

## ЦИТОГЕНЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ СОМАТИЧНОГО МУТАГЕНЕЗУ ТВАРИН ЗА ВПЛИВУ МАЛИХ ДОЗ ІОНІЗУЮЧОГО ОПРОМІНЕННЯ

Костенко С.О.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ*

Досліджені цитогенетичні показники тварин великої рогатої худоби та свиней, які відтворюються в різних радіоекологічних умовах. Показано міжвидові відмінності дестабілізації каріотипів цих видів. Універсальною відповіддю на хронічний вплив іонізуючого опромінення виявилось підвищення частот клітин з анеуплоїдією та мікроядрами.

**Ключові слова:** велика рогата худоба, свиня свійська, анеуплоїдія, мікроядро, хромосомна аберація, іонізуюче опромінення.

**Cytogenetic indicators of somatic mutagenesis animals for the effect of small doses of ionizing radiation. Kostenko S.O.** – Investigated cytogenetic indicators cattle and pigs, which are reproduced in different radioecological conditions. Displaying interspecific differences destabilize karyotypes of these species. Universal response to the chronic effects of ionizing radiation are increasing the frequency of cells with micronuclei and aneuploidy.

**Key words:** cattle, pig, aneuploidiya, micronuclei, chromosomal aberrations, ionizing irradiation.

### ВСТУП

Отримання енергоресурсів за допомогою атомної енергетики, широке використання іонізуючого опромінення в різних галузях промисловості і сільського господарства, а також інтенсивні випробування ядерної зброї, атомні катастрофи та аварії обумовили зміни в середовищі існування живих організмів [1, 2]. Поява нових енергоємних технологій викликала накопичення в навколишньому середовищі забруднюючих речовин або полютантів, виникнення зон екологічного лиха. Серед проблем, пов'язаних з охороною навколишнього середовища, особливого значення набувають питання оцінки, прогнозування і запобігання генетичних наслідків забруднення та інших змін середовища проживання людини [3].

У сучасній радіобіології сформувалися два основних погляди на біологічні ефекти іонізуючого опромінення. Перший базується на тому, що іонізуюче опромінення пошкоджує організми в будь-якому випадку і потужність пошкоджень прямо пропорційна дозі. Другий полягає в тому, що іонізуюче випромінювання, що пошкоджує організми у великих дозах, у малих не викликає пошкоджень і стимулює життєві процеси в організмі [4, 5].

Робота присвячена дослідженню впливу іонізуючого опромінення на показники соматичного мутагенезу у двох видів свійських тварин – свині (*Sus scrofa*) та великої рогатої худоби (*Bos taurus*).

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Досліджували корів української чорно-рябої молочної породи господарств Київської області. СГВК «Мрія» с. Горностайпіль Іванківського району (6 гол.), СГВК ім. Мічуріна с. Дитятки Іванківського р-ну (14 гол.) знаходяться в зоні дії хронічного низькодозового іонізуючого опромінення (24-96 мкР/год.); СВК ім. Щорса Білоцерківського р-ну (24 гол.), СТОВ «Агросвіт» Миронівського р-ну (28 гол.), ТОВ «Княжичі» Броварського р-ну (6 гол.) знаходяться на територіях з експозиційною дозою опромінення 11-13 мкР/год. Досліджували свиноматок великої білої породи у віці 13 місяців після першого опоросу, які містилися в різних радіоекологічних умовах: 11-15 мкР/год / год (Волинської, Чернігівської та Дніпропетровської областей) та 96 мкР/год / год (Іванківського району Київської області).

Цитогенетичні препарати готували згідно з методикою, описаною А. Шельовим та В. Дзіцюк [6]. У процесі досліджень враховували кількісні порушення хромосом - анеуплоїдію (А-I;  $2n \pm 2$ , рис. 1) і (А-II;  $2n \pm 10$  рис.2), поліплоїдію (ПП), частоту клітин із асинхронністю розщеплення центромірних районів хроматид (АРЦХ, рис. 3), структурні аберації – розриви хромосом та хроматид (рис. 4). Мікроядерне тестування проводили на цих самих препаратах, підраховуючи двоядерні лімфоцити (ДЯ, рис. 5), одноядерні лімфоцити з мікроядрами (МЯ, рис. 6), мітотичний індекс (МІ). Частоту ДЯ, МЯ, МІ вираховували на 1000 клітин.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У таблиці 1 наведені дані показників цитогенетичної мінливості свиней.

Таблиця 1

### Показники цитогенетичної мінливості соматичних клітин *Sus scrofa*

Група	Регіон утримання	Кількість тварин	МЯ	ДЯ	АП
1	Волинська область	10	2,12±0,30***	0,49±0,11***	1,89±0,40
2	Чернігівська область	10	1,97±0,14***	0,33±0,11***	2,11±0,11
3	Дніпропетровська область	10	2,5±0,29****	1,53±0,14***	1,77±0,16
4	Іванківський район Київська область	15	7,13±0,82***	2,07±0,33***	1,4±0,81

\*\*\* – при  $p < 0,001$  (по частоті МЯ між 1 і 4, 2 і 4, 3 і 4 групами; по частоті ДЯ - між 1 і 4, 2 і 4, 1 і 3, 2 і 3 групами)

Дані, представлені в таблиці 1, свідчать про те, що тварини, що містяться в умовах фонового рівня опромінення, характеризуються частотою клітин з МЯ, характерною для контрольних показників ссавців [7]. Найвищий рівень лімфоцитів з МЯ був характерний для тварин, що утримуються в умовах підвищеного іонізуючого опромінення (4 група) - 7,13 ‰ ( $P > 0,999$ ).

За даними Hasanbasic Danica и Rukavina Dunja у свиней при опроміненні дозами 1-2 Гр спостерігається підвищення частоти мікроядер у лімфоцитах периферичної крові у порівнянні з неопроміненими тваринами. Слід зазначити, що в контролі досліджень кількість клітин з МЯ склала 5,8 ‰. При опроміненні дозою в 1 Гр у свиней було 35,8 ‰ клітин з МЯ, дозою в 2 Гр - 69,2 ‰. Збільшення дози опромінення до 3-х Гр призвело до зростання частоти клітин з МЯ до 76,2 ‰. Відсутність лінійної залежності між дозою опромінення і виходом МЯ автори пояснили насиченням клітин опроміненого організму хромосомними порушеннями при збільшенні дози опромінення і, відповідно, асоціаціями різних порушень між собою [8]. Результати цитогенетичного аналізу метафазних пластинок представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

**Результати цитогенетичного аналізу метафазних пластинок свиноматок, (%)**

Регіон утримання	Кількість метафаз	АІ	ПП	АРЦРХ	ХР	ХФ
Київська область	386	18,55±3,39 ***	2,98±1, 75	2,89±0,0 3	5,69±0,1 2*	1,32±0,0 2
Дніпропетровська область	343	4,52±0,03 ***	-	1,34±0,0 2	-	-
Волинська область	364	4,50±0,98 ***	1,73±0, 63	2,85±0,7 6	3,31±0,9 8*	2,11±0,8 4

\*\*\* - при  $P > 0,999$  \* - при  $P > 0,95$

Згідно з даними таблиці 2 у свиноматок, які утримуються на території з підвищеним радіаційним фоном, спостерігається статистично достовірне підвищення частоти анеуплоїдних метафаз і клітин з хроматидними розривами. У тварин, що утримуються в умовах хронічного низькодозового опромінення, були також виявлені метафазні пластинки з діцентричними і кільцевими хромосомами, які є цитогенетичними маркерами впливу іонізуючої радіації. Дані контрольних груп відповідали цитогенетичним показникам, отриманими іншими дослідниками [9].

Кореляційний аналіз отриманих даних свідчить про те, що між частотою анеуплоїдних та клітин з МЯ існує пряма залежність, яка зростає при впливі хронічного низькодозового опромінення. Якщо у свиноматок, що містяться в Дніпропетровській області, коефіцієнт кореляції був 0,662 ( $P > 0,99$ ), то в

Іванківському районі Київської області – 0,962 ( $P > 0,999$ ). Показники продуктивності досліджених тварин представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

### Показники продуктивності свиноматок при першому опоросі

Регіон	Багатоплідність, гол.	Поросят при відлученні, гол.	Збереженість, %	Аварійних опоросів, %
Київська область	10,75±0,386	8,63±0,430	80,63±3,026	8,33±0,260
Дніпропетровська область	11,75±0,81	8,9±0,57	89,25±0,68	3,33±0,2

У свиноматок, яких утримують в умовах хронічного низькодозового опромінення виявлені менші показники багатоплідності і збереження поросят. Більш високий відсоток аварійних опоросів у тварин, які відтворюються на радіаційно неблагополучних територіях, а також супутня йому підвищена частота анеуплоїдних клітин може свідчити про те, що хронічне низькодозове опромінення призводить до втрат потомства внаслідок анеуплоїдії. На користь цього припущення говорить наявність кореляції ( $r = -0,75$ ) між частотою анеуплоїдних клітин і багатоплідністю, а також даних про те, що у тварин з підвищеною частотою анеуплоїдії спостерігається збільшення відсотка мертвонароджених поросят [10].

Показники цитогенетичної мінливості корів, представлені в таблицях 4-5, свідчать про те, що контрольні показники соматичного мутагенезу корів знаходяться в межах спонтанної мінливості, характерної для ссавців в умовах відсутності генотоксичного впливу факторів мутагенезу [7].

Таблиця 4

### Цитогенетичні показники корів

Господарство		МЯ, %	ДЯ, %	МІ, %
a	СВК ім. Щорса (n=24)	2,2±1,3***	2,9± 1,2	4,1± 2,7
b	СТОВ «Агросвіт» (n=28)	3,4±1,9*	4,0± 2,28	8,0±5,26
c	ТОВ «Княжичі» (n=6)	1,87±0,51***	1,07±0,24	2,4±0,34
Території з підвищеним рівнем іонізуючого опромінення				
d	СГВК ім. Мічуріна Іванківського р-ну (n=14)	7,52±0,35***	1,88±0,25	1,74±0,22
e	с. Горностайпіль, Іванківського району (n=6)	4,76±0,25***	1,95±0,18%	1,80±0,21

Примітка: \* – при  $p < 0,05$ ; \*\* – при  $p < 0,01$ ; \*\*\* – при  $p < 0,001$

Таблиця 5

**Результати цитогенетичного аналізу метафазних пластинок корів, (%)**

Господарство	% метафаз з цитогенетичними порушеннями				
	A-I	ПП	Хромосомні розриви	Хроматидні розриви	АРЦРХ
СВК ім. Щорса	9,9±7,10	0,8±2,10	2,4± 2,30	2,2± 2,10	1,3±1,10
СТОВ «Агросвіт»	17,8±9,22	-	5,3±4,82	3,2±3,78	2,4±1,58
ТОВ «Княжичі» Броварського р-ну	4,23±1,28*	1,25±0,78	1,18±0,73	1,17±0,2	3,82±1,14
Територія з підвищеним рівнем іонізуючого опромінення					
СГВК ім. Мічуріна Іванківського р-ну	8,25±1,2*	0,81±0,54	1,24±0,6	1,76±0,69	3,16±0,83

Примітка: \* – при  $p < 0,05$

Аналіз даних цитогенетичного аналізу (табл.4) свідчить про те, що досліджені корови української чорно-рябої породи характеризуються широким спектром мінливості таких показників як кількість клітин з мікроядрами та мітотичний індекс. Найнижчий рівень клітин з МЯ був виявлений у тварин ТОВ «Княжичі» Броварського р-ну, а найвищий – СГВК ім. Мічуріна Іванківського р-ну. Слід зазначити, що, не зважаючи на відстань у 12 км між господарствами, розміщеними в Іванківському районі, у тварин спостерігається статистично вірогідна різниця за рівнем клітин з МЯ. Це може бути обумовлене тим, що СГВК ім. Мічуріна Іванківського р-ну знаходиться на кордоні 30-км зони відчуження, внаслідок чого тварини цього господарства зазнають більш потужного впливу іонізуючого опромінення. Порівняння отриманих нами даних із результатами досліджень Т.Т. Глазко у 1988 (7,52‰) та 1993 (6,5‰), які були виконані на голштинізованих коровах в 30-ти кілометровій зоні відчуження ЧАЕС, слід зазначити відсутність суттєвих відмінностей між отриманими показниками. За частотою двоядерних лімфоцитів (6,9 ‰) і мітотичної активності (7,4 ‰) отримані нами показники вірогідно нижчі [11], що може бути обумовлене як впливом використаних мітогенів, так і сезоном проведення досліджень.

Серед геномних порушень у корів в умовах хронічного низькодозового опромінення варто відмітити достовірно вищі (при  $p < 0,05$ ) значення відсотку анеуплоїдії порівняно із тваринами, що утримуються на територіях благополучних щодо радіоактивного забруднення (табл. 5). Подібна тенденція

була відмічена нами також і для свиноматок великої білої породи, що утримуються за впливу низькодозового іонізуючого опромінення (табл. 2).

Порівнюючи цитогенетичні показники корів двох господарств з різними системами утримання тварин, слід зазначити деякі особливості спонтанного мутагенезу. Одноядерні лімфоцити з мікроядрами у корів господарства СТОВ «Агросвіт» зустрічалися з частотою 3,4‰, що 1,5 рази більше, ніж у тварин СВК ім. Щорса із достовірною різницею середніх величин при  $P > 0,99$ . Двоядерних лімфоцитів (4,0‰) у 1,3 рази більше із достовірною різницею середніх величин при  $P > 0,99$  у СТОВ «Агросвіт» у порівнянні з СВК ім. Щорса. Однак, ці дані не перевищують показників, характерних для тварин даної породи, умовно контрольної групи (МЯ -  $6,0 \pm 0,6\%$  і ДЯ -  $6,0 \pm 0,5\%$ ), які виявили Т.Т.Глазко і Н.А.Сафонова [12]. Це свідчить про відсутність прямого токсичного впливу на організм тварин двох господарств.

За іншими порушеннями геному соматичних клітин корів української чорно-рябої молочної породи не знайдено вірогідних відмінностей. Не відмічено збільшення маркерної ознаки ВРХ молочного напрямку продуктивності – частоти асинхронного розщеплення центромірних районів хромосом у тварин при хронічному іонізуючому опроміненні. Взагалі частоти АРЦРХ у досліджених нами корів двох дослідних груп були на порядок нижчими за значення аналогічних показників, одержаних при цитогенетичному аналізі тварин голштинізованої чорно-рябої молочної породи в 30-ти кілометровій зоні відчуження ЧАЕС. Так, згідно результатів Т.Т. Глазко, у них частота асинхронного розщеплення центромірних районів хромосом досягала 9 %. За відсотком анеуплоїдних (15,0 %) і поліплоїдних (9,0 %) клітин дані автора також переважають наші результати [13].

За рівнем структурних порушень отримані нами показники соматичного мутагенезу великої рогатої худоби є нижчими за величини аналогічних, наведених у роботах інших авторів [12, 13]. При цитогенетичних дослідженнях корів нами не виявлено метафаз із абераціями хромосом за типом транслокацій та тварин – носіїв конститутивних цитогенетичних аномалій. Це співпадає з даними С.С. Сунцова і співавторів. Таким чином, іонізуюче опромінення низької потужності не призводить до підвищення утворення Робертсонівських транслокацій у каріотипі досліджених тварин *de novo* [14].

Аналізуючи результати кореляційного аналізу між різними цитогенетичними параметрами соматичних клітин досліджених корів слід зауважити наявність прямого достовірного (при  $p < 0,05$ ) зв'язку високої сили ( $r = 0,717$ ) між відсотком анеуплоїдії і частотою МЯ у тварин господарства СГВК ім. Мічуріна.

Отже, за низькодозового іонізуючого опромінення у корів, чорно-рябої молочної породи не відбувається підвищення рівня структурних аберацій хромосом. Основною реакцією каріотипу є кількісні зміни хромосом соматичних клітин за типом анеуплоїдії та підвищення частоти клітин з мікроядрами.

У минулому столітті в радіобіології був накопичений величезний фактичний матеріал щодо генотоксичної дії іонізуючого опромінення на живі організми. У 1987 році Л.А.Саган висунув положення, що складають "парадигму" сучасної радіобіології: 1) іонізуюче опромінення шкідливе і тільки шкідливе для біоти; 2) чим менше доза, тим менше шкоди, але вона залишається, яка б мала не була доза опромінення; 3) основні механізми дії іонізуючої радіації на біоту, встановлені для великих доз і носять імовірнісний характер у відношенні потрапляння в мішень, однакові в будь-якому діапазоні доз і дозволяють розрахувати ймовірність пошкоджень при наскільки завгодно малій дозі. Розглянута парадигма базується на дискретності потоку енергії іонізуючого опромінення, великої енергії кванта і достатності потрапляння одного кванта в чутливу мішень всередині клітини для її загибелі, мутації або трансформації.

У той же час описані дані про сприятливу дію ультрамалих доз атомної радіації [15]. У радіобіології почали розвиватися уявлення про "Радіаційний гормезис" припускає, що іонізуюче опромінення в залежності від дози може надавати діаметрально протилежний вплив на живі організми: пригнічуючи життєві процеси аж до загибелі при великих дозах, при зниженні дози - зменшувати свою вражаючу дію, а при ультрамалих дозах - стимулювати життєві процеси, сприятливо впливати на біоту. (Термін запропонований Т.Д.Люккі - TDLuckey, 1980 [5]). Звідси логічно випливає проблема "малих доз", при яких наслідки опромінення діаметрально протилежні великим дозам. Враховуючи те, що поняття "малі дози", "високі дози" і т.д. є біологічними поняттями, вони мають сенс тільки по відношенню до певного організму. Добре відомо, наприклад, що одна і та ж доза в 10 Гр смертельна для людини, є малою, не викликає ураження для середньоазійських змій, і є сприятливою для проростання і розвитку насіння гірчиці. На основі множинних даних А.І.Ільєнко була розроблена наступна класифікація радіочутливості: 1) географічна радіочутливість - радіочутливість мешканців різних кліматичних і вертикальних зон; 2) радіочутливість різних таксономічних груп тварин; 3) радіочутливість видів одного таксономічного рангу: а) популяційна; б) сезонна; в) радіочутливість внутрішньопопуляційних груп (вікова, статева); г) індивідуальна радіочутливість [16]. Про наявність видоспецифічності у відповіді на хронічний вплив іонізуючого опромінення свідчать еколого-генетичні дослідження, виконані на гризунах фонових видів у зоні впливу ВУРСу (Восточно-Уральський радиоактивный след), який утворився внаслідок вибуху сховища з радіоактивними відходами ПО «Маяк» (Киштимська аварія 1957 р.). Звичайні сліпушонки (*Ellobius talpinus* Pallas, 1770) та малі лісові миші (*Sylvaemus uralensis* Pallas, 1811) розрізняються як за радіорезистентністю, так і за цитогенетичними показниками [17].

Таким чином, отримані нами дані підтверджують наявність видоспецифічності у відповіді на хронічне низькодозове іонізуюче опромінення.

У досліджених тварин, на жаль, ми не виявили ефектів гормезису, що свідчить про шкочинний вплив на них радіоекологічних умов утримання стосовно цитогенетичних параметрів соматичного мутагенезу.

## ВИСНОВКИ

Проведений цитогенетичний моніторинг тварин великої рогатої худоби і свиней підтверджує наявність видоспецифічності у відповіді на хронічне низькодозове іонізуюче опромінення. Спільною реакцією каріотипів двох видів було збільшення частоти клітин з мікроядрами та анеуплоїдією. У свиней виявили також підвищену частоту клітин з хроматидними розривами, появу дицентричних та кільцевих хромосом.

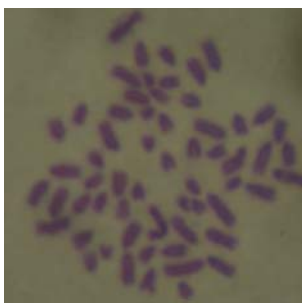


Рис.1 Анеуплоїдія (А-I;  $2n \pm 2$ ),  $2n=58$

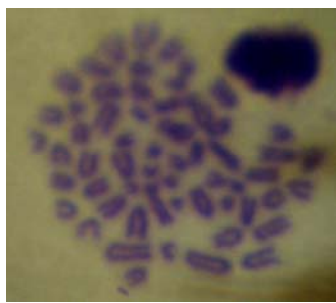


Рис.2 Анеуплоїдія (А-II;  $2n \pm 10$ ),  $2n=56$

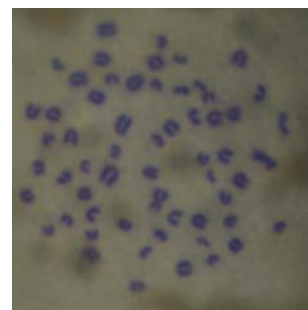


Рис. 3 Асинхронне розщеплення центромірних районів хроматид (АРЦРХ)



Рис. 4 Розрив хроматид

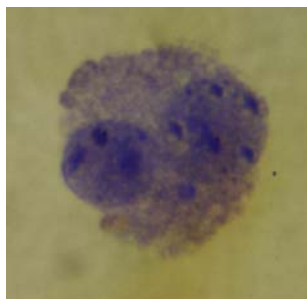


Рис.5 Двоядерний лімфоцит (ДЯ)

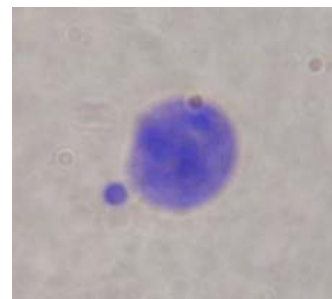


Рис.6 Лімфоцит із мікроядром (МЯ)

### Література:

1. Глазко В.И. Агроэкологический аспект биосферы: проблема генетического разнообразия / Глазко В.И.– К.: Нора-принт, 1998. – 209 с.
2. Яблоков А.В. Атомная мифология. Заметки эколога об атомной индустрии / Яблоков А.В. // Бюл. комиссии по разработке научного наследия академика В.И.Вернадского. – М.: Наука. – 1996. – № 13. – С. 50.



3. Алтухов Ю.П. Наследственность человека и окружающая среда / Алтухов Ю.П., Курбатова О.Л. // Наследственность человека и окружающая среда. – М.: Наука, 1984. – С. 7–35.
4. Кузин А.М. Идеи радиационного гормезиса в атомном веке / Кузин А.М. – М.: Наука, 1995. – 158 с.
5. Sagan L.A. What is gormesis and why havent we heard about it before? / Sagan L.A. // *Health Phys.* – 1987. – Vol. 52, № 5. – P.521–525.
6. Шельов А.В. Методика приготування метафазних хромосом лімфоцитів периферійної крові тварин / А. Шельов, В. Дзіцюк. - К. : Аграрна наука, 2005. – 240с.
7. Cea G.F. Induction of micronuclei in mouse bone-marrow cells by the flavonoid 5,3',4'-trihydroxy-3,6,7,8-tetramethoxy-flavone (ТНТМФ) / Cea G.F., Etcheberry K.F., Dulout FN. // *Mutat Res.*-1983.- Mar.- N 119(3).- P. 339-42.
8. Hasanbasic D., Rukavina D. Micronuclei in lymphocytes of horses and pigs after in vitro irradiation / Hasanbasic D., Rukavina D. // *Acta Veterinaria.* – 2007. – Vol. 57. – No 4. P. 341–350.
9. Кобидзе И.Г. Цитогенетическое обследование племенных хрячков пород крупная белая и ландрас / Кобидзе И.Г. // Вопросы производства свиней. Бюллетень научных работ ВИЖа. – 1989. – Вып. 93. – С. 56–58.
10. Єфіменко Л.Й. Використання цитогенетичних показників в селекції свиней / Л.Й. Єфіменко // Генетика продуктивності тварин : всеукр. ювіл. конф. присвячена 90-річчю з дня народж. видатного вченого Колесника М.М., 20-21 грудня 1994 р. : тези доп. — К., 1994. — С. 8.
11. Глазко Т. Т. Мікроядерний тест у великої рогатої худоби / Т.Т. Глазко // Вісник аграрної науки. — 2001. — Т. 39. — С. 45—48.
12. Глазко Т.Т. Характеристики спонтанної цитогенетичної мінливості у великої рогатої худоби / Т.Т. Глазко, Н.А. Сафонова // Генетика продуктивності тварин : наук.-виробн. конф. : тези — К., 1994. — С.25.
13. Глазко Т. Т. Частоты встречаемости цитогенетических аномалий в клетках крови крупного рогатого скота разных направлений продуктивности при действии низких доз ионизирующего излучения / Т.Т. Глазко, С.Е. Дубицкий, Г.Ю. Косовский // *Сельскохозяйственная биология.* — 2007. — № 6. — С. 58—62.
14. Сунцов С.С. Взаимосвязь аномалий крупного рогатого скота с их иммунным статусом в районе Семипалатинского полигона / С.С. Сунцов, Т.В. Лобанова // *Зоотехния.* – 2010. – №2. – С. 66–68.
15. Кузин А.М. Стимулирующее действие ионизирующего облучения на биологические процессы. / Кузин А.М. – М.: Атомиздат, 1977. – 133 с.
16. Ильенко А.И. Радиозкология позвоночных животных. / Ильенко А.И. – М.: Наука, 1978. – 270 с.
17. Григоркина Е.Б. Итоги эколого-генетических исследований грызунов в зоне радиоактивного загрязнения / Е.Б. Григоркина // *Малые дозы : Материалы*

междунар. науч. конф. (Гомель, 26-28 сент. 2012 г.) / редкол.: А.Д.Наумов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Ин-т радиологии, 2012. – С.31–32.

**Цитогенетические показатели соматического мутагенеза животных при воздействии малых доз ионизирующего облучения. Костенко С.А.** – Исследованы цитогенетические показатели животных крупного рогатого скота и свиней, которые воспроизводятся в разных радиоэкологических условиях. Показано межвидовые различия дестабилизации кариотипов этих видов. Универсальным ответом на хроническое воздействие ионизирующего облучения оказалось повышение частот клеток с анеуплоидией и микроядрами.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, свинья домашняя, анеуплоидия, микроядро, хромосомные aberrации, ионизирующее облучение.