

*Інститут ядерних досліджень НАН України
Київ, Україна*

ЩОРІЧНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ
27 - 31 травня 2024 р.

ДИНАМІКА ГЕНОТОКСИЧНИХ ЕФЕКТІВ В КЛІТИНАХ КІСТКОВОГО
МОЗКУ НОРИЦІ РУДОЇ З УМОВНО «ЧИСТИХ» ТА РАДІАЦІЙНО
ЗАБРУДНЕНИХ ЛОКАЦІЙ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ

Рябченко Н., Бурдо О., Липська А.

nryabchenko@ukr.net

Об'єкт досліджень

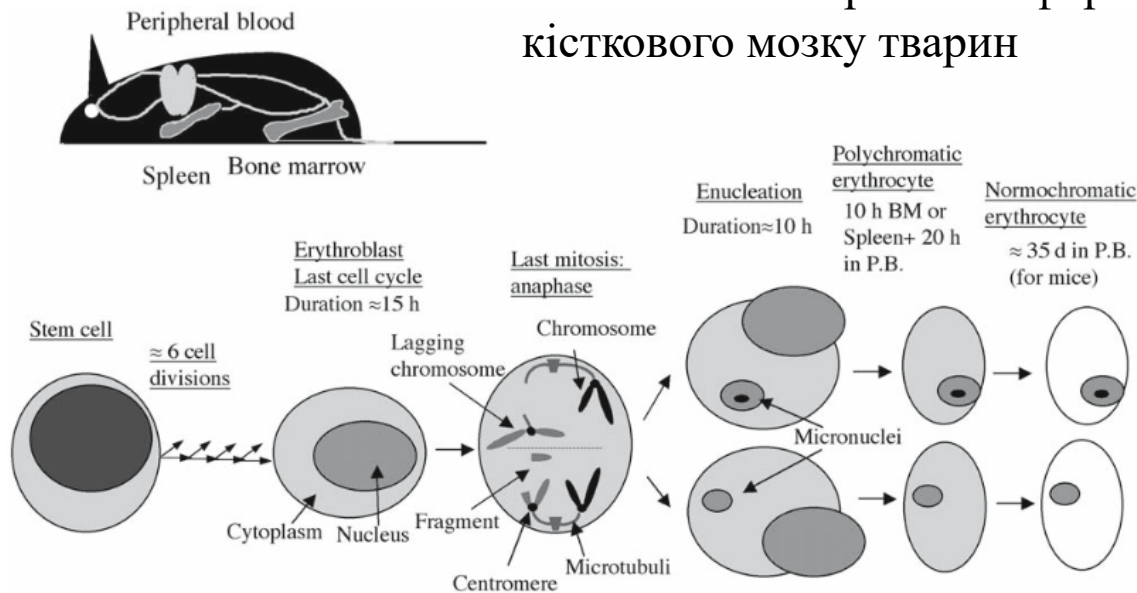
Нориця руда
(*Myodes glareolus* (Schreber, 1780))



Методи досліджень

- методи польових радіоекологічних досліджень;
- радіометричні та дозиметричні – для оцінки радіаційних умов на дослідних ділянках;
- γ -, β - спектрометричні – для оцінки вмісту радіонуклідів в ґрунтах, рослинах та в організмі тварин;
- гематологічні – показники кістково-мозкового кровотворення та периферичної крові тварин з дослідних полігонів;
- цитогенетичні

Схематичне зображення формування мікроядер в клітинах кісткового мозку тварин

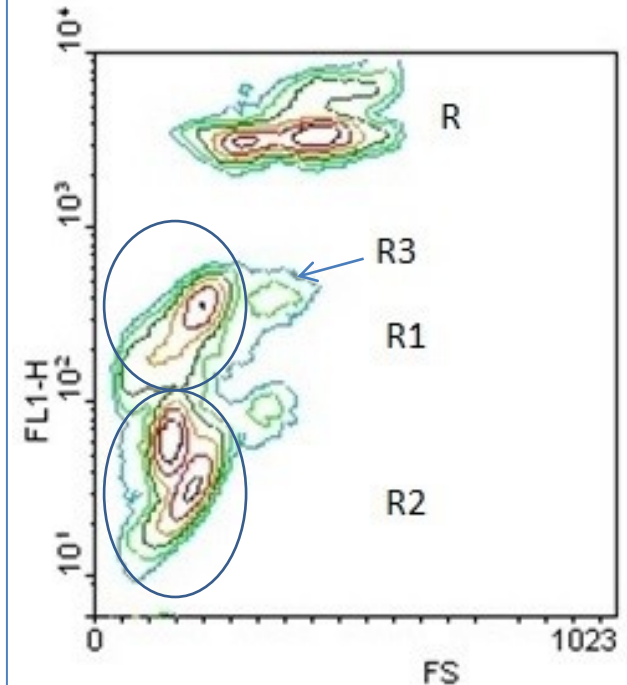


Grawé, J. (2005). Flow Cytometric Analysis of Micronuclei in Erythrocytes. In: Keohavong, P., Grant, S.G. (eds) Molecular Toxicology Protocols. Methods in Molecular Biology™, vol 291. Humana Press.
<https://doi.org/10.1385/1-59259-840-4:069>

Цитогенетичні дослідження

- Рівень генотоксичних ушкоджень клітин кісткового мозку (КМ) тварин оцінювали за частотою поліхроматофільних еритроцитів (ПХЕ, ретикулоцитів) з мікроядрами (МЯ) методом протокової цитометрії (Criswell, 2008) на протоковому цитофлуориметрі EPICS XL (Beckman Coulter, США, ЦККП НАН України Інституту біохімії НАН України).
- Реєстрували параметри: пряме та бічне світлорозсіювання, флуоресценцію ДНК (FL1, зелена флуоресценція, 525 нм) та РНК (FL4, червона флуоресценція, 675 нм). Аналізували не менше, ніж 50 тисяч клітин на одну експериментальну точку.
- Популяції ПХЕ та ПХЕ з МЯ, а також нормохроматофільних еритроцитів (НХЕ, нормоцитів) кісткового мозку визначали на контурних діаграмах та здійснювали їх кількісний аналіз за допомогою програми WinMDI 2.8. Частоту ПХЕ з МЯ визначали у перерахунку на 1000 ПХЕ (%).

Процеси диференціації та проліферації еритроїдних клітин КМ оцінювали за допомогою співвідношення ПХЕ/НХЕ (індексу цитотоксичності) на одержаних цитограмах.



Типова цитограма кісткового мозку нориці рудої.

Позначено популяції клітин

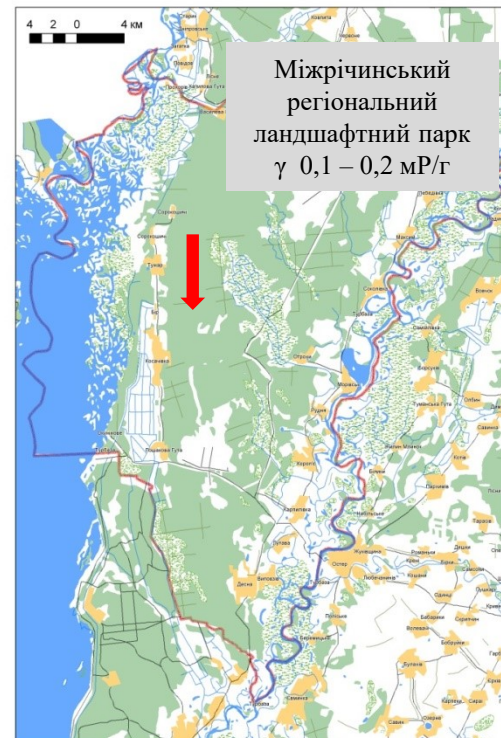
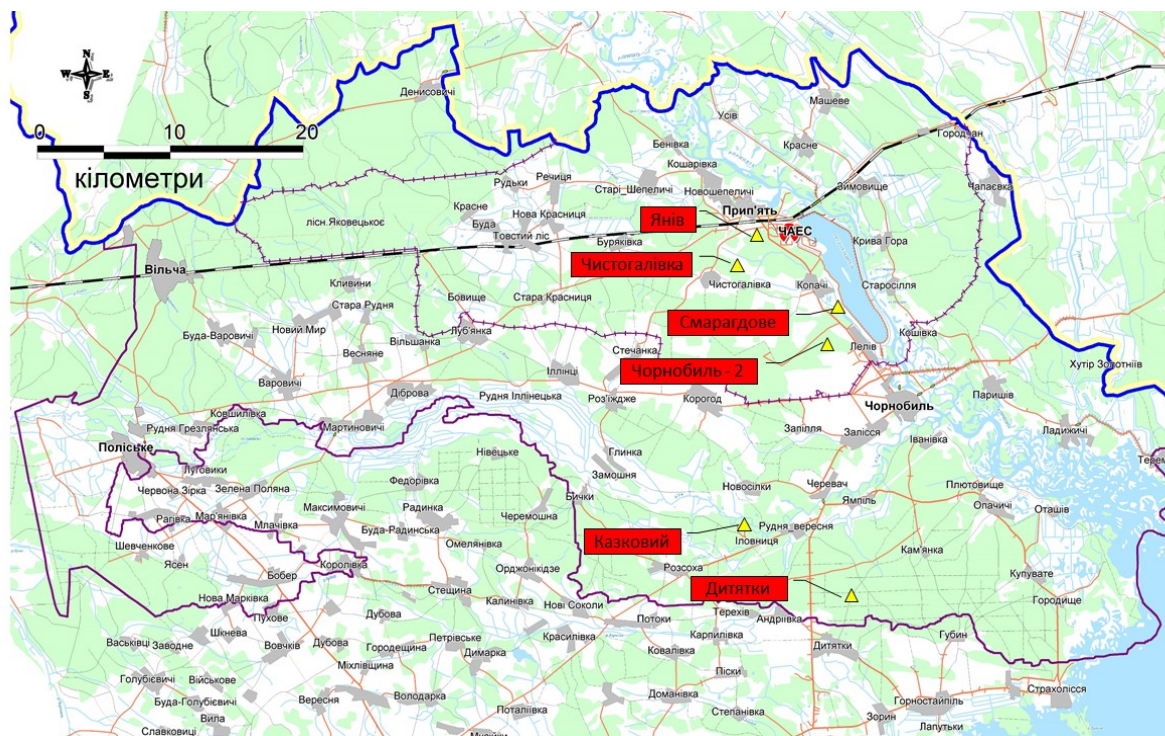
R – каріоцитів;

R1 – поліхроматофільних еритроцитів (ПХЕ);

R2 – нормохроматофільних еритроцитів;

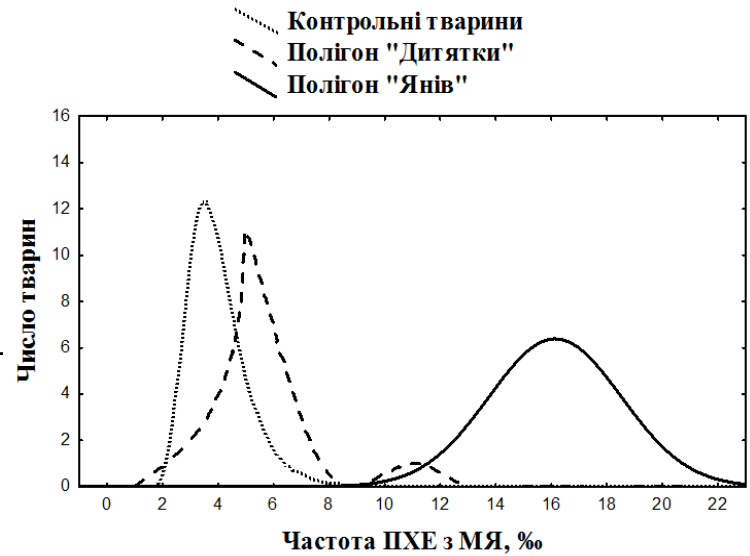
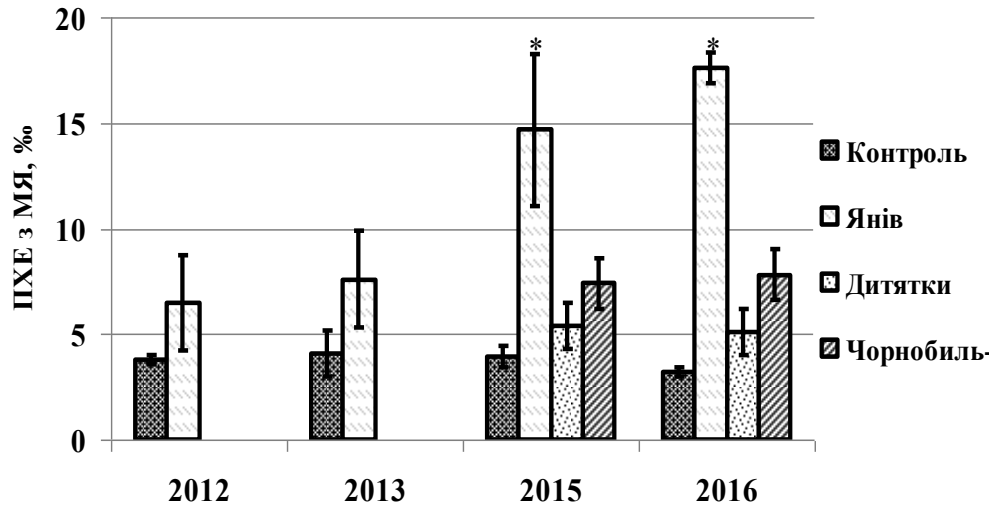
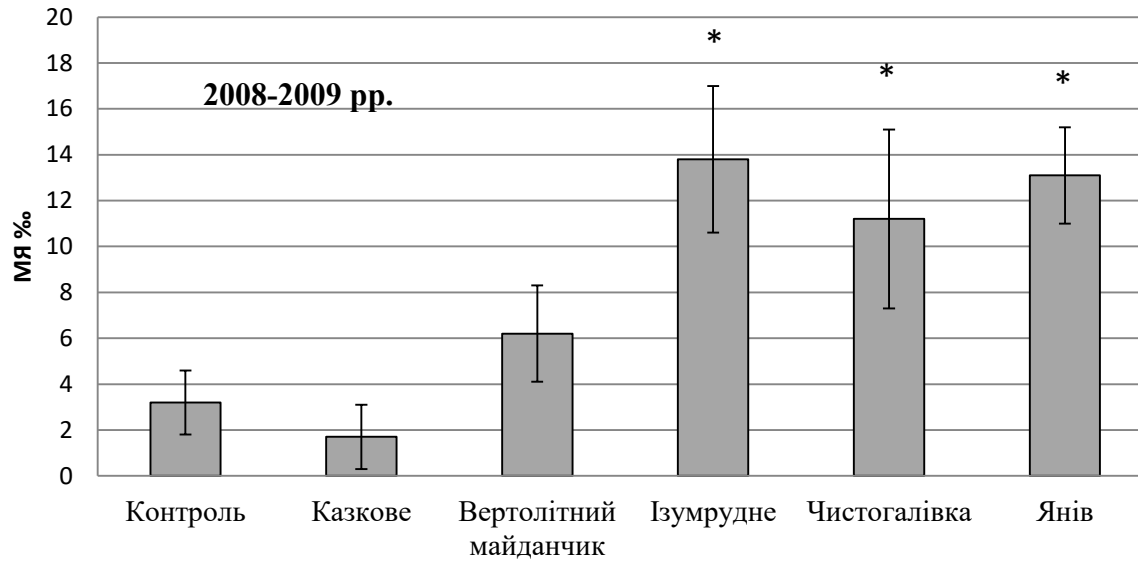
R3 – ПХЕ з мікроядрами

Розташування дослідних полігонів



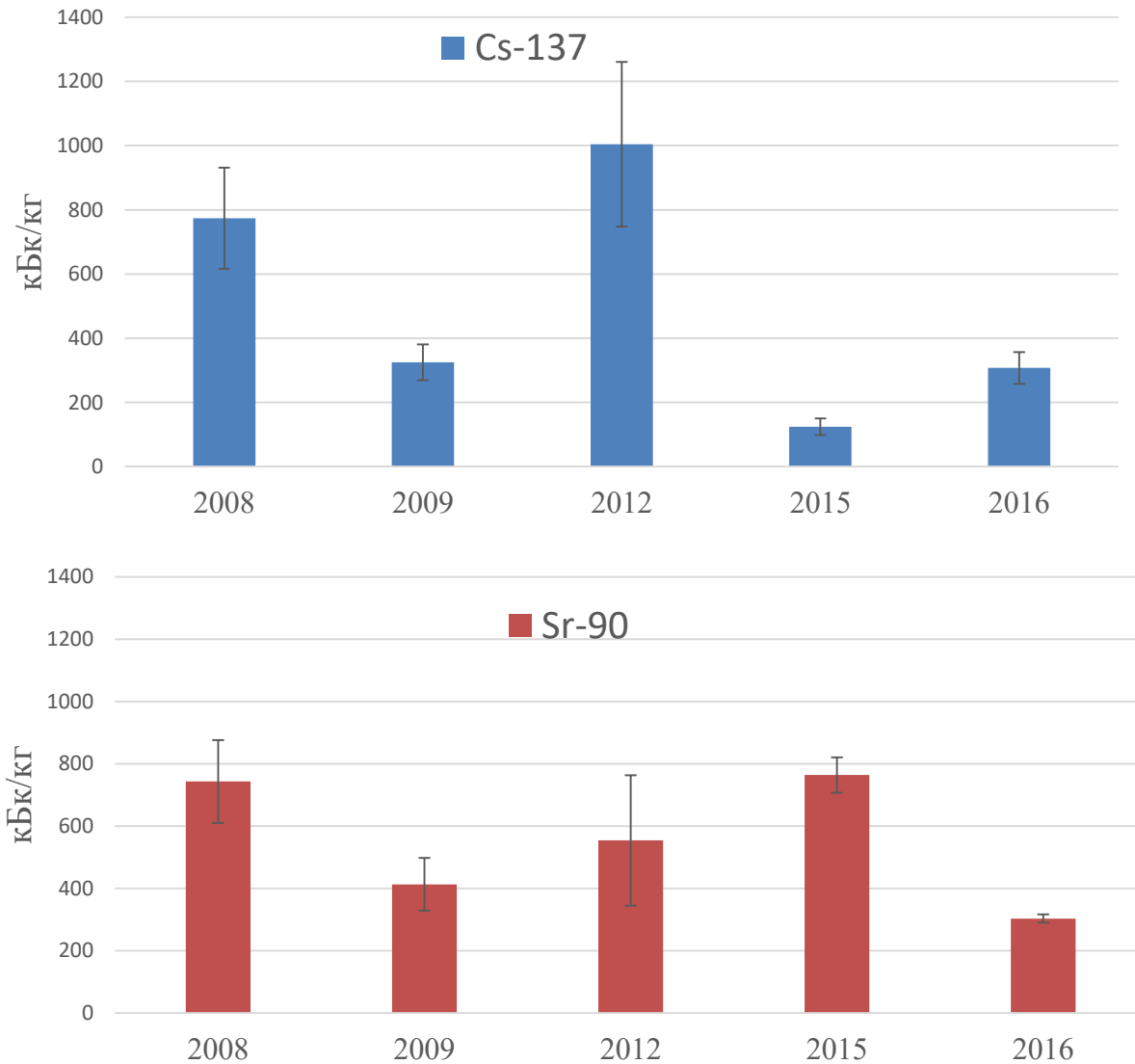
Полігон	Відстань від ЧАЕС, км	ПЕД γ- випро- мінювання, мкР/год	Щільність забруднення території, МБк/м ²	
			¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Янів (Рудий ліс)	2,5	550–2050	3,7–20,0	0,7–2,1
Чистогалівка	3,5	310–620	1,3–8,7	0,3–1,03
Смарагдове	5	137–154	1,4–2,1	0,05–0,19
Чорнобиль-2	9	50–125	1,6–1,8	0,03–0,19
Казковий	25	20–22	0,002–0,003	0,0001–0,002
Дитятки	25	15–25	0,003- 0,025	0,0008-0,0015

Цитогенетичні показники нориці рудої з територій ЧЗВ з різним рівнем радіонуклідного забруднення



* - статистично значущі відмінності від контролю, *U*-тест, $p < 0.05$

Динаміка вмісту ^{137}Cs у тушках та ^{90}Sr в скелеті *M. glareolus* з Рудого лісу (2008-2016 р.р.)



Полігони на території Рудого лісу під час повені 2014 р.

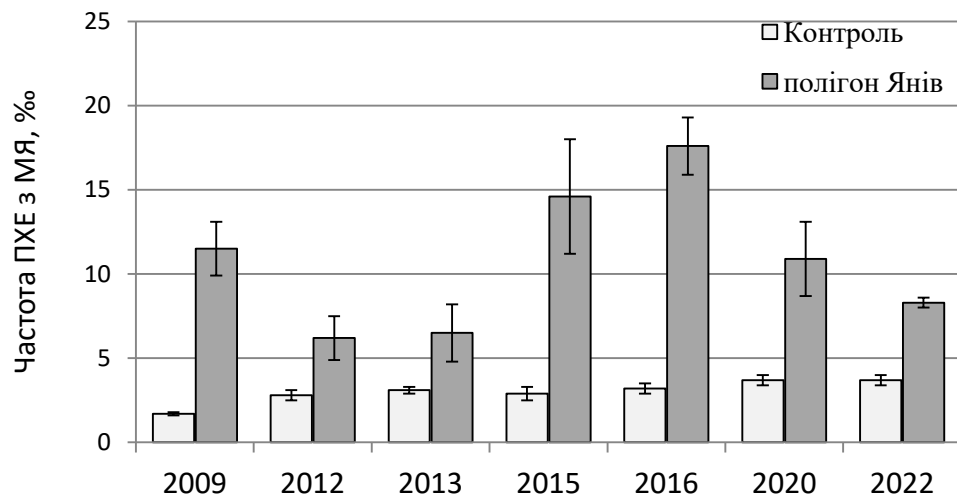
Фото Олени Бурдо, н.с ВРБРЕ



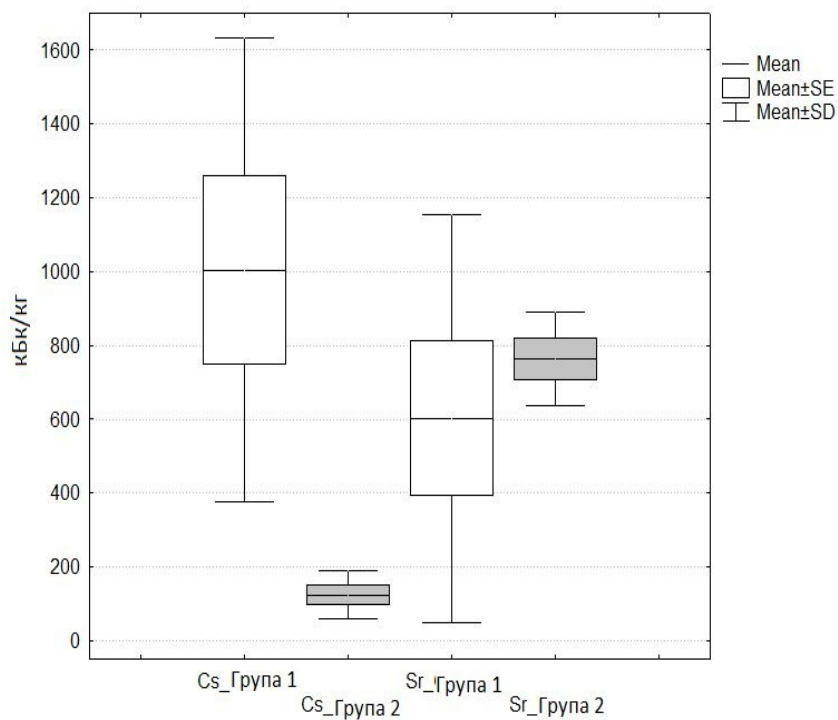
Полігон на території Рудого лісу, травень 2020 р. після пожежі у квітні

Фото Євгена Тукаленка, с.н.с. ВРБРЕ

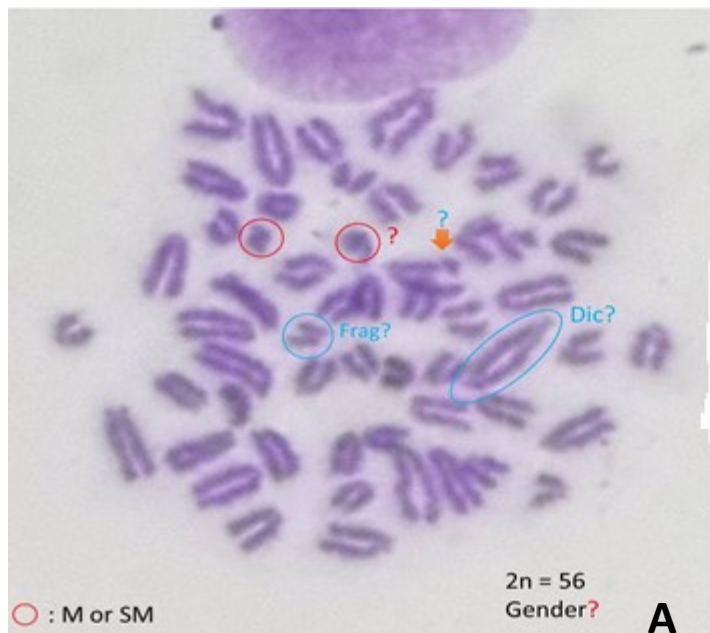




Динаміка частоти клітин (ПХЕ) з мікроядрами у кістковому мозку нориці рудої з полігону Рудого лісу



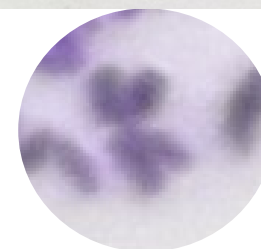
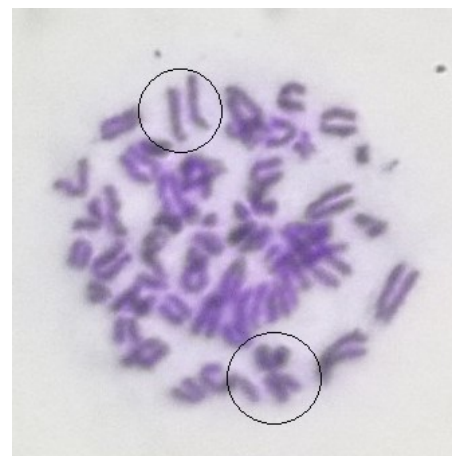
Зміни концентрації ^{137}Cs і ^{90}Sr у тілі *Myodes glareolus* до (2013 р.) та після (2015 р.) затоплення полігону на території Рудого лісу (група 1 та група 2, відповідно).



Bank vole
(*Myodes glareolus*)



2n = 56
AUTOSOMES: 2 submetacentrics
52 Acrocentrics
SEX CHROMOSOMES: X Acrocentric
Y submetacentrics



B

Метафазна пластинка каріоциту кісткового мозку нориці рудої: з дицентриком та парним фрагментом (А) асинхронним розщепленням центромір хроматид та асоціацією типу Rbt (В)

Частота аберацій хромосом в клітинах кісткового мозку нориці рудої з Рудого лісу (2020 р.)

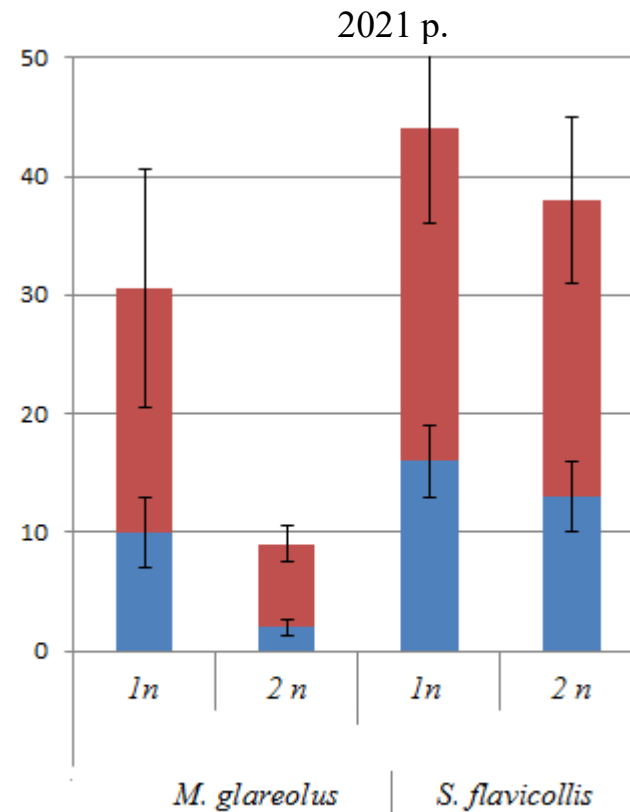
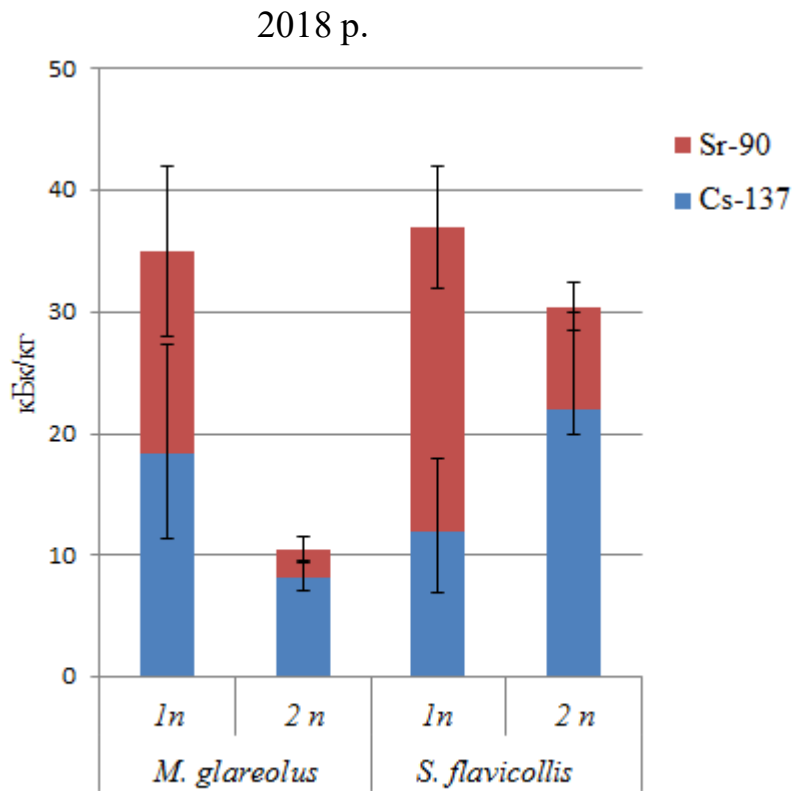
Група	Разом аберацій	Аберації хроматидного типу, /100 метафаз			Аберації хромосомного типу, / 100 метафаз			МЯПХЕ, %
		Фрагменти		Обміни	Дицентрики	Парні фрагменти	Асоціації типу Rbt	
		Одиночні	Парні					
Контроль	2,1±1,3	2,1±1,3	-	-	-	-	-	3,7±0,4
Рудий ліс	16,9±1	8,4±1,1	1,2±0,5	-	0,4±0,04	0,24±0,01	4,5±0,8	10,9±2,2

Розташування дослідних полігонів на осушеній території водойми-охолоджувача ЧАЕС

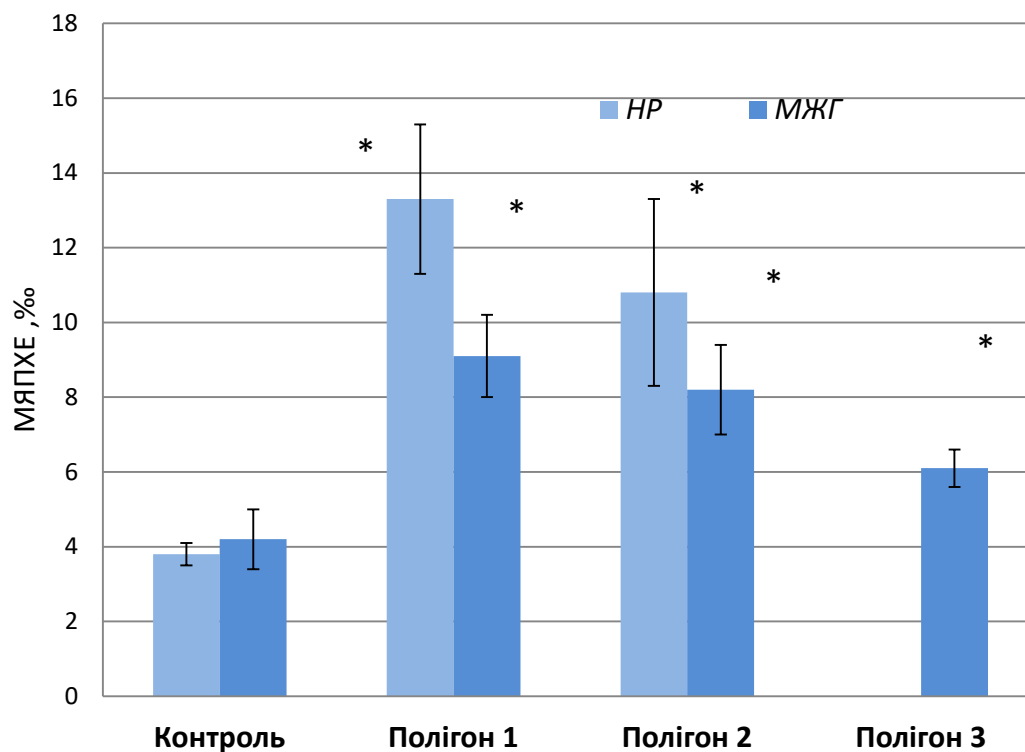


Полігон	ПЕДγ, мкЗв/год			Бета, імп см ⁻² хв ⁻¹		
	Середнє значення	Стандартне відхилення	Діапазон значень	Середнє значення	Стандартне відхилення	Діапазон значень
1	3,65	0,70	2,9 - 5,1	688	232,18	435 - 1200
2	0,98	0,19	0,60 - 1,55	115	43,98	72 - 250
3	2,07	0,98	0,62 - 4,36	254	141,03	102 - 620

Співвідношення активностей радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr в тілі дослідних тварин

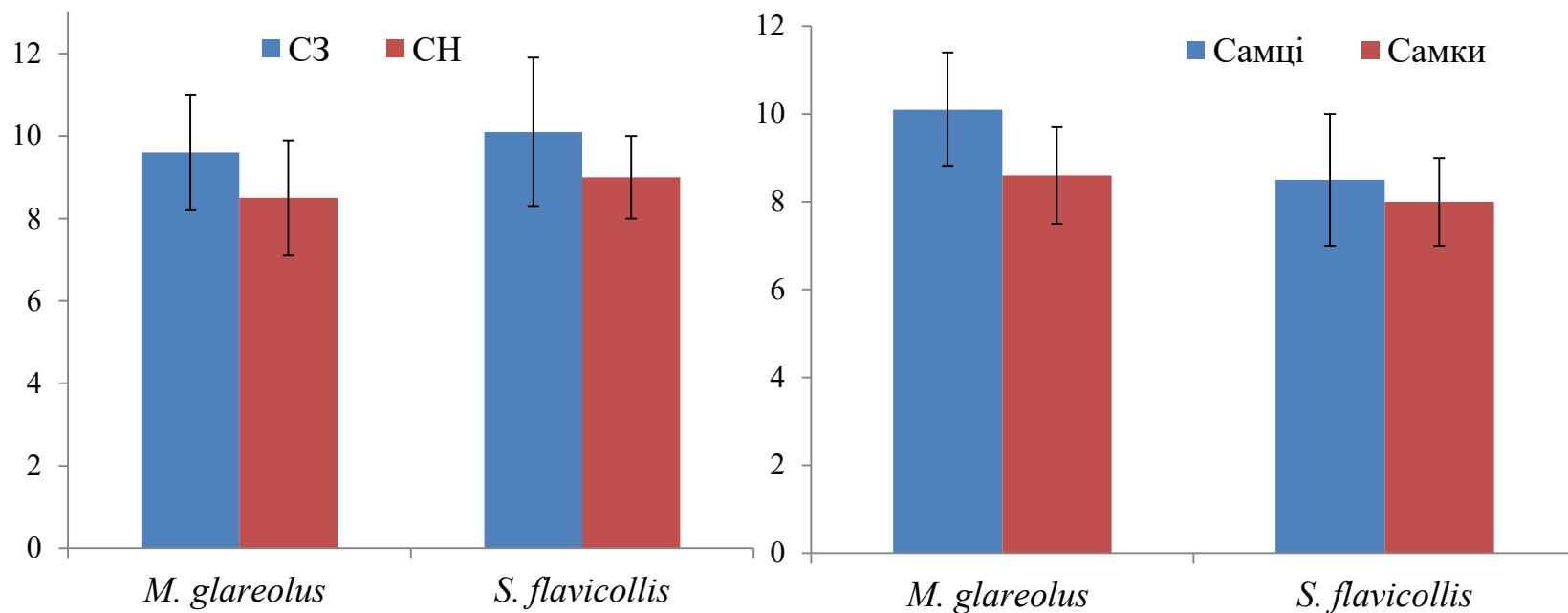


Частота поліхроматофільних еритроцитів кісткового мозку з мікроядрами у нориці рудої (*Myodes glareolus*) та миші жовтогорлої (*Sylvaemus flavicollis*) з дослідних полігонів на осушеній території водойми-охолоджувача ЧАЕС (2021 р).

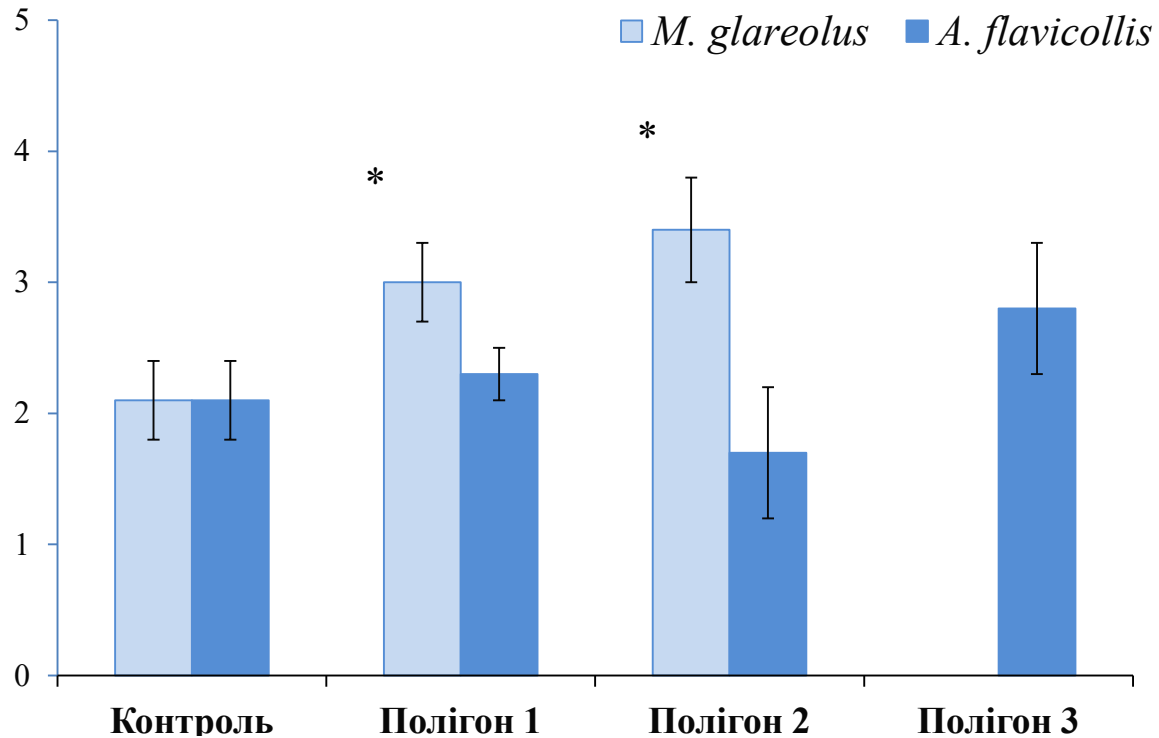


*вірогідна різниця з контролем, $p \leq 0,05$

Частота поліхроматофільних еритроцитів кісткового мозку з мікроядрами (‰) у дослідних тварин різного віку: 2-3 місяці (СН,); 11-12 місяців (СЗ) та статі



Порушення процесів дозрівання клітин еритроїдного ряду кісткового мозку (індекс цитотоксичності, ПХЕ/НХЕ) у дослідних тварин з різних полігонів осушеної водойми-охолоджувача



Висновки

- У віддалений період після аварії на ЧАЕС, у представників мишовидних з природних популяцій ЗВ ЧАЕС з різними рівнями радіонуклідного забруднення не виявлено ознак стійкої радіоадаптації на хромосомному рівні клітин кісткового мозку, що може бути обумовлено внаслідок як внаслідок зміни радіоекологічних характеристик популяцій, так і трансгенераційної передачі радіаційно-індукованої нестабільності геному, яка може проявлятися в умовах сумісної дії хронічної низькоінтенсивної радіації та негативних факторів навколишнього середовища.
- Вперше отримані експериментальні дані, що характеризують радіоекологічну ситуацію новоутворених наземних екосистем на осушених територіях ВО ЧАЕС та основні радіобіологічні характеристики індикаторних видів мишовидних, що забезпечує базис для подальшого моніторингу, оцінки радіобіологічних наслідків для ссавців, пов'язаних з осушенням радіаційно забрудненої водойми.

Показано, що на даний час на осушених ділянках ВО показники радіоактивного забруднення біоти та її біологічних показників, зокрема цитогенетичних, знаходяться в межах варіації значень, притаманних для більшості ділянок ЧЗВ.

Selected publications:

- A. Lypska, N. Riabchenko, N. Rodionova, O. Burdo (2022) Radiation-induced effects on bone marrow of bank voles inhabiting the Chernobyl exclusion zone. *International Journal of Radiation Biology*, 98:8, 1366-1375, DOI: 10.1080/09553002.2022.2047823
- N. Riabchenko, O. Burdo, A. Lypska. Cytogenetic studies of *Myodes glareolus* from the natural populations of the Chernobyl exclusion zone in the remote post-accident period. *Nuclear Physics and Atomic Energy* 2022 Vol. 23 No. 1 <https://doi.org/10.15407/jnpae2022.01.039>
- O. Burdo, A. Lypska, N. Riabchenko, N. Rodionova. Peculiarities of Hematopoiesis in small rodents from the Chernobyl Exclusion Zone on the background of extreme environment. *J. Envi-ron. Radioact.* 211 (2020) 105758. DOI:10.1016/j.jenvrad.2018.06.023



Автори висловлюють щирю подяку співробітникам Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника та ДНДУ «Чорнобильський центр з проблем ядерної безпеки, радіоактивних відходів та радіоекології» ДСП «Екоцентр» за багаторічну підтримку у проведенні досліджень на дослідних полігонах Чорнобильської зони відчуження.