

УДК: 612.616.2:616-001.28

<sup>1</sup>Саковська Л. В., <sup>1</sup>Канюк С. М., <sup>1</sup>Трофіменко О. В., <sup>2</sup>Гавриш І. Т., <sup>1</sup>Андрейченко С. В.**ВІДДАЛЕНІ НАСЛІДКИ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС НА ЯКІСТЬ СПЕРМИ У МЕШКАНЦІВ З РІЗНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ**<sup>1</sup>ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України» (м. Київ)<sup>2</sup>Івано-Франківський національний медичний університет (м. Івано-Франківськ)

Lsakovska@ukr.net

Дослідження виконано в рамках науково-дослідної роботи лабораторії радіаційної біохімії Інституту експериментальної радіології ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України» «Дослідити значення спермальної рідини та її компонентів в збереженні фертилізаційних властивостей сперми в умовах радіаційного впливу», № держ. реєстрації 0112U002406.

**Вступ.** Добре відомо, що гермінативні клітини, які формують чоловічу репродуктивну систему, знаходяться у фазі активної регенерації та диференціації [5]. Через те навіть короткий контакт з іонізуючою радіацією спричиняє в них виникнення радіаційних пошкоджень різної складності. Накопичення таких пошкоджень в достатній кількості може призвести до втрати фертилізаційного потенціалу сперматозоїдів і, відповідно, до розвитку чоловічого непліддя. Цьому в певній мірі сприяє також і те, що на відміну від інших клітин, в сперматозоїдах людини відсутня захисна система репарації ДНК і недостатньо представлені антиоксидантні ферменти, зокрема каталаза, що робить їх вкрай незахищеними до появи молекулярних пошкоджень ядерного генетичного матеріалу [3,15].

Водночас, дані Держкомстату України свідчать про те, що більшість чоловічого населення нашої країни проживає в регіонах, що зазнали радіоактивного та/або хімічного забруднення як внаслідок аварії на ЧАЕС чи інших техногенних катастроф локального масштабу, так і в результаті зростання антропогенних навантажень на навколишнє середовище. За таких умов значно підвищуються ризики зовнішнього негативного впливу на чоловічу статеву систему та накопичення в її клітинах сублетальних пошкоджень [7,9].

Результатами багатьох досліджень встановлено, що в умовах радіоактивного впливу проникність мембран сперматозоїдів зростає в результаті окислення подвійних зв'язків у ненасичених жирних кислотах, що у великій кількості знаходяться в поверхневих мембранах сперматозоїдів [16]. Безперечно, втрата ненасиченого жирнокислотного компоненту негативно позначається не тільки на напівпроникності мембран, але також на їх текучості, еластичності і резистентності до осмотичного шоку, а також взаємодії різностатевих гамет в процесі запліднення. За таких умов збільшується ймовірність пошкодження і руйнування акросом, що призводить до зростання неконтрольованого викиду акросомальних ферментів у сім'яну рідину [1].

Результати наших попередніх досліджень свідчать також і про падіння мітохондріального трансмембранного потенціалу в сперматозоїдах донорів, що зазнали посиленого радіоактивного навантаження [12]. За таких умов відбувається роз'єднання електронного транспорту від фосфорилування, що зумовлює виснаження енергетичного пулу сперматозоїдів. В них починають накопичуватися супероксидні радикали ( $O_2^{\cdot-}$ ), що утворюються в результаті прямого переносу електронів з електрон-транспортного ланцюга на кисень. Крім того, при розвитку радіаційного ураження в сперматозоїдах значно зростає ферментативна активність НАДФ-Н-оксидази, котра в свою чергу, спричиняє посилену продукцію супероксидного аніон-радикалу [6]. В результаті, утворені у великій кількості вільні радикали не встигають в повній мірі знешкоджуватись енергоємними антиоксидантними ферментами, що зрештою викликає структурні пошкодження сперматозоїдів, розвиток апоптозу та їх наступну загибель [12,13].

**Мета дослідження** – оцінити якість сперми та визначити фертилізаційний потенціал сперматозоїдів в зразках сперми, отриманих від чоловіків-добровольців, які проживають в Україні на радіоактивно забруднених територіях з різним вмістом Cs-137 у ґрунті.

**Об'єкт і методи дослідження.** Дослідження проводили за дотриманням умов медичної етики і при наявності письмової згоди від донорів сперми.

Зразки сперми були отримані від 165 чоловіків віком від 27 до 42 років з Житомирської, Київської та Полтавської областей. Усіх донорів сперми було поділено на 3 групи відповідно до регіонів їх проживання. Збір сперми проводили шляхом мастурбації у стерильну пробірку після 3–4 днів статевого утримання. Кожний еякулят витримували протягом 20–60 хв при 37°C, щоб відбулось повне розрідження сперми. Аналіз фізіологічних та морфологічних характеристик сперми здійснювали за основними критеріями, що рекомендовані ВООЗ [20].

Життєздатність сперматозоїдів визначалась за допомогою водного розчину еозину Y (1,25%) та нігрозину (10%). При тестуванні рухливості сперматозоїдів краплю сперми розміщували в лунці на предметному скельці, прогрівали на термостатованому столику при 37°C та продивлялись під світловим мікроскопом на збільшенні  $\times 400$ . Для визначення загальної рухливості сперматозоїдів навмання відбирали по 200 сперматозоїдів в кожній з двох повторностей від одного зразка. Сперматозоїди вва-

жали рухливими, якщо вони могли перемішуватись в просторі або хоча б здійснювати коливальні рухи хвостом.

За кінетичними характеристиками сперматозоїди поділяли на 4 категорії. До категорії А відносили швидкі сперматозоїди, що рухалися прямолінійно; до категорії В – сперматозоїди з поступальним рухом, що повільно пересувались у просторі як прямолінійно, так і криволінійно; до категорії С – рухливі сперматозоїди, що не пересувались у просторі; до категорії Д – нерухомі сперматозоїди.

Концентрацію сперматозоїдів оцінювали за допомогою камери Горяєва. Аналогічним чином визначали вміст лейкоцитів в спермі після проведення забарвлення зразків орто-толуїдином на присутність пероксидазної активності, а рН сперми вимірювали за допомогою лакмусового папірця.

Оцінку морфологічних особливостей сперматозоїдів здійснювали після фарбування мазків гематоксилином по Папаніколау. Сперматозоїди вважали нормальними, якщо їх структура відповідала визнаним стандартам і при цьому не було помічено ніяких дефектів у голівці, хвості, шийці та центральній частині. Крім того, голівка має мати овальну форму з чітко окресленою акросомою, довжиною в межах 4,0-5,5 мкм та товщиною – 2,5-3,3 мкм, причому їх співвідношення повинно дорівнювати 1,5-1,75. Індекс аномальності сперматозоїдів визначали як співвідношення всіх помічених морфологічних дефектів в анатомічній будові проаналізованих сперматозоїдів до загальної кількості цих сперматозоїдів.

Астенозооспермія характеризувала стан сперми донора, коли в зразку було помічено менше, ніж 50% поступально рухливих сперматозоїдів (А+В), причому чисельність категорії А мала становити менше 25% загальної кількості сперматозоїдів. Олігозооспермія визначалась як стан, коли концентрація сперматозоїдів в 1 мл еякуляту була менше  $20 \times 10^6$  клітин. Тератозооспермія характеризувала наявність в зразку сперми менше, ніж 30% морфологічно нормальних сперматозоїдів.

Дозиметричний аналіз та оцінка індивідуальної еквівалентної дози для всього тіла спермодонорів була проведена у відповідності з рекомендаціями [14] по формулі:

$$D_T(t) = \frac{A_0^{137}}{37} \cdot ND(t), \quad (1)$$

де:  $A_0^{137}$  – радіаційне забруднення населеної території  $^{137}\text{Cs}$  в кінці квітня 1986 року,  $ND(t)$  – нормована еквівалентна доза отримана для всього тіла протягом часу  $t$ , яку обраховували за рівнянням:

$$ND(t) = M^{-1} C_1 C_2 F_1 [F_2 + (1 - F_2) F_3] P_T(t), \quad (2)$$

де:  $M$  – відсоток зовнішнього опромінення у сумарній дозі;  $C_1$  – коефіцієнт перетворення експозиційної дози в тканинну поглинену дозу;  $C_2$  – коефіцієнт перетворення тканинної поглиненої дози в еквівалентну дозу;  $F_1$  – коефіцієнт корекції, що враховує вплив стану ґрунтів на експозиційну дозу в повітрі;  $F_2$  – фактор перебування назовні за межами будівлі;  $F_3$  – коефіцієнт екранування,  $P_T(t)$  – експозиційна доза в атмосферному повітрі на висоті 1 м над

поверхнею землі за проміжок часу  $t$  на території, де забруднення  $^{137}\text{Cs}$  дорівнювало  $37 \text{ кБк/м}^2$  в кінці квітня 1986 року. Внесок в експозиційну дозу  $P_T(t)$ , окрім  $^{137}\text{Cs}$ , також робили  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{140}\text{Ba}$  та  $^{134}\text{Cs}$ , причому у період з 26 квітня по 31 серпня 1986р. він дорівнював 85%, а з 31 серпня по 31 грудня 1986р. лише 20%. Чисельні значення коефіцієнтів формули 2 були взяті з робіт [2, 14].

При підрахунку індивідуальної еквівалентної дози вносились поправки на до чорнобильське радіоактивне забруднення територій, котре виникло в результаті атмосферного випробування атомної зброї у 60-ті роки ХХ століття і яке приблизно дорівнює  $3,7 \text{ кБк/м}^2$ , шляхом віднімання від сумарної дози нею зумовленої частки. Внесок природних радіонуклідів, а саме  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  тощо, та космічних променів у формування індивідуальної еквівалентної дози був незначним і не перевищував  $0,9 \text{ мЗв}$  за умови перебування людини протягом 25 років на відкритому повітрі не менше 3-х год в день.

Підрахунок ефективної дози на гонади здійснювали шляхом перемноження індивідуальної еквівалентної дози на зважувальний фактор  $W_T$ , що для гонад дорівнював  $0,25$  [2].

В групах чоловіків з різних регіонів колективна еквівалентна доза оцінювалась шляхом підсумовування індивідуальних еквівалентних доз. Попередньо пацієнти були опитані щодо строків перебування в зоні забруднення, їх професійної діяльності, середньої тривалості знаходження всередині і назовні будинків, умов життя, звичок, харчування тощо.

Порівняння даних для різних груп донорів проводили із застосуванням дисперсійного аналізу "ANOVA" та непарного тесту Стьюдента з поправкою Бонфероні. Довірчі інтервали для середніх значень ( $M \pm m$ ) визначали за допомогою  $t$ -критерію при  $p=0,95$  на підставі підрахунку стандартної похибки (SE). Основу статистичної обробки складали двобічні криві розподілу випадкових даних. Відмінності вважали статистично значущими при  $p < 0,05$  [4].

**Результати досліджень та їх обговорення.** Процес забруднення навколишнього середовища радіонуклідами після аварії на ЧАЕС склався з двох фаз. В першій превалювали короткоживучі ізотопи  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$  +  $^{132}\text{I}$ ,  $^{140}\text{Ba}$  +  $^{140}\text{La}$ , а в другій – головним чином  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{134}\text{Cs}$ , при цьому тривалість існування  $^{134}\text{Cs}$  була обмеженою порівняно з  $^{137}\text{Cs}$  лише декількома роками.  $^{90}\text{Sr}$  та ізотопи плутонію не мали широкого розповсюдження в навколишньому середовищі і загалом були локалізовані на території першої зони. Тому головним індикатором радіоактивного забруднення місцевості був обраний ізотоп  $^{137}\text{Cs}$ , причому розмежування радіоактивно забруднених територій на зони (I, II, III, IV) проводилась в залежності від щільності їх радіоактивного забруднення саме  $^{137}\text{Cs}$  [10].

Дані стосовно індивідуальних еквівалентних доз на все тіло та ефективних доз на гонади, що були акумульовані донорами сперми у період з квітня 1986 до дати взяття сперми, а також вікові характеристики чоловіків наведені у **табл. 1**. Донори загалом накопичили групову колективну дозу в  $0,61$ ;  $0,24$  та  $0,01$  людино-Зв, проживаючи у Житомир-

Таблиця 1.

**Вплив радіоактивної забрудненості регіону проживання на формування індивідуальної еквівалентної дози опромінення всього тіла та ефективної гонадної дози у чоловіків-донорів сперми**

№ групи	Назва регіону	Рівень радіоактивного забруднення території Cs-137, кБк/м <sup>2</sup>	Кількість спермодонорів		Середній вік донорів сперми в групах, роки	Середня індивідуальна ефективна доза на гонади, мкЗв	Середня індивідуальна еквівалентна доза, мЗв
			Село	Місто			
1	Житомирська область	185-550	6	22	33,5±0,7	2,47±0,06	9,87±0,24
		100-185		13			
		40-100	4	8			
		20-100		9			
2	Київ та Київська область	100-185	4	14	32,7±0,5	1,22±0,04	4,86±0,15
		40-100		13			
		20-100	3	16			
3	Полтавська обл.	2-10	8	45	32,6±0,4	0,05±0,01	0,20±0,03

ському, Київському та Полтавському регіоні, відповідно. Водночас ніяких статистично достовірних вікових розбіжностей між групами чоловіків встановлено не було.

Дані стосовно фізіологічних параметрів еякуляту та якості сперми в різних групах представлені в **табл. 2**. Як бачимо, найбільше середнє значення об'єму еякуляту було властиве чоловікам з Полтавської області, а найменше – мешканцям Житомирської області. Група 2 за цим показником статистично не відрізнялась від групи 3, хоча мала відмінності з групою 1.

Якщо згадати, що найбільший внесок у формування сім'яної рідини та, відповідно, об'єму еякуляту роблять сім'яні пухирці разом з простатою, то слід припустити, що саме у чоловіків з групи 2 та 3 ці допоміжні статеві залози функціонували значно краще, ніж у групі 1.

Як правило, при 37°C розрідження сперми відбувається приблизно за 20 хв. В цей період відбувається активація протеазних ферментів еякуляту, котрі поступово трансформують інертну молекулу простатоспецифічного антигену (ПСА) у активну форму довжиною в 237 амінокислотних залишків, відокремлюючи від неї інертні поліпептидні шматки. Саме ПСА згодом зумовлює деградацію колоїдного матриксу еякуляту, тим самим сприяючи набуттю поступальної рухливості сперматозоїда-ми [15].

Швидше за все повне розрідження сперми відбувалось в групі 3, а повільніше – в групі 1, що також говорить на користь попередньо висунутої думки про деякі негаразди з функціонуванням сім'яних пухирців та простати у чоловіків групи 1 порівняно з групами 2 та 3. Тут слід згадати, що ультразвукове обстеження учасників ліквідації аварії на ЧАЕС через 10 років після катастрофи виявило в них специфічні ушкодження простати і сім'яних пухирців, подібні до тих, що виникають при хронічному везикуліті та простатиті [8]. Як видно з представлених даних (**див.**

Таблиця 2.

**Аналіз фізіологічних властивостей еякуляту та якості сперми у чоловіків з різних областей України**

№	Назва параметру (одиниці виміру)	Середнє значення параметру (M±m)		
		Група 1	Група 2	Група 3
1.	Об'єм еякуляту (мл)	2,1±0,7*#	3,5±0,6#	4,2±0,8'
2.	Час розрідження еякуляту (хв.)	45±11'	38±14	27±6'
3.	pH сперми (у.о.)	7,6±0,2	7,9±0,1&	7,3±0,1&
4.	Концентрація сперматозоїдів в еякуляті, ×10 <sup>6</sup> (сперматозоїдів/мл)	45±35'	69±21	98±16'
5.	Сперматозоїди зі швидким прямолінійним рухом, категорія А (%)	17±6'	27±7	39±13'
6.	Сперматозоїди з поступальним рухом, категорія А+В (%)	42±10'	61±12	68±14'
7.	Загальна рухливість сперматозоїдів, категорія А+В+С (%)	62±13	71±9	83±11
8.	Життєздатність сперматозоїдів (%)	73±14	72±10	86±13
9.	Вміст дефектних сперматозоїдів (%)	75±18'	48±12&	14±7'&
10.	Концентрація лейкоцитів у спермі (клітини/мл)	(225±65) ×10 <sup>3</sup> *#	(397±43) ×10 <sup>2</sup> #&	(285±36) ×10 <sup>8</sup> &
11.	Індекс аномальності сперматозоїдів (у.о)	1,52±0,28'	1,14±0,23&	0,32±0,11'&

**Примітка:** \* – статистично достовірні відмінності при p≤0,05 між групами 1 та 3; # – між групами 1 та 2; & – між групами 2 та 3.

**Кількісний аналіз появи нормального та патологічного станів сперми у чоловіків з різних регіонів України**

Стан сперми	Кількість випадків, звичайні одиниці					
	Група 1 Житомирський регіон		Група 2 Київський регіон		Група 3 Полтавський регіон	
Нормозооспермія	19		24		47	
Астенозооспермія	7		5		1	
Олігозооспермія	4		5		2	
Тератозооспермія	11		7		0	
Астенотерато-зооспермія	15		8		0	
Олігоастенотерато-зооспермія	3		0		0	
Олігоастено-зооспермія	1		0		3	
Оліготерато-зооспермія	2		1		0	
Імовірність появи нормального чи патологічного стану сперми(%)	Норма	Патологія	Норма	Патологія	Норма	Патологія
	31	69	48	52	89	11

**табл. 2)**, вміст лейкоцитів у спермі чоловіків з групи 1 був значно вищий, ніж в групі 2 та 3, хоча і в межах норми ( $<10^6$  кл/мл), що може бути як наслідком хронічного запалення, так і результатом послаблення гематотестикулярного бар'єру, котре спостерігається під дією хронічного опромінення іонізуючою радіацією [11], оскільки у донорів сперми не було виявлено будь-яких інфекційних захворювань сечостатевої системи.

Аналіз життєздатності сперматозоїдів не виявив будь-яких розбіжностей за цим показником між групами донорів сперми. Однак подальший розгляд кінетичних характеристик сперматозоїдів показав суттєве уповільнення поступального руху сперматозоїдів в багатьох зразках сперми від чоловіків з групи 1 за межі встановлених лімітів [20]. Натомість, цим критеріям задовольняла переважна більшість зразків сперми донорів другої та третьої групи. До того ж, у чоловіків з групи 1 у зразках сперми виявлено максимальну кількість сперматозоїдів категорії С – 20%. Проведення мікроскопічного аналізу морфологічних ознак сперматозоїдів показало наявність дефектних сперматозоїдів у зразках чоловіків усіх трьох груп, але в групі 1 їх вміст у спермі був максимальним, а у групі 3 – найменшим, що достовірно відрізнявся від аналогічних показників перших двох груп.

Серед структурних дефектів сперматозоїдів, що превалювали в зразках сперми чоловіків групи 1 слід відзначити пошкоджені голівки, зруйновані та вакуолізовані акросоми. Також було помічено у багатьох сперматозоїдів поламані хвости та присутність надмірної цитоплазми в області шийки. В результаті індекс аномальності сперматозоїдів в цій групі сягнув найбільшого значення в 1,52 у.о. В групі 2 головним чином спостерігались пошкоджені голівки та акросомні дефекти і в значно меншій кількості спостерігались поламки хвостів та цитоплазматичні краплини. Індекс аномальності сперматозоїдів в групі 2 був меншим, ніж в групі 1 (1,14 у.о.), але не на статистично достовірному рівні. В групі 3

теж спостерігались зруйновані акросоми, поламані хвости, вакуолізовані акросоми та цитоплазматичні краплинки, але в набагато меншій кількості, ніж у групах 1 та 2. Індекс аномальності сперматозоїдів у групі 3 був майже в 3,5 та 4,5 рази менший, ніж у групах 2 та 1, відповідно. Тут слід також згадати про те, що рН еякуляту в групах 1 та 2 зросла порівняно з групою 3, а лужне середовище, як правило, зумовлює появу спонтанної акросомної реакції та руйнування акросом.

Аналіз індивідуальних спермограм виявив **(табл. 3)**, що у групі 1 астенозооспермія спостерігалась у 26, тератозооспермія – у 16, а олігозооспермія – тільки у 10 мешканців регіону. У групі спермодонорів з Києва та Київської області астенозооспермію було діагностовано у 13, а олігозооспермію у 6 та тератозооспермію у 16 чоловіків. В той же час у групі з Полтавського регіону головним чином спостерігалась нормозооспермія, хоча 5 разів також відмічено появу олігозооспермії та 4 рази – астенозооспермії.

Суттєве погіршення якості сперми в групах 1 та 2 можна пояснити ще й тим, що актинідні радіонукліди, до яких належать ізотопи плутонію та америцій, здатні долати гематотестикулярний бар'єр за допомогою залізо-трансферинового метаболічного шляху і концентруватись в тестикулярних тканинах, тим самим негативно впливаючи на сперматогенез [11]. Звідти і походить додатковий імпульс для пошкодження сперматогенезу, оскільки, відповідно до карт радіоактивного забруднення України, актиніди є у ґрунті в Житомирському та Київському регіонах, але відсутні у Полтавському.

В літературі наводяться відомості про негативний вплив на сперму багатьох ксенобіотиків, а також віку чоловіків. Спробуємо довести, що в межах тих досліджень, котрі нами були проведені, дія різних чинників, відмінних від іонізуючої радіації, була зведена до мінімуму. Так, середній вік донорів сперми в 3-ох групах не мав статистичних розбіжностей, причому до дослідження загалом

залучались молоді чоловіки віком до 35 років і лише декілька чоловік були сорокалітніми. За таких обставин вплив вікового фактору на якість сперми можна не враховувати, оскільки погіршення якості сперми починається лише після 35 років та досягає візуального прояву у чоловіків, коли їм стає значно за 40 років [17].

Варто зазначити, що тютюнопаління та вживання алкогольних напоїв також має негативний вплив на сперму, але це спостерігається, коли людина вживає не менше 5 сигарет або вживає не менше 0,5 л алкогольних напоїв за день [19]. У нашому випадку мова йде про чоловіків, які вели здоровий спосіб життя і не зловживали ні тютюном, ні алкоголем, а також не використовували анаболіки та приймали антибактеріальні або протівірусні препарати лише інколи, причому, на що треба звернути увагу, не впродовж дослідження.

Слід також вказати на можливість негативно впливу на сперму різних вірусів, зокрема вірусу паротиту, аденовірусів, парвовірусу D19, вірусу імунodefіциту тощо. Як правило, порушення сперматогенезу відбувається завдяки проникненню вірусів через гематотестикулярний бар'єр та наступного пошкодження клітин Лейдига, що зазвичай супроводжується запаленням яєчок, розвитком фіброзу та подальшою атрофією яєчок. Чоловіків з такими вадами легко виявити шляхом анкетування та візуального обстеження, тому вони в дослідженні участі не брали.

Дослідження, що були проведені в другій половині ХХ століття, вказують на негативний вплив гербіцидів на сперматогенез. Легко припустити, що якщо це дійсно має місце, то від гербіцидів можуть потерпати крім сільських жителів, також і пакувальники овочів та фруктів у магазинах та супермаркетах, прибиральники парків та скверів, працівники теплиць та заводів, що виробляють пестициди, а також усі ті, хто мають присадибні ділянки та дачі. Натомість, подальші детальні дослідження з'ясували, що лише нематоцид дибромхлоропропан (ДБХП), який використовувався на бананових плантаціях у Коста-Ріці, дійсно мав антисперматогенний ефект. Це дало підстави Р.Шарпу стверджувати, що побуювання гербіцидів – це лише данина традиційній підвищеній обережності, оскільки ці речовини, як правило, суттєво ані на гормональний баланс, ані на спермоутворення, ані на фертильність не впливають [18].

На сьогоднішній день отримані дані, що свинець, ртуть, бор – у людей, і кадмій – у мишей певним чином негативно діють на сперматогенез. До речі, свинець використовувався під час ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС і тому розпорошений по багатьох територіях України. Однак відомо, що сперматогенез-пригнічуюча функція важких металів має прояв лише при перевищенні ПДК цих елементів в організмі людини, що, зазвичай, супроводжується симптомами отруєння і легко діагностується. Так, отруєння бором викликає сип на тілі, ртуттю – головні болі, нервові розлади, анемію, а свинцем – гіпертонію, головний біль, втрату пам'яті, нудоту та блювоту і також анемію. При аналізі анамнезу

спермодонорів ознак отруєння важкими металами встановлення не було. В цьому зв'язку також цікаво відмітити, що згідно з картами забрудненості важкими металами території України, місто Полтава з її передмістями та ближніми селами опинились саме у забрудненій важкими металами зоні, але це ніяк не вплинуло на частоту виникнення субфертильних станів сперми у жителів цього регіону (**див. табл. 3**). З огляду на це, можна констатувати, що будь-якого істотного впливу важких металів на якість сперми та кінцевий результат в проведених дослідженнях не спостерігалось.

Увагу вчених та лікарів останнім часом привертають ендокринно шкідливі речовини, зокрема фталати, а також наркотики, органічні розчинники та мобільні телефони [17,19]. Слід зауважити, що чоловіки, які приймали участь у дослідженні, наркотиків не вживали і з органічними розчинниками не контактували, а також віддавали перевагу використанню скляної тари та посуду по відношенню до виробів з пластику. Використання мобільних телефонів було помірним.

Враховуючи все вищенаведене, слід визнати, що встановлені нами закономірності дійсно віддзеркалюють віддалені наслідки Чорнобильської трагедії на реалізацію спермопродукуючої функції у чоловіків, що тривало проживали в радіоактивно забруднених регіонах України.

### Висновки

1. Проведені дослідження показали існування оберненої залежності між якістю сперми та індивідуальною еквівалентною дозою, накопиченою донорами сперми, що проявлялось у пригніченні поступального руху та іммобілізації сперматозоїдів, зменшенні їх концентрації, втраті життєздатності, а також зростанні загального індексу аномальності сперматозоїдів в еякуляті.

2. Збільшення індивідуальних дозових навантажень на чоловіків-донорів сперми зумовлювало зменшення об'єму еякуляту, збільшення його рН та тривалості розжиження сперми.

3. Показано, що тривале проживання на радіоактивно забруднених територіях сприяє появі олігозооспермії, астенозооспермії та тератозооспермії, а також комбінованих форм наведених патологічних станів сперми.

**Перспективи подальших досліджень.** В майбутньому передбачається поширити дослідження на мешканців інших регіонів України, зокрема Івано-Франківської, Рівненської та Черкаської областей, з тим, щоб більш повно охопити той спектр радіаційно індукованих змін в чоловічих статевих клітинах та гаметах, що спостерігаються при тривалому проживанні людей на радіоактивно забруднених територіях.

## Література

1. Andreichenko S.V. Vyznachennia aktyvnosti akrosomalnykh fermentiv spermatozoidiv dlia zahalnoi otsinky reproduktyvnoho potentsialu cholovikiv (metodychni rekomendatsii) / S.V. Andreichenko, A.V. Klepko, Iu.A. Kondratova, O.S. Vatlitsova, K.S. Andreichenko. – Kyiv, 2012. – 26 s.
2. Moiseyev A.A. Spravochnik po dozimetrii i radiatsionnoy gigiyeni / A.A. Moiseyev, V.I. Ivanov. – Moskva: Energoatomizdat, 1990. – 252 s.
3. Aitken R.J. Oxidative stress, sperm survival and fertility control / R.J. Aitken, M.A. Baker // *Mol. Cell. Endocrin.* – 2006. – Vol. 250. – P. 66-69.
4. Bland M. An introduction to medical statistics / M. Bland. — 3rd edition. Oxford: Oxford Univ. Press, 2007. — 405 p.
5. de Kretser D.M. Spermatogenesis / D.M. de Kretser, K.L. Loveland, A. Meinhardt, D. Simorangkir, N. Wreford // *Hum. Reprod.* – 1998. – Vol. 13 (1). – P. 1-8.
6. de Lamirande E. Sperm activation: role of reactive oxygen species and kinases / E. de Lamirande, C. O'Flaherty // *Biochim. Biophys. Act.* – 2008. – Vol. 1784. – P. 106-115.
7. Dubrova Y.E. Further evidence for elevated human minisatellite mutation rate in Belarus eight years after the Chernobyl accident / Y.E. Dubrova, V.N. Nesterov, N.G. Krouchinsky // *Mutat. Res.* – 1997. – Vol. 281. – P. 267-278.
8. Evdokimov V.V. State of the reproductive system of men who participated in the cleaning-up of aftereffects of the Chernobyl AES accident / V.V. Evdokimov, V.I. Erasova, A.I. Demin [et al.] // *Med. Tr. Prom Ekol.* – 1993. – Vol. 3-4. – P. 25-26.
9. Fischbein A. Ultramorphological sperm characteristics in the risk assessment of health effects after radiation exposure among salvage workers in Chernobyl / A. Fischbein, N. Zabludovsky, F. Eltes [et al.] // *Env. Health. Perspect.* – 1997. – Vol. 105. – P. 1445-1449.
10. Handl J. Evaluation of radioactive exposure from <sup>137</sup>Cs in contaminated areas of northern Ukraine / J. Handl, D. Beltz, W. Botsch [et al.] // *Health Phys.* – 2003. – Vol. 84 (4). – P. 502-517.
11. Hoes K.P. Environmental radiation and male reproduction / K.P. Hoes, I.D. Morris // *Int. J. Androl.* – 1996. – Vol. 19. – P. 199-204.
12. Klepko A. Male reproductive health / A. Klepko, V. Talko, L. Galazyuk [et al.] // *Health Effects of the Chornobyl Accident – a Quarter of Century Aftermath* / Ed. A. Serdiuk, V. Bebesko, D. Bazyka, S. Yamashita. — Kyiv: DIA, 2011. — Chapter 16. – P. 451-459.
13. Klepko A.V. Remote effects of post-Chornobyl irradiation on the male reproductive health / A.V. Klepko, L.V. Sakovska, L.V. Gorban [et al.] // *Chernobyl: 30 let spustya: materialy mezhdunar. nauch. konf. (Gomel. 21–22 apr. 2016 g.)*. — Gomel: In-t radiologii. 2016. – P. 119-123.
14. Malko M.V. Doses of the whole body irradiation in Belarus as a result of the Chernobyl accident / M.V. Malko // *Many-sided approach to the realities of the Chernobyl NPP accident. Summary of the consequences of the accident twenty year after* / Ed. by T. Imanaka. — Research Reactor Institute. Kyoto University, Japan: KURRI-KR-21, 2008. – P. 136-146.
15. Neischlag E. Andrology. Male reproductive health and dysfunction / E. Neischlag, H.M. Behre, S. Neischlag. — 3rd edition. Springer: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. — 85 p.
16. Sanocka D. Reactive oxygen species and sperm cells / D. Sanocka, M. Kurpisz // *Reprod. Biol. Endocrin.* – 2004. – Vol. 2 (12). – P. 457-464.
17. Sharma R. Lifestyle factors and reproductive health: taking control of your fertility / R. Sharma, K.R. Beidenharn, J.M. Fedor, A. Agarwal // *Reprod. Biol. Endocrin.* – 2013. – Vol. 11. – P. 66-81.
18. Sharp R.M. Lifestyle and environmental contribution to male infertility / R.M. Sharp // *Br. Med. Bull.* – 2000. – Vol. 56. – P. 630-642.
19. Wong W.Y. New evidence of the influence of exogenous and endogenous factors on sperm count in man / W.Y. Wong, G.A. Zielhuis, C.M. Thomas [et al.] // *Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol.* – 2003. – Vol. 110. – P. 49-54.
20. World Health Organization. WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen. — 4th ed. Cambridge: Cambridge Press, 1999. — 188 p.

УДК 612.616.2:616-001.28

### ВІДДАЛЕНІ НАСЛІДКИ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС НА ЯКІСТЬ СПЕРМИ У МІЖКАНЦІВ З РІЗНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

Саковська Л. В., Канюк С. М., Трофіменко О. В., Гавриш І. Т., Андрейченко С. В.

**Резюме.** Метою роботи було оцінити якість сперми чоловіків, які проживають на радіоактивно забруднених територіях України з різним вмістом <sup>137</sup>Cs у ґрунті. Рандомізовані дослідження якості сперми проведено серед 165 чоловіків віком від 27 до 42 років з Житомирської, Київської та Полтавської областей, а також міста Києва. Встановлено, що чоловіки з Житомирської, Києва та Київської і Полтавської областей накопичили за роки проживання в регіоні групові колективні дози в 0,61; 0,24 і 0,01 людино-Зв та середні еквівалентні індивідуальні дози в 9,87; 4,86 і 0,2 мЗв, відповідно. Показано існування прямих корелятивних зв'язків між накопиченою дозою зовнішнього опромінення та зростанням індексу аномальності сперматозоїдів, збільшенням рН та часу розрідження сперми, зменшенням концентрації та кінетичних параметрів, що характеризують поступальний рух сперматозоїдів. Показано, що тривале проживання чоловіків на радіоактивно забруднених територіях сприяє появі олігозооспермії, астенозооспермії та тератозооспермії, а також комбінованих форм наведених патологічних станів сперми.

**Ключові слова:** сперма чоловіків, сперматозоїди, радіоактивне забруднення, олігозооспермія, астенозооспермія, тератозооспермія.

УДК 612.616.2:616-001.28

### ОТДАЛЁННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС НА КАЧЕСТВО СПЕРМЫ У ЖИТЕЛЕЙ С РАЗНЫХ РЕГИОНОВ УКРАИНЫ

Саковская Л. В., Канюк С. М., Трофименко О. В., Гавриш И. Т., Андрейченко С. В.

**Резюме.** Целью работы было оценить качество спермы мужчин, которые проживают на радиоактивно загрязнённых территориях Украины с разным содержанием радиоактивного  $^{137}\text{Cs}$  в почве. Рандомизированные исследования качества спермы были проведены среди 165 мужчин в возрасте от 27 до 42 лет из Житомирской, Киевской и Полтавской областей, а также города Киева. Установлено, что мужчины из Житомирской, Киева и Киевской, а также Полтавской области накопили за годы проживания в своих регионах групповые коллективные дозы в 0,61; 0,24, 0,01 человеко-Зв и средние индивидуальные эквивалентные дозы в 9,87; 4,86 и 0,2 мЗв, соответственно. Показано существование прямых корреляционных связей между накопленной дозой внешнего облучения, с одной стороны, и возрастанием индекса аномальности спермы, увеличением pH и времени разжижения спермы, с другой стороны. Кроме того, выявлено одновременное снижение концентрации и кинетических характеристик поступательного движения сперматозоидов. Показано, что длительное проживание мужчин на радиоактивно загрязнённых территориях способствует появлению олигозооспермии, астенозооспермии и тератозооспермии, а также комбинированных форм указанных патологических состояний спермы.

**Ключевые слова:** сперма мужчин, сперматозоиды, радиоактивное загрязнение, олигозооспермия, астенозооспермия, тератозооспермия.

UDC 612.616.2:616-001.28

### THE REMOTE CONSEQUENCES OF CHORNOBYL NPS ACCIDENT ON THE HUMAN SPERM QUALITY FROM THE INHABITANTS OF DIFFERENT REGIONS OF UKRAINE

Sakovska L. V., Kanjuk S. M., Trofimenko O. V., Gavrysh I. T., Andreychenko S. V.

**Abstract.** The spermatozoon is highly dependent on the integrity of its plasma and mitochondrial membranes due to the necessity to maintain ion-floods on due level. That is why membranes may represent the essential target for radiation impact. Admittedly, spermatozoid membranes are rich in unsaturated fatty acids. The said compounds are very sensitive to ionizing irradiation, especially their double bonds, which are the key points in radiation assault through hydroperoxide or hydroxyl radicals. Consequently, lipid peroxidation chain reactions should have to be launched resulting in further destruction of membranes.

Abatement of antioxidant enzymic activities in radiation damaged spermatozoa facilitates the propagation of free radicals, especially superoxide radicals, in mitochondria and spermatozoid heads. In turn, reactive oxygen species (ROS) penetrate into the nucleus and exert a direct effect on sperm chromatin causing its overall disruption and formation of apoptotic bodies.

The research aimed in the assessment of sperm quality of men residing on radiation polluted territories of Ukraine with different contents of  $^{137}\text{Cs}$  in the soil. Cross-sectional analysis of sperm quality was done in 3 groups of men from Zhytomir, Kyiv and Poltava region, respectively. In sperm samples the viability, kinetic and morphologic characteristics of spermatozoa were determined according to WHO requirements. Apart from this, sperm pH, liquefaction duration as well as the presence of leukocytes and spermatids in ejaculates was evaluated. Incidentally, pathologic sperm states, namely asthenozoospermia, oligozoospermia and teratozoospermia along with their combined forms were identified. Men from Zhytomir, Kyiv and Poltava regions were shown to accumulate group collective equivalent dose of 0.61; 0.24; 0.01 person-Sv and mean individual equivalent dose of 9.87; 4.86; 0.20 mSv, correspondingly. The research has elucidated the existence of correlation links between accumulated dose of external irradiation, from the one hand, and the index of sperm deformity in conjunction with pH and time of sperm liquefaction increase, from the other hand. In addition, sperm concentration and progressive motility were also shown to decline. The long-term residence of human males on the radiation polluted territories was shown to result in different sperm pathologic states, namely asthenozoospermia, oligozoospermia, teratozoospermia and mixed forms of above mentioned sperm states whose quantitative ratio for each region depended on the individual equivalent doses accumulated by the sperm donors.

Our investigations have shown that subjects living on radiation polluted territories may generate a great deal of damaged spermatozoa with the hidden molecular and cellular lesions. The latter would predispose inhabitants of radiation polluted regions to male-infertility. Therefore a special system of prophylactic arrangements needs to be elaborated to prevent further spreading of male infertility.

**Ключевые слова:** sperm, spermatozoa, radiation pollution, oligozoospermia, asthenozoospermia, teratozoospermia.

*Рецензент – проф. Саричев Л. П.*

*Стаття надійшла 14.06.2017 року*