

Н.О. Карпенко

ДУ Інститут проблем
ендокринної патології
АМН України, Харків,
Чорнобильський науково-
технічний центр міжнародних
досліджень, Чорнобиль

Аналіз наслідків опромінювання низької потужності для сексуальної функції самців лабораторних щурів

The analysis of low dose exposure effect
on laboratory male rat sexual function

Цель работы: Изучение влияния хронического внутреннего или внешнего облучения в низких дозах на половое поведение (ПП) самцов крыс.

Материалы и методы: В первой серии опытов животных облучали (аппарат РУМ-17) до суммарной дозы 250 или 750 мГр и исследовали ПП на 1, 7, 30-е и 48-е сутки. Во второй серии опытов трем группам крыс давали воду из скважины на 4-м блоке ЧАЭС, разведенную до определенной концентрации ^{137}Cs . За 1,5 и 4,0 мес. опыта поглощенная доза (ПД) составила в группе Д₁ — 73 и 150 мГр, Д₂ — 7 и 15 мГр, Д₃ — 2 и 4 мГр.

Результаты: Установлен сходный характер сексуальной дисфункции в обеих сериях опытов: уменьшение доли самцов с полноценным половым актом, увеличение латентности и уменьшение частоты половых реакций. При внешнем облучении нарушения ПП фиксировались только при ПД 750 мГр на 1–7-е сутки. При хроническом поступлении радионуклидов через 45 сут. нарушения ПП были односторонними при ПД от 2 до 73 мГр (снижение частоты копуляций, эякуляций, удлинение латентности всех элементов ПП, увеличение коэффициента садки/интромиссии). Через 4 мес. облучения нормализация половой функции наблюдалась у крыс только с ПД 5 мГр, но не с ПД 15 и 150 мГр.

Выводы: Данные свидетельствуют о существовании сложной зависимости появления и сохранения сексуальной дисфункции у самцов от вида, продолжительности облучения и величины ПД, а также о большей биологической эффективности длительного внутреннего облучения по сравнению с острым внешним.

Ключевые слова: внешнее ионизирующее облучение, внутреннее ионизирующее облучение, низкие дозы, самцы крыс, половое поведение.

Objective: To investigate the influence of chronic low-dose internal or external irradiation on sexual behavior (SB) of male rats.

Material and Methods: In the first series, the animals were irradiated up to total dose of 250 or 750 mGy. SB was studied on days 1, 7, 30 and 48. In the second series, three groups of rats received the water from the well on Block 4 of Chernobyl Atomic Power Plant diluted to a definite ^{137}Cs concentration. For 1.5 and 4 months of the experiment the absorbed dose (AD) was 73 and 150 mGy in group D1, 7 and 15 mGy in group D2, 2 and 4 mGy in group D3.

Results: Similar sexual dysfunctions were noted in the both series of the experiment: reduction of the percentage of males with a full-value sex act, increased latency and decreased frequency of sex reactions. At external exposure SB disorders were noted only at AD of 750 mGy on days 1-7. At chronic accumulation of the radionuclides, in 45 days SB disorders were similar at AD ranging from 2 to 73 mGy (reduction of the frequency of copulations, ejaculations, prolonged latency of all elements of SB, increased coefficient of attempt/intromission). Four months following the exposure, sex function normalized only in rats with AD of 5 mGy, not 15 and 150 mGy.

Conclusion: The findings suggest the existence of a complicated dependence of development and preservation of male sexual function on the type and duration of the exposure and AD as well as higher biological efficacy of prolonged internal exposure vs. acute external one.

Key words: external ionizing irradiation, internal ionizing irradiation, low doses, male rats, sexual behavior.

Мета роботи: Вивчити дію хронічного внутрішнього або зовнішнього опромінення в низьких дозах на статеву поведінку (СП) самців щурів.

Матеріали і методи: В першій серії дослідів тварин опромінювали (апарат РУМ-17) до сумарної дози 250 та 750 мГр і досліджували СП на 1, 7, 30 та 48-му добу. У другій серії дослідів трьома групами щурів давали воду зі свердловини на 4-му блоці ЧАЕС, розведену до певної концентрації ^{137}Cs . За 1,5 та 4,0 міс. дослідів поглинута доза (ПД) становила в групі Д₁ — 73 та 150 мГр, Д₂ — 7 та 15 мГр, Д₃ — 2 та 4 мГр.

Результати: Встановлено схожий характер сексуальної дисфункції в обох серіях дослідів: зменшення частки самців з повноцінним статевим актом, збільшення латентності і зменшення частоти статевих реакцій. При зовнішньому опроміненні порушення СП фіксували тільки при ПД 750 мГр на 1–7-му добу. При хронічному надходженні радіонуклідів через 45 діб порушення СП були односторонніми при ПД від 2 до 73 мГр (зниження частоти копуляцій, еякуляцій, подовження латентності всіх елементів СП, збільшення коефіцієнту садки/інтромісії). Через 4 міс. опромінювання нормалізацію статевої функції спостерігали в щурів тільки з ПД 5 мГр, але не з ПД 15 та 150 мГр.

Висновки: Дані свідчать про існування складної залежності виникнення й збереження сексуальної дисфункції у самців від виду, тривалості опромінювання і величини ПД, а також про більшу біологічну ефективність тривалого внутрішнього опромінення порівняно з гострим зовнішнім.

Ключові слова: зовнішнє іонізувальне опромінювання, внутрішнє іонізувальне опромінювання, низькі дози, самці щурів, статева поведінка.

Порушення будь-якої компоненти багатовимірної системи відтворення, зокрема сексуальної, яка визначає можливість здійснення дій відповідно до сексуального партнера для перенесення спадкового матеріалу, може призводити до зниження плідності особини. Через те, що іонізуюльне випромінювання низької потужності є реальним екологічним фактором у багатьох регіонах України, важливо оцінити наслідки тривалого опромінення у малих дозах і щодо цього аспекту репродуктивної функції. Попередні дослідження ліквідаторів катастрофи на ЧАЕС, онкологічних хворих та опромінених щурів не відповіли на питання про існування залежності появи сексуальних дисфункцій від дози опромінення, характеру динаміки процесу та відносної ефективності внутрішнього й зовнішнього опромінення [1–5]. Тому метою нашої роботи стало дослідження впливу хронічного внутрішнього або зовнішнього іонізуюльного опромінення в низьких дозах на статеву поведінку самців щурів.

Методика дослідження

Дослідження проведені на 98 статевих активних самцях та 20 самках щурів популяції Вістар з розплідника Харківського НДІ фармакотерапії ендокринних захворювань. Перед початком експерименту самців чотири рази (щотижня) підсаджували до рецептивних гонадектомованих самиць, що дозволило відібрати сексуально активних тварин, які призвичаїлися у відповідних умовах і стереотипно реагували на самицю [6]. Величини показників статевої поведінки самців у п'ятому тесті вважали за вихідний рівень статевої активності. Збереження її набутого рівня відбувалося в досліді за рахунок щотижневих контактів самців з рецептивними самицями.

Для моделювання дії зовнішнього опромінення дві групи щурів (20 особин) були опромінені в ДУ Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва АМНУ за допомогою рентгенівського апарату РУМ-17. Напруга 150 кВт, $I = 7$ мА, фільтр 1 мм Cu + 1 мм Al. Використовували спеціальний тубус для опромінювання щурів $F = 40$ см, площа клітки 20×20 см. Потужність дози вимірювали клінічним дозиметром УА-І-18. Іонізуювальна камера № 746. Потужність середньої дози за фантомом поглинення у м'яких тканинах складала $1,06$ рад/хв = $1,06 \times 10^{-2}$ Гр/хв. Сумарна доза становила 250 мГр (1-ша група) або 750 мГр за три доби, (2-га група). Тварин було досліджено в різні терміни протягом 48 днів після радіаційного впливу. Контрольну групу склали 8 самців, підданих псевдоопромінюванню [7].

Із 70 щурів випадковим чином було сформовано три піддослідні (D_1 , D_2 та D_3) та контрольну групу. Піддослідних тварин (50 особин) протягом 4 міс. опромінювали в умовах віварію у Чорнобилі. Зовнішня компонента опромінення була сталою (40–60 мкР/год), внутрішня створювалася за рахунок аліментарного надходження радіонуклідів (РН) із зерном, м'ясом, рибою, отриманими у Чорнобильській зоні відчуження, та питною водою зі свердловини № 7 об'єкту «Укриття», розведеною до

певної концентрації ізотопів цезію та стронцію. На підставі даних про кількісний та якісний склад РН, що надходили до організму щурів, розраховували величину усередненої (для тварин з кожної клітки) накопиченої активності ізотопів для визначення поглинутих доз (ПД) на все тіло, які через 1,5 міс. опромінювання становили у групі D_1 — 73; D_2 — 7 та D_3 — 2 мГр, а через 4 міс. — відповідно 150; 15 та 5 мГр [8].

Контрольна група (20 особин) перебувала у віварії Інституту ендокринології та обміну речовин ім. В.П. Комісаренка АМН України (Київ), де тварини отримували чисті в радіаційному відношенні їжу і воду, а гамма-фон становив 12–18 мкР/год.

У тестах дослідження статевої поведінки, які проводили ввечері, у самців реєстрували кількість статевих реакцій на рецептивну самицю за 15 хв, а саме: садок (С), інтромісія (Інт), еякуляція, розраховували величину коефіцієнта С/Інт (садка/інтромісія). Секундоміром фіксували латентність перших С (ЛатС), Інт (ЛатІнт), еякуляції (ЛатЕ), тривалість постеякуляторного інтервалу (ПЕІ).

Дані представлені як Me (медіана) та Q25 й Q75 (процентилі) з огляду на характер розподілу даних у вибірках. Відмінність між групами визначали методом множинних порівнянь з використанням критерію Q Данна, або критерію χ^2 для частотних характеристик [9]. Розрахунки проводили за допомогою програм Excel 7.0 та Statistica 5.0.

Результати та їх обговорення

Тестування статевої поведінки тварин перед початком опромінювання показало наявність нормального рівня статевої активності (у таблицях — це об'єднаний вихідний рівень), притаманного інтактним самцям щурів популяції Вістар [10], що дозволило розпочати моделювання радіаційного навантаження різної інтенсивності.

В експерименті за умов зовнішнього гамма-опромінення поведінка псевдоопромінених щурів після маніпуляцій (транспортування, вміщення у тісну клітку та перебування в ній) не змінилася (табл. 1), що дозволило вважати зареєстровані зміни в опромінених самцях радіоіндукованими. Вони виявлялися лише за умов більшої ПД (750 мГр) одразу після опромінювання (1-ша доба) насамперед зменшення частки тварин, що еякують (до 37,5 % порівняно з 75 у контролі, $p < 0,04$ за критерієм χ^2). Щодо власне поведінки, то у цей період у щурів зростала тривалість копулятивної сесії (збільшення медіани ЛатЕ у 1,38 разу порівняно з відповідною контрольною групою, $p < 0,05$ за критерієм Q), а тривалість ПЕІ збільшувалася настільки, що за час тесту у жодного щура не реєстрували початку другої сесії паруваль (37,5 % у контрольній групі, $p = 0,049$ за критерієм χ^2). За рахунок

Статева поведінка щурів за умов зовнішнього одноразового (ПД 250 мГр) або фракціонованого (ПД 750 мГр) опромінювання
Sexual behavior of rats at external single or fractionated (absorbed dose 250 mGy) or fractionated (absorbed dose 750 mGy) irradiation

Поглинута доза	Термін, доба	Показник	Садка		Інтромісія		Еякуляція		Кількість інтромісії до першої еякуляції	Постеякуляторний інтервал, с	Коефіцієнт С/Інт
			кількість	латентність, с	кількість	латентність, с	кількість	латентність, с			
Вихідний рівень активності		n	24	24	24	24	24	24	20	24	20
		Me	9	12	15,5	16	1	509	11	>900	0,43
		Q25;Q75	5; 14	7; 35,5	11; 18,5	10; 41	1; 2	322; 708	8,5; 16	314; >900	0,25; 0,72
Псевдо-опромінення		n	8	8	8	8	8	8	6	8	5
		Me	7,5	12,5	13	10,5	1	462	13,5	>900	0,46
		Q25;Q75	5; 12	5; 40	6; 14,5	10; 19	0,5; 1,5	366; 843	12; 14	638; >900	0,38; 0,64
250мГр	1-ша	n	9	9	9	9	9	9	5	9	9
		Me	7	5	16	7	1	638	11	671	0,45
		Q25;Q75	6; 9	4; 10	11; 17	7; 10	0; 1	405; >900	11; 14	388; >900	0,37; 0,50
750мГр	1-ша	n	8	8	8	8	8	8	3	8	8
		Me	15	9	9,5	23	0	>900*	11	>900	1,56*
		Q25;Q75	5,5; 28	5; 29	5; 13	14; 52,5	0; 1	790; >900	10; 15	>900; >900	0,50; 1,98
Псевдо-опромінення		n	8	8	8	8	8	8	5	8	7
		Me	4,5	13,5	12,5	9,5	1	509	14	>900	0,33
		Q25;Q75	2; 7,5	3,5; >900	5,5; 23	8; 13,5	0; 1,5	311; >900	13; 15	396; >900	0,20; 0,43
250мГр	7-ма	n	9	9	9	9	9	9	6	9	8
		Me	7	6	13	7	1	628	14	>900	0,48
		Q25;Q75	5; 11	5; 8	0; 15	5; 9	0; 1	421; >900	12; 22	>900; >900	0,38; 1,17
750мГр	7-ма	n	8	8	8	8	8	8	4	8	7
		Me	18*	5	7,5	11	0,5	872	15	>900	1,43*
		Q25;Q75	7,5; 20,5	5; 9	3; 13	7; 18	0; 1	594; >900	10; 16,5	706; >900	0,29; 1,75

Примітка. * Відмінності статистично вірогідні відносно контролю у відповідний термін спостереження, $p < 0,05$ за критерієм Данна.

деякого зростання кількості С та зменшення частоти Інт у цій групі також відбулося збільшення величини коефіцієнта С/Інт ($p < 0,05$ за критерієм Q).

Через 7 діб після опромінювання у щурів з ПД 250 мГр відмінності поведінки залишалися несуттєвими, а при більшому радіаційному навантаженні проявлялися зростанням частоти С та коефіцієнта С/Інт (див. табл. 1). У віддалений термін після опромінювання порушення статевої поведінки зберігалися також у цій групі і мали вигляд зростання медіани ЛатЕ з 250 (219; 483) до 728 секунд (520; 853) за 30 діб. Через 48 діб зростала ЛатС — з 6,5 (4,5; 7,5) до 8 (4,0; 11,5) секунд ($p < 0,05$ за критерієм Q), та медіана ПЕІ — з 342 (214; 627) до 804 секунд (312; > 900) ($p < 0,05$ за критерієм Q).

При відтворенні умов внутрішнього опромінювання у зоні відчуження ЧАЕС стан сексуальної функції самців щурів перший раз досліджували за 1,5, вдруге — за 4 міс. Через відсутність статистично вірогідних відмінностей між значеннями показників інтактних тварин у всі періоди ці дані були згруповані як показник «Об'єднаний контроль» і використовувалися для подальших порівнянь. При цьому в опроміненні щурів зменшилася питома вага сексуально активних самців із повноцінною копулятивною поведінкою: частка тварин, які досягали еякуляції, зменшилася до 55,6; 44,4 та 37,5 % у групах Д₁, Д₂ та Д₃ відповідно порівняно з 94,6 % у контролі ($p < 0,05$ за критерієм χ^2). Крім того, відзначено численні, але одноманітні сексуальні порушення, характер яких майже не залежав від рівня

Статева поведінка щурів за умов хронічного внутрішнього опромінювання протягом 1,5 міс.
Sexual behavior of rats at chronic internal irradiation for 1.5 months

Умови досліджу	ПД, мГр	Показник	Садка		Інтромісія		Еякуляція		Кількість інтромісій до першої еякуляції	Постеякуляторний інтервал, с	Коефіцієнт С/ІНТ
			кількість	латентність, с	кількість	латентність, с	кількість	латентність, с			
Об'єднаний контроль n = 24	—	n	24	24	24	24	24	24	24	24	23
		Me	7	27,5	14,5	17	1,5	295	11	465	0,38
		Q25;Q75	4; 8	9; 85	12; 16,5	14,5; 48	1; 2	208; 503	8; 12	333; > 900	0,29; 0,55
D ₁ n = 9	73	n	9	9	9	9	9	9	5	9	6
		Me	6	130*	6*)	165*	1*	645*	9	> 900*	1,01*
		Q25;Q75	5; 11	60; 190	3; 13	35; 484	0; 1	303; >900	6; 11	445; > 900	0,45; 1,67
D ₂ n = 9	7	n	9	9	9	9	9	9	4	9	6
		Me	4	145*	8*	175*	0*	> 900*	11	>900*	0,50
		Q25;Q75	0; 6	40; > 900	0; 11	42; > 900	0; 1	475; > 900	9,5; 13	> 900; > 900	0,38; 0,55
D ₃ n = 8	2	n	8	8	8	8	8	8	3	8	4
		Me	5,5	65*	12,5	57*	0*	> 900*	13	> 900*	0,43
		Q25;Q75	3,5; 10,5	37,5; 636	2; 16	38,5; 388	0; 1	563; > 900	7; 14	656; > 900	0,28; 0,66

Примітка. Тут і далі * — відмінності статистично вірогідні відносно об'єданого контролю, $p < 0,05$ за критерієм Данна.

Таблиця 3

Статева поведінка щурів за умов хронічного внутрішнього опромінювання протягом 4 міс.
Sexual behavior of rats at chronic internal irradiation for 4 months

Умови досліджу	мГр	Показник	Садка		Інтромісія		Еякуляція		Кількість інтромісій до першої еякуляції	Постеякуляторний інтервал, с	Коефіцієнт С/ІНТ
			кількість	латентність, с	кількість	латентність, с	кількість	латентність, с			
Об'єднаний контроль n = 37	—	n	37	37	37	37	37	37	35	37	36
		Me	7	27	15	17	2	290	11	387	0,46
		Q25; Q75	4; 8	8; 70	12; 17	14; 36	1; 2	205; 478	9; 12	325; > 900	0,29; 0,60
D ₁ n = 8	150	n	8	8	8	8	8	8	4	8	8
		Me	6	38,5	15	76,5	0,5*	710*	11	> 900*	0,42
		Q25; Q75	4; 9	6,5; 189	9; 16,5	10; 152	0; 1	415; > 900	7; 14	648; > 900	0,23; 1,21
D ₂ n = 6	15	n	6	6	6	6	6	6	3	6	6
		Me	10	18	12	22	0,5*	763*	7	> 900*	0,74*
		Q25; Q75	4; 21	7; 75	9; 16	12; 61	0; 1	509; > 900	6; 16	> 900; > 900	0,57; 1,05
D ₃ n = 6	5	n	6	6	6	6	6	6	6	6	6
		Me	11,5*	6,5*	12	30	1	389	10	296	0,88*
		Q25; Q75	10; 12	4; 11	11; 16	8; 50	1; 2	310; 580	6; 13	253; 335	0,75; 1,17

сформованої ПД (табл. 2). По-перше, це стосувалось уповільнення часових характеристик усіх елементів статевої поведінки (ЛатС, ЛатІнт, ЛатЕ, ПЕІ). По-друге, частість копулятивних реакцій (Інт) достеменно зменшилася (крім групи з ПД 2 мГр), суттєво зросла величина коефіцієнта С/Інт, що свідчило про появу ознак еректильної недостатності у самців, які спочатку були сексуально активними. Го-

ловним є те, що в усіх групах статистично вірогідно зменшилася частість еякуляцій, тобто багатокомпонентний статевий акт залишався незавершеним.

Через 4 міс. у групі з найбільшою ПД (D₁, 150 мГр) також було менше тварин з повноцінною сексуальною поведінкою. Тільки у 50 % самців відбувалась еякуляція, тоді як у контрольній групі її реєстрували у 92,3 %

щурів ($p = 0,09$ за критерієм χ^2). Початок другої сесії парувань фіксували у меншій кількості опромінених тварин, але ці відмінності не набували статистичної вірогідності.

Щодо власне статевої поведінки, то у її порушеннях виявляється певна дозозалежність. Так, за умов створення ПД 150 та 15 мГр, у самців зменшується частість еякуляцій, зростає їх латентність, друга сесія копуляцій також розпочинається із запізненням, інколи після 15-ї хвилини досліду (табл. 3). За умов найменшої ПД (5 мГр) посилилася лише поведінка лицяння (зростання частоти С та зменшення ЛатС), тоді як в усьому іншому поведінка нормалізувалася.

Очевидно, зміни поведінки у опромінених тварин не зумовлені зниженням рівня тестостерону через те, що після радіаційного впливу такої потужності величина цього показника не змінюється і може навіть зростати [11–14]. Припустимо, вирішальне значення мають порушення функціонування ГАМК-ергічної системи, безпосередньо залученої й до регуляції статевої поведінки [15]. Як показано Т.М. Мішуніною зі співавт. (2006), у щурів, підданих внутрішньому опромінюванню у такий же спосіб, незалежно від ПД зменшувалась активність синтезу ГАМК (активність глутаматдекарбоксилази) у довгастому мозку через 1,5 міс., а через 4 міс. у групі Д₃, де поведінка нормалізувалася, до контрольних величин поверталася рецепція ¹⁴С-ГАМК-синаптичними мембранами кори великих півкуль [16].

За умов контрольованого дозового навантаження експеримент показав суттєву різницю дії внутрішнього або зовнішнього опромінювання на статеву активність тварин. Це стосується, насамперед, ефективності впливу. Дієвість зовнішнього опромінювання відмічено лише за умов створення ПД 750 мГр. Внутрішнє опромінювання спричинило однотипні сексуальні розлади у статеві активних самців незалежно від ПД у досліджуваному діапазоні 2–73 мГр за 1,5 міс.

По-друге, суттєво відрізнялася динаміка прояву порушень статевої поведінки. Найбільші її зміни у щурів, підданих дії зовнішнього опромінювання, спостерігалися на 1-шу добу (зростання ЛатЕ та С/Інт), а в подаль-

шому (7, 30 та 48-ма доба) зберігалися окремі порушення, які не були односпрямованими. При поступовому надходженні РН до організму сексуальні розлади у щурів з груп Д₁ та Д₂ проявлялися як через 45, так і через 120 днів. За умов меншого радіаційного навантаження (зростання ПД з 2 до 5 мГр, група Д₃) за 120 днів вони майже зникали. Останнє дозволяє твердити, що порушення, викликані опромінюванням з такою потужністю, є оборотними і можуть бути скомпенсовані за рахунок адаптаційних резервів організму.

По-третє, слід відзначити подібність дії опромінювання у цих двох дослідах, яка проявлялась однаковою тенденцією зменшення частки самців з повноцінним статевим актом (з наявністю еякуляції), подовженням часових характеристик окремих елементів поведінки, слабшанням копулятивної складової статеві акту, що, ймовірно, свідчить про розвиток еректильної недостатності.

Таким чином, отримані дані показують, що при опроміненні низької потужності існує складна залежність між появою та збереженням сексуальної дисфункції у самців від виду, тривалості опромінювання та величини поглинутої дози, а також виявляється більша ефективність тривалого внутрішнього опромінювання порівняно з одноразовим зовнішнім. Очевидно, такі особливості необхідно враховувати при оцінці негативного впливу опромінювання на плідність особин як в експерименті, так і у клініці.

ВИСНОВКИ

1. Характер сексуальної дисфункції за умов внутрішнього або зовнішнього опромінювання подібний: зменшується частка самців з повноцінним статевим актом, зростає латентність реакцій на самицю, зменшується частість копуляцій.

2. За умов зовнішнього опромінювання статеві розлади спостерігаються у найближчий період тільки після радіаційної дії з поглинутою дозою близько 750 мГр.

3. На відміну від зовнішнього опромінювання, хронічне надходження РН спричиняє однотипові зміни статевої поведінки при ПД у дос-

ліджуваному діапазоні 2–73 мГр за 1,5 міс.

4. При пролонгації внутрішнього опромінювання (4 міс.) статеві розлади зберігаються у щурів з ПД на все тіло 15 та 150 мГр, а при ПД 5 мГр — майже зникають.

Література

1. Birioukov A., Meurer M., Peter R.U. et al. // *Arch. Androl.* - 1993. - Vol. 30, № 2. - P. 99–104.
2. Евдокимов В.В., Еразова В.И., Демин А.И. и др. // *Мед. Тр. Пром. Экол.* — 1993. — № 3–4. — С. 25–26.
3. Горбов В.Г. Динамика нарушений сексуальной функции у участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС // *Актуальные проблемы и прогноз нарушения психического здоровья после ядерной катастрофы в Чернобыле: Матер. междунар. конф. (Зеленый Мыс, 24–28 мая 1995 г.)* — К.: Ассоциация «Врачи Чернобыля», 1995. — С. 94.
4. Kleinberg L., Wallner K., Roy J. et al. // *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* - 1994. - Vol. 1, № 4. - P. 985–990.
5. Ушаков И.Б., Рогачева И.В., Строганова Е.А. // *Радиобиол.* — 1986. — Т. 26, № 2. — С. 250–253.
6. Попова Н.К., Науменко Е.В. *Серотонин и поведение.* — Новосибирск: Наука, 1978. — 304 с.
7. Дрозд І.П., Липська А.І., Алесіна М.Ю. та ін. // *Експериментальне моделювання хронічного комбінованого (внутрішнього та зовнішнього) опромінення тварин. Вплив радіаційного фактора Чорнобильської зони відчуження на організм тварин / За ред. М.Ю. Алесіної та Я.І. Серкіза.* — К.: Атіка, 2006. — С. 8–26.
8. Патогенетические механизмы нарушений сексуальной и репродуктивной функции у мужчин, подвергнутых действию радионуклидов: Отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) (ОН.1.09.0001.91), № государственной регистрации 01.9.10.02.12.93. — Руководитель А.И. Гладкова, 1992 г. — 218 с. Ф. № Р-6071.
9. Гланц С. *Медико-биологическая статистика / Пер. с англ.* — М.: Практика, 1998. — 459 с.
10. Карпенко Н.А. // *Физиол. журн. СССР.* — 1990. — Т. 76, №3. — С. 304–306.
11. Pinon-Lataillade G., Viguier-Martinez M.C., Maas J. // *Acta Endocrinol. (Copenh).* — 1985. — Vol. 109, № 4. — P. 558–562.
12. Гладкова А.И., Карпенко Н.А., Золотухина В.Н. Динамика полового поведения после облучения // *Актуальные проблемы ликвидации медицинских последствий аварии на Чернобыльской АЭС: Тез. Укр. науч.-практ. конф., (Киев 21–23 апр. 1992 г.)* — К.: 1992. — С. 70.
13. Tomic R. // *Scand. J. Urol. Nephrol.* - 1983. - Suppl. 77. - P. 1–37.
14. Goncharov N.P., Katsiya G.V., Kolesnikova G.S. // *Int. J. Androl.* - 1998. - Vol. 21, № 5. - P. 271–276.
15. Agmo A., Soria P. // *Psychopharmacol.* — 1997. — Vol. 129, № 4. — P. 372–381.
16. Мішуніна Т.М. Нейрохімічні механізми регуляції стану ендокринної системи та процесів адаптації до хронічного впливу радіації // Т.М. Мішуніна, Л.І. Пількевич, М.Ю. Алесіна // *Вплив радіаційного фактора Чорнобильської зони відчуження на організм тварин / За ред. М.Ю. Алесіної та Я.І. Серкіза.* — К.: Атіка, 2006. — С. 26–43.

Надходження до редакції 27.08.2008.

Прийнято 29.08.2008.

Адреса для листування:

Карпенко Ніна Олексіївна,
ДУ «Інститут проблем ендокринної патології АМНУ»,
вул. Артема, 10, Харків, 61002, Україна