

Н.О. Мазник,
В.А. Вінніков

Інститут медичної радіології
ім. С.П. Григор'єва
АМН України,
м. Харків

Зіставлення результатів когортної цитогенетичної біодозиметрії з документованими дозами опромінення у ліквідаторів наслідків катастрофи на Чорнобильській АЕС

The comparison of cohort cytogenetic
biodosimetry data and registered doses
in Chernobyl clean-up workers

Цель работы: Сопоставление результатов когортной цитогенетической биодозиметрии с документированными дозами облучения у ликвидаторов последствий катастрофы на ЧАЭС, подвергшихся пролонгированному радиационному воздействию в низких дозах.

Материалы и методы: С использованием классического цитогенетического метода учета нестабильных аберраций хромосом в метафазах 50-часовой культуры лимфоцитов периферической крови обследовано 150 ликвидаторов в ранние сроки после пребывания в зоне ЧАЭС. Результаты индивидуальных цитогенетических исследований были сгруппированы в зависимости от документированных доз, которые находились в диапазоне от 17 до 1030 мГр. Конвертация уровня дицентриков и центрических колец в биологически эквивалентные дозы облучения проводилась с использованием калибровочной кривой *in vitro* для γ -излучения. Построение теоретического распределения индивидуальных уровней аберраций, ожидаемых исходя из доз по документам, осуществлялось с использованием статистики Пуассона.

Результаты: Биодозиметрические оценки у ликвидаторов превышали средние документированные значения во всех дозовых группах, за исключением лиц с наиболее высокими дозами (820–1030 мГр). Средняя частота дицентриков и колец у ликвидаторов с документированными дозами конвертировалась в дозу, превышающую среднегрупповое документированное значение в 1,8 раза. Обнаружено статистически достоверное различие между реальным и теоретическим распределениями индивидуальных частот аберраций. Средний уровень дицентриков и колец, а также характер распределения индивидуальных частот аберраций у лиц с неизвестной дозой оказались сходными с аналогичными показателями для ликвидаторов с документированными дозами. Средняя биологическая доза пролонгированного облучения в обобщенной выборке ликвидаторов составила 470 мГр, а распределение индивидуальных частот аберраций было рандомизированным, соответствующим статистике Пуассона.

Выводы: Полученные данные свидетельствуют о недостаточном соответствии документированных доз облучения результатам когортной цитогенетической дозиметрии у значительной части ликвидаторов, что обуславливает необходимость верификации уровней радиационной нагрузки у лиц данного контингента с привлечением методов ретроспективной биодозиметрии. Подходом к оптимизации цитогенетического скрининга в чернобыльских когортах представляется концентрация исследований на отягощенных выборках.

Ключевые слова: аберрации хромосом, биологическая дозиметрия, ликвидаторы последствий катастрофы на ЧАЭС.

Objective: To compare the results of cohort cytogenetic biodosimetry with registered doses in Chernobyl clean-up workers (liquidators) protractedly exposed to low-dose radiation.

Materials and Methods: The cytogenetic investigation was carried out in 150 liquidators within 1 year after the end of their duty at Chernobyl zone. The unstable aberration yields were measured in metaphases of 50-hrs peripheral blood lymphocyte cultures. In the studied group the irradiation doses were registered in documents of 100 persons (dose range 17–1030 mGy). Individual cytogenetic data in liquidators have been pooled according to the registered doses in narrow dose intervals; the average dicentric and centric ring yields in dose groups have been converted into biological dose using the *in vitro* calibration curve (γ -rays) modified for protracted exposure. The theoretical distribution of individual aberration yields expected from the registered doses has been constructed using the Poisson statistics.

Results: The biological dose estimations exceeded the average meanings of registered dose in all dose groups except one with highest doses (820–1030 mGy). The average aberration yield in liquidators with registered doses were converted into biological dose that appeared to be 1.8 times higher than the mean registered dose. The statistical difference between the real aberration yield distribution and the theoretical one was found to be caused by a low number of persons with high chromosome exchange levels in the distribution expected from the registered dose meanings.

The average dicentric and centric ring yield and the distribution of individual aberration levels in liquidators with non-registered doses was shown to be the same as in the group with registered doses. When the cytogenetic data from persons with or without registered dose were combined, the mean biological dose about 470 mGy was calculated from the average chromosome exchange yield, and the individual aberration levels appeared to be randomly distributed among liquidators according to Poisson statistics.

Conclusion: The poor agreement between registered doses and biodosimetry results was shown for significant portion of liquidators. That causes the necessity of radiation dose verification in these persons using methods of retrospective biological dosimetry. To optimize the cytogenetic biodosimetry in post-Chernobyl human cohorts the emphasis should be made on the critical groups.

Key words: chromosome aberrations, biological dosimetry, Chernobyl liquidators.

Оцінка дозового навантаження в людських когортах, які зазнають дію іонізуючої радіації в умовах професійної діяльності чивнаслідок техногенних аварій, є необхідною складо-

вою роботи системи протирадіаційного захисту населення. Протягом останніх 15 років в Україні одну з наймасовіших груп, що потребує посиленого контролю стану здоров'я для

своєчасного виявлення віддалених соматико-стохастичних ефектів опромінювання, складають ліквідатори наслідків катастрофи на Чорнобильській АЕС [1].

Як відомо, широкомасштабні радіаційні катастрофи можуть супроводжуватися певними обмеженнями щодо забезпечення надійної індивідуальної фізичної дозиметрії, внаслідок чого виникає скептичне ставлення до зареєстрованих значень доз опромінення, одержаних учасниками інциденту, яке сталося в осіб, які в плановому порядку залучалися до роботи в зоні катастрофи на ЧАЕС. Ретроспективний аналіз реєстрових даних прямої та розрахункової фізичної дозиметрії в ліквідаторів показав високу ймовірність викривлення документованих значень дози опромінення відносно реальних рівнів дозового навантаження в значній частині осіб даного контингенту [2].

Світовий досвід досліджень наслідків радіаційних аварій свідчить про доцільність доповнення фізичної реконструкції дози даними біологічної дозиметрії, серед яких одне з перших місць посідає цитогенетичний аналіз лімфоцитів периферичної крові [3, 4]. Українах із розвинутою інфраструктурою системи протирадіаційного захисту дане дослідження входить до переліку обов'язкових заходів при розслідуванні випадків явного чи підозрюваного позапланового контакту людини з джерелами іонізуювальних випромінень [5, 6].

У представленій роботі наведено результати біодозиметричної інтерпретації цитогенетичних даних, проведеної для верифікації рівнів променевого навантаження в групі ліквідаторів, які зазнали пролонгованого радіаційного впливу в низьких дозах і були обстежені методом класичного цитогенетичного аналізу в ранні терміни після перебування в зоні катастрофи на Чорнобильській АЕС.

Методика дослідження

Групу обстежених осіб склали 150 ліквідаторів віком 20–55 років, які у плановому порядку брали участь у роботах з усунення наслідків катастрофи на Чорнобильській АЕС у 1986–1987 рр. Тривалість перебування ліквідаторів у зоні ЧАЕС становила від 2 до 190 діб. Дози зовнішнього опромінення, зазначені в документах у 100 ліквідаторів, становили від 17 до 1030 мГр; у 84 осіб доза за документами не перевищувала 250 мГр, у 45 – дорівнювала 250 мГр. Усі ліквідатори проходили

диспансеризацію та лікування у клініці Інституту медичної радіології ім. С.П. Григор'єва АМН України м. Харкова. У вибірці були відсутні особи з симптомами променевої хвороби чи з променевими ураженнями шкіри та м'язових тканин. Інтервал часу між закінченням радіаційного впливу та цитогенетичним обстеженням у даній вибірці становив від 1 доби до 1 року.

У всіх обстежених було проведено класичний цитогенетичний аналіз метафаз першого мітозу в стандартній 50-годинній культурі лімфоцитів периферичної крові після стимуляції фітогемаглютиніном [7]. У кожного ліквідатора аналізували від 50 до 700 метафаз (у 96 осіб – рівно 100 метафаз). При дослідженні враховували весь спектр нестабільних аберацій, які розпізнавалися без каріотипування. Для біологічної дозиметрії використовували показник частоти найспецифічніших цитогенетичних маркерів радіаційного впливу – нестабільних обмінних аберацій хромосомного типу (дицентриків і кільцевих хромосом із супровідними ацентричними фрагментами).

Зважаючи на те, що у попередніх дослідженнях динаміки цитогенетичних ефектів у осіб чорнобильського контингенту нами була емпірично показана неістотність елімінації абераційних клітин протягом першого року після опромінювання у низьких дозах [8], біологічну дозиметрію в даній вибірці проводили шляхом прямого співвіднесення рівня аберацій *in vivo* з кривою «доза – ефект». У кожному індивідуальному випадку здійснювали перевірку рандомізованості розподілу аберацій по клітинах за *u*-тестом Папворта [9]. Зважаючи на переважання *g*-компоненти в структурі дозового навантаження у ліквідаторів, конвертацію частоти аберацій у біологічно еквівалентну дозу опромінення проводили з використанням кривої «доза – ефект», побудованої *in vitro* у діапазоні доз до 1 Гр при прямому *g*-опроміненні в межах виконання проекту Комісії Європейської Спільноти «ЕСР-6. Біологічна дозиметрія» [10].

Результати та їх обговорення

В обстеженій вибірці ліквідаторів індивідуальні значення рівнів нестабільних хромосомних обмінів перебували в межах від 0 до 5 на 100 клітин. При цьому метафази з більш ніж одним хромосомним обміном були відсутні, що за *u*-тестом Папворта при зазначеному діапазоні індивідуальних частот відповідало *u*-асоснівському розподілу аберацій по клітинах у кожному окремому випадку та вказувало на відсутність у вибірці осіб, які зазнали локального опромінювання, а також значного внеску доз від нейтронних і α -емітерів вивід інкорпорованих органотропних радіонуклідів [9, 11].

Зіставлення результатів біологічної дозиметрії з документованими дозами опромінення у ліквідаторів проводили з використанням двох підходів – порівняння біодозиметричних оцінок із середніми значеннями дози за документами в групах, сформованих за документованою дозою у вузьких дозових діапазонах, а також реального розподілу індивіду-

альних частот аберацій у вибірці з теоретичним розподілом, побудованим на підставі очікуваних рівнів хромосомних пошкоджень при певних значеннях дози за документами.

Виходячи з розподілу документованих доз опромінення у даній вибірці ліквідаторів, результати індивідуальних цитогенетичних обстежень були об'єднані в групах осіб із дозами 17–40 мГр, 80–100 мГр, 128–140 мГр, 174–183 мГр, 200–240 мГр, 250 мГр, 270–310 мГр, 440 мГр і 820–1030 мГр. У кожній групі та взагалі по вибірці обчислювали зважену середню дозу за документами та зважену середню частоту дицентриків і кільцевих хромосом (чинником зваження виступало відношення кількості клітин, проаналізованих у даної особи, до середньої кількості клітин, проаналізованих на 1 особу в групі). Веручи до уваги пролонговано-фракціонований характер накопичення дозового навантаження у ліквідаторів під час роботи в зоні ЧАЕС, для обчислення біологічно-еквівалентної дози за середньою частотою нестабільних хромосомних обмінів базове рівняння «доза – ефект» виходу аберацій при гострому опроміненні

$$Y = c + a \cdot D + b \cdot D^2, \quad (1)$$

де Y – частота аберацій, c – контрольний рівень аберацій, a і b – коефіцієнти регресії, D – доза опромінення, було модифіковано за допомогою функції Лі та Кетчсайда відпо-

відно до методичних рекомендацій МАГАТЕ [4, 12].

Внаслідок того, що середня тривалість перебування ліквідаторів у зоні ЧАЕС становила близько 30 діб, дана функція зменшувала квадратичний коефіцієнт рівняння (1) до значення, яким можна було знехтувати, й остаточно залежність «доза – ефект» набувала лінійного характеру

$$Y = c + a \cdot D. \quad (2)$$

Спонтанна частота дицентриків і кільцевих хромосом у контрольній вибірці мешканців м. Харкова (коефіцієнт c) перебувала на рівні 1 на 1000 клітин; коефіцієнт a дорівнював 3,0 на 100 клітин на Гр [8, 10]. Результати співвіднесення біодозиметричних оцінок із середніми значеннями дози за документами у вищезазначених групах ліквідаторів представлені в табл. 1.

У перших восьми дозових групах визначилося значне перевищення біологічних доз над середніми дозами за документами. В цілому в низці дозових груп 2–9 був присутній позитивний тренд накопичення частоти аберацій, але десятиразове зростання середньої документованої дози від 93 мГр у групі 2 до 918 мГр у групі 9 супроводжувалося підвищенням рівня дицентриків і кілець тільки у 3 рази, при наявності у зазначеному інтервалі «парадоксальної» частини – відрізка зворот-

Таблиця 1 – Результати групової біологічної дозиметрії у ліквідаторів із різними дозами за документами

Table 1 – Results of group biological dosimetry in liquidators

Група	Інтервал доз за документами, мГр	Кількість осіб	Середня доза за документами, мГр	Цитогенетичний показник			Середня біологічна доза, мГр
				сума клітин	кількість аберацій	частота аберацій на 100 клітин	
1	17–40	3	28	268	5	1,866	590
2	80–100	6	93	487	4	0,821	240
3	128–140	3	135	300	3	1,000	300
4	174–183	7	182	1254	23	1,834	580
5	200–240	19	226	1760	24	1,364	420
6	250	45	250	4900	62	1,265	390
7	270–310	11	305	1026	20	1,949	620
8	440	3	440	295	6	2,034	650
9	820–1030	3	918	280	7	2,500	800
Усі з документованими дозами		100	252	10570	154	1,457	450
Без дози за документами		50	–	5280	83	1,572	490
Разом		150	–	15850	237	1,495	470

ної кореляції частоти аберацій з документованою дозою у діапазоні середньогрупових доз 182–250 мГр.

Максимальна розбіжність між середнім документованим значенням дози та біодозиметричною оцінкою існувала в групі 1, а у ліквідаторів з найвищими дозами за документами результат цитогенетичної дозиметрії та середня документована доза майже збігалися. Середня біологічна доза у вибірці з відомими дозами за документами перевищувала усереднене значення документованої дози у 1,8 разу.

Частота диченриків і кільць у ліквідаторів із невизначеною у документах дозою виявилася дуже схожою зі значенням аналогічного показника в узагальненій групі з відомими дозами, внаслідок чого біодозиметрична оцінка була також близькою. У повній вибірці обстежених ліквідаторів (150 осіб) середня біологічно-еквівалентна доза пролонгованого опромінення становила 470 мГр.

Побудова теоретичного розподілу частот аберацій у вибірці проводиться у такий спосіб: у кожній групі, сформованій за документованою дозою, за рівнянням (2) розраховували очікуваний для даної середньої документованої дози середній рівень хромосомних обмінів, виходячи з якого обчислювали теоретичну частоту зустрічання осіб з різними рівнями

аберацій і з припущенням про рандомізованість розподілу індивідуальних частот хромосомних пошкоджень у групі. У випадку спостереження низьких рівнів аберацій характер даного розподілу відповідатиме закону Пуассона. Отже, зв'язок між імовірністю зустрічальності певного рівня аберацій та середньогруповою частотою хромосомних пошкоджень визначається рівнянням

$$f(X; Y) = e^{-Y} \cdot Y^X / X! , \quad (3)$$

де f – імовірність зустрічальності кількості аберацій X у певній кількості проаналізованих клітин при середній частоті аберацій Y , розрахованій на ту ж саму кількість клітин. Результати розрахунків частоти зустрічальності ліквідаторів з рівнями хромосомних обмінів 0, 1, 2, 3 та ≥ 4 на 100 клітин у вищезазначених дозових групах представлені в табл. 2. Частоти зустрічальності певного класу рівня аберацій були одержані шляхом перемноження імовірності на кількість осіб у групі. Побудову узагальненого розподілу індивідуальних рівнів аберацій у вибірці проводили за арифметичною сумою значень частоти зустрічальності кожного з класів по всіх дозових групах.

Зіставлення теоретичного та реального розподілів індивідуальних рівнів хромосомних обмінів у ліквідаторів показало, що в теоретичному розподілі була присутня надмірна, порівняно з реальною картиною, кількість ви-

Таблиця 2 – Теоретичний розподіл індивідуальних частот аберацій у ліквідаторів, побудований на підставі документованих доз опромінення

Table 2 – Theoretical distribution of individual frequencies of aberrations in participants of the clean-up based on documented exposure doses

Група	Середня доза*, мГр	Кількість осіб	Y на 100 клітин	Теоретичний розподіл випадків певної індивідуальної частоти аберацій на 100 клітин				
				0	1	2	3	≥ 4
1	28	3	0,184	2,50	0,46	0,04	0	0
2	93	6	0,379	4,11	1,56	0,29	0,04	0
3	135	3	0,505	1,81	0,91	0,23	0,04	0,01
4	182	7	0,646	3,67	2,37	0,77	0,16	0,03
5	226	19	0,778	8,73	6,79	2,64	0,68	0,16
6	250	45	0,850	19,23	16,35	6,95	1,97	0,50
7	305	11	1,015	3,99	4,05	2,05	0,69	0,22
8	440	3	1,420	0,73	1,03	0,73	0,35	0,16
9	918	3	2,854	0,17	0,49	0,70	0,67	0,97
Разом		100	—	44,94	34,01	14,40	4,60	2,05

Примітка. * – середня доза за документами; Y – очікуваний середній рівень аберацій, розрахований за рівнянням (2), виходячи з середньої дози за документами. Кількість випадків певної частоти аберацій одержана перемноженням обчисленої за рівнянням (3) імовірності f на кількість осіб у групі.

падків частоти аберацій 0 на 100 клітин (45 проти 25 % у емпіричному розподілі) при істотній недостатності випадків частоти аберацій 2 і 3 на 100 клітин (рис. 1). Теоретичний розподіл індивідуальних частот дицентриків і кілець у ліквідаторів з документованими дозами відрізнявся від емпіричного з високою вірогідністю:

$\chi^2 = 42,02$; $p = 7,51 \cdot 10^{-10}$ при 2 ступенях свободи.

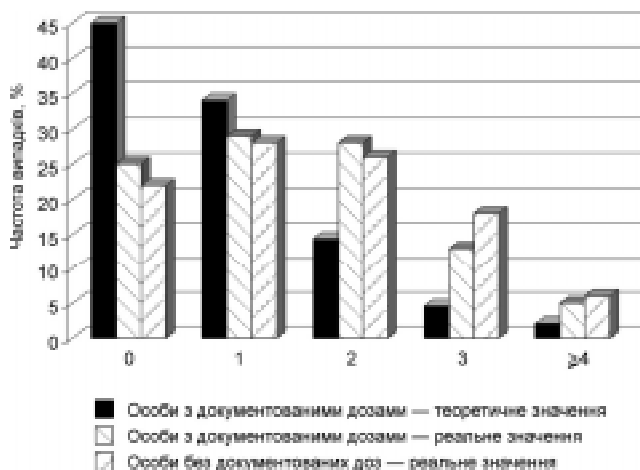


Рис. 1 – Зіставлення розподілів індивідуальних частот аберацій у ліквідаторів

Fig. 1 – Comparison of individual frequencies of aberrations in the liquidators

У групі осіб з не визначеними у документах дозами розподіл частот дицентриків і кілець при аналогічній розбивці на класи виявився майже ідентичним тому, що спостерігався для ліквідаторів із наявністю документованих доз (див. рис. 1).

Останній факт у поєднанні зі схожістю середньогрупових значень частот нестабільних хромосомних обмінів дозволив об'єднати групи із зареєстрованими та не визначеними у документах дозами і одержати узагальнений розподіл індивідуальних рівнів аберацій у вибірці (рис. 2). Частоти окремих класів рівня дицентриків і кілець у даному остаточному розподілі виявилися близькими до визначених статистикою Пуассона в повній вибірці (150 ліквідаторів) для середньогрупового рівня аберацій 1,495 на 100 клітин; відмінність між реальним і теоретичним розподілами була статистично незначущою ($\chi^2 = 2,42$; $p = 0,298$ при 2 ступенях свободи). Слід зазначити, що

емпіричні розподіли індивідуальних рівнів хромосомних пошкоджень у ліквідаторів із відомою та невизначеною дозою в документах були так само наближеними до рандомізованого пуассонівського розподілу, побудованого для середньогрупового рівня 1,457 на 100 клітин у першому випадку ($\chi^2 = 1,541$; $p = 0,463$ при 2 ступенях свободи) та 1,572 на 100 клітин у другому ($\chi^2 = 1,293$; $p = 0,524$ при 2 ступенях свободи).

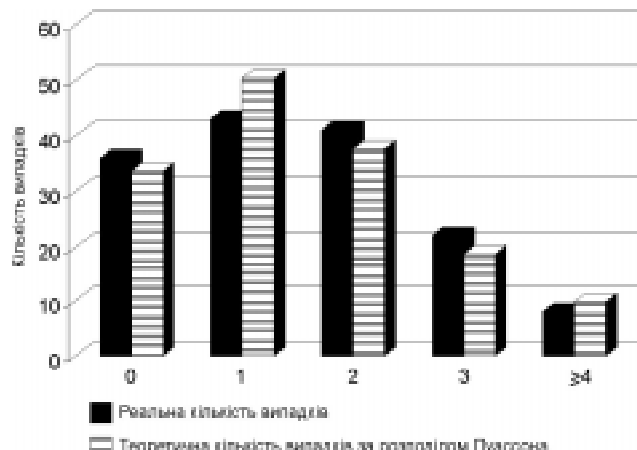


Рис. 2 – Узагальнений розподіл індивідуальних рівнів хромосомних обмінів у ліквідаторів

Fig. 2 – Generalized distribution of individual levels of chromosome exchange in liquidators

Примітка. Теоретичну кількість випадків за розподілом Пуассона розраховано для середньогрупового рівня аберацій 1,495 на 100 клітин та обсягу вибірки 150 осіб.

Зважаючи на значні відмінності, встановлені при зіставленні середньогрупових доз за документами з біодозиметричними оцінками та при порівнянні емпіричного і теоретичного (очікуваного за документованими дозами) розподілів індивідуальних рівнів аберацій, одержані дані в цілому вказують на дуже помірну корельованість документованих доз та результатів групової біодозиметрії. Визначення потреби верифікації оцінок доз у ліквідаторів можна провести шляхом обчислення різниці між реальним і теоретичним розподілами індивідуальних рівнів цитогенетичних пошкоджень за кількістю осіб у класах частоти аберацій з односпрямованими відхиленнями теоретичного рівня аберацій від реального. При застосуванні такого підходу в обстеженій групі з документованими дозами різниця між реальним і теоретичним розподілами індивідуальних рівнів цитогенетичних пошкоджень

увідсотках від загальної кількості осіб становила 19,94 % у класі частоти аберацій 0 на 100 клітин та 5,01 % у класі частоти аберацій 1 на 100 клітин, що в сумі становило 24,95 %; при зворотній спрямованості відхилень теоретичної частоти зустрічальності від реальної, а саме у класах рівнів аберацій 2, 3 та 4 на 100 клітин, різниця, відповідно, дорівнювала 13,60, 8,40 та 2,95 %, що у сумі давало ті ж самі 24,95 % випадків невідповідності документованих доз реальним рівням променевого навантаження.

Одержаний результат не становив несподіванки. Математичний аналіз, проведений у роботі [2], засвідчив можливість некоректної реєстрації дози опромінення серед учасників ліквідації наслідків катастрофи на ЧАЕС у 60 % випадків, у тому числі серед осіб, яких направляли до зони катастрофи від Міністерства оборони СРСР, дане значення могло становити 80–90 %. Це підкреслює важливість переоцінки доз опромінення в осіб чорнобильського контингенту із залученням даних біологічної дозиметрії.

Цитогенетичні обстеження ліквідаторів проводили з метою біологічної індикації чи кількісного визначення рівнів променевого навантаження як уранні, так і у віддалені терміни після їх перебування в зоні ЧАЕС, але результати цих досліджень виявилися децю суперечливими з точки зору закономірності «доза – ефект». У деяких працях була встановлена задовільна відповідність біодозиметрії у середнім значенням документованих доз опромінення, але в той же час інші публікації подавали висновки про значні розбіжності між дозами в документах та цитогенетичними оцінками [13]. Імовірним джерелом такої суперечливості могла бути відмінність у принципах формування виборок обстежених осіб. Збіг цитогенетичних та документованих доз спостерігався у відносно рандомізованих групах ліквідаторів, відібраних за дозовими реєстрами [10, 14–17], а відмінність результатів біологічної дозиметрії від доз у документах була констатована для тих, хто проходив обстеження та лікування у спеціалізованих закладах системи протирадіаційного захисту [18–20].

Найбільш подібну за результатами до нашої біодозиметричну оцінку для учасників ліквідації наслідків катастрофи на ЧАЕС одержали автори [18] при цитогенетичному обстеженні 267 ліквідаторів із різноманітним розладами стану здоров'я, у яких документовані дози не перевищували 500 мГр, а в більшості становили до 250 мГр. Класичний цитогенетичний аналіз у даних осіб показав перевищення дози 250 мГр «фактичною» дозою у 50 % випадків.

Результати ретроспективної цитогенетичної біодозиметрії з використанням методу флуоресценційної *in situ* гібридизації в публікації [19] показали, що у ліквідаторів з відомими документованими дозами перевищення цитогенетичної оцінки дози над документованою мало місце у 19 випадках із 34 (56 %), а загалом по групі у 70 % випадків цитогенетична оцінка дози не збігалася із документованим значенням. Ще одним висновком роботи [19], що відповідає нашим даним, є констатація ідентичності рівня аберацій (отже, біологічної дози опромінення) у ліквідаторів з документованими та з не визначеними у документах дозами.

У публікації [20] наведено дані щодо визначення рівнів променевого навантаження цитогенетичним методом у вибірці ліквідаторів, які проходили лікування у відділенні променевої патології Інституту клінічної радіології НЦРМ АМН України. У групі з 13 осіб без симптомів променевої хвороби частота транслокацій, встановлена методом флуоресценційної *in situ* гібридизації, конвертувалася у дози опромінення від 210 до 710 мГр, становлячи в середньому по групі 480 мГр, що фактично відповідає нашій оцінці за рівнем нестабільних аберацій (470 мГр).

Таким чином, одержані в нашому дослідженні дані вказують на нетовну відповідність документованих доз дійсним рівням променевого навантаження у значній частці ліквідаторів. Відмінності у значеннях біологічних та документованих доз опромінення в середньому по групі засвідчили ймовірність недооцінки реальних рівнів променевого навантаження, що може негативно вплинути на результати прогнозування ризику віддалених соматичних

патологій з генетичною компонентою серед осіб чорнобильського контингенту. Єдиним шляхом коригування дозиметричної інформації для епідеміологічних розрахунків у даному випадку уявляється активне впровадження методів ретроспективної біологічної дозиметрії — екстраполяційної з використанням аналізу нестабільних аберацій чи прямої — з використанням аналізу стабільних хромосомних пошкоджень [21–24].

Як свідчать результати представленої роботи, концентрація досліджень не на регістрових, а на обтяжених вибірках є логічним підходом до оптимізації цитогенетичного скринінгу з метою верифікації дозиметричних даних серед ліквідаторів наслідків катастрофи на ЧАЕС.

Висновки

1. При встановленні біологічно-еквівалентних доз опромінення в ліквідаторів наслідків катастрофи на ЧАЕС за результатами цитогенетичного обстеження визначилося, що середньогрупові документовані дози в групах, сформованих у вузьких дозових діапазонах, є нижчими за біодозиметричні оцінки. Очікуваний розподіл індивідуальних частот дicen-триків і кільцевих хромосом, побудований на підставі документованих доз, вірогідно відрізнявся від реального розподілу рівнів хромосомних пошкоджень внаслідок недостатності теоретично обчисленої кількості осіб у класах з істотно підвищеними рівнями аберацій.

2. В цілому одержані дані засвідчили не повну відповідність документованих доз опромінення результатам цитогенетичної дозиметрії в значній частці ліквідаторів, що зумовлює потребу в верифікації рівнів променевого навантаження в осіб даного контингенту із застосуванням методів ретроспективної біодозиметрії.

3. Зважаючи на трудомісткість хромосомного аналізу, підходом до оптимізації цитогенетичного скринінгу в чорнобильських когортах з метою верифікації дозиметричних даних уявляється цілеспрямована концентрація дослідження на критичних обтяжених групах

осіб, які зверталися до спеціалізованих установ системи протирадіаційного захисту населення для дистансеризації та лікування.

Література

1. Медицинские последствия Чернобыльской аварии. Научный отчет АИФЕКА. — Женева, Москва: ВОЗ, Видар, 1996. — С. 193–202.
2. Ильин Л.А., Крючков В.П., Осанов Д.П., Павлов Д.А. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 1995. — Т. 35, вып. 6. — С. 803–828.
3. Chambers D.B., Phillips H.A. // Medical management of radiation accidents (Eds.: Gusev I.A., Guskova A.K., Mettler F.A.). — CRC Press, 2001. — P. 507–518.
4. Biological dosimetry: chromosomal aberration analysis for dose assessment. IAEA Techn. Report Series, № 260. — Vienna, 1986. — 69 p.
5. Lloyd D.C., Edwards A.A., Moquet J.E. et al. // National Radiological Protection Board Report. XXI: Review of cases investigated. NRPB-R 291 — NRPB (UK): 1996. — 24 p.
6. Voisin F., Benderitter M., Claraz M. et al. // Cell. Molec. Biol. — 2001. — Vol. 47, № 3. — P. 557–564.
7. Moorhead P.S., Nowell P.S., Mellman W.J., Battips D.M. // Exp. Cell. Res. — 1960. — Vol. 20. — P. 613–616.
8. Maznik N.A., Vinnikov V.A., Lloyd D.C., Edwards A.A. // Radiat. Prot. Dosim. — 1997. — Vol. 74, № 1/2. — P. 5–11.
9. Edwards A.A., Lloyd D.C., Purrott R.J. // Radiat. Environ. Biophys. — 1979. — Vol. 16. — P. 89–100.
10. Lloyd D.C., Edwards A.A., Sevan'kaev A.V. et al. // The radiological consequences of the Chernobyl accident (Eds.: Karaoglou A., Desmet G., Kelly G.N., Menzel H.G.). — Luxembourg: OPEC, 1996. — P. 965–973.
11. Lloyd D.C., Edwards A.A. // Radiation-induced chromosome damage in man (Eds.: Ishihara T., Sasaki M.). — NY (USA): A. R. Liss, 1983. — P. 23–49.
12. Lloyd D.C., Edwards A.A., Prosser J.S., Corp M.J. // Radiat. Environ. Biophys. — 1984. — Vol. 23. — P. 179–189.
13. Бочков Н.П. // Вестник РАМН. — 1993. — № 6. — С. 51–55.
14. Sevan'kaev A.V., Zhloba A.A. // Acta Oncol. — 1991. — Vol. 12, № 3. — P. 158–172.
15. Sevan'kaev A.V., Lloyd D.C., Braselman H. et al. // Radiat. Prot. Dosim. — 1995. — Vol. 58, № 2. — P. 85–91.
16. Шевченко В.А., Семов А.Б., Акаева Э.А. и др. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 1995. — Т. 35, вып. 5. — С. 646–654.
17. Littlefield L.G., McFee A.F., Salomaa S. I. // Rad. Res. — 1998. — Vol. 150. — P. 237–249.
18. Шишмарев Ю.Н., Алексеев Г.И., Никифоров А.М. и др. // Радиобиология. — 1992. — Т. 32, вып. 3. — С. 323–332.
19. Snigiryova G., Braselman H., Salassisia K. et al. // Int. J. Radiat. Biol. — 1997. — Vol. 71, № 2. — P. 119–127.
20. Pilinskaya M.A., Dibskiy S.S. // Int. J. Radiat. Med. — 2000. — Vol. 1, № 5. — P. 83–95.
21. Maznik N.A., Vinnikov V.A. // Матер. междунар. симп. «Актуальные проблемы дозиметрии». — Минск, 1999. — С. 73.
22. Севанькаев А.В., Моисеенко В.В., Цыб А.Ф. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 1994. — Т. 34, вып. 6. — С. 793–797.
23. Пилинская М.А. // Цит. и Ген. — 1996. — Т. 30, № 4. — С. 70–85.
24. Fluorescence in situ hybridisation (FISH) biological dosimetry // Radiat. Prot. Dosim. — 2000. — Vol. 88, № 1. — 112 p.

Дата надходження: 15.02.2002.

Адреса для листування:

Мазник Наталія Олександрівна,
ІМР ім. С.П. Григор'єва АМНУ, вул. Пушкінська, 82,
Харків, 61024, Україна