

Radiation monitoring and comparative analysis of morphoimmunological indicators of blood in cows during long-term exposure to small radionuclide doses

S. Lishchuk  | L. Savchuk

Article info

Correspondence Author

S. Lishchuk

E-mail:

itomlin@ukr.net

Higher educational institution
«Podillia State University»,
12, Shevchenko Str.,
Kamianets-Podilskyi, 32316,
Ukraine

Citation: Lishchuk, S., & Savchuk, L. (2024). Radiation monitoring and comparative analysis of morphoimmunological indicators of blood in cows during long-term exposure to small radionuclide doses. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 78–83. doi: 10.31210/spi2024.27.02.13

Radioactive pollution of the area and biological objects occurs as a result of exposure to radioactive substances, so-called radionuclides. According to the research of a number of authors, it was established that long-term exposure to ionizing radiation in small doses causes various non-specific reactions that are characteristic of the variable stages of the adaptation syndrome and, in turn, promotes the development of compensatory reactions of various body systems. In order to study the influence of such radiation factors as radionuclides ^{137}Cs and ^{244}Pu on the functional state of the natural resistance of cattle, the contamination of the territory, pastures and rations with radionuclides in the farms of the Podil region of the Khmelnytskyi region was determined and compared, the peculiarities of the functional state of the natural resistance of cattle in farms with different intensity of radioactive pollution using radiological, hematological, morphological and biochemical methods of blood research. It was established that radioactive cesium and plutonium had a negative effect on the functional condition of cattle. The morphological parameters of the blood of the experimental animals were within the physiological norm, but in the cows of the III group they were reduced compared to the animals of the I group, which were located on farms with a level of radionuclide pollution lower than 40 kBq/m^2 . In the leukogram, significant changes were observed in the blood of animals from farms with an elevated radioactive background. According to indicators of the cellular factor of protection of the body, a probable decrease ($P > 0.95$) of the phagocytic activity of neutrophils was observed in cows from the area contaminated with radionuclides and a marked decrease in the phagocytic intensity of neutrophils ($P > 0.95$). Analyzing the changes in the biochemical parameters of the blood of experimental animals, a decrease in the content of hemoglobin and total serum protein, albumins and β -globulins was observed, with an increase in the concentration of α - and γ -globulins. In blood smears, in the cells of the leukocyte series, pronounced morphological deviations in the cellular composition of the blood compared to the norm were observed. In the field of view of the microscope, lysis and hypochromatosis of the nuclei of rod-nucleated and segmented neutrophils, vacuolization of nuclei and an increase in the number of chromatin grains in the nuclei of lymphocytes, hypersegmentation and fragmentation of the nuclei of pseudoeosinophils, and an increase in the number of chromatin in lymphocytes are clearly visible.

Keywords: cows, radiation pollution, morphology, ^{137}Cs , ^{244}Pu , radionuclides.

Радіаційний моніторинг та порівняльний аналіз морфоімунологічних показників крові у корів за тривалої дії малих доз радіонуклідів.

С. Г. Ліщук | Л. Б. Савчук

Заклад вищої освіти
«Подільський державний
університет»,
м. Кам'янець-Подільський,
Україна

Радіоактивне забруднення місцевості та біологічних об'єктів відбувається внаслідок впливу радіоактивних речовин, так званих радіонуклідів. Згідно із дослідженнями ряду авторів було встановлено, що тривалий вплив іонізуючого випромінювання в невеликих дозах викликає різного роду неспецифічні реакції, що притаманні для перемінних стадій адаптаційного синдрому та в свою чергу сприяє розвитку компенсаторних реакцій різних систем організму. З метою вивчення впливу таких радіаційних чинників, як радіонукліди ^{137}Cs та ^{244}Pu на функціональний стан природної резистентності великої рогатої худоби, було визначено та порівняно забрудненість території, пасовищ і раціонів радіонуклідами в господарствах Подільського регіону Хмельницької області, досліджено особливості функціонального стану природної резистентності великої рогатої худоби в господарствах з різною інтенсивністю радіоактивного забруднення за допомогою радіологічних, гематологічних, морфологічних та біохімічних методів дослідження крові. Встановлено, що радіоактивні цезій та плутоній спричиняли негативний вплив на функціональний стан великої рогатої худоби. Морфологічні показники крові підслідних тварин знаходились в межах фізіологічної норми, проте у корів III-ї групи вони були знижені у порівнянні із тваринами I-ї групи, що знаходилися на фермах з рівнем забруднення радіонуклідами нижчим 40 kBq/m^2 . В лейкограмі спостерігались суттєві зміни в крові тварин з господарств з підвищеним радіоактивним фоном. Аналіз клітинного фактору захисту організму показав вірогідне зниження ($P > 0,95$) фагоцитарної активності нейтрофілів у корів з забрудненої радіонуклідами зони та виражене зниження фагоцитарної інтенсивності нейтрофілів ($P > 0,95$). Аналізуючи зміни біохімічних показників крові дослідних тварин спостерігалось зниження вмісту гемоглобіну та загального білку сироватки крові, альбумінів і β -глобулінів, при зростанні концентрації α - та γ -глобулінів. У мазках крові, у клітинах лейкоцитарного ряду, спостерігали виражені морфологічні відхилення у клітинному складі крові в порівнянні з нормою. У полі зору мікроскопа чітко видно лізис та гіпохроматоз ядер паличкоядерних і сегментоядерних нейтрофілів, вакуолізацію ядер і збільшення кількості зерен хроматину у ядрах лімфоцитів, гіперсегментацію і фрагментацію ядер псевдоеозинофілів, збільшення кількості хроматину у лімфоцитах.

Ключові слова: корови, радіаційне забруднення, морфологія, ^{137}Cs , ^{244}Pu , радіонукліди.

Бібліографічний опис для цитування: Ліщук С. Г., Савчук Л. Б. Радіаційний моніторинг та порівняльний аналіз морфоімунологічних показників крові у корів за тривалої дії малих доз радіонуклідів. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 78–83.

Вступ

Катастрофа на Чорнобильській АЕС викликала цікавість щодо біологічних наслідків хронічного опромінення низькими дозами радіації. На територіях, забруднених довгоіснуючими радіонуклідами, утворилися штучні радіологічні аномалії, що в свою чергу надало унікальну можливість для вивчення близьких і віддалених наслідків тривалого опромінення рослин і тварин. Рядом вчених було підтверджено, що радіобіологічні ефекти у опроміненіх радіоактивним забрудненням природних екосистем існують у прямій залежності від радіочутливості домінуючих у них видів тварин. У цілому дослідження показали, що хронічна дія іонізуючого випромінювання у малих дозах спричинює нетипові реакції, визначальні для різних стадій загального адаптаційного синдрому і викликає розвиток компенсаторних перебудов органів різних систем, що є реакціями пристосування організму до дії радіоекологічного чинника [1–3].

Небезпечною явища набуває надмірне збільшення радіоактивності природного фону, через негативний вплив іонізуючого випромінювання радіоізотопів, що знаходяться в земній корі, ґрунті, воді та кормах. В свою чергу, це спричинює явище нестабільності геному, втратою здатності адекватно реагувати на подразники, регулювати онтогенетичний розвиток клітин, тощо [4–6].

Багаторічні дослідження науковців показують, що навіть за дуже малих рівнів іонізуючої радіації опромінення негативно діє на організм та цілі популяції тварин. Свого часу високий рівень морфологічної, гістоморфологічної, цитогенетичної мінливості деяких органів і систем під дією підвищеного рівня природної радіації у біогеоценозах було зафіксовано на прикладі популяції полівок-економок [7–9].

Різні способи опромінення були детально вивчені в експериментальних умовах на лабораторних тваринах. Як правило, результати таких досліджень часто були невизначеними. Поряд з тим, проводились дослідження дії невеликих доз радіації на організм тварин у природних умовах. Отримані результати довели, що критичними (радіочутливими) органами по відношенню до дії іонізуючого випромінювання є органи імунної системи [10].

При дослідженні великої рогатої худоби, у тварин, які тривалий період перебували під впливом дії іонізуючого випромінювання малої інтенсивності, показники крові, дія радіації на периферичну кров супроводжується кількісними та якісними змінами клітинного складу, а також структурною перебудовою і загибеллю лімфоцитів та інших клітин. В першу чергу зменшується кількість лімфоцитів в порівнянні з іншими видами лейкоцитів [11, 12]. Реакція нейтрофілів на радіаційний вплив є однією із найбільш характерних ознак променевого ураження. На початках дії радіації спостерігається виражена нейтрофілія. Згодом настає суттєве їх зменшення до 20 % від вихідного рівня, далі їх кількість збільшується за рахунок молодих форм – юних і паличкоядерних, тобто у лейкоформулі спосте-

рігається зсув вліво [13–15]. Після цього настає стадія спустошення, яка є більш довготривалою. В цей період в крові з'являються патологічні форми клітин з гіперсегментованими, пікнотичними та лізованими ядрами [16]. Деякі автори спостерігали у крові гігантські нейтрофілоцити, токсигенну зернистість в цитоплазмі, яка в окремих випадках носить виражений характер. [17] Відмічалась гіпо-сегментація нейтрофілоцитів, ядра гранулоцитів нагадували по формі гігантські палички, або мали нечітке розділення на два сегменти. В лімфоцитах мала місце фрагментація ядра, бахромчатість і базофілія цитоплазми; наявність лімфоцитів з азурофільною зернистістю, лімфоцитів із дво-сегментним ядром у вигляді «пісочного годинника». Моноцити були великих розмірів з широкою цитоплазмою і дрібними азурофільними гранулами. У частини моноцитів виявлена фрагментація ядра [18, 19].

Наразі, не всі можливі наслідки впливу радіонуклідів вивчені настільки ретельно, щоб стати аксіомою та однозначно сприйматися у науковому середовищі.

Мета дослідження

Метою наших досліджень було виявити вплив таких радіаційних чинників, як радіонукліди ^{137}Cs (цезію 137) та ^{244}Pu (ізоотопу плутонію 244) на стан природної резистентності ВРХ в умовах Західного Поділля [20].

Для досягнення вказаної мети були поставлені наступні завдання: провести порівняльний аналіз забрудненості території, пасовищ і раціонів радіонуклідами у окремих господарствах Хмельницької області, дослідити особливості специфічного стану природної резистентності ВРХ в господарствах із різним рівнем радіоактивного забруднення ^{137}Cs та ^{244}Pu . При виконанні роботи використовували радіологічні, гематологічні, біохімічні методи досліджень.

Матеріали і методи

Клініко-експериментальні дослідження проведено на великій рогатій худобі віком 4-8 років, живою масою 350–450 кг, в умовах особистих фермерських господарств Кам'янець-Подільського та Чемеровецького районів Хмельницької області, Західного Поділля. Для постановки досліду ми сформували три дослідні групи великої рогатої худоби, по 20 корів в кожному господарстві, а саме:

- до першої групи була відібрана худоба з населених пунктів з рівнем забруднення ґрунтів ^{137}Cs та ^{244}Pu до 40 кБк/м²;
- до другої тварини з населених пунктів з рівнем забруднення від 40 до 100 кБк/м²;
- до третьої – з рівнем забруднення більше 100 кБк/м².

У всіх корів вивчали клінічний статус за загально прийнятими методиками. Для оцінки загального радіаційного фону та визначення надходження радіонуклідів, на кожному піддослідному тваринницькому об'єкті вимірювали гама-фон

за допомогою СРП-68- та питому радіоактивність згодованих кормів.

Умови годівлі, догляду і утримання тварин в усіх трьох господарствах були однаковими.

Лабораторні радіологічні дослідження виконували в науково-дослідній лабораторії кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології Закладу вищої освіти «Подільський державний університет». Матеріалом для лабораторних досліджень були ґрунт, корма та кров тварин великої рогатої худоби різних порід.

Кров для морфологічного, біохімічного, імунологічного досліджень брали з яремної вени у піддослідних корів до годівлі з дотриманням правил асептики і антисептики. В дослідних групах корів, в лабораторних умовах вивчали: кількість лейкоцитів і еритроцитів – підрахунком в камері Горяєва, лейкоцитарну формулу – шляхом підрахунку клітин білої крові в мазках, фарбованих гематоксиліном та еозином за загальноприйнятою методикою; розрахунковим методом визначали абсолютний вміст лімфоцитів у периферійній крові; лізоцимну активність сироватки крові – фотоелектроколориметричним методом в модифікації відділу зоогієни УНДІСВ; опсоно-фагоцитарну активність лейкоцитів крові – методом поглинання лейкоцитами *St. aureus* 209-Р з послідовним підрахунком на пофарбованому мазку за Романовським-Гімза; рефрактометрично вивчали вміст у сироватці крові загального білку, а вміст гемоглобіну – загальноприйнятим методом з

допомогою гемометра Салі; бактерицидну активність сироватки крові – фотонейлометричним методом за Д. А. Петрачевим; Т-лімфоцити – методом спонтанного розеткоутворення з еритроцитами барана (Е-РОК); В-лімфоцити – методом виявлення на їх поверхні рецепторів до Fc фрагменту імуноглобулінів і С3 (ЕАК-РОК).

Світлову мікроскопію та мікрофотографування гістопрепаратів здійснювали за допомогою мікроскопа OLYMPUS CX 41 та фотокамери OLYMPUS C – 5050.

Результати та їх обговорення

Відповідно до результатів досліджень (рис. 1) більшість населених пунктів мала забруднення від 40 до 100 кБк/м², проте у двох населених пунктах рівень забруднення ґрунтів ¹³⁷Cs був значно меншим 40 кБк/м². Було встановлено, що літом тварини випасались на забруднених радіонуклідами пасовищах із травостоєм, а в зимово-стійловий період їм згодовували корма, що теж містили малі дози радіонуклідів. Загальна забрудненість раціону в зимово-стійловий період становила відповідно 3158 Бк та 2486 Бк. Забруднення ґрунту ²⁴⁴Pu у більшості населених пунктів мала забруднення від 40 до 100 кБк/м², проте у двох населених пунктах рівень забруднення ґрунтів ²⁴⁴Pu теж був значно меншим 40 кБк/м². Загальна забрудненість раціону в зимово-стійловий період становила відповідно 2954 Бк та 2036 Бк.

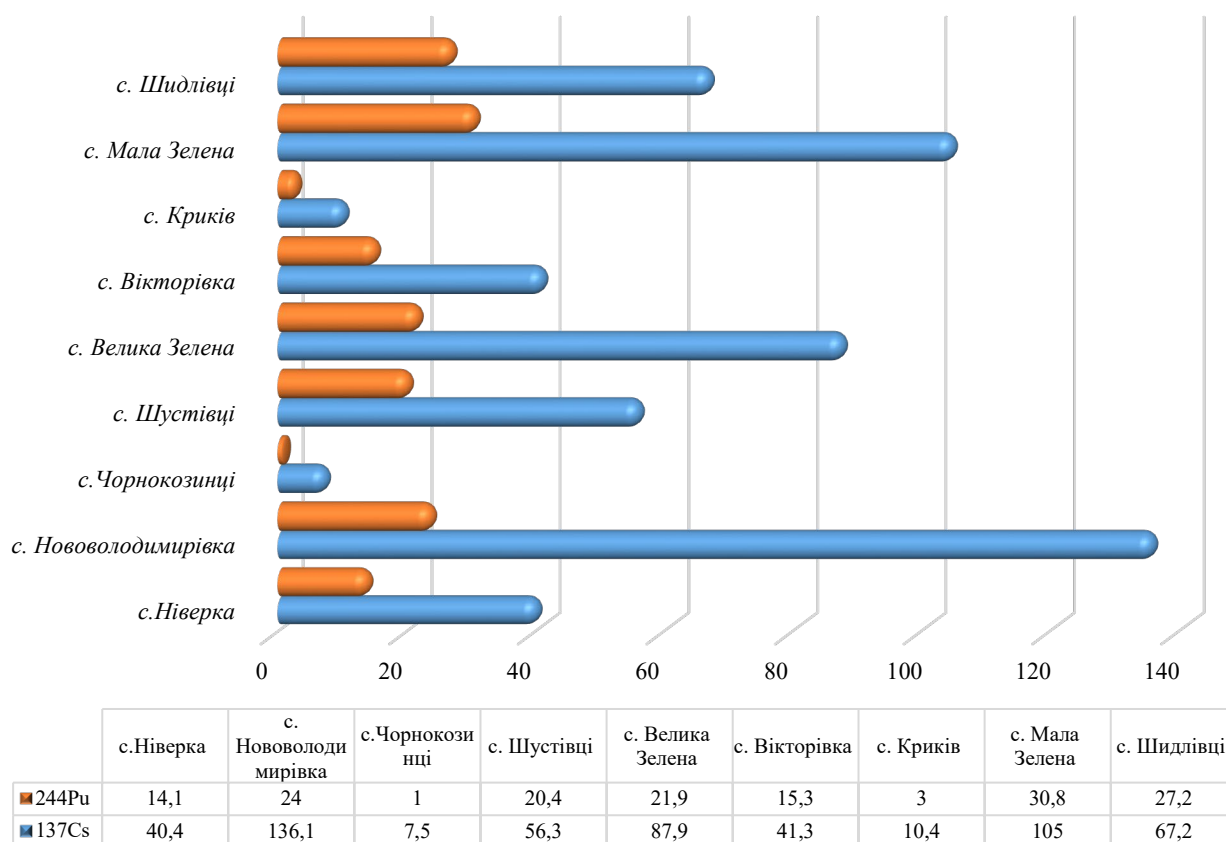


Рис 1. Рівень забруднення ґрунту ¹³⁷Cs (кБк/м²) та ²⁴⁴Pu (кБк/м²) в населених пунктах Західного Поділля віднесених до четвертої зони радіоактивного забруднення

Аналіз морфологічних показників крові піддослідних тварин (табл. 1) вказує, що показники знаходились в межах фізіологічної норми, але у тварин III-ї групи вони були суттєво нижчими порівняно з тваринами I-ї групи, які в свою чергу утримувались в господарствах з рівнем забруднення ^{137}Cs та ^{244}Pu нижчим 40 kBк/м^2 . В лейкограмі спостерігались суттєві зміни в крові тварин з господарств з підвищеним радіоактивним фоном.

Показники лейкоформули свідчать, що із зростанням концентрації ^{137}Cs та ^{244}Pu в раціонах тварин III-ї групи спостерігається зниження вмісту сегментоядерних нейтрофілів і моноцитів ($p > 0,95$), при цьому відмічається вірогідне зростання вмісту паличкоядерних нейтрофілів та лімфоцитів в обох показниках. Вміст еритроцитів у показниках крові поступово знижувався залежно від рівня забруднення

радіонуклідами ^{137}Cs та ^{244}Pu раціонів, проте ця різниця є невірогідною, із похибкою $p > 0,01$.

Результати дослідження вказують на зменшення кількості лімфоцитів, моноцитів, сегментоядерних нейтрофілів та базофілів у крові тварин із більш забрудненої радіонуклідами зони по відношенню до їх пар аналогів з умовно «чистої» зони, хоч ці зміни і не були досить вираженими. Вміст ^{244}Pu вплинув на лейкоформулу в меншій мірі. При цьому кількість еозинофілів, навпаки, був вірогідно вищим у тварин із зони досліджуваного радіоактивного контролю.

За показниками клітинного фактору захисту організму спостерігалось вірогідне зниження ($P > 0,95$) фагоцитарної активності нейтрофілів у корів з забрудненої радіонуклідами зони та виражене зниження фагоцитарної інтенсивності нейтрофілів ($P > 0,95$) у порівнянні з аналогами із «чистої» зони.

Таблиця 1

Морфологічні показники крові великої рогатої худоби

Показники	Радіонуклід						
	^{137}Cs	^{244}Pu	^{137}Cs	^{244}Pu	^{137}Cs	^{244}Pu	
	I група	I група	II група	II група	III група	III група	
Еритроцити, Т/л	5,20±0,2	3,9±0,19	5,03±0,21	3,6±0,2	4,47±0,31	3,8±0,18	
Лейкоцити, Г/л	9,17±0,3	7,10±0,30	7,67±0,4	4,18±0,4	6,70±0,46*	4,2±0,17*	
Лейкоформула, %:							
Базофіли	0,1±0,04	0,2±0,03	0,03±0,02	0,01±0,01	0	0	
Еозинофіли	6,00±0,41	4,5±0,12	5,00±0,41	3,2±0,41	4,33±0,47	3,66±0,17	
Нейтрофіли	Юні	0,2±0,08	0,1±0,03	0,33±0,06	0,23±0,05	0,7±0,08	0,64±0,01
	Паличкоядерні	3,3±0,62	2,8±0,12	4,00±0,41	3,00±0,48	5,67±0,24*	4,20±0,05*
	Сегментоядерні	23,00±0,8	17,00±0,1	20,67±0,4	10,20±0,2	18,00±0,1*	15,00±0,1*
Лімфоцити	61,70±0,8	58,8±0,2	65,9±0,6*	55,8±0,4*	68,97±0,6*	54,8±0,1*	

Примітка: тут і далі * – $p > 0,95$.

Аналіз на визначення бактерицидної активності сироватки крові є показником активності фагоцитозу, а також він визначає загальний стан імунної системи організму. Результати дослідження імунологічних показників крові (табл. 2) дослідних тварин свідчать, що у дослідній III-ї групі

спостерігалось вірогідне зниження бактерицидної та лізоцимної активності сироватки крові, вмісту лімфоцитів та Т- і В-лімфоцитів ($p > 0,95$). Тоді як, у тварин II-ї групи зниження даних крові показників було не вірогідне, за виключенням вмісту лімфоцитів.

Таблиця 2

Імунологічні показники крові великої рогатої худоби

Показники	Радіонуклід					
	^{137}Cs	^{244}Pu	^{137}Cs	^{244}Pu	^{137}Cs	^{244}Pu
	I група	I група	II група	II група	III група	III група
БАСК, %	55,00±2,04	51,00±1,0	51,67±2,49	50,48±2,22	48,00±1,67*	41,00±1,58*
ЛАСК, %	27,33±1,25	21,16±1,18	30,33±1,63	25,17±1,34	36,67±2,05*	30,14±1,08*
Лімфоцити, Г/л	6,47±0,37	5,82±0,47	4,30±0,45*	4,00±0,10*	3,77±0,42*	2,90±0,01*
Т-лімфоцити, %	34,67±1,43	31,37±1,30	31,33±1,65	29,20±1,18	29,33±1,84*	27,40±1,20*
В-лімфоцити, %	16,33±1,70	14,60±1,70	13,67±1,03	12,10±1,0	12,50±1,14*	11,30±1,3*

Аналіз даних вказує, що радіоактивний цезій в більшій мірі, а плутоній в меншій мірі стали причиною шкідливих наслідків фонових загального стану природної резистентності та факторів імунітету великої рогатої худоби. При цьому найбільш вразливими стали лейкоцитарна система,

фагоцитарна активність нейтрофілів, бактерицидна активність сироватки крові та Т- і В-лімфоцити.

Результати досліджень вказують, що морфологічні показники крові ВРХ, яка утримувалась в зоні радіоактивного забруднення, знаходились у межах фізіологічної норми. Разом і тим, відмічалось

зниження кількості лейкоцитів, а у лейкоформулі можна побачити ріст показників юних і паличко-ядерних нейтрофілів та лімфоцитів. При цьому спостерігався спад рівня сегменто-ядерних нейтрофілів, моноцитів, лімфоцитів та Т - і В-лімфоцитів, а також бактерицидної та лізоцимної активності сироватки крові.

Таблиця 3

Біохімічні показники крові великої рогатої худоби

Показники	Радіонуклід					
	¹³⁷ Cs		²⁴⁴ Pu		¹³⁷ Cs	
	I група	I група	II група	II група	III група	III група
Гемоглобін, г/л	95,00±4,08	94,00±1,02	89,00±2,04	86,00±1,02	81,00±3,34*	79,00±1,02*
Загальний білок, г/л	69,00±1,87	68,00±0,17	65,00±2,04	63,05±1,04	62,00±2,16*	60,00±1,20*
Альбуміни, %	37,67±2,46	36,20±0,10	36,00±1,87	35,00±1,45	32,00±0,82	31,00±0,32
α-глобуліни, %	11,67±0,62	10,23±0,42	12,00±0,82	10,44±0,40	13,00±0,82	11,00±0,52
β-глобуліни, %	14,00±0,82	13,00±0,2	12,67±1,25	10,92±1,30	10,33±1,65	09,07±1,5
γ-глобуліни, %	36,67±2,62	33,29±1,30	39,33±1,84	37,70±1,00	44,67±3,47*	42,42±0,27*

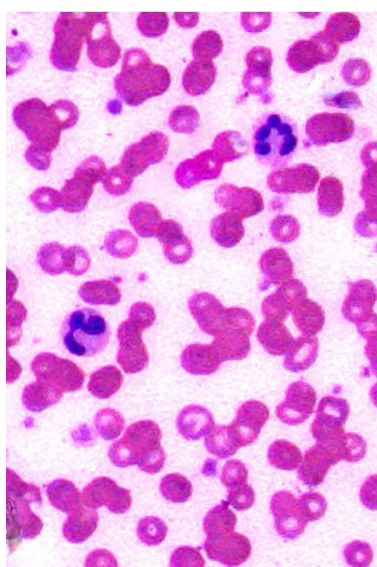
Досліджуючи вміст гемоглобіну в крові ми встановили, що його концентрація найбільшою була у тварин першої групи з населених пунктів із рівнем забруднення ґрунтів ¹³⁷Cs та ²⁴⁴Pu до 40 кБк/м². Як бачимо з даних таблиці, рівень білка теж був вищим у представників першої групи. Зниження концентрації загального білка в сироватці (гіпопротеїнемія) може бути наслідком дефіциту білка в раціонах корів, аліментарній остеодистрофії, зниженні апетиту і засвоєння поживних речовин корму, що може бути викликано як хронічними хворобами, так і впливом малих доз радіонуклідів.

Аналіз мазків крові від корів різних груп показав, що найбільший відсоток виражених морфологічних відхилень в порівнянні з нормою спостерігалися в третьої групи тварин, які знаходилися в зоні з рівнем забруднення ґрунтів більше 100 кБк/м². У тварин першої групи морфологічні показники крові були в

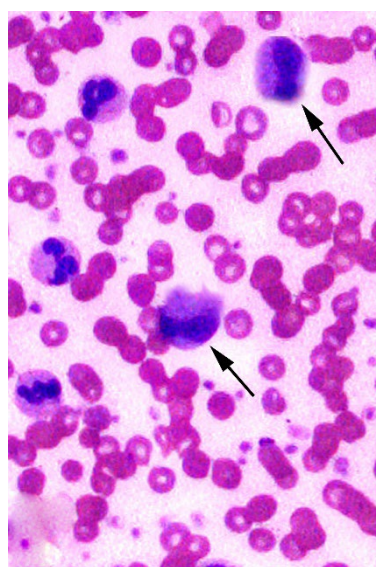
За біохімічними показниками сироватки крові (табл. 3) досліджуваних тварин слід зауважити, що різниця між першою та другою дослідними групами була не вірогідна, хоча спостерігалось зниження вмісту гемоглобіну та загального білка сироватки крові, альбумінів і β-глобулінів, при зростанні концентрації α- та γ-глобулінів.

межах норми. В окремих випадках, у корів другої групи виявляли еритроцити із зміненою формою клітини, з ядром округлої форми, часто зміщеним до периферії клітини (рис. 2, А), контури клітини були розпливчасті, а цитоплазма розмита.

Незначні морфологічні зміни виявлені у тварин третьої групи, а саме у лімфоцитах. У крові, у клітинах лейкоцитарного ряду (рис. 2, В), спостерігали виражені морфологічні відхилення у клітинному складі крові в порівнянні з нормою. У полі зору мікроскопа чітко видно лізис та гіпохроматоз ядер у паличкоядерних і сегменто-ядерних нейтрофілів, вакуолізацію ядер і збільшенням кількості зерен хроматину у ядрах лімфоцитів, гіперсегментацію і фрагментацію ядер псевдо-еозинофілів, збільшення кількості хроматину у лімфоцитах (виділено стрілками).



А



В

Рис. 2. Кров корів II (А) та III (В) групи. Зміщення ядра еритроциту до периферії, зміна форми еритроцита.

Гіпохромат паличкоядерного псевдоеозинофіла, збільшення кількості зерен хроматину у ядрі лімфоцита.

Фарбування гематоксиліном та еозином. × 300

Висновки

З одержаних результатів випливає, що показники крові великої рогатої худоби, яка утримувалась в зоні радіоактивного забруднення, знаходились у межах фізіологічної референтної норми проте різнилися в залежності від зони радіаційного забруднення ґрунтів. Зокрема при дії у невеликих доз радіонуклідів спостерігалось зниження кількості лейкоцитів, у лейкоформулі зростала кількість юних і паличко-ядерних нейтрофілів та лімфоцитів, знижувався рівень сегментоядерних нейтрофілів і моноцитів. При зростанні концентрації α - та γ -глобулінів також відмічалось зниження вмісту гемоглобіну та загального білку сироватки крові, альбумінів і β -глобулінів, зниження бактерицидної та лізоцимної активності сироватки крові, вмісту лімфоцитів та Т- і В-лімфоцитів, що у свою чергу має вплив на природню резистентність тварин. Також, було виявлено незначні морфологічні зміни у крові тварин третьої групи, а саме у лімфоцитах – спостерігали лізис та гіпохроматоз ядер у паличкоядерних і сегментоядерних нейтрофілів, вакуолізацію ядер і збільшенням кількості зерен хроматину у ядрах лімфоцитів.

Результати досліджень мають важливе значення як для науковців, так і для фахівців у галузі ветеринарної медицини, оскільки вони допомагають розширити розуміння щодо морфоімунологічних змін у крові тварин за тривалої дії малих доз радіонуклідів.

Конфлікт інтересів



Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Serkiz, Ia. I., Drozd, I. P., Lypaska, A. I., & Alesina, M. Iu. (2006). Vplyv radiatsiynoho faktora Chornobyl'skoyi zony vidchuzhennya na orhanizm tvaryn. In: Alesina, M. Iu., & Serkizla, I. (reds.). *Vplyv radiatsiynoho faktora Chornobyl'skoyi zony vidchuzhennya na orhanizm tvaryn* (pp. 8–26). Kyiv: Atika [in Ukrainian]
2. Kramarenko, Ye. (2022). Sytuatsiia u zoni vidchuzhennia, naslidky rosiiskoi okupatsii, radiatsiinyi fon. Presbryfinh holovy Derzhavnoi ahentsii zony vidchuzhennia. *Media Center Ukraine – Ukrinform*. Retrieved from: <https://www.youtube.com/watch?v=GG16TVZenSA> [in Ukrainian]
3. Gudkov, D. I., Shevtsova, N. L., Pomortseva, N. A., Dzyubenko, E. V., Kaglyan, A. E., & Nazarov, A. B. (2016). Radiation-induced cytogenetic and hematologic effects on aquatic biota within the Chernobyl exclusion zone. *Journal of Environmental Radioactivity*, 151, 438–448. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.09.004>
4. Likhtarov, I. A., Kovgan, L. M., Tabachnyi, L. Y., Fedosenko, G. V., Minenko, V. F., Gulko, G. M., Sobolev, B. G., Kairo, I. A., & Chepurny, N. I. (1997). *Zahalnodozymetrychna pasportyzatsiia naselennykh punktiv Ukrainy, yaki zaznaly radioaktyvnoho zabrudnennia pislia Chornobyl'skoi avarii. (Zbirka 6)*. Kyiv: Ministerstvo okhorony zdorov'ia Ukrainy, Ministerstvo Ukrainy z pytan nadzvychainykh situatsii ta u spravakh zakhystu naselennia vid naslidkiv Chornobyl'skoi katastrofy, NTsRM AMN Ukrainy [in Ukrainian]

5. Annual Reports. (2022). *State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine*. Retrieved from: <https://snriu.gov.ua/en/annual-and-national-reports/annual-reports> [in Ukrainian]
6. Likhtarov, I., Kovgan, L., Masiuk, S., Ivanova, O., Chepurny, M., Boyko, Z., & Gerasymenko, V. (2015). Basic principles and practices of integrated dosimetric passportization of the settlements in Ukraine. *Problems of Radiation Medicine and Radiobiology*, 20, 75–103. <https://doi.org/10.33145/2304-8336-2015-20-75-103>
7. Bazyka, D. A. (eds.). (2016). *Trydtsiat rokiv Chornobyl'skoi katastrofy: radiolohichni ta medychni naslidky: Natsionalna dopovid Ukrainy*. Kyiv [in Ukrainian]
8. Chechet, O., Shulyak, S., Kobish, A., Malimon, Z., & Omelchun, Y. (2023). Monitoring of contaminants chemical and biological origin in feed for productive and non-product animals in 2021 in Ukraine. *One Health Journal*, 1 (II), 17–25. <https://doi.org/10.31073/onehealthjournal2023-II-03>
9. Malimon, Z., Kochetova, H., Gusak, L., & Shuliak, S. (2023). Radiation situation in the contaminated territories of Ukraine in the post-Chernobyl period from 2013 to 2022. *One Health Journal*, 1 (IV), 70–76. <https://doi.org/10.31073/onehealthjournal2023-IV-07>
10. Rechel, E. A., & Campbell, W. F. (1978) The effects of radiation from uranium mill tailings on Tradescantia. *Great Basin Naturalist*, 38 (4). Retrieved from: <https://scholarsarchive.byu.edu/gbn/vol38/iss4/10>
11. Tucker, C. B., Rogers, A. R., & Schütz, K. E. (2008). Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science*, 109 (2–4), 141–154. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.03.015>
12. (2024). Radiation Safety in the Use of Radiation Sources in Research and Education. *IAEA Safety Standards Series*. <https://doi.org/10.61092/iaea.0f4a-dm2n>
13. Deniset, J. F., & Kubes, P. (2016). Recent advances in understanding neutrophils. *F1000Research*, 5, 2912. <https://doi.org/10.12688/f1000research.9691.1>
14. Huang, J. M., Wang, X. G., Jiang, Q., Sun, Y., Yang, C. H., Ju, Z. H., Hao, H. S., Wang, C. F., Zhong, J. F., & Zhu, H. B. (2016). Identification of CD14 transcript in blood polymorphonuclear neutrophil leukocytes and functional variation in Holsteins. *Genetics and Molecular Research*, 15 (2). <https://doi.org/10.4238/gmr.15027932>
15. Huang, J. M., Wang, X. G., Jiang, Q., Sun, Y., Yang, C. H., Ju Z. H., Hao, H. S., Wang, C. F., Zhong, J. F., Zhu, H. B. (2016). Identification of CD14 transcript in blood polymorphonuclear neutrophil leukocytes and functional variation in Holsteins. *Genetics and Molecular Research*, 15 (2). <https://doi.org/10.4238/gmr.15027932>
16. (2014). Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. *International Atomic Energy Agency*. <https://doi.org/10.61092/iaea.u2pu-60vm>
17. Slavov, V., & Plotko, T. (2017). Natural resistance and breeding capacity of cows under low doses of radiation. *Visnyk Aghromoi Nauky*, 95 (4), 28–33. <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk201704-05>
18. Romanchuk, L., Lopatiuk, O., Kovalchuk, Y., & Kovalyova, S. (2019). Evaluation of the content of ¹³⁷CS radionuclide in food products of forest origin of residents of radioactively contaminated territories in the long-term period after the Chernobyl Accident. *Scientific Horizons*, 84 (11), 108–112. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-84-11-108-112>
19. Romanchuk, L. D. (2015). *Radioekolohichna otsinka formuvannia dozovoho navantazhennia u meshkantsiv sil'skykh terytorii Polissia Ukrainy*. Zhytomir: ZhNAEU [in Ukrainian]
20. Lishchuk, S. (2022) Influence of ²³²Th and ⁹⁰Sr radionuclides on the state of natural animals resistance in radioactively contaminated territories of Ukraine. *Zeszyty Naukowe*, 87, 37–46.

ORCID

- S. Lishchuk  <https://orcid.org/0000-0002-6294-5259>
L. Savchuk  <https://orcid.org/0000-0002-6042-8362>



© 2024 Lishchuk S. and Savchuk L. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.