

ЦИТОГЕНЕТИЧНІ ЕФЕКТИ В ЛІМФОЦИТАХ ПЕРИФЕРІЙНОЇ КРОВІ ПЕРСОНАЛУ ПІДРЯДНИХ ПІДПРИЄМСТВ ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ»

З метою індикації впливу іонізуючого опромінення на людину в процесі професійної діяльності, проведено цитогенетичне обстеження персоналу підрядних підприємств, який залучений до створення нового конфайменту на об'єкті «Укриття» ДСП ЧАЕС (ОУ). Виявлено, що частота маркерів радіаційного впливу в обстеженій групі, вірогідно, перевищує значення у групі контролю. Високий рівень цитогенетичних пошкоджень, наявність «обтяжених» клітин і клітин з фрагментованою хромосомою та невідповідність виявлених ефектів отриманим дозам може вказувати на невраховане опромінення до роботи на ОУ та можливу інкорпорацію радіонуклідів під час професійної діяльності на ОУ.

Ключові слова: аберації хромосом, лімфоцити людини, іонізуюче опромінення, професійна діяльність.

С целью индикации влияния ионизирующего излучения на человека в процессе профессиональной деятельности проведено цитогенетическое обследование персонала подрядных предприятий, который задействован в строительстве нового конфаймента на объекте «Укрытие» ГСП ЧАЭС (ОУ). Выявлено, что частота маркеров радиационного влияния в обследованной группе достоверно превышает значения в группе контроля. Высокий уровень цитогенетических повреждений, наличие «отягощенных» клеток, клеток с фрагментированной хромосомой и несоответствие выявленных эффектов полученным дозам может свидетельствовать о неучтенном облучении до работы на ОУ и возможной инкорпорации радионуклидов во время профессиональной деятельности на ОУ.

Ключевые слова: аберации хромосом, лимфоциты человека, ионизирующее излучение, профессиональная деятельность.

Cytogenetic examination of contracting staff of enterprises involved in new confinement building at SSE ChNPP Shelter object was conducted to indicate ionization exposure influence on human in the process of professional activity. It was found that the frequency of radiation exposure influence markers is significantly higher in examined group comparing with control group. High level of cytogenetic damages, presence of «burdened» cells and cells with fragmented chromosome, discrepancy between founded effects and doses may indicate unaccounted exposure before work on Shelter object and possible radionuclide incorporation.

Key words: chromosomal aberrations, lymphocytes person, ionizing radiation, profession.

Вступ

Об'єкт «Укриття» ДСП ЧАЕС – це унікальний об'єкт, що за своїми радіаційно-ядерними характеристиками не має світових аналогів. У нинішньому стані ОУ класифікують як тимчасове сховище сотень тон радіоактивних відходів (РАВ) осколкового і паливного типу, що перебуває у стадії стабілізації й реконструкції. Саркофаг, побудований у 1986-87 рр., практично вичерпав свої можливості із захисту людей і довкілля від впливу радіоактивних матеріалів, що знаходяться в ньому. Тому, починаючи з 2004 р., на об'єкті «Укриття» реалізується план здійснення заходів, спрямованих на перетворення його в екологічно безпечну систему. На даний час на ОУ роботи виконує

дві категорії персоналу: постійний персонал, який здійснює поточний контроль за радіаційною ситуацією в об'єкті і мінімізує її вплив на довкілля, і персонал підрядних організацій, залучений до робіт із створення нового конфайменту. За оцінками [1], до кінця 2012 р. на підрядних роботах буде задіяно 12 тис. людей різних спеціальностей. Вони належать до персоналу категорії А. Для забезпечення радіаційного захисту персоналу А встановлено ліміт дози індивідуального профопромінення. Згідно з рекомендаціями МКРЗ [2] і відповідно до НРБУ-97 [3], він складає 20 мЗв ефективної дози опромінення за рік, при цьому допускається її збільшення до 50 мЗв за умови, що середньорічна доза опромінення впродовж 5 років

поспіл не перевищить 20 мЗв. Для виконання окремих видів робіт в умовах об'єкта «Укриття» ДСП ЧАЕС Міністерством охорони здоров'я України встановлено ліміт дози до 35 мЗв.

При виконанні робіт у складних радіаційно-шкідливих умовах ОУ персонал підпадає під вплив радіонуклідів ^{137}Cs , ^{90}Sr та трансуранових елементів (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{241}Am) за можливості їх інгаляційного, у вигляді полідисперсних аерозолів, а, можливо, й перорального надходження до організму. Ці радіонукліди високо-радіотоксичні, а детектування їх (за винятком ^{137}Cs) безпосередньо в тілі людини практично неможливе. Вони надійно визначаються лише в біопробах (зразках сечі і фекалій), що потребує трудоміких методик, тому ними охоплюються лише групи ризику підрядного персоналу.

Всі роботи, що виконуються на об'єкті «Укриття», за гігієнічними нормативами належать до класу робіт у особливо небезпечних і шкідливих умовах праці. Водночас, на даному етапі їх вимушені класифікувати як «нормальна практика».

Відомо, що за чутливістю до дії радіаційного фактору людська популяція не однорідна: 14-20 % людей радіорезистентні, 10-20 % – мають підвищену радіочутливість і 7-10 % – гіперрадіочутливі [4]. Причому зі зменшенням величини дози і потужності дози опромінення варіабельність індивідуальної радіочутливості збільшується. Крайні форми радіочутливості у людей можуть відрізнятися між собою в декілька разів [5]. Виходячи з цього, реакцію організму, навіть при відомій фізичній дозі, передбачити складно. Для оцінки ступеня важкості радіаційного впливу на людину в процесі професійної діяльності доцільно використання біологічних маркерів такої дії.

Біологічні маркери радіаційного ураження – це кількісно визначені зміни, що відбуваються в біологічних системах унаслідок впливу іонізуючого випромінювання. Інформативність біологічних маркерів підвищується, якщо досліджуються їх рівні до початку роботи (вхідний контроль), періодично в процесі роботи (інспекційний контроль) і після її завершення (вихідний контроль). Біоіндикація повинна бути невід'ємною частиною радіологічного захисту при виконанні робіт у складних радіаційних умовах, особливо у випадках, коли припускається можливість неврахованого опромінення. Найбільш ранній і чутливий індикатор впливу іонізуючого випромінювання на людину – це цитогенетичні зміни в соматичних клітинах. Цитогенетичне обстеження дозволяє зареєструвати зміни в геномі клітин організму ще до будь-яких клінічних проявів впливу радіаційного фактору і дає підстави для оцінки можливого ризику для здоров'я. Однією з головних переваг використання аналізу хромосомних аберацій є радіаційна специфічність певних типів пошкоджень хромосом. За

рекомендацією ВООЗ і МАГАТЕ культуру лімфоцитів периферійної крові використовують як офіційну тест-систему для цитогенетичної індикації і дозиметрії впливу радіаційного фактору на організм людини [6; 7].

Виходячи з викладеного, метою роботи була оцінка впливу сучасних умов роботи на об'єкті «Укриття» ДСП ЧАЕС на генетичний матеріал на рівні хромосом лімфоцитів крові персоналу підрядних підприємств.

Характеристика суб'єктів обстеження

При виконанні роботи були обстежені такі групи людей (табл. 1):

1. Підрядний персонал об'єкта «Укриття» ДСП ЧАЕС – 22 особи чоловічої статі віком від 22 до 39 років, які працюють на ОУ з 2009-2010 рр. Фактична тривалість їх роботи в локальній зоні ОУ (у вахтенному режимі 15/15 днів) – максимум 1,5 роки. До роботи в ОУ вони не мали професійних контактів із радіаційними та хімічними мутагенами. Ці люди постійно проживають на територіях, що офіційно не віднесені до зон радіоактивного забруднення, а саме у містах Донецьк, Славутич, Чернігів, Нова Каховка та в Чернігівській, Сумській, Хмельницькій областях. Постійні місця їх роботи – ДП Прип'ятське монтажне управління ВАТ Південьтеплоенергомонтаж (ДП ПрМУ ВАТ ПТЕМ), ДП Західно-українське монтажне управління ВАТ Південьтеплоенергомонтаж (ДП ЗУМУ ВАТ ПТЕМ), «Укртрансбуд» (УТБ), Укрбуденергомонтаж (УБЕМ). Група обстеження сформована з осіб, у яких при проведенні поточного (перед початком робочої зміни) біофізичного контролю у санітарному пропускнику 1430 (проммайданчик) були виявлені вимірювані рівні $^{239+240}\text{Pu}$ (понад 1,5 мБк) у пробах калу та мазках із порожнини носа. Як наслідок, вони були залучені до процедури проходження спеціального медикобіофізичного обстеження (включно і цитогенетичного) на базі клініки Наукового центру радіаційної медицини АМН України (НЦРМ) з метою перевірки факту системного надходження $^{239+240}\text{Pu}$ до організму. Дози їх зовнішнього опромінення, за даними лабораторії індивідуального дозконтролю ЧАЕС, зафіксовані в межах 2,67-20,43 мЗв. Згідно з опублікованими даними відділу дозиметрії НЦРМ, дози внутрішнього опромінення персоналу підрядних організацій не перевищують 2 мЗв. Концентрацію радіоаерозолів на їх робочих місцях у зоні дихання представлено в табл. 2.

2. Група порівняння (контроль) – 20 клінічно здорових осіб віком 21-39 років, які не мали свідомих контактів із радіаційними і хімічними чинниками. Група сформована з урахуванням регіону проживання, віку, статі, шкідливих звичок відповідно до групи підрядного персоналу.

Всі особи були залучені до обстеження за умов поінформованої згоди, що супроводжувалося опитуванням за спеціально розробленою анкетой.

Таблиця 1

Характеристика обстежених груп

Групи	Кількість обстежених осіб	Вік, роки	Професійний стаж, місяці	Доза зовнішнього опромінення, мЗв	Кількість проаналізованих метафаз
підрядний персонал	22	22-39 29,9 ± 1,1	3-18	2,67-20,43	9 148
контроль	20	21-39 27,6 ± 1,1	–	–	6 431

Таблиця 2

**Концентрація радіоаерозолів у зоні дихання на робочому місці
підрядного персоналу об'єкта «Укриття» ДСП ЧАЕС, Бк/м³**

Підрядне підприємство	β	α
ДП ПрМУ ВАР ПТЕМ	$1,26 \cdot 10^{-1} - 8,08 \cdot 10^{-1}$	$7,38 \cdot 10^{-3} - 4,41 \cdot 10^{-2}$
УБЕМ	$4,21 \cdot 10^{-2} - 1,27 \cdot 10^{-2}$	$5,95 \cdot 10^{-3} - 2,27 \cdot 10^{-2}$
УТЬ	$1,23 \cdot 10^{-2} - 5,1$	$5,54 \cdot 10^{-3} - 3,73 \cdot 10^{-1}$

Методика дослідження

Зразки венозної крові для дослідження брали у вакутейнери з напиленим гепарином («Becton Dickison», Англія). Культивування клітин крові та приготування цитогенетичних препаратів проводили відповідно до [7] з деякими модифікаціями. Тривалість культивування склала 48 годин для отримання клітин першого мітозу. Цитогенетичний аналіз лімфоцитів периферійної крові проводили класичним методом. Усього проаналізовано 15 579 метафазних клітин. Від однієї особи аналізували в середньому по 370 метафазних пластинок, що відповідали стандартним вимогам [8; 9]. Аналіз проводили з візуальним частковим каріотипуванням. Враховували аберації: кількісні – гіперплоїди (метафази з 47 хромосомами) і поліплоїди; та структурні – хроматидного типу (поодинокі фрагменти та обміни) і хромосомного типу (вільні парні фрагменти, точкові парні фрагменти, ацентричні кільця, дицентричні та кільцеві хромосоми, атипові моноцентрики). Пробіли не враховували. Визначали частоту абераційних клітин і хромосомних аберацій із розрахунку на 100 проаналізованих клітин. Аналізували розподіл хромосомних аберацій по клітинах. Клітини, що містять дві і більше аберації

хромосомного типу, з яких хоча б одна є хромосомним обміном, умовно назвали «навантаженими», а клітини з двома і більше хромосомними обмінами – «обтяженими».

Індивідуальні дози професійного зовнішнього опромінення персоналу об'єкта «Укриття» ДСП ЧАЕС були надані лабораторією індивідуального дозконтролю цеху радіаційної безпеки ЧАЕС.

Отримані результати досліджень опрацьовані з використанням комп'ютерних програм статистичної обробки «Origin-7.0», «STATISTIKA».

Результати та їх обговорення

Результати цитогенетичного обстеження підрядного персоналу наведено в табл. 3. Серед проаналізованих цитогенетичних показників у групі підрядного персоналу загальна частота структурних аберацій хромосом, сумарна частота аберацій хромосомного типу і частота міжхромосомних обмінів (маркерів радіаційного опромінення), вірогідно, перевищують такі в контрольній групі. Середньогрупова частота ексклюзивних маркерів – дицентриків + центричних кілець (нестабільних міжхромосомних обмінів) вища в три рази, а атипових моноцентриків (стабільних обмінів) – удвійчи порівняно з контролем.

Таблиця 3.

**Частота цитогенетичних показників у лімфоцитах периферійної крові
на 100 клітин (діапазон, $M \pm m$)**

Група	Кількість проаналізованих метафаз	Частота структурних аберацій хромосом	Частота аберацій хромосомного типу							
			хроматидного типу, всього	вільні парні фрагменти	точкові парні фрагменти, ацентричні кільця	дицентрики + центричні кільця			атипові моноцентрики	всього
						з фрагментами	без фрагментів	всього		
підрядний персонал (n=22)	9 148	1,77-9,4 *4,89 ± 0,33	0,88-4,0 2,22 ± 0,17	0,2-4,31 1,27 ± 0,21	0-1,2 0,36 ± 0,08	0-0,6 0,13 ± 0,04	0-1,2 0,34 ± 0,08	0-1,2 *0,56 ± 0,14	0-1,72 *0,62 ± 0,1	0,88-6,03 *2,68 ± 0,24
контроль (n=20)	6 431	2,4-6,1 4,1 ± 0,26	1,0-4,88 2,32 ± 0,23	0-1,76 1,0 ± 0,14	0-1,22 0,29 ± 0,07	0-0,05 0,08 ± 0,03	0-0,43 0,1 ± 0,03	0-0,58 0,18 ± 0,05	0-1,44 0,38 ± 0,09	0,68-3,0 1,79 ± 0,16

$p < 0,05$; * – між підрядним персоналом та контролем.

Середньогрупова частота дицентриків + центричних кілець у підрядного персоналу об'єкта «Укриття» становить $0,56 \pm 0,14$ % , а індивідуальна коливається від 0 до 1,2 % . Згідно з [10], середньопопуляційна спонтанна частота дицентриків і центричних кілець разом становить 0,13 % , а за даними [11] для країн колишнього СНД на 2000 рік – $0,08 \pm 0,008$ % . За

результатами нашого обстеження у групі контролю – $0,18 \pm 0,05$ % (табл. 3).

Середня частота атипових моноцентриків у групі підрядного персоналу становить $0,62 \pm 0,1$ % , а межі індивідуальних значень – 0-1,72 % (табл. 3). Відповідні показники в контролі $0,38 \pm 0,09$ (0-1,44) на

100 клітин (табл. 3), а середня популяційна частота в межах колишнього СНД за даними [11] – 0,02 %.

Дицентрики + центричні кільця із супровідними парними фрагментами виявлені у третини обстежених осіб. Наявність супровідних фрагментів при нестабільних обмінах, з великою долею ймовірності, свідчить про відносно недавнє опромінення клітин у периферійній крові [12]. Характерно, що в групі підрядного персоналу більша частина (68 %) нестабільних міжхромосомних обмінів не супроводжується парними фрагментами. Враховуючи, що фіксація культур клітин периферійної крові проводилася в першому мітотичному циклі, відсутність супровідних фрагментів вказує, ймовірно, на те, що клітини-носії цих аберацій пройшли після опромінення один чи більше циклів ділення в кістковому мозку і надійшли у периферійну кров уже маючи пошкодження. Обстежені нами особи працюють у локальній зоні об'єкта «Укриття» до 18 місяців. Отже, можливо, частина нестабільних міжхромосомних обмінів без супровідних фрагментів є результатом опромінення в цей період. Але цілком можливо, що високий рівень нестабільних аберацій без супровідних фрагментів є наслідком опромінення у попередній час. Обстежені особи обох груп на час Чорнобильської аварії були або немовлятами, або дітьми до 14 років, тобто найбільш радіочутливою категорією населення. Мутагенне навантаження, отримане в дитинстві, може виявлятися і у зрілому віці за підвищеним рівнем стабільних міжхромосомних обмінів і наявністю нестабільних обмінів у лімфоцитах крові. Це може суттєво заважати виявленню ефектів малих доз професійного опромінення у теперішній час.

За даними лабораторії індивідуального дозиметричного контролю ДСП ЧАЕС, обстежені нами особи отримали дози зовнішнього опромінення від 2,33 до 20,43 мЗв. Як відомо з [13], при рідкоіонізуючому опроміненні *in vitro* в дозах до 20 мГр частота дицентриків не перевищує достовірно їх спонтанний рівень. Більш того, при опроміненні в діапазоні 3-10 мГр частота дицентриків та ацентричних делецій була (іноді статистично достовірно) нижче контрольного рівня [13; 14]. Тобто, виявлені нами цитогенетичні ефекти не відповідають очікуваному (значно їх перевищують), виходячи з доз зовнішнього опромінення.

При аналізі розподілення аберацій по клітинах у десяти обстежених осіб (45,5 %) виявлено «навантажені» клітини, у шести (27,3 %) – по одній «обтяженій» клітині (з двома міжхромосомними обмінами). Частота клітин з двома міжхромосомними обмінами у групі підрядного персоналу – 0,6 на тисячу клітин, у контрольній групі – 0,15, тобто у підрядчиків у 4 рази більше. За даними [13], при гострому гамма-опроміненні крові поодинокі лімфоцити з двома нестабільними обмінами спостерігаються лише з дози 100 сЗв.

Класичних мультиаберантних клітин при цитогенетичному обстеженні ми не виявили, проте була зареєстрована клітина (в особи під кодовим № 40п) з множинним міжхромосомно-хроматидним обміном, у якому задіяно 7 хромосом (рис.1). До того ж у цієї особи виявили клітину з фрагментованою хромосомою і 2 «навантажені» клітини. Хоча зареєстрована доза зовнішнього опромінення у нього низька – 3,6 мЗв, стаж роботи – 7 місяців.



Рис. 1 Метафазна пластинка з множинним міжхромосомно-хроматидним обміном (вказано стрілкою)
Код. № 40 п, доза зовнішнього опромінення 3,6 мЗв.

У семи обстежених осіб були виявлені клітини з фрагментованою хромосомою: у шести – по одній такій клітині, у однієї особи – дві. Приклад клітини з

фрагментованою хромосомою зображено на рис. 2. Загалом у підрядного персоналу такі клітини зареєстровані з частотою 0,9/1000 клітин, у контрольній групі

вони не виявлені. Чіткої інтерпретації природи утворення фрагментованих хромосом у нас немає. Існує думка, що такі клітини – результат впливу вірусної інфекції. Можливо, умови проживання і праці обстежених підрядних осіб приводять до зниження імунітету і більшої чутливості організму до впливу різних інфекцій. Водночас ці люди працюють

в умовах можливого внутрішнього опромінення, тому ми не виключаємо і радіаційний механізм утворення таких пошкоджень. Сподіваємося, що подальші дослідження та отримання інформації про рівні доз зовнішнього і наявність внутрішнього опромінення підрядного персоналу дозволять дати більш чітке пояснення виявленим ефектам.

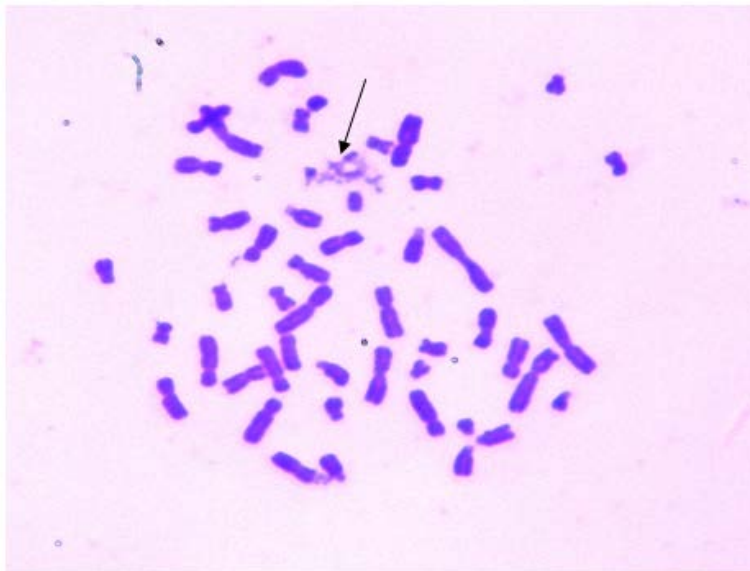


Рис. 2. Метафазна пластинка з фрагментованою хромосомою (вказано стрілкою).
Код. № 9 п, доза зовнішнього опромінення 8,98 мЗв.

Аналіз співставлення визначених цитогенетичних аберацій у групі персоналу підрядних підприємств із дозами їх зовнішнього опромінення не виявив кореляції між ними. Враховуючи значне підвищення частоти маркерів радіаційного впливу, при дозах зовнішнього опромінення, що не виходять за межі професійного ліміту, можливо допустити наявність у них внутрішнього опромінення за рахунок інкорпорації радіонуклідів, зокрема, трансуранових елементів.

Висновки

У групі осіб персоналу підрядних підприємств об'єкта «Укриття» ДСП ЧАЕС, який виконує роботи за планом здійснення заходів із перетворення об'єкта «Укриття» в екологічно безпечну систему, середня частота в лімфоцитах периферійної крові ексклюзивних нестабільних (дицентричних і кільцевих хромосом разом) і стабільних (аномальних моноцентриків) маркерів радіаційного впливу достовірно перевищує

відповідні рівні в контрольній групі і не відповідає отриманим дозам професійного зовнішнього опромінення (до 20 мЗв включно). Виявлені цитогенетичні ефекти, а також наявність у окремих осіб клітин з двома міжхромосомними обмінами, фрагментованою хромосомою свідчать про можливу ймовірність внутрішнього опромінення за рахунок інкорпорації радіонуклідів.

Враховуючи отримані результати проведеного цитогенетичного дослідження, а також те, що більшість працівників підрядних підприємств, залучених до робіт з будівництва нового конфайменту, є молодими людьми, доцільне проведення їх повторного (в процесі роботи) цитогенетичного обстеження, а також збільшення відповідної за віком обстеженої групи, тому що цілком можливо, що виявлений ефект від об'єкта мутагенне навантаження, отримане в дитинстві. Це і є метою наших подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нечаев С. Ю. Радиационно-гигиенические проблемы обеспечения радиационной безопасности персонала, который выполняет работы по перетворению объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему / С. Ю. Нечаев // Проблемы радиационной медицины та радіобіології. – 2009. – Вип. 14. – К.: ДІА, 2009. – С. 35-39.
2. ICRP Publication 60. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press. – 201 p.
3. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97); Державні гігієнічні нормативи. – Київ: Відділ поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. – 121 с.
4. Kovalev E. E., Smirnova O. A. Estimation of Radiation Risk Based on Concept of Individual Variability of Radiosensitivity. Bethesda: Armed Forces Radiobiol. Res. Instit. – 1996. – 201 p.
5. HLA-фенотипическая характеристика и субпопуляционная организация иммунокомпетентных клеток в формировании пострадиационных эффектов в детском возрасте / [Минченко Ж. Н., Базыка Д. А., Бебешко В. Г. и др.] // Медицинские последствия аварии на Чернобыльской атомной станции: моногр., в 3 кн. Клинические аспекты Чернобыльской катастрофы. Кн. 2. – К.: «Медэккол» МНИЦ БИО-ЭКОС. – 1999. – С. 54-69.
6. Guide to short-term tests for detecting mutagenic and cancerogenic agents. – Geneva: WHO, 1985. – 208 p.

7. Cytogenetic analysis for radiation dose assessment: a manual. – Vienna : International Atomic Energy Agency, 2001. – Technical reports series, № 405. – 127 p.
8. Бочков Н. П. Хромосомы человека и облучение / Н. П. Бочков // М. : Атомиздат. – 1971. – 168 с.
9. Guidelines for study of genetic effects in human populations // Environmental Health Criteria 46-WHO. – Geneva. – 1985. – 126 p.
10. Пяткин Е. К. Биологическая индикация дозы с помощью анализа aberrаций хромосом и количества клеток в периферической крови / Е. К. Пяткин, А. Е. Баранов // Итоги науки и техники. Радиационная биология. Т. – 3. Биологическая индикация лучевого поражения / [под редакцией Е. Ф. Романцева]. – М. : ВИНТИ, 1980. – С. 103-179.
11. Бочков Н. П. База данных для анализа количественных характеристик частоты хромосомных aberrаций в культуре лимфоцитов периферической крови человека / Н. П. Бочков, А. Н. Чеботарев, Л. Д. Катосова, В. И. Платонова // Генетика. – 2001. – Т. 37, № 4. – С. 549-557.
12. Бочков Н. П. Анализ типов aberrантных клеток – необходимый элемент биологической индикации облучения / Н. П. Бочков // Медицинская радиобиология. – 1993. – С. 32-35.
13. Pohl-Ruling, J., Fischer, P. and 16 others. Effect of low-dose acute x-irradiation on the frequencies of chromosomal aberrations in human peripheral lymphocytes in vitro // Mut.Res. – 1983. – V. 110. – P. 71 – 82.
14. Ллойд Д. К. Хромосомные повреждения в лимфоцитах человека, вызванные низкими дозами облучения / Д. К. Ллойд, А. А. Эдвардс. // Гемат. и трансфузиол. – 1993. – Т. 38, № 1. – С. 3-7.

Рецензенти: **Кутлахмедов Ю. О.**, д.б.н., професор;

Томілін Ю. А., д.б.н., професор.

© Тарасенко Л. В., Циганок Т. В., 2012

Дата надходження статті до редколегії: 24.04.2012 р.

ТАРАСЕНКО Лариса Василівна – м.н.с. лабораторії радіаційної цитогенетики та випробування радіофармпрепаратів, відділу радіоекології та радіобіології, Інституту ядерних досліджень НАН України (ІЯД), м.Київ.

Коло наукових інтересів: радіобіологія, цитогенетика.

ЦИГАНОК Тетяна Василівна – м.н.с. лабораторії радіаційної цитогенетики та випробування радіофармпрепаратів, відділу радіоекології та радіобіології, Інституту ядерних досліджень НАН України (ІЯД), м.Київ.

Коло наукових інтересів: радіобіологія, цитогенетика.