

Ткаченко М.М.,
Любарець Т.Ф.

ІНДЕТЕРМІНІСТИЧНІ ЕФЕКТИ ОПРОМІНЕННЯ: КАНЦЕРОГЕННІ АСПЕКТИ ПРОБЛЕМИ

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ
ДУ "Науковий центр радіаційної медицини НАМН України", м. Київ

Резюме: в огляді представлені результати клінічних і епідеміологічних досліджень по виявленню злоякісних захворювань різноманітної локалізації у осіб, які зазнали впливу іонізуючого випромінювання. Наводяться дані щодо захворюваності на пухлини молочної і щитоподібної залози, бронхо-легеневої і кровотворної систем в опроміненних у різних дозах осіб.

Ключові слова: індетерміністичні ефекти, іонізуюче випромінювання, рак, лейкемія, мієлодиспластичний синдром.

Відкриття і широке застосування іонізуючого випромінювання (ІВ) для діагностичних та лікувальних цілей обумовило необхідність вивчення наслідків його впливу на організм людини. Серед індетерміністичних (стохастичних) ефектів ІВ, поряд з ушкодженням генетичного матеріалу, в центрі уваги дослідників залишаються канцерогенні наслідки. Через 7 років після відкриття рентгенівських променів, у 1902 р., Фрібер вперше описав випадок раку шкіри у людини після використання рентгенівських променів, таким чином відкривши канцерогенний ефект опромінення. У 1922 р. Бек надрукував дані щодо виникнення саркоми кісток після інтенсивної рентгенотерапії у хворих на кісткову форму туберкульозу. У 1929 р. Мартланд сповістив про розвиток саркоми кісток у працівників підприємств в США, де використовувалися такі радіоактивні речовини як радій та мезоторій. Застосування у пацієнтів торотрасту (диоксида торію) в якості рентгеноконтрастної речовини в 30–40-х рр. минулого століття в подальшому призвело до збільшення у них захворюваності на пухлини печінки, нирок, легень, а також саркоми верхньощелепних пазух.

Наявні на теперішній час епідеміологічні дослідження свідчать про достовірний зв'язок виникнення онкологічної патології з дією ІВ. Розрахунки, які базуються на екстраполяції епідеміологічних даних, показали, що вплив ІВ в дозі 1 мЗв протягом життя призводить до додаткової появи 495 випадків злоякісних новоутворень і 65 випадків лейкемії (з розрахунку на 100 тис. населення) [18]. Загалом, 3–5 % всіх

злоякісних захворювань людини обумовлені дією радіаційного чинника [22, 23]. Внаслідок радіаційного впливу можуть виникати злоякісні пухлини будь-якої локалізації, але найбільш високі ризики розвитку онкологічних захворювань кровотворної системи, новоутворень шкіри, кісток, легень, молочної і щитоподібної залоз, яєчників [6].

Серед злоякісних захворювань, індукованих ІВ, суттєву частку становить рак різноманітної локалізації. Оцінка ризику захворюваності на рак внаслідок опромінення проводиться рядом установ, насамперед Науковим комітетом по дії атомної радіації (НКДАР) ООН, Комітетом Національної академії наук США по біологічним ефектам ІВ (BEIR), Міжнародною комісією з радіологічного захисту (ICRP). Ці оцінки отримані, в основному, при вивченні стану здоров'я осіб, які були опромінені внаслідок бомбардування в Японії (Хіросіма і Нагасакі), при дослідженні різноманітних груп населення, яке зазнало опромінення в терапевтичних або діагностичних цілях, або контактувало з ІВ в якості професійного чинника.

В доповіді НКДАР ООН 1988 р. рекомендовано, що "для прогнозування ризику необхідно враховувати дозу опромінення, отриману кожною окремою людиною". В доповіді НКДАР ООН (2000 р.) прямо вказано, що для прогнозу ризику раку у опроміненних контингентів необхідно застосувати для екстраполяції дані з використанням емпіричних моделей, які базуються виключно на окремих відрізках життя індивідів.

Досвід спостереження за населенням Японії, яке пережило атомне бомбардування,

свідчить, що середня одномоментна доза зовнішнього опромінення 22,0 сГр індукувала зростання злоякісних захворювань в цій когорті, який почався з лейкемії і сягнув максимуму через 10 років після опромінення. На теперішній час вивчення наслідків атомного бомбардування в Хіросіма і Нагасакі є найбільш сучасним вагомим дослідженням, яке показало чітку залежність лейкомогенного ефекту від дози опромінення, а також дозволило розрахувати ризику в залежності від поглинутої дози [33].

Аналіз частоти захворюваності на злоякісні пухлини серед жителів Нагасакі через 30 років після атомного бомбардування [34] свідчить про значне зростання кількості злоякісних пухлин порівняно з контролем; дозозалежне зростання вікової частоти злоякісних пухлин; обернено пропорційну залежність між віком опромінення і латентним періодом виникнення злоякісних пухлин; в спектрі епітеліальних пухлин першими солідними пухлинами були рак щитоподібної залози, в подальшому – рак шийки матки, хоріокарцинома і рак молочної залози у жінок репродуктивного віку (який зростає через 10 років після опромінення). Серед опроміненого населення мало місце підвищення частоти захворюваності на рак легень, шлунку, товстого кишківника, печінки, яєчників, сечового міхура і шкіри.

Моніторинг протягом 30 років населення Східно-Уральського радіоактивного сліду зазнало комбінованої (зовнішньої і внутрішньої) дії хронічного опромінення в діапазоні малих і середніх доз в результаті аварії 1957 р. на ПО "Маяк" (хронічне зовнішнє γ -опромінення у діапазоні доз 0,03–4,3 сГр, поглинуті дози на червоний кістковий мозок (КМ) – 0,6–210 сГр) виявлено достовірне збільшення смертності від злоякісних пухлин порівняно з контролем [8].

При оцінці ризиків раку внаслідок опромінення малими дозами або дозами, пролонгованими в часі, існує ряд невизначеностей. Неоднозначними є погляди щодо діапазону малих доз. Ряд дослідників (переважно спеціалісти в області радіаційної гігієни) вважають такими дози, які наближаються до фонових рівнів, або перевищують природний фон на 1–2 порядки. За даними інших авторів, значення малих доз варіює в межах 0,01–0,1 Зв. Ряд вчених приймають за малі дози, які не перевищують 1 Зв, а стосовно аварії на Чорнобильській АЕС – дози порядку 0,2 Зв. Спеціалісти Фонду наукових досліджень (Японія) вважають, що малими є дози в діапа-

зоні до 0,2 Зв. Деякі дослідники до категорії малих доз відносять дозові навантаження порядку 0,1–1,0 Зв. На думку окремих дослідників малі дози – це дози, прийняті в медичній радіології – до 0,5 Зв. За даними НКДАР ООН, до даної категорії доз слід віднести дози, що не перевищують 0,2 Зв. МКРЗ, ВЕІР та ряд інших міжнародних організацій, які регламентують питання ядерної безпеки, провели незалежну оцінку ефектів ІВ [11] і встановили межі доз, які ґрунтуються на різному ступені чутливості органів та тканин. У 1977 р. МКРЗ визначив допустиму еквівалентну дозу за рік для населення 0,5 сЗв. У 1985 р. була рекомендована експозиція, яка протягом життя не перевищує 0,1 сЗв на рік.

Зазвичай припускається, що існує лінійна залежність канцерогенних ефектів для діапазону малих доз, тобто ризик захворіти на рак прямо пропорційний поглинутій дозі. Оскільки рак – захворювання, яке виникає внаслідок різноманітних причин, лінійна безпорогова залежність від впливу ІВ не може бути перевірена. Однак, існує достатньо багато радіобіологічних свідочств на користь цієї теорії і саме вона використовується з метою захисту здоров'я населення, зокрема при встановленні відповідних стандартів щодо допустимих рівнів опромінення.

Актуальним є питання щодо необхідності розрахунку ризику захворюваності на рак в подальшому періоді після впливу радіаційного чинника. На даний час найбільш вагомі результати отримані при використанні моделі відносного ризику, відповідно до якої ризик захворіти на рак оцінюється як пропорційний "спонтанному" або "природному" ризику. Відповідно до даної моделі, слід чекати зростання кількості випадків захворюваності на рак внаслідок дії ІВ по мірі збільшення віку опромінених осіб.

Важливим є встановлення взаємозв'язку між відносною біологічною ефективністю випромінювання та енергією випромінювання. Є дані щодо більш високої "ефективності" впливу низькоенергетичних нейтронів та α -частинок щодо біологічного ушкодження організму порівняно з високоенергетичними частинками (з розрахунку на одиницю абсорбованої дози). Внаслідок цього, загальноприйняті положення, основані на незмінності якісних характеристик радіаційного чинника, можуть призводити до неточної оцінки дози.

Існують також невизначеності, пов'язані з впливом малих доз та швидкістю їх накопичення при опроміненні ІВ низької інтенсивності

(low-LET). Висновки BEIR, ICRP і ряду інших організацій свідчать, що малі дози і швидкість їх накопичення при опроміненні низько інтенсивним ІВ менш небезпечні з точки зору ймовірності захворіти на рак та лейкемію, ніж при високих дозах та високих темпах їх накопичення (тобто при низьких дозах і темпах накопичення ефект не є лінійним). Незважаючи на потенційні обмеження, більшість перспективних оцінок щодо захворюваності на рак продовжує ґрунтуватись на використанні чинників ризику, розрахованих офіційними комітетами з радіаційного захисту. Ці дані потребують подальших епідеміологічних досліджень.

Аналіз медичних наслідків аварії на Чорнобильській АЕС підтверджує існуючі погляди щодо детерміністичних ефектів опромінення. За результатами 25-річного спостереження за постраждалими внаслідок аварії на ЧАЕС встановлене зростання частоти злоякісних захворювань серед УЛНА 1986–1987 рр. [2].

Попередніми дослідженнями показано, що пухлини репродуктивної системи в структурі захворювань на злоякісні новоутворення серед жіночої частини населення України займають провідне місце – 36 % всіх випадків раку, що діагностуються. Аналіз показників захворюваності до (1977–1985 рр.) і після Чорнобильської катастрофи (1986–1994 рр.) показав значне зростання окрім числа випадків раку молочної залози, матки та яєчників [10].

Динаміка захворюваності на рак молочної залози серед постраждалого жіночого населення України була наступною: для жінок-УЛНА цей показник зріс впродовж 1990–2004 рр. у 1,9 рази в порівнянні з показниками відповідних вікових груп жіночого населення; для евакуйованих жінок – в 1,6 рази. В табл. 1 наведені стандартизовані показники захворюваності на рак молочної залози у різних групах постраждалого жіночого населення України.

Через 25 років після аварії серед усіх форм

неоплазій найбільшого рівня сягала захворюваність на рак щитоподібної залози (у 5,6 разів) (табл. 2) [2]. Захворюваність на рак молочної залози перевищувала очікуваний рівень для даної категорії осіб жіночої статі у 1,5 рази. Прогнозується підвищена захворюваність і смертність від злоякісних новоутворень для опромінених внаслідок аварії на ЧАЕС протягом найближчих 40 років.

Ендокринна система також є високочутливою щодо впливу ІВ. Серед стохастичних наслідків опромінення ендокринної системи значну частку становить тиреоїдна патологія. У дітей, які проживали в шатах Юта та Невада і були опромінені в результаті випадіння осадків після випробувань атомної зброї на полігоні Невада протягом 50-х років минулого століття, мало місце збільшення частоти всіх випадків раків щитоподібної залози [25]. Високий рівень радіоактивних осадків внаслідок термоядерних випробувань зумовив дозозалежне зростання частоти раків щитоподібної залози у жителів Маршалових островів, опромінених в дитинстві, у опромінених внаслідок атомного бомбардування в Японії, у постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС [12, 14].

Починаючи з 1989 р. встановлене зростання захворюваності на рак щитоподібної залози у дитячого населення України. За даними Інституту ендокринології та обміну речовин НАМН України, протягом 1989–2004 рр. було прооперовано 3400 дітей, хворих на рак щитоподібної залози. Починаючи з 2001 р. захворюваність знаходилась в межах 311–374 випадки, без тенденції до зниження, переважна кількість нових випадків реєструвалась серед тих дітей, вік яких не перевищував 14 років на момент опромінення.

Серед УЛНА 1986–1987 рр. після 2001 р. зареєстровано прогнозований надлишок тиреоїдного раку (серед чоловіків – перевищення загальнонаціонального рівня в 4 рази, загалом за період 1998–2004 рр. – у 9 разів; серед жінок –

Таблиця 1. Стандартизовані показники захворюваності на рак молочної залози у різних групах постраждалого жіночого населення України (дані ДУ "НЦРМ НАМН України")

Групи (період спостереження 1990–2004 рр.)	Очікувана кількість випадків	Виявлена кількість випадків	Стандартизований показник ризику, SIR (%)	95 % довірчий інтервал
Жінки-учасниці ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС	100,2	279	278,5	245,8–311,2
Жінки, евакуйовані з 30-км зони	254,1	198	77,9	67,1–88,8
Жінки – мешканки радіоактивно забруднених територій	1153,1	756	65,6	60,9–70,2

УЛНА, відповідно, в 9,7 і 13 разів). Зареєстровано також неочікуване підвищення частоти виникнення раку щитоподібної залози в інших групах населення: у евакуйованих – у 4 рази впродовж 1990–1997 рр. і в 6 разів протягом періоду 1998–2004 рр.; у дорослого населення, яке мешкає на радіаційно забруднених територіях – у 4 рази в 1990–2004 рр. порівняно з 1980–1989 рр. (табл. 3) [3]. Вперше доведена залежність між рівнями випадіння ізотопів радіоактивного йоду і захворюваності на рак щитоподібної залози у дітей та дорослих із зростанням даного показника в подальші роки.

Подібні дані щодо онкологічної патології в цілому отримані науковцями Росії і Білорусі. Відповідно до даних Національного радіаційно-епідеміологічного реєстру Росії протягом 1992–2006 рр. відмічено підвищення онкологічної захворюваності серед УЛНА на 20 % порівняно з національним рівнем [5]. Виявлена кореляція показників онкологічної захворюваності УЛНА з величинами дозових навантажень.

Моніторинг постраждалого внаслідок Чорнобильської катастрофи населення Росії (Білгородська обл.) виявив наступні особливості росту онкологічної патології: більш виражене зростання протягом першого та другого п'ятирічних періодів спостереження (1986–1990 рр. і 1991–1995 рр.) та поступове зниження протягом 1996–2000 рр. Відповідно до статі постраждалих,

показники росту захворюваності на злоякісні пухлини протягом вищенаведених періодів спостереження для чоловіків становили 10,3, 12,4 і 5,1 %, для жінок – 7,3, 12,4 і 8,8 %. Більш високий темп росту онкологічної захворюваності встановлено у дітей віком 0–14 років (у хлопчиків – на 50 %, дівчаток – на 60,3 %), максимальне підвищення – у осіб віком від 70 років (у чоловіків – на 105,3 %, жінок – на 210,6 %) [6].

Серед постраждалого внаслідок аварії на ЧАЕС населення Росії та Білорусі також відмічено суттєве зростання числа випадків раку щитоподібної залози, особливо у тих, хто на момент аварії були дітьми або підлітками [1, 10, 27]. Мінімальний латентний період для розвитку радіаційно обумовленої тиреоїдної патології становив 5–6 років, з максимальним ефектом через 10 років після опромінення.

Суттєву роль в індукції пухлин має шлях потрапляння радіонукліда до організму. Дані міжнародних організацій, які регламентують питання ядерної безпеки, свідчать, що до 10 % раку легень можуть бути зумовлені впливом радону приміщень [18]. Дослідження особливостей інгаляційного впливу радіоактивного плутонію (^{239}Pu) свідчить про його роль в індукції бронхопальмональної карциноми [1]. Проведено ряд досліджень щодо епідеміології раку легень у працівників підприємств по виробленню плутонію, визначенню дозових на-

Таблиця 2. Захворюваність УЛНА на ЧАЕС на окремі форми злоякісних новоутворень (дані ДУ "НЦРМ НАМН України")

Група постраждалих (період спостереження) та нозологія за МКХ-10	Очікувана кількість випадків	Виявлена кількість випадків	Стандартизований показник ризику, SIR (%)	95 % довірчий інтервал
УЛНА 1986–1987 рр. (2004–2007 рр.): злоякісні новоутворення (C.00-C.96)	6649	7190	108,1	105,6–110,6
УЛНА 1986–1987 рр. (2004–2007 рр.): рак щитоподібної залози (C.73)	53	299	564,2	500,2–628,1
УЛНА 1986–1987 рр. (2004–2007 рр.): рак молочної залози (C.00-C.96)	149	226	151,7	131,9–171,5

Таблиця 3. Стандартизовані показники захворюваності на рак щитоподібної залози у різних групах постраждалого населення України (дані ДУ "НЦРМ АМН України")

Групи за період спостереження (1990–2004 рр.)	Очікувана кількість випадків	Виявлена кількість випадків	Стандартизований показник ризику, SIR (%)	95 % довірчий інтервал
УЛНА	28,1	156	554,3	467,3–641,3
Евакуйовані з 30-км зони	31,1	175	563,5	480,0–647,0
Мешканці радіоактивно забруднених територій	151,5	247	163,1	142,7–183,4

вантажень у них, розрахунку ризиків і порогів дозових навантажень, які ініціюють дане захворювання [7]. Встановлено, що у працівників підприємств по виробленню плутонію рак легень частіше має вузлову форму (45,8 %) і центральну локалізацію (48,6 %) з переважно периферичним ростом (60,0 %), частіше метастазує в печінку (51,4 %), наднирники (45,8 %) і нирки (22,2 %) [1]. Найбільш високою метастатичною активністю характеризуються дрібноклітинні карциноми і карциноми змішаної гістологічної структури.

Детерміністичні наслідки впливу ІВ щодо кровотворної системи включають різноманітні види лейкозів, мієлодиспластичного синдрому (МДС), хронічних мієлопроліферативних захворювань (ХМПЗ). Епідеміологічні оцінки ризику виникнення радіоіндукованих лейкозів при професійному опроміненні були отримані на основі даних спостереження за рентгенологами і радіологами [15, 31], а також працівниками атомної промисловості США, Канади, Великобританії та інших країн [26, 13].

Зростання частоти виникнення лейкозів, в тому числі – ХМЛ, має місце у професійних робітників підприємств атомної промисловості; у пацієнтів, опроміненних в медичних цілях; у осіб, які зазнали опромінення внаслідок технологічних аварій (населення, яке проживало поблизу р. Теча) [9, 16, 20]. Обстеження персоналу ПО "Маяк" по виробництву плутонію (^{239}Pu) свідчить про лійну залежність підвищення ризику смерті від лейкозів при пролонгованому зовнішньому гама-опроміненні в діапазоні від 1 до 10 Гр, який становить 1,9 (95 % довірчий інтервал 0,9–3,8) на 1 Гр [9]. Мінімальна величина латентного періоду для смерті від радіогенної лейкозії сягає 2 років. Найбільший ризик смерті від лейкозії має місце в перші 2–5 років після опромінення.

Динамічний моніторинг за опроміненними внаслідок атомного бомбардування в Хіросімі та Нагасакі показав, що найвища частота лейкозів (особливо ХМЛ) спостерігалась в період з 1955 по 1959 рр. у осіб (переважно чоловіків), вік яких на момент опромінення становив до 29 років і які знаходились на відстані до 1500 м від епіцентру вибуху [28]. Мієлоїдні форми лейкозії становили перевищували 50 % всіх радіаційно-індукованих лейкозів.

Мієлодиспластичний синдром також відносять до категорії радіаційно-індукованих захворювань гемопоетичної системи. Панцитопенія і зміни КМ, подібні до МДС, виявлені у

робітників, які протягом тривалого проміжку часу працювали за умов впливу радону (^{226}Ra і ^{228}Ra). Підвищена захворюваність на вторинний МДС відмічається у осіб, яким проводилось радіаційна терапія з приводу спондиліту [17].

Дослідження [19] по виявленню гематологічних захворювань у осіб, які пережили атомне бомбардування, свідчить про наявність у частини з них клінічних проявів, які можуть бути розцінені як ознаки МДС. Аналіз морфологічних особливостей препаратів КМ 190 випадків лейкозії у постраждалих, які знаходились на відстані до 9000 м від епіцентру вибуху, призвів до рекласифікації 11 випадків ГЛ в МДС. Це свідчить про необхідність переоцінки даних дослідження "Life Span Study" в Хіросімі та Нагасакі з урахуванням сучасних класифікацій онкогематологічних захворювань. Показано, що для виявлених випадків МДС у опроміненних характерною була гіперклітинність КМ. Підвищений ступінь виявлення фібротичних змін КМ характерний для вторинного МДС і має місце у 15–20 % хворих. Іншими дослідженнями показано, що наявність гіпоклітинного і фібротичного КМ ускладнює діагностику мієлодисплазій.

Дані аутопсій, які проводились в 60-ті рр., свідчать про підвищену частоту виникнення такого різновиду хронічних мієлопроліферативних захворювань як ідіопатичний остеомиєлофіброз у опроміненого японського населення, виявлена залежність частоти виникнення даного захворювання від знаходження об'єкту відносно епіцентру вибуху [29].

У дитячого населення штатів Юта і Невада, які зазнали впливу радіаційного чинника внаслідок випробувань атомної зброї на полігоні Невада протягом 1950-х років, відмічено зростання частоти випадків гострої лейкозії. Збільшення захворюваності на гостру лейкозії було виявлено у Великій Британії у дітей – мешканців регіонів, де знаходяться заводи по переробці ядерних матеріалів (Селлафілд, Даунрей) [19].

В Україні через 25 років після аварії з'явилась тенденція до зростання числа випадків лейкозії серед УЛНА, що одержали значні дози опромінення: серед реконвалесцентів ГПХ було зареєстровано 4 випадки онкогематологічних захворювань.

Аналіз радіаційних ризиків лейкозії в когорті понад 110 000 УЛНА в рамках українсько-американського епідеміологічного дослідження [21, 32] показав, що в перші 15 років після опромінення виявлено додатковий надлишковий

Таблиця 4. Ризики лейкемії в УЛНА на ЧАЕС (за даними спільного українсько-американського проекту з дослідження лейкемії, жовтень 2010 р.)

Період спостереження	Відносний надлишковий ризик, ERR	95 % довірчий інтервал	Ступінь вірогідності, p
1986–2000	3,44	0,47–9,78	<0,03
1986–2006	1,37	0,08–3,78	0,03

ризик лейкемії (табл. 4), протягом останніх 5 років має місце зниження радіаційних ризиків серед УЛНА. Протягом 1986–2000 рр. серед УЛНА чоловічої статі виявлено збільшення числа випадків хронічної лімфатичної лейкемії (ХЛЛ) порівняно з аналогічними показниками по Україні в цілому (60 % проти 42 %). Відсоток УЛНА відносно неопромінених, хворих на гостру мієлоїдну лейкемію, становить, відповідно, 6 % проти 13 %, для осіб з хронічною мієлоїдною лейкемією – 17 % проти 12 %.

Серед мешканців забруднених радіонуклідами територій відповідно до результатів дослідження франко-німецької Чорнобильської ініціативи експерсу лейкемії не виявлено. Дані щодо захворюваності на лейкемії дітей, опромінених внутрішньоутробно, потребують подальшої верифікації.

За даними Національного радіаційно-

епідеміологічного реєстру Росії, починаючи з 1992–1995 рр. серед УЛНА зареєстровано майже подвійне збільшення частоти захворюваності на лейкемії, у тому числі – ХМЛ, порівняно зі спонтанною. У наступні роки спостереження (1996–2000 рр.) захворюваність УЛНА почала зменшуватись і наблизилась до популяційного рівня [30, 24]. Однак, цей феномен потребує подальшого уточнення.

Узагальнюючи наведені вище дані, слід зазначити, що у спектрі етіологічних чинників виникнення злоякісних пухлин, у т. ч. – захворювань гемопоєзу, ІВ належить суттєва роль. Результати клінічних спостережень за опроміненими особами підтверджують наявність у них підвищеної частоти розвитку і певних особливостей перебігу онкологічних захворювань, що зумовлює необхідність тривалого клініко-епідеміологічного моніторингу даних контингентів.

ИНДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ ЭФФЕКТЫ ИЗЛУЧЕНИЯ: КАНЦЕРОГЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ

Ткаченко М.Н., Любарец Т.Ф.

Резюме. В обзоре представлены результаты клинических и эпидемиологических исследований по выявлению злокачественных заболеваний разнообразной локализации у лиц, подвергшихся воздействию ионизирующего излучения. Представлены данные о заболеваемости опухолями молочной и щитовидной железы, бронхо-легочной и кроветворной систем у облученных в разных дозах лиц.

Ключевые слова: индетерминистические эффекты, ионизирующее излучение, рак, лейкемия, миелодиспластический синдром.

INDETERMINISTIC EFFECTS OF IONIZING RADIATION: CANCER ASPECTS OF THE PROBLEM

Tkachenko M.N., Liubarets T.F.

Abstract. The results of clinical and epidemiological investigations on cancer diseases with different localization in irradiated persons are revealed in review. The data on mechanisms of morbidity of mamma, thyroid, broncho-pulmonary, blood cancer in exposed to different doses of ionizing radiation persons are analysed.

Key words: indeterministic effects, ionizing radiation, cancer, leukemia, myelodysplastic syndrome.

Список літератури в редакції: visnyk_nmu@mail.ru