использовали загрязненные сельскохозяйственные продукты). Участки мониторинга за природными популяциями рыжей полёвки, а также территории экспонирования лабораторных животных составляли градиент по плотности радиоактивного загрязнения почв (соответственно 8–1526 и 8–2331 кБк/м<sup>2</sup> по  $^{137}\text{Cs}$ ), по концентрации радионуклидов, инкорпорированных в тушках животных, и по поглощенным дозам облучения.

Концентрации  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{154}\text{Cs}$  оценены у каждой исследуемой особи, трансураниевых элементов и  $^{90}\text{Sr}$ ...

..., что в течение всего периода наблюдений (1986–1996 гг.) основной вклад в мощность поглощенной дозы вносило внешнее облучение, а также внутреннее облучение изотопами цезия [3].

Для учета индивидуальных частот цитогенетических повреждений в соматических клетках исследуемых животных использованы общепринятый метафазный метод учета aberrаций хромосом (АХ) и полиплоидных (Пп) клеток в костном мозге, а также стандартный микроядерный тест на полхроматофильных эритроцитах (ПХЭ) костного мозга и нормохроматофильных эритроцитах (НХЭ) периферической крови. Анализ зависимостей доза–эффект выполнен с применением регрессионного анализа в пакетах прикладных программ АБ-СТАТ (версия 1.1) и Microsoft Excel (версия 5.0a).

Повышенные частоты цитогенетических повреждений обнаружены как у экспонированных лабораторных мышей, так и у диких мышевидных грызунов на протяжении 10 лет мониторинга, или в течение 22 поколений животных [3].

Впервые доказана обусловленность частот цитогенетических повреждений малыми дозами радиационного воздействия в диапазоне от фоновых величин и выше. Так, установлена статистически значимая зависимость индивидуальных частот АХ и Пп клеток у лабораторных мышей и рыжих полёвок от индивидуальных уровней удельной активности инкорпорированных радионуклидов в диапазоне 4–145410 Бк/кг, мощности поглощенной дозы 2–730 мкГр/сут и поглощенной дозы 0,02–7,3 сГр. Результаты такого анализа данных для популяций рыжей полёвки в каждом году исследований приведены в таблице. При этом полевки всех исследуемых популяций были объединены в одну группу в пределах каждого года исследований; таким образом, в каждой исследуемой группе были объединены животные одних и тех же послеаварийных поколений. Существенная зависимость частот АХ и Пп клеток от радиационной нагрузки у животных была обнаружена и в отдельно взятых популяциях [3]. Аналогичные данные получены и для МЯ-ПХЭ и МЯ-НХЭ [4].

*Таблица 1*

*Зависимость частоты АХ от радиационной нагрузки у рыжей полёвки*

Год	Кол-во животных	Концентрация РН		Мощность дозы		Поглощенная доза	
		Диапазон концентраций, Бк/кг	Коэффициент детерминации	Диапазон мощности, мкГр/сут	Коэффициент детерминации	Диапазон доз, мГр	Коэффициент детерминации
1986	42	38 – 24844	0,13*	6 – 670	0,13*	0,4 – 73	0,22*
1987	35–36	3959–145410	0,17*	205–615	0,17*	3 – 30	0,23**
1988	38–43	58 – 385810	0,07	3 – 730	0,12*	0,2–267	0,03
1991	32–41	5 – 20736	0,48**	3 – 132	0,23**	0,2 – 11	0,31**
1996	37	4 – 2911	0,27**	2 – 46	0,15*	0,3 – 23	0,37**

– P<0,05 и \*\* – P<0,01

Согласно последней информации по риску возникновения раковых и нераковых заболеваний у переживших атомную бомбардировку, существенные эффекты острого облучения наблюдаются в диапазоне 0.005–0.2 Зв [1]. Наши данные демонстрируют эффекты хронического облучения в значительно меньшем диапазоне [2–4]. Помимо этого, нами впервые установлено, что в ряду облучаемых поколений животных сохраняется зависимость частот цитогенетических повреждений в соматических клетках от малых доз облучения [3].

Форму зависимости цитогенетических эффектов от радиационной нагрузки в ряде

случаев можно было бы описать линейным уравнением (при достоверных коэффициентах детерминации). Однако все данные лучше аппроксимировались полиномиальной функцией. Нелинейная форма зависимости доза–эффект, по-видимому, есть следствие работы ряда восстановительных систем на различных биологических уровнях [3, 4].

Для сравнения эффективности острого и хронического облучения рыжие полёвки из двух хронически облучаемых популяций были дополнительно подд\_я сравнения эффективности ос<sup>137</sup>Cs, 5.4 Р/мин). Полученные линейные зависимости доза–эффект в диапазоне 10–100 сГр для МЯ–ПХЭ были экстраполированы в область малых доз. Установлено, что наблюдаемые при хроническом облучении частоты МЯ–ПХЭ значительно превышают ожидаемые величины при остром облучении...

....хронического облучения по сравнению с острым. Во-вторых, возможно, что кривые доза–эффект в диапазоне малых доз значительно отличаются от прямой линии, установленной в области средних и высоких доз острого облучения. Следовательно, некорректно проводить линейную экстраполяцию. И в-третьих, более высокие эффекты хронического облучения по сравнению с острым могут быть следствием генетического груза и генетической нестабильности, накопленных в хронически облучаемых популяциях.

#### Литература

1. Preston D. Recent findings on cancer and non-cancer risks in the atomic bomb survivors // Book of abstract of the 2<sup>nd</sup> Intern. Symp. «Chronic Radiation Exposure: Possibilities of Biological Indication», Chelyabinsk, Russian Federation, March, 14–16, 2000. – P. 37.
2. Goncharova R.I. Attempt to predict genetic consequences of the Chernobyl catastrophe // Intern. Conf. «One Decade After the Chernobyl: Summing up the Consequences of the Accident», Vienna, 8–12 April, 1996. – P. 138–141.
3. Рябоконт Н.И. Генетический мониторинг мышевидных грызунов из загрязненных радионуклидами районов Беларуси: Автореф. дисс. канд. биол. наук. – Мн.: 1999. – 24 с.
4. Goncharova R.I., Ryabokon N.I., Smolich I.I. Biological effects of low-dose chronic irradiation in somatic cells of small mammals // Proc. of the 9<sup>th</sup> Annual Conf. «Risk Analysis: Facing the New Millennium», Rotterdam, October 10–13, 1999. – P. 710–714.