

# НАСЛІДКИ ОПРОМІНЕННЯ БАТЬКА ДЛЯ РЕПРОДУКТИВНОЇ ФУНКЦІЇ НАЩАДКІВ ЧОЛОВІЧОЇ СТАТІ ТА ЇХ РЕЗИСТЕНТНІСТЬ ДО ОПРОМІНЮВАННЯ У МАЛИХ ДОЗАХ

Карпенко Н. О.

*ДУ «Інститут проблем ендокринної патології ім. В. Я. Данилевського НАМН України», м. Харків*

Популяційна оцінка впливу іонізуючого випромінювання у малих дозах на стан репродуктивної функції людини практично неможлива через наявність багатьох виробничих, побутових та соціальних факторів. Так, серед когорти ліквідаторів наслідків аварії на ЧАЕС виявлено зниження народжуваності до 0,3–2,5 дитини на 1000 чоловік порівняно з 11–15 дітьми в цілому в Україні [1], а серед російських ліквідаторів коефіцієнт відтворення знижений вдвічі [2]. Водночас результати епідеміологічних досліджень народжуваності в забруднених радіонуклідами (РН) і «чистих» регіонах та висновки про їх причини вкрай суперечливі [3, 4].

Ще більшу проблему становить визначення віддалених наслідків опромінювання батьків для їх нащадків, які можуть мати різноманітні відхилення від норми через наявність ефекту трансгенераційної передачі зміненої спадкової інформації, що містять статеві клітини [5, 6]. Показано, що діти опромінених у дитинстві батьків відрізняються під-

вищеною частотою множинних малих аномалій розвитку [7], а нащадки ліквідаторів наслідків аварії мають численні вроджені вади розвитку [8]. У той же час при епідеміологічних дослідженнях не знайдено позитивної кореляції між рівнем радіоактивного забруднення та частотою вроджених вад розвитку у дітей, хоча остання значно вища в районах із високим рівнем радіоактивного та хімічного забруднення [9]. На теперішній час ще неможливо дослідити стан репродуктивної функції у нащадків опромінених осіб, зовсім не ясна реакція репродуктивної функції цих осіб на підвищений радіаційний фон у випадку мешкання на контрольованих територіях, забруднених РН.

Вищенаведене визначило мету роботи — в експерименті з відповідним дозиметричним супроводом дослідити наслідки опромінювання батька у малих дозах для репродуктивної функції їх нащадків чоловічої статі та визначити чутливість цієї функції до слабого опромінювання.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Експеримент проведено згідно національних «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах» (Україна, 2001) на щурах популяції Вістар, яких утримували у віварії ДСНВП «Екоцентр» (м. Чорнобиль).

Самців батьківського покоління до парування з інтактними самками піддавали опромінюванню різної потужності протягом одного циклу сперматогенезу. Для цього щурам давали питну воду, яка містила різну концентрацію РН з 4 блоку ЧАЕС. Пито-

ма  $\gamma$ -активність води (за  $^{137+134}\text{Cs}+^{137}\text{mBa}$ ) дорівнювала: 135,5 (група Д<sub>1</sub>); 10,3 (група Д<sub>2</sub>) або 1,0 кБк/кг (група Д<sub>3</sub>). У клітках, в яких утримувались самці, величина  $\gamma$ -фону становила  $3,2 \cdot 10^{-11}$ – $4,3 \cdot 10^{-11}$  Кл/кг·с (45–60 мкР/ч). На підставі даних про вміст  $^{134+137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  в органах та тканинах щурів, інтенсивність фонового зовнішнього та взаємоопромінення розраховували сумарну поглинену дозу опромінення (ПД), яка у гонадах самців-батьків на час парування з самками сягала 94 (група Д<sub>1</sub>), 9 (група Д<sub>2</sub>) або 3 мГр (група Д<sub>3</sub>) [10].

Контрольна група щурів батьківського покоління впродовж усього дослідження перебувала у віварії ДУ «Інститут ендокринології та обміну речовин ім. В. П. Комісаренка НАМН України», м. Київ.

Парування самців цих груп з інтактними самками проводили впродовж 8 днів у співвідношенні 1 самець на 2–3 самки. Вагітні самки до пологів та нащадки покоління F<sub>1</sub>, які були об'єднані у групи з умовними позначками F<sub>1</sub>♂-Д<sub>1</sub>, F<sub>1</sub>♂-Д<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>♂-Д<sub>3</sub> та F<sub>1</sub>♂-Контроль, до 2–2,5-місячного віку перебували у «чистому» віварії, де гамма-фон не перевищував  $1,3 \cdot 10^{-11}$  Кл/кг·с (18 мкР/ч), та отримували «чистий» раціон.

З 2–2,5 до 6–6,5-місячного віку половинні нащадків, з яких були сформовані групи RA F<sub>1</sub>♂-Д<sub>1</sub>, RA F<sub>1</sub>♂-Д<sub>2</sub>, RA F<sub>1</sub>♂-Д<sub>3</sub> та RA F<sub>1</sub>♂-Контроль, давали радіоактивні корми та воду для моделювання додаткового опромінювання. За 4 місяці ПД в усьому тілі опромінених сібсів склали близько 4 мГр, тобто, дози опромінювання були подібними таким у самців батьківського покоління з найменшою потужністю опромінювання (група Д<sub>3</sub>).

У віці 6–6,5 місяців досліджували репродуктивну функцію нащадків. Спочатку у самців (36 неопромінених та 38 опромінених щурів) після формування статевого досвіду у п'ятому парному тесті з реце-

птивною самкою визначали характер статевої поведінки за кількісними та часовими показниками (садки, інтромісії, еякуляції). Плідність самців (по 20 опромінених та неопромінених тварин) досліджували після парування з інтактними самками (у співвідношенні 1:2) за часткою запліднених та вагітних самок та результатами аутопсії запліднених щуриць на 20-ту добу вагітності. Визначали кількість жовтих тіл у яєчниках, місць імплантацій та плодів. Підраховували внутрішньоутробні втрати, розраховували інтегральний показник фертильності самців ( $\Phi_i$ ) (кількість плодів, яку потенційно може народити кожна самка з групи при паруванні з піддослідними самцями) за формулою [11]:

$$\Phi_i \pm S_{\Phi_i} = \frac{N_2 \times N_3 \times (N_4 \pm S_{N_4})}{N_1 \times N_1} = \frac{N_2 \times N_3 \times N_4}{N_1 \times N_1} \pm \frac{N_2 \times N_3 \times S_{N_4}}{N_1 \times N_1},$$

де:

$N_1$  — кількість самок у групі;  $N_2$  — кількість запліднених самок;  $N_3$  — кількість вагітних самок;  $N_4$  — середня кількість плодів у вагітної самки;  $N_5$  — середня кількість жовтих тіл у вагітної самки.

У самців також досліджували спермограми за показниками концентрації епідидимальних сперматозоїдів, частки їх рухливих та аномально змінених форм на 500 статевих клітин [12].

З огляду на характер розподілу даних у групах, який відповідав закону нормального розподілу, дані представлені як середня арифметична та її похибка. Достовірність відмінностей між групами оцінювали множинним порівнянням з використанням критерію Q Данна. Якісні показники в альтернативній формі «так-ні» (у процентах) порівнювали за допомогою критерію U Вілкоксона-Манна-Вітні або  $\chi^2$  [13].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз показників статевої поведінки самців, які народилися від батьків, що були опромінені у різних дозах, виявив деяку дозозалежність відмінностей. Так, якщо у на-

щадків батьків, опромінених у найменшій ПД (група Д<sub>3</sub>), поведінка не відрізнялась від контрольних значень, то у нащадків батьків, опромінених з ПД 9 або 94 мГр, від-

Показники статевої поведінки самців щурів,  
народжених від опромінених батьків ( $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ )

Показник	Група			
	♂F1-Контроль (n = 8)	♂F1-Д <sub>3</sub> (n = 9)	♂F1-Д <sub>2</sub> (n = 9)	♂F1-Д <sub>1</sub> (n = 9)
Садки:				
частота	2,5 ± 0,6	6,1 ± 1,9	6,2 ± 2,1	5,4 ± 1,7
латентність, с	5,6 ± 1,6	54,8 ± 29,0	35,6 ± 14,9	104,1 ± 36,9*
Інтромісії:				
частота	10,3 ± 1,4	14,4 ± 1,3	11,3 ± 0,8	10,9 ± 1,0
латентність, с	10,3 ± 1,6	10,7 ± 3,1	5,6 ± 1,1*	5,5 ± 1,1*
Інтромісій до еякуляції	10,5 ± 0,6	12,4 ± 2,3	7,7 ± 0,6*	9,7 ± 0,6
Еякуляції:				
частота	0,63 ± 0,18	1,00 ± 0,26	1,50 ± 0,17*	0,63 ± 0,18
латентність, с	512,4 ± 114,2	475,4 ± 105,6	183,6 ± 26,7*	482,3 ± 39,1
Рефрактерний період, с	521,3 ± 111,9	715,1 ± 94,9	369,4 ± 60,2	820,5 ± 80,5
Садки/інтромісії	0,26 ± 0,06	0,41 ± 0,11	0,55 ± 0,21	0,50 ± 0,19

П р и м і т к а. \* — статистично значущі розбіжності з контрольною групою (P < 0,05).

Показники статевої поведінки після додаткового опроміювання самців щурів,  
народжених від опромінених батьків ( $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ )

Показник	Група			
	♂F1-Контроль (n = 8)	♂F1-Д <sub>3</sub> (n = 9)	♂F1-Д <sub>2</sub> (n = 9)	♂F1-Д <sub>1</sub> (n = 9)
Садки:				
частота	2,8 ± 0,8	4,0 ± 0,9	3,6 ± 0,8	5,4 ± 1,1
латентність, с	14,1 ± 10,2	69,9 ± 43,4	152,5 ± 59,2	61,9 ± 26,3
Інтромісії:				
частота	8,5 ± 1,2	13,0 ± 1,4	14,8 ± 0,7	9,8 ± 1,2
латентність, с	25,1 ± 16,8	4,6 ± 0,7	6,5 ± 1,1	40,3 ± 18,2
Інтромісій до еякуляції	7,6 ± 0,8*	9,3 ± 1,5	11,0 ± 0,8*	8,4 ± 0,9
Еякуляції:				
частота	1,10 ± 0,23	2,44 ± 0,96	1,30 ± 0,15	0,90 ± 0,18
латентність, с	351,1 ± 95,6	174,1 ± 41,0*	212,4 ± 38,0	403,5 ± 93,8
Рефрактерний період, с	610,6 ± 97,2	416,8 ± 98,8*	480,7 ± 92,1	733,7 ± 85,3
Садки/інтромісії	0,37 ± 0,12	0,30 ± 0,09	0,25 ± 0,06	0,65 ± 0,16

П р и м і т к а. \* — статистично значущі розбіжності з «чистими» сібсами (P < 0,05).

мічені скорочення латентності першої інтромісії (самці груп Д<sub>2</sub> та Д<sub>1</sub>), еякуляції та зростання її частоти (у самців групи ♂F1-Д<sub>2</sub>) (табл. 1). Такі зміни характеристик поведінки не є односпрямованими та, зокрема, не свідчать про її пригнічення.

Після додаткового опроміювання поведінка нащадків інтактних тварин майже не

змінилась (табл. 2). У опромінених нащадків опромінених батьків зміни поведінки були поодинокими: скорочення латентності еякуляції у самців групи RA ♂F1-Д<sub>3</sub>, зростання кількості інтромісій до еякуляції у групі RA ♂F1-Д<sub>2</sub>. Такі зміни не були характерними для поведінки щурів, що зазнавали зовнішнього або внутрішнього опроміювання

## Показники внутрішньоутробної загибелі у інтактних самок щурів, запліднених самцями — нащадками опроміненних батьків, потенційна плідність самців (Фі)

Показник	Стат. показник	♂F1-Контроль × ♀ Контроль	♂F1-Д <sub>3</sub> × ♀ Контроль	♂F1-Д <sub>2</sub> × ♀ Контроль	♂F1-Д <sub>1</sub> × ♀ Контроль
Місця імплантацій	n $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	12 9,8 ± 1,1	18 10,3 ± 1,6	25 8,4 ± 1,9	11 9,8 ± 1,4
Кількість плодів	n $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	12 8,1 ± 1,5	17 9,9 ± 1,5	24 6,5 ± 2,0	8 6,8 ± 2,0
Втрати у самок:					
до імплантації, %	n $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	12 16,6 ± 4,1	17 10,1 ± 3,3	25 21,9 ± 4,9	11 22,2 ± 4,0
після імплантації %	n $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	12 8,2 ± 3,4	17 2,2 ± 3,0	25 10,3 ± 3,9	11 25,6 ± 5,63*
сумарно, %	n $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	12 29,3 ± 5,1	17 15,0 ± 3,9	25 40,7 ± 6,0*	11 62,2 ± 5,9*
Плідність (Фі), плодів	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	4,8 ± 0,7	5,3 ± 0,8	4,1 ± 1,3	2,1 ± 0,6*
Відносна зміна плідності, %		71,9	79,5	100,0	32,4

Примітка. \* — статистично значущі відмінності від показників групи Контроль (P < 0,05 за Q Данна).

у першому поколінні [14, 15]. У цих випадках спостерігалось зростання як латентності еякуляції, так і тривалості постеякуляторного рефрактерного періоду, тобто, виявлені зміни у поведінці опроміненних нащадків опроміненого батька не можна розглядати як свідчення негативного ефекту додаткового опромінювання. Були відсутніми також відмінності між групами за часткою тварин з неповним статевим актом. Тобто, опромінювання батька цих самців та додаткове радіаційне навантаження не мають істотного значення для такої характеристики репродуктивної функції нащадків чоловічої статі, як статеве поведінка.

При паруванні з самками зміни розрахункових індексів запліднення та вагітності не набували статистичної значущості, хоча за абсолютними цифрами вони були нижчими у групах тварин, батьки яких зазнали найбільшого дозового навантаження.

За результатами аутопсії вагітних самок різниці між групами за кількістю жовтих тіл та місць імплантації не знайдено. Але у самок, запліднених самцями груп ♂F1-Д<sub>1</sub> та ♂F1-Д<sub>2</sub>, відмічено суттєве зростання сумарних внутрішньоутробних втрат, що призвело до статистично значущого зниження інтегрального показника плідності

самців групи ♂F1-Д<sub>1</sub> (табл. 3). У групі ♂F1-Д<sub>3</sub> показники внутрішньоутробних втрат у вагітних самок не мали статистично достовірних відмінностей від даних узагальненого контролю. За умов додаткового опромінювання зниження інтегрального показника плідності Фі, порівняно з даними відповідної групи неопроміненних сібсів, виявлено також у щурів, батько яких входив у групу Контроль або Д<sub>1</sub> (табл. 4). У цих випадках плідність становила 44 та 32% від плідності інтактних самців групи узагальненого контролю.

Таким чином, додаткове радіаційне навантаження негативно подіяло на запліднюючу здатність сперми самців, що були опромінені у першому поколінні. Водночас зменшення інтегрального показника плідності Фі у щурів, батько яких був опромінений з максимальною ПД, було подібне такому у їх неопроміненних сібсів.

При дослідженні спермограм епідидимальних сперміїв у щурів-нащадків опроміненого батька зареєстрована звичайна для цих тварин концентрація статевих клітин та відповідний відсоток морфологічно нормальних гамет. Водночас рухливість клітин в суспензії епідидимальних сперматозоїдів у щурів груп групи ♂F1-Д<sub>1</sub>, ♂F1-Д<sub>2</sub> та

Показники внутрішньоутробної загибелі у інтактних самок щурів, запліднених опроміненими нащадками опромінених батьків, потенційна плідність самців ( $\Phi_1$ )

Показник	Стат. показник	RA ♂F1-Контроль × ♀ Контроль	RA ♂F1-Д <sub>3</sub> × ♀ Контроль	RA ♂F1-Д <sub>2</sub> × ♀ Контроль	RA ♂F1-Д <sub>1</sub> × ♀ Контроль
Місця імплантацій	n $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	8 10,5 ± 1,1	19 10,6 ± 1,7	16 10,3 ± 0,6	10 10,2 ± 1,1
Кількість плодів	n $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	8 9,1 ± 1,3	19 10,1 ± 1,6	16 9,3 ± 0,8	10 7,8 ± 1,6
Втрати у самок:					
до імплантації, %	n $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	8 17,3 ± 7,6	19 13,1 ± 4,6	17 15,9 ± 5,8	10 18,3 ± 7,9
після імплантації %	n $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	8 10,9 ± 4,7	19 3,8 ± 1,3	17 8,2 ± 3,4	10 20,9 ± 7,5
сумарно, %	n $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	8 28,3 ± 9,6	19 16,9 ± 4,5	17 24,1 ± 7,5	10 39,2 ± 10,9
Плідність ( $\Phi_1$ ), плодів	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	2,9 ± 0,3 <sup>*,Δ</sup>	5,8 ± 0,6	6,0 ± 0,7	2,2 ± 0,4 <sup>Δ</sup>
Відносна зміна плідності, %		44,0	87,7	91,0	32,9

Примітка. \* — статистично значущі відмінності від показників групи Контроль ( $P < 0,05$  за Q Данна);  
 $\Delta$  — статистично значущі розбіжності з «чистими» сібсами ( $P < 0,05$ ).

♂F1-Д<sub>3</sub> була статистично значуще більшою, ніж у контрольних тварин (на 33,8, 44,4 та 22,7 %, відповідно,  $P < 0,05$ ).

У додатково опромінених щурів, незалежно від ПД батька, показники спермограм не відрізнялися від даних контрольної групи тварин. Але порівняння з даними їхніх «чистих» сібсів відповідних груп свідчить, що у останньому випадку спостерігається краща рухливість сперматозоїдів. Як нами показано раніше [16], аналогічне за силою радіаційне навантаження впродовж 4 місяців викликало зменшення концентрації гамет та зменшення їх рухливості у тварин батьківського покоління, що ми не спостерігали у їх нащадків за таких саме умов. Тобто, потомство попередньо опромінених батьків виказує деяку сталість до дії іонізуючого випромінювання, що проявляється здатністю до продукування нормальної кількості морфологічно повноцінних і рухливих клітин. Водночас викликає сумнів фізіологічна повноцінність чоловічих статевих клітин самців, батько яких зазнавав ПД 9 або 94 мГр, через погіршення життєздатності сперматозоїдів або зигот у запліднених цими самцями са-

мок щурів, що проявлялося зростанням внутрішньоутробних втрат.

Слід зазначити, що оцінка віддалених наслідків опромінювання батька до парування з самою за окремими рутинними показниками стану репродуктивної функції їх нащадків не дає чіткої картини. Можна бачити, що у багатьох випадках має місце нормальна для цього виду тварин або з невеликими відхиленнями статева поведінка, спостерігається підвищення рухливості епідидимальних сперматозоїдів, не завжди зміни рівня внутрішньоутробних втрат сягають статистичної значущості. Тобто, за різних умов вступають в дію різноманітні механізми збереження плідності, які призначені для досягнення кінцевої мети відтворення — отримання нащадків. Використання розрахункового інтегрального показника плідності  $\Phi_1$ , який показує кількість нащадків, яку можна потенційно отримати від кожної самки групи при паруванні з самцями, підданими дії будь-якого чинника, дозволило достеменно встановити відсоток збереження потенційної плідності тварин — нащадків опроміненого батька.

## ВИСНОВКИ

1. Опромінювання щура-батька з поглиненою дозою у гонадах 3–94 мГр до парування з самою та додаткове опромінювання його нащадків чоловічої статі з поглиненою дозою близько 4 мГр не порушує статеву поведінку нащадків.
2. Плідність нащадків опромінених самців-батьків залежить від дозового навантаження батька до парування. Опромінювання самців-батьків з поглиненою дозою у гонадах в інтервалі 3–9 мГр до парування не впливає на плідність їхніх нащадків-самців, які перебувають в умовах природного радіаційного фону. Опромінювання з поглиненою дозою 94 мГр зменшує плідність нащадків на 67,6 %.
3. Додаткове опромінювання у малій дозі погіршує плідність самців, що зазнали опромінювання у першому поколінні (на 66 %). Репродуктивна функція нащадків опромінених самців-батьків в умовах надходження радіонуклідів аліментарним шляхом виказує деяку сталість до дії іонізуючого випромінювання. Характер змін плідності є таким самим, як і у їх неопромінених сибсів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Омельянец, Н. И.* Медико-демографическая оценка здоровья проживающих в Украине ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС [Текст] / Н. И. Омельянец, А. И. Нягу // «Чернобыль-94»: Сб. докл. IV междунар. науч.-техн. конф. (Зеленый Мыс, 1994). — Т. 2. — Чернобыль, 1996. — С. 5–15.
2. Функция воспроизводства у участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС и здоровье их детей [Текст] / А. М. Лягинская, В. А. Осипов, О. В. Смирнова [и др.] // Медиц. радиол. и радиац. безопасность. — 2002. — Т. 47, № 1. — С. 5–11.
3. *Донець, М. П.* Демографічна ситуація в Чернігівській області та її зв'язок з Чернобыльською катастрофою [Текст] / М. П. Донець // Екологічні проблеми та здоров'я нації. — 2005. — № 1. — С. 17–20.
4. *Гриджук, М. Ю.* Аналіз динаміки змін демографічних показників серед різних груп населення Чернігівської області у 1976–1996 рр. [Текст] / М. Ю. Гриджук // Укр. радіол. журн. — 1998. — № 6. — С. 196–199.
5. *Streffer, C.* Transgenerational transmission of radiation damage: genomic instability and congenital malformation [Text] / C. Streffer // J. Radiat. Res. (Tokyo). — 2006. — Vol. 47, Suppl. B. — P. 19–24.
6. *Шевченко, В. А.* Генетические последствия действия ионизирующих излучений [Text] // В. А. Шевченко, М. Д. Померанцева. — М.: Наука, 1985. — 279 с.
7. *Леонович, О. С.* Фенотипові особливості дітей, народжених від осіб, опромінених в дитячому віці [Текст] / О. С. Леонович // Пробл. радиац. медицини та біології. — 2010. — Вип. 15. — С. 381–385.
8. Врожденные пороки развития у потомства ликвидаторов последствий аварии на чернобыльской АЭС [Текст] / А. М. Лягинская, А. Р. Туков, В. А. Осипов [и др.] // Радиационная биология. Радиационная экология. — 2009. — Т. 49, № 6. — С. 694–702.
9. Мониторинг врожденных вад развития у радиоактивно загрязненных регионах Украины [Текст] / І. Р. Барилляк, Л. В. Неумержицька, В. М. Шкарупа [та ін.] // Пробл. радиац. медицини та біології. — 2010. — Вип. 15. — С. 375–380.
10. Експериментальне моделювання хронічного комбінованого (внутрішнього та зовнішнього) опромінення тварин [Текст] / І. П. Дрозд, А. І. Липська, М. Ю. Алесіна [та ін.] // Вплив радіаційного фактора Чернобыльської зони відчуження на організм тварин / за ред. М. Ю. Алесіної та Я. І. Серкіза. — К.: Атіка, 2006. — С. 8–26.
11. Інтегральна оцінка репродуктивної функції самців лабораторних тварин [Текст] / Н. О. Карпенко, В. В. Талько, С. Т. Омельчук, С. С. Лапта // Укр. біофармац. журн. — 2011. — № 2 (13). — С. 64–68.
12. Доклинические исследования лекарственных средств [Текст]: Методические рекомендации / под ред. А. В. Стефанова. — К., 2001. — 518 с.
13. *Гланц, С.* Медико-биологическая статистика; пер. с англ. — М.: Практика, 1998. — 459 с.
14. *Карпенко, Н. А.* Сексуальная функция самцов крыс, подвергнутых действию комплекса факторов зоны отчуждения ЧАЭС [Текст] // Радиационная биология. Радиационная экология. — 2000. — Т. 40, № 1. — С. 86–91.
15. *Карпенко, Н. О.* Аналіз наслідків опромінювання низької потужності для сексуальної функції самців лабораторних щурів [Текст] / Н. О. Карпенко // Укр. Радіол. Журн. — 2008. — Т. 16, № 4. — С. 417–422.
16. *Карпенко, Н. О.* Морфофункціональна характеристика сперматогенезу щурів при довгостроковому внутрішньому та зовнішньому опромінюванні у малих дозах [Текст] / Н. О. Карпенко, Ю. Б. Ларьяновська, М. Ю. Алесіна // Пробл. радіаційної медицини та радіобіології. — 2005. — Вип. 11. — С. 601–612.

## НАСЛІДКИ ОПРОМІНЕННЯ БАТЬКА ДЛЯ РЕПРОДУКТИВНОЇ ФУНКЦІЇ НАЩАДКІВ ЧОЛОВІЧОЇ СТАТІ ТА ЇХ РЕЗИСТЕНТНІСТЬ ДО ОПРОМІНЮВАННЯ У МАЛИХ ДОЗАХ

Карпенко Н. О.

*ДУ «Інститут проблем ендокринної патології ім. В. Я. Данилевського НАМН України», м. Харків*

Для оцінки віддалених наслідків опромінювання батька для репродуктивної функції нащадків чоловічої статі досліджено самців щурів, що народилися від інтактних самок та самців, підданих внутрішньому опромінюванню з поглинутою дозою (ПД) у гонадах 3, 9 або 94 мГр. Опромінення батька не змінило статевої поведінки нащадків. Виявлено зниження плідності нащадків батьків, опромінених з ПД 94 мГр на 67,6 % від плідності контрольних тварин за рахунок зростання внутрішньоутробних втрат у вагітних від них самок. Інтегральний показник потенційної плідності нащадків опромінених батьків за умов додаткового опромінювання з 2–2,5 до 6–6,5-місячного віку у малих дозах (ПД 4 мГр) відповідав такому у їх неопромінених сибсів. Плідність самців, опромінених у першому поколінні, за цих умов зменшилася на 66 % від контрольного рівня. Означені зміни можна розцінювати як пристосувальні до хронічної дії слабого радіаційного чинника.

**К л ю ч о в і с л о в а:** опромінювання, малі дози радіації, щури, нащадки-самці, репродукція, реактивність до радіації.

## ПОСЛЕДСТВИЯ ОБЛУЧЕНИЯ ОТЦА ДЛЯ РЕПРОДУКТИВНОЙ ФУНКЦИИ ПОТОМСТВА МУЖСКОГО ПОЛА И ИХ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ К ОБЛУЧЕНИЮ В МАЛЫХ ДОЗАХ

Карпенко Н. А.

*ГУ «Институт проблем эндокринной патологии им. В. Я. Данилевского НАМН Украины»,  
г. Харьков*

Для оценки отдаленных последствий облучения отца для репродуктивной функции потомков мужского пола изучены самцы крыс, родившиеся от интактных самок и самцов, подвергнутых внутреннему облучению с поглощенной дозой (ПД) в гонадах 3; 9 или 94 мГр. Облучение отцов не влияло на половое поведение потомства. Обнаружено снижение плодовитости потомков отцов, облученных с ПД 94 мГр на 67,6 % от уровня плодовитости контрольных животных за счет увеличения внутриутробных потерь у беременных от них самок. Интегральный показатель потенциальной плодовитости потомства облученных отцов при дополнительном облучении с 2–2,5 до 6–6,5-месячного возраста в малых дозах (ПД 4 мГр) соответствовал таковому у их необлученных сибсов. Плодовитость самцов, облученных в первом поколении, в этих условиях уменьшилась на 66 % от контроля. Обнаруженные изменения можно расценивать как приспособительные к хроническому действию слабого радиационного фактора.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** облучение, малые дозы радиации, крысы, потомки-самцы, репродукция, реактивность к радиации.

**THE LONG-TERM CONSEQUENCES OF IRRADIATION OF MALE RATS FOR  
REPRODUCTIVE FUNCTION OF MALE OFFSPRING AND THEIR RESISTANCE TO  
THE LOW DOSES IRRADIATION**

**N. A. Karpenko**

*SI «V. Danilevsky Institute of Endocrine Pathology Problems of the NAMS of Ukraine», Kharkiv*

The evaluation of the reproductive function of irradiated male rat offspring and their resistance to the low doses irradiation has been carried out. Male rats of paternal generation were irradiated by incorporated radionuclides during 45 days and the total absorbed doses (TAD) of males D3, D2 and D1 groups were 3, 9 and 94 mGy in gonads. Offspring from irradiated fathers showed normal sexual behavior. But breeding potential of offspring from fathers with TAD 94 mGy was decreased up to 67,6% by reason of the increase of intrauterine losses in pregnant female. The sibs were irradiated in the same dose as their fathers (TAD 4 mGy) from 2–2,5 till 6–6,5 months. Breeding potentials of irradiated progeny of irradiated fathers were identical with those of unirradiated sibs. The decrease (on 66%) of fertility of irradiated in first generation animals (group RA-F1-Control) was found. Discovered changes maybe reflects the adaptation of reproductive function of offspring of irradiated parents to conditions specified by chronic low doses irradiation.

**K e y w o r d s:** irradiation, low doses, rat, male progeny, reproduction, resistance against the irradiation.