

МОНІТОРІНГ І ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

С.І. Кіреєв

ORCID: 0000-0001-7059-3655
kireev@eco-centre.com.ua

Т.І. Нікітіна

ORCID: 0009-0003-6940-0686

Д.А. Самойлов

ORCID: 0009-0000-0465-4077

О.Г. Бунтова

ORCID: 0009-0001-2060-3613

О.А. Федоренко

ORCID: 0009-0006-1387-709X

Т.В. Пилипчук

ORCID: 0009-0008-6908-0420

В.В. Лясківський

ORCID: 0009-0000-7908-5809

Державне спеціалізоване підприємство "ЕКОЦЕНТР", м. Чорнобиль

УДК 502.504

DOI: <https://doi.org/10.15407/Meteorology2024.05.004>

РАДІАЦІЙНИЙ СТАН ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ В 2023 РОЦІ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ РАДІАЦІЙНО- ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

У статті наведено результати радіаційного моніторингу довкілля в зоні відчуження за 2023 рік, після деокупації території, який проводився відповідно до актуального Регламенту за виключенням об'єктів, на яких тимчасово неможливо проведення робіт у зв'язку з відсутністю безпечного доступу. За результатами проведення радіаційно-екологічного моніторингу в зоні відчуження в 2023 році було отримано важливі аналітичні дані:

- максимальні значення потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання характерні для територій на північному та західному "слідах" радіоактивних випадів;
- радіаційний стан повітряного середовища ЗВ та його динаміка протягом 2023 року визначалися характером поверхневого забруднення території, техногенними та біологічними факторами, а також метеорологічними умовами. Зафіксовано перевищення КР у 2,5 рази об'ємної активності ^{137}Cs у повітрі в м. Чорнобиль;
- поверхневі води залишаються важливим шляхом винесення радіонуклідів за межі ЗВ. Винос ^{90}Sr р. Прип'ять в створі м. Чорнобиль в 2023 був в 2,4 рази більшим за середнє значення за останні 5 років;
- згідно спостережень за радіаційним станом підземних вод визначено, що середнє значення забруднення радіонуклідами водоносних комплексів не перевищує 1 Бк/м^3 за ^{137}Cs та $5,7 \text{ Бк/м}^3$ за ^{90}Sr ;
- результати моніторингу на ландшафтних полігонах свідчать, що найбільш забрудненим компонентом довкілля є верхній шар ґрунтового покриву;
- результати радіаційного обстеження місць несанкціонованого проживання населення у зоні відчуження показали, що з роками відбувається збільшення надходження ^{90}Sr в продукти харчування "самопоселенців".

Ключові слова: радіаційний екологічний моніторинг, радіаційний стан навколишнього середовища, зона відчуження.

ВСТУП

Радіаційно-екологічний моніторинг (РЕМ) на території зони відчуження (ЗВ) здійснюється підрозділами ДСП "Екоцентр" шляхом виконання Регламенту, узгодженого з регулюючими органами — Державною інспекцією ядерного регулювання України (ДІЯРУ), Міністерством охорони здоров'я України (МОЗ) і затвердженого Головою ДАЗВ (Доповідь про стан, 2022).

- Завдання радіаційно-екологічного моніторингу:
- вивчення загальних закономірностей перерозподілу радіонуклідів у довкіллі з урахуванням неоднорідності первинного забруднення, ландшафтно-геохімічних, метеорологічних та інших природних умов та антропогенної діяльності;
 - контроль винесення радіоактивних речовин за межі ЗВ, відстеження та контроль радіаційного

стану окремих елементів довкілля при надзвичайних ситуаціях (НС);

- контроль радіаційно-небезпечних об'єктів поводження з РАВ;
- радіаційний контроль з метою дозиметричного супроводження персоналу та відвідувачів ЗВ, "самопоселенців" (Положення, 1998).

Система РЕМ охоплює контроль-спостережну мережу, регламент вимірювань, методи та засоби пробовідбору, лабораторні методики та обладнання.

До мережі спостереження радіаційно-екологічного моніторингу входять пункти спостереження різного призначення (місця виробничої діяльності персоналу, ландшафтні полігони, гідрологічні створи, пункти відбору проб приземного шару атмосфери та планшети радіоактивних випадів радіонуклідів).

дів з атмосфери, спостережні свердловини тощо), колишні населені пункти (к.н.п.).

Розміщення точок контролю на території нерівномірне і залежить від радіаційних, ландшафтно-геохімічних та виробничо-побутових факторів. Регулярність вимірювань визначається в залежності від контрольованого параметра та засобів вимірювання і змінюється від 1 разу за годину (потужність амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання (ПАЕД) у системі автоматизованої системи контролю радіаційного стану (АСКРС) до 1 разу за рік (вміст радіонуклідів в компонентах ландшафту).

Радіаційно-екологічний моніторинг на території ЗВ включає в себе визначення: потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання, щільності забруднення ґрунту, концентрації радіонуклідів у повітрі (у тому числі робочих зон та приміщень), інтенсивності радіоактивних атмосферних випадінь, концентрації радіонуклідів у поверхневих, підземних, питних та стічних водах, біологічних об'єктах (рослинність, гриби, риба та ін.), а також здійснення вимірювань окремих гідрологічних параметрів (Доповідь про стан, 2022).

В 2022 році внаслідок повномасштабного вторгнення РФ проведення радіаційного моніторингу довкілля було перервано, моніторинг радіаційно-небезпечних об'єктів та складових навколишнього середовища зони відчуження не проводився. Після деокупації система моніторингу поступово відновлювалася, проводилася актуалізація обсягів виконання регламентних робіт відповідно до стану відновлення системи спостережень.

Виконання першочергових заходів щодо відновлення системи радіаційно-екологічного моніторингу в зоні відчуження дозволило:

- поновити роботу пунктів АСКРС в обмеженому режимі функціонування;
- створити додаткову мережу вимірювання показників (ПАЕД) гамма-випромінювання в ЗВ з використанням дозиметрів GammaTracer типу SPIDER. Додаткова мережа вимірювання була встановлена завдяки допомозі ДІЯРУ в межах співпраці з Національним управлінням ядерної безпеки (DOE/NNSA) Міністерства енергетики США;
- відновити роботу ділянок центральної аналітичної лабораторії ДСП "Екоцентр", а саме: гамма-спектрометрії, бета-спектрометрії, альфа-спектрометрії, радіохімічного виділення стронцію, ізотопів плутонію та америцію;
- відновити роботу аспіраційних установок пунктів контролю Дитятки, Чорнобиль, Копачі, ПЗРВ "Буряківка".

У 2023 році радіаційно-екологічний моніторинг ЗВ проводився відповідно до актуального Регла-

менту за виключенням об'єктів, на яких у зв'язку з відсутністю безпечного доступу проведення робіт було тимчасово неможливим.

До об'єктів, на яких в 2023 році не поновлено радіаційно-екологічний моніторинг, відносяться: ПТЛРВ "Чистогалівка"; ПТЛРВ "Рудий ліс" (район с. Лісового, свердловини 172/Q1, 172/Q2, 172/Q3); АСКРС "Буряківка"; об'єкти розташовані на лівобережній частині басейна р. Прип'ять (спостережні свердловини в районі Лівобережного польдера, водні об'єкти та пункти АСКРС).

РЕЗУЛЬТАТИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Потужність амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання за даними автоматизованої системи контролю радіаційного стану. ПАЕД гамма-випромінювання у ЗВ зараз майже повністю формується гамма-випромінюванням ^{137}Cs , що виникає внаслідок його радіоактивного розпаду. Головним джерелом випромінювання є верхній шар ґрунтів, де запаси цього радіонукліду знаходяться в динамічній рівновазі завдяки його включення в кругообіг речовини "ґрунт-рослина-ґрунт". Частка ^{137}Cs , який мігрує до інших середовищ (повітря, вода, біологічні об'єкти), порівняно невелика — її внеском у формування ПАЕД можна знехтувати.

У табл. 1 наведені характеристики ПАЕД гамма-випромінювання, що реєструвалися на постах моніторингу АСКРС протягом 2023 року у порівнянні з середньорічними значеннями за 2022 рік та контрольними рівнями (КР).

Як можна бачити, значення ПАЕД на окремих постах практично не змінилися порівняно з попереднім роком і знаходяться в межах інтервалу звичних коливань.

Радіаційний стан приземного шару атмосфери. Згідно з Регламентом робіт з радіаційно-екологічного моніторингу спостереження за радіаційним станом повітряного простору ЗВ у 2023 році проводилися на пунктах частково відновленої мережі спостережень за 2 основними напрямками:

- оцінка об'ємної активності радіонуклідів у повітрі на пунктах автоматизованої системи контролю радіаційного стану (АСКРС) ближньої та дальньої зони;
- моніторинг інтенсивності випадінь радіонуклідів з атмосфери на пунктах спостереження ЗВ.

Регламентні роботи з контролю радіаційного забруднення приземного шару атмосфери виконувалися на окремих пунктах АСКРС. Сюди віднесені також місця найбільш тривалого перебування персоналу ЗВ: м. Чорнобиль і КДП Дитятки. Здійснювався контроль повітря і на небезпечному за рівнем інгаляційного надходження радіонуклідів вироб-

Таблиця 1. Потужність дози гамма-випромінювання на постах АСКРС у 2023 році, нЗв/год

№ п/п	Назва пункту	Мінімальне значення	Середнє значення	Максимальне значення	Середнє значення за 2022 рік	Контрольний рівень
<i>Промисловий майданчик ДСП "ЧАЕС"</i>						
1	ДГС-2	6000	7300	8200	7500	29000
2	ВЗС-2	3600	5200	6300	5200	21000
3	СРТВ	2200	3000	3700	3100	18400
4	Нафтобаза	3100	4600	5000	4400	13500
5	СВЯП	1400	2000	2500	2100	9200
6	БНС	1100	1700	1900	1700	5000
7	Пожежне депо	1400	1700	1900	1800	4800
8	ВРП — 750	1000	1100	1300	1100	4500
9	АПК-1	310	430	490	430	1400
10	Відвідний канал	260	380	440	390	1100
11	ВОС № 3	170	260	340	270	800
12	СВЯП-2	150	220	290	220	550
<i>5-км зона</i>						
13	Чистогалівка	480	750	1000	750	2300
14	Копачі	380	620	920	610	1900
15	Станція Янів	370	590	690	600	1700
16	Прип'ять	290	470	630	470	1500
<i>10-км зона</i>						
17	Буряківка	2000	2400	3200	2400	7500
18	Усів*	—	—	—	1200	3600
19	Машево	610	760	900	760	2200
20	Зимовище*	—	—	—	740	2100
21	Красне	530	600	650	640	2000
22	Крива Гора	190	360	560	350	1200
23	ПЗРВ "Буряківка"	300	460	550	450	1100
24	Чорнобиль-2	200	360	520	360	840
25	Ст. Шепеличі*	—	—	—	270	740
26	Бенівка	130	210	270	210	600
27	Старосілля	130	180	260	180	460
28	Вектор	100	130	190	130	270
<i>30-км зона</i>						
29	Діброва	180	250	310	250	700
30	Вільча	100	130	300	150	470
31	Іловниця	90	140	210	140	380
32	Іллінці	80	110	170	110	260
33	Корогод	80	110	190	110	260
34	Паришів	80	130	180	120	250
35	Дитятки	70	90	150	90	220
36	Купувате	70	100	160	100	220
<i>м. Чорнобиль</i>						
37	Поліклініка	150	220	290	200	550
38	РУЗОД	130	170	220	170	370
<i>За межами зони відчуження</i>						
39	Славутич	100	200	250	180	300

Примітка: * — дані відсутні з технічних причин (сервісне обслуговування).

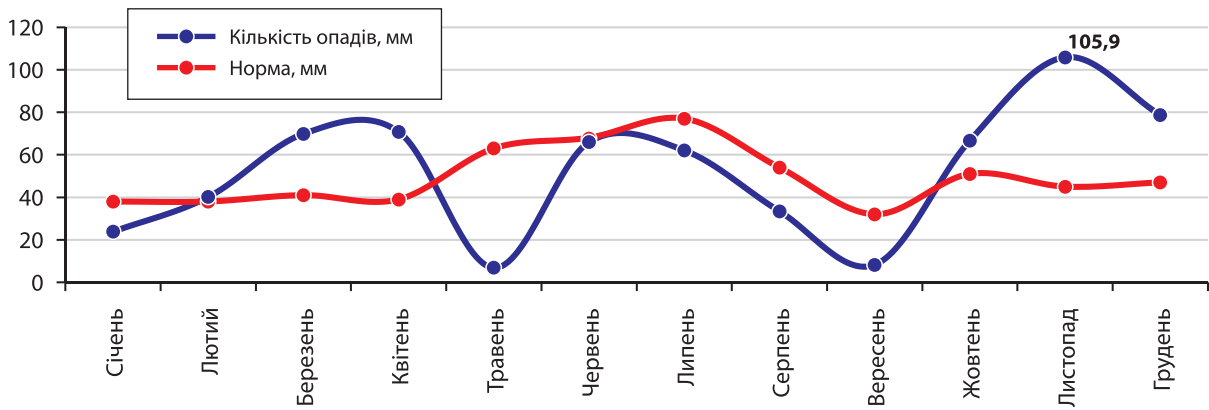


Рис. 1. Динаміка метеорологічних умов 2023 року у ЗВ (на прикладі місячної кількості опадів)

ничому об'єкті ПЗРВ "Буряківка", що пов'язаний з поводженням з РАВ.

Проби радіоактивних аерозолів за допомогою аспіраційних пристроїв АУРА 02.11 відбиралися шляхом безперервного прокачування повітря через фільтри з тканини Петрянова (ФПП-15-1,5) і заміною їх через кожні 5–7 діб.

Для відбору проб випадінь з атмосфери використовувалися планшети, встановлені на висоті 1 м над поверхнею ґрунту. Вловлюючим матеріалом був марлевий фільтрувальний матеріал. Час експозиції планшетів — від 10 до 20 діб.

За даними метеостанції Чорнобиль Центральної геофізичної обсерваторії ім. Бориса Срезневського, метеорологічні умови 2023 року характеризувалися як мінливі. Посушливі періоди чергувалися з підвищеною вологістю. Більшу частину року відзначалась підвищена кількість опадів, — вища за

норму в 2 і більше разів; проте травень та вересень характеризувалися посушливими (11,16% від норми) метеорологічними умовами (рис. 1), періодично з сильними поривами вітру, що сприяло розвитку дефляційних процесів (вітрове піднімання радіонуклідів у повітря) у зоні відчуження.

На радіаційний стан приземного шару атмосфери ЗВ у 2023 році впливали метеорологічні умови, антропогенні фактори, величина і фізико-хімічна форма аварійних випадінь.

Інтервали зміни та середні значення об'ємної активності ^{137}Cs у повітрі районів розміщення пунктів спостереження протягом 2023 року наведені в табл. 2.

Результати цієї таблиці показують, що найбільше забруднення повітря ЗВ ^{137}Cs зареєстровано на пунктах контролю **ближньої зони**, де значення об'ємної активності коливалися в діапазоні

Таблиця 2. Результати вимірювання об'ємної активності ^{137}Cs у приземному шарі атмосфери на пунктах контролю ДСП "Екоцентр" у 2023 році, Бк/м³

Пункт контролю	Віддаленість, азимут	Мінімальна	Середня	Максимальна
<i>Ближня зона</i>				
ВРП-750	0,8 км; 180°	$5,7 \times 10^{-5}$	$6,2 \times 10^{-4}$	$3,9 \times 10^{-3}$
Нафтобаза	2 км; 330°	$2,4 \times 10^{-5}$	$1,9 \times 10^{-5}$	$5,7 \times 10^{-4}$
Прип'ять	3,1 км; 290°	$4,9 \times 10^{-6}$	$7,9 \times 10^{-5}$	$8,4 \times 10^{-4}$
БНС	2,6 км; 85°	$9,0 \times 10^{-6}$	$8,1 \times 10^{-5}$	$4,1 \times 10^{-4}$
<i>Дальня зона</i>				
Зимовище*	7 км; 60°	—	$4,6 \times 10^{-6}$	—
Старосілля*	9 км; 119°	—	$3,4 \times 10^{-6}$	—
Копачі	5 км; 155°	$1,5 \times 10^{-6}$	$6,5 \times 10^{-5}$	$6,1 \times 10^{-4}$
Чорнобиль	16 км; 147°	$5,9 \times 10^{-7}$	$1,8 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-4}$
Дитятки	32 км; 175°	$5,5 \times 10^{-7}$	$9,0 \times 10^{-6}$	$8,0 \times 10^{-5}$
Чистогалівка	7 км; 240°	$4,0 \times 10^{-6}$	$8,4 \times 10^{-5}$	$5,0 \times 10^{-4}$
Корогод**	13,6 км; 208°	$2,9 \times 10^{-6}$	$8,6 \times 10^{-6}$	$1,7 \times 10^{-5}$
ПЗРВ "Буряківка"	12,5 км; 250°	$7,2 \times 10^{-6}$	$7,1 \times 10^{-5}$	$3,8 \times 10^{-4}$

Примітки. * — дані представлені за вересень (1 проба); ** — дані представлені за жовтень–грудень.

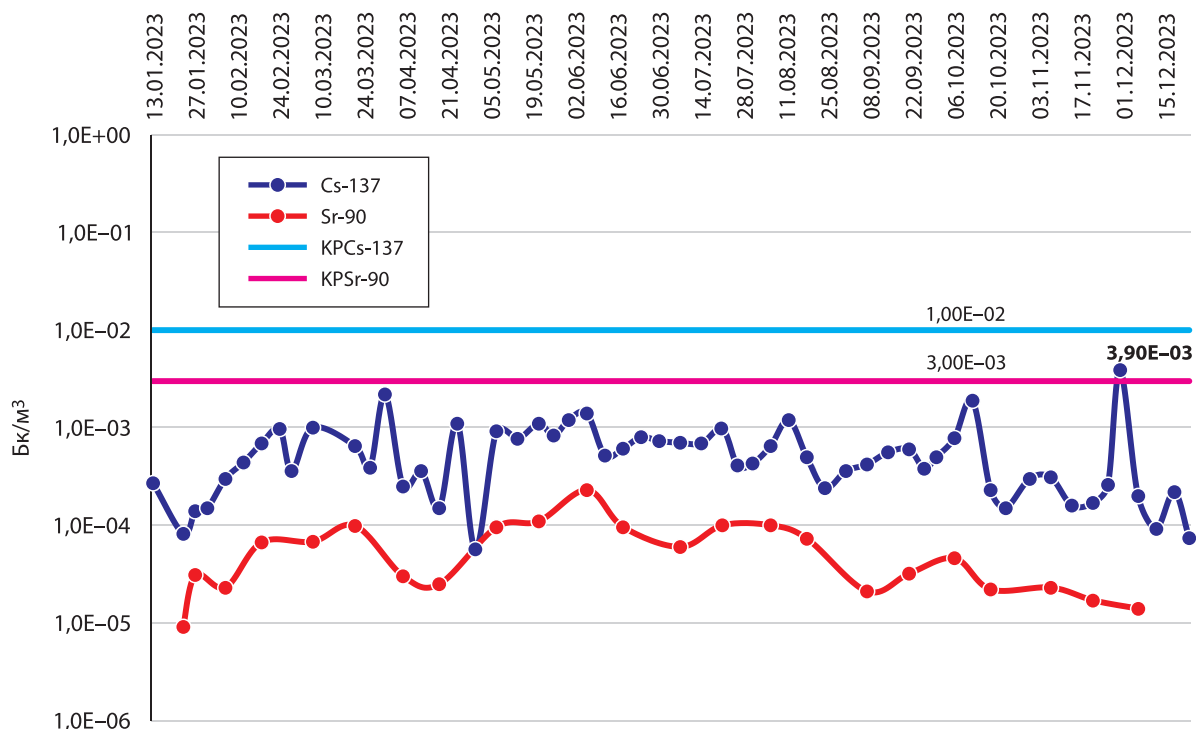


Рис. 2. Динаміка об'ємної активності (Бк/м³) ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr в приземному шарі повітря на АСКРС ВРП-750 у 2023 році (На рисунку запис вигляду 1,0E-02 означає 1,0×10⁻²)

4,9×10⁻⁶– 3,9×10⁻³ Бк/м³. На пунктах АСКРС ближньої зони не було зафіксовано перевищень контрольних рівнів (КР) забруднення повітря ¹³⁷Cs, які встановлені гігієнічними нормативами "Основні контрольні рівні, рівні звільнення та рівні дії щодо радіоактивного забруднення об'єктів зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення". Максимальне значення об'ємної активності ¹³⁷Cs у повітрі ближньої зони зафіксовано на АСКРС ВРП-750 у листопаді (рис. 2).

Найбільше забруднення ⁹⁰Sr у повітрі на пунктах контролю **ближньої зони** зареєстровано на АСКРС ВРП-750 — 2,3×10⁻⁴ Бк/м³ у червні без перевищення контрольного рівня забруднення повітря ⁹⁰Sr (рис. 2).

Серед пунктів контролю частково відновленої системи спостережень **дальньої зони** (10-км навколо ЧАЕС) найвищі значення об'ємної активності ¹³⁷Cs в повітрі було зафіксовано у квітні на АСКРС Копачі. На пунктах спостереження АСКРС дальньої зони перевищення КР об'ємної активності ¹³⁷Cs у пробах повітря не зафіксовано.

Максимальне значення об'ємної активності ⁹⁰Sr в повітрі дальньої зони було зафіксовано у липні — 6,0×10⁻⁵ Бк/м³ на пункті АСКРС Чистогалівка.

В місяцях найбільш тривалого перебування персоналу ЗВ об'ємна активність радіонуклідів у повітрі становила: м. Чорнобиль — ¹³⁷Cs від 5,9×10⁻⁷ до 2,0×10⁻⁴ Бк/м³ з одним перевищенням контрольного

рівня (КР) у 2,5 раза у травні (КР = 8,0×10⁻⁵ Бк/м³), ⁹⁰Sr — від 6,5×10⁻⁷ до 9,7×10⁻⁶ Бк/м³ без перевищення КР забруднення повітря; на КДП Дитятки — ¹³⁷Cs від 5,5×10⁻⁷ до 8,0×10⁻⁵ Бк/м³; ⁹⁰Sr — від 2,5×10⁻⁷ до 2,3×10⁻⁵ Бк/м³ без перевищення КР забруднення повітря радіонуклідами (рис. 3, 4).

Перевищення контрольного рівня в травні на АСКРС Чорнобиль пов'язано з впливом сукупності факторів: цвітіння сосни звичайної, посушливі погодні умови (кількість опадів за місяць була 11% від норми), виконанням специфічних заходів в зоні відчуження, що посилюють процеси піднімання радіонуклідів в повітря, в тому числі неконтрольоване пересування транспорту.

У повітрі виробничого об'єкту ПЗРВ "Буряківка" об'ємна активність ¹³⁷Cs змінювалася в діапазоні від 7,2×10⁻⁶ до 3,8×10⁻⁴ Бк/м³ з максимальним значенням у жовтні без перевищення КР забруднення повітря радіонуклідами, ⁹⁰Sr — від 1,1×10⁻⁶ до 8,0×10⁻⁵ Бк/м³ з максимальним значенням у січні без перевищення КР (рис. 5).

У 2023 році у **ближній зоні** коливання величин інтенсивності випадінь ¹³⁷Cs із приземного шару атмосфери відбувалося від 0,01 до 10 Бк/(м²×добу), в середньому — 0,51 Бк/(м²×добу). Максимальні значення інтенсивності випадінь ¹³⁷Cs із приземного шару атмосфери були зафіксовані на пункті спостереження "3 км південний захід" у листопаді.

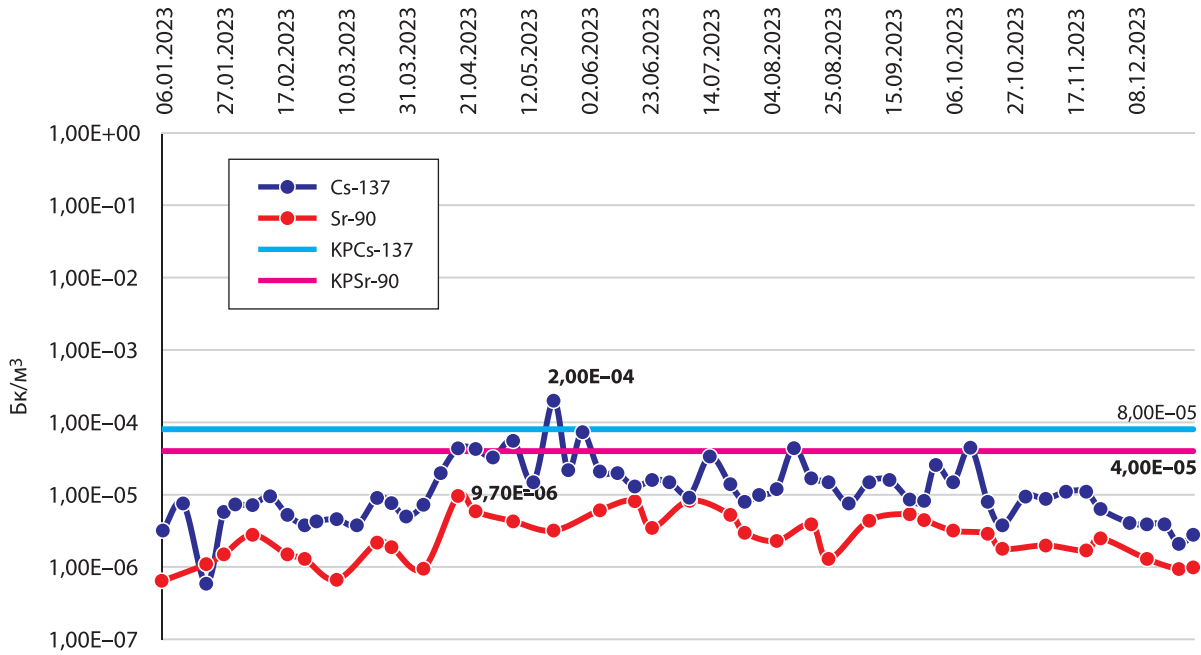


Рис. 3. Динаміка об’ємної активності (Бк/м³) ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr в приземному шарі повітря на АСКРС Чорнобиль в 2023 році (На рисунку запис вигляду 1,0E-02 означає 1,0×10⁻²)

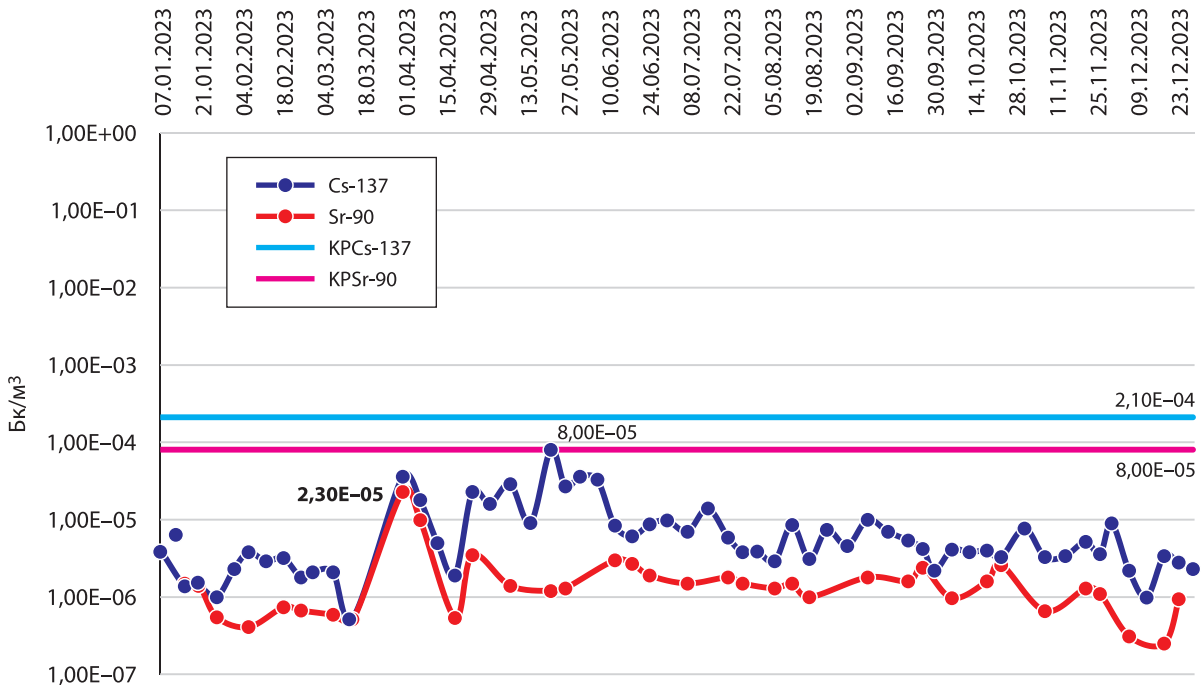


Рис. 4. Динаміка об’ємної активності (Бк/м³) ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr в приземному шарі повітря на АСКРС Дитятки в 2023 році (На рисунку запис вигляду 1,0E-02 означає 1,0×10⁻²)

У дальній зоні коливання величин відбувалося від 0,01 до 2,2 Бк/(м²×добу), в середньому — 0,12 Бк/(м²×добу). Максимальні значення відмічені на пункті спостереження “Чистоголівка” у червні.

Протягом 2023 року за повідомленнями чергового ДСП “Північна Пуща” було виявлено ряд загорань в районах Денисовицького, Дитятківсько-

го, Корогодського, Опачицького, Паришівського лісництвах, та у м. Прип’ять, які носили локальний характер.

Найбільш масовою була пожежа в Опачицькому лісництві на площі 20 га в травні місяці. За даними радіаційної розвідки максимальна об’ємна активність радіонуклідів в повітрі на лінії вогню була

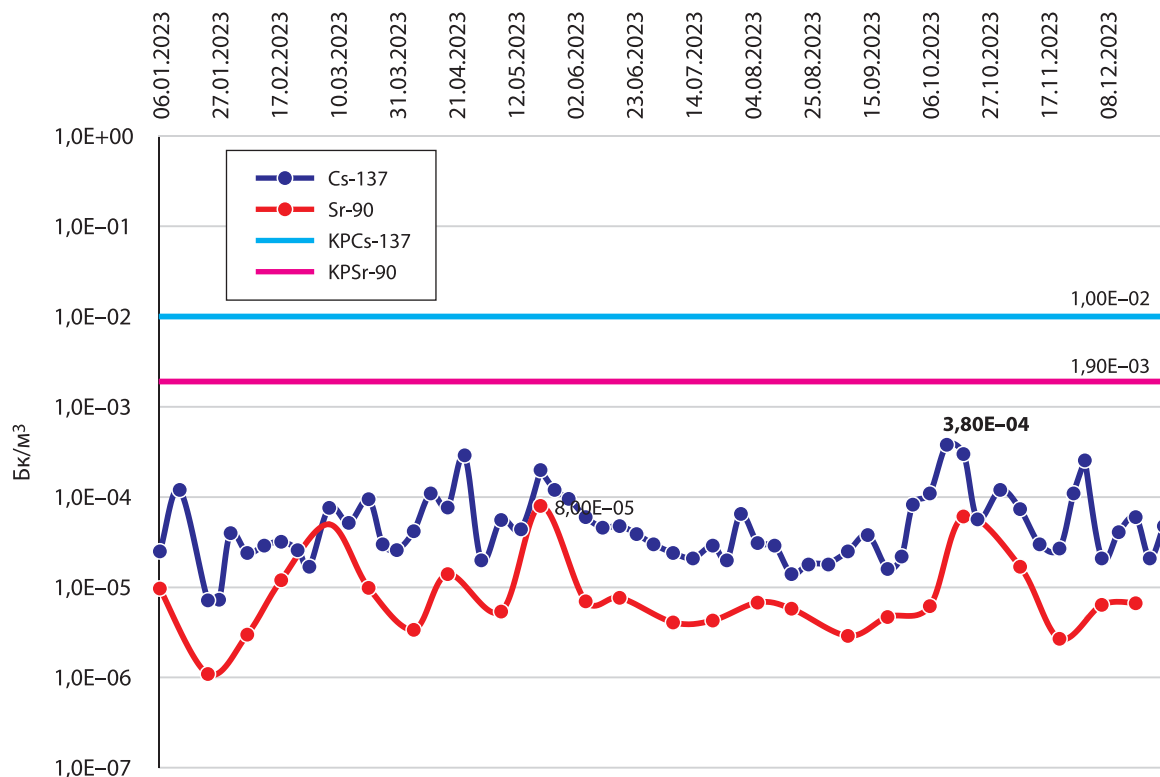


Рис. 5. Динаміка об'ємної активності (Бк/м³) ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr в приземному шарі повітря на ПЗРВ "Буряківка" у 2023 році (На рисунку запис вигляду 1,0E-02 означає 1,0×10⁻²)

зафіксована по ¹³⁷Cs — 3,1×10⁻³ Бк/м³, що перевищує КР у **15 разів** (КР = 2,1×10⁻⁴ Бк/м³), по ⁹⁰Sr — 9,4×10⁻⁴ Бк/м³ — перевищує КР у **12 разів** (КР = 8,0×10⁻⁵ Бк/м³).

Таким чином, радіаційний стан повітряного середовища ЗВ та його динаміка протягом 2023 року визначалися характером поверхневого забруднення території, техногенними та біологічними чинниками (вплив пожеж, роботи на радіоактивно забруднених територіях, в тому числі, неконтрольоване пересування транспорту, цвітіння сосни звичайної), а також метеорологічними умовами.

Об'ємна активність ¹³⁷Cs у приземному шарі атмосфери ближньої та дальньої зонах (5–10 км навколо ДСП "ЧАЕС") фіксувалась в діапазоні від 1,5×10⁻⁶ до 3,9×10⁻³ Бк/м³ без перевищення контрольних рівнів забруднення повітря радіонуклідами.

Гідрологічний режим р. Прип'ять. У 2023 році гідрометричні роботи (вимірювання витрат води) виконувались на р.р. Прип'ять, Уж, Сахан, Глиниця.

Після 24 лютого 2022 року моніторинг поверхневих вод на території ЗВ був зупинений. Після проведення деокупації, відновлення моніторингу поверхневих вод напряму залежало від безпекової ситуації в ЗВ, можливості доступу підрозділів ДСП "Екоцентр" до пунктів спостереження. Відновлення

моніторингу водних об'єктів ЗВ, розташованих на лівобережній та частково правобережній частинах басейна р. Прип'ять у 2023 р. було неможливе.

У 2023 році льодові утворення на р. Прип'ять в межах зони відчуження спостерігались з 7 січня до 17 лютого, льодостав 7–9 балів, що змінився льодоходом 1–7 балів, почався 26 січня.

До початку березня водність р. Прип'ять знаходилась у нормальних для цього періоду межах, з кінця місяця відбулося поступове збільшення водності (в середньому до + 4 см/добу), що призвело до формування пікових значень водопілля на другу декаду квітня (рис. 6).

Відразу після проходження піку водопілля зниження води спостерігалось на рівні — 4–5 см/добу в середньому, а меженний період липня, серпня та початку вересня, характеризувався рівнями води меншими на 4% за середні багаторічні значення.

Оскільки з жовтня по грудень випала майже вдвічі більша кількість опадів, протягом осінньо-зимового періоду 2023 року на річках Прип'ять та Уж спостерігався паводок, що характеризувався чергуванням хвиль швидкого підйому та спадання води. Загалом паводок 2023 року нараховував дві хвилі, а мінімальні значення водності були на відмітках близьких до середніх значень.

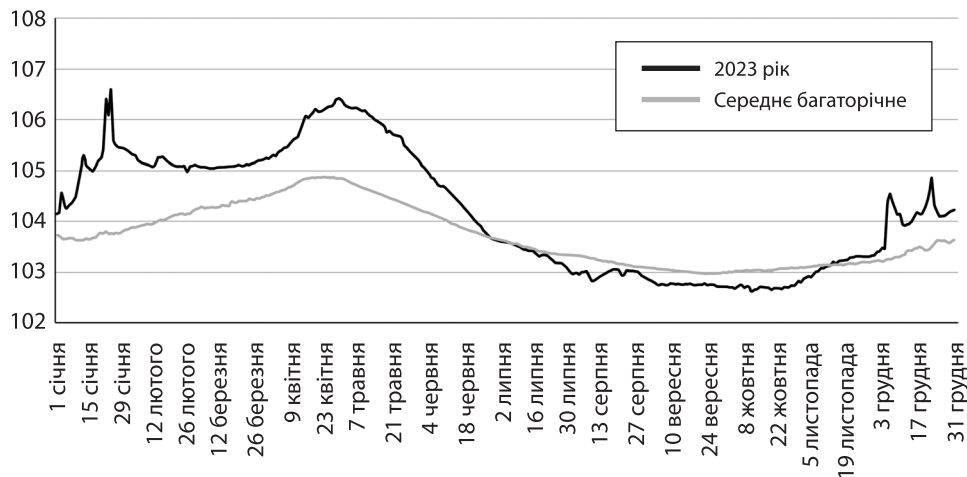


Рис. 6. Динаміка зміни рівня води р. Прип'ять на посту БНС ЧАЕС у 2023 році (чорна лінія) у порівнянні з середніми багаторічними значеннями (сіра лінія)

З 29 листопада по 24 грудня на р. Прип'ять спостерігався льодостав 7–9 балів, в тому числі шугохід.

Внаслідок достатньої кількості опадів та наявності снігового покриву в осінньо-зимовий період, весною 2023 року спостерігалось чітко виражене водопілля. Максимальна витрата по гідрологічному посту Чорнобиль була на рівні $\approx 1450 \text{ м}^3/\text{с}$ (22.04.2023).

Об'єм водного стоку за 2023 рік склав $17,1 \text{ км}^3$, в 2022 році $11,5 \text{ км}^3$, а середньорічна витрата — $542 \text{ м}^3/\text{с}$ (середня багаторічна витрата за різними розрахунками становить $404\text{--}470 \text{ м}^3/\text{с}$).

Радіаційний стан поверхневих вод. Радіаційний моніторинг поверхневих вод зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення згідно Регламенту полягає у проведенні спостережень за гідрологічним режимом та радіаційним станом р. Прип'ять та її приток, північно-західної частини Київського водосховища, водойми-охолоджувача ЧАЕС (ВО), підвідного й відвідного каналів 1 та 2 черги ЧАЕС, відвідного каналу 3 черги, ізолюваних від р. Прип'ять затонів та озер на її правобережній заплаві, водних об'єктів в районі розташування комплексу водоохоронних споруд на лівобережній заплаві, тобто практично всіх основ-

них водотоків та водойм зони (Войцехович и др., 2001; Регіональна доповідь, 2022). В загальному безперервним контролем за останні 5 років було охоплено 9 великих та малих водотоків, 10 замкнених та малопроточних водойм у близько 30 створах та пунктах. В усіх пробах води визначались концентрації основних забруднюючих радіонуклідів — ^{137}Cs та ^{90}Sr . Вміст ^{241}Am та ізоотопів плутонію з різною періодичністю контролювався у воді р. Прип'ять, водойми-охолоджувача ЧАЕС, лівобережного польдеру у верхньому б'єфі гідротехнічної споруди № 7 та оз. Глибоке. Протягом 2023 року моніторинг вод по двох останніх пунктах, так само як і р. Прип'ять на вході в зону відчуження (ЗВ), не проводився.

Вміст ^{90}Sr у воді ріки біля м. Чорнобиль протягом року в середньому склав $89 \text{ Бк}/\text{м}^3$. Максимальне значення ($170 \text{ Бк}/\text{м}^3$) зафіксовано 10 липня, а мінімальне ($15 \text{ Бк}/\text{м}^3$) — 7 листопада. В цілому динаміка вмісту радіонуклідів у воді річки виявилась подібною до попередніх 5 років (табл. 3).

Вміст радіонуклідів у воді р. Уж був на рівні значень 2022 р., та дещо збільшувався під час водопілля, яке було чітко виражене у 2022 та 2023 роках, особливо у порівнянні з відносно маловодними 2019 та 2020 роками.

Таблиця 3. Об'ємна активність ($\text{кБк}/\text{м}^3$) та винесення ^{137}Cs та ^{90}Sr (ТБк) р. Прип'ять в створі м. Чорнобиль в 1986–2023 рр.

Рік	Середня річна витрата води, $\text{м}^3/\text{с}$	Радіонукліди				Винесення	
		^{137}Cs		^{90}Sr		^{137}Cs	^{90}Sr
		середня	максим.	середня	максим.		
1986	302	–	–	–	–	66,20	27,60
1987	246	1,60	18,00	1,30	–	12,80	10,40
1988	411	0,74	9,60	1,40	9,60	9,48	18,70
1989	392	0,52	0,56	0,74	1,30	6,44	8,97

Рік	Середня річна витрата води, м ³ /с	Радіонукліди				Винесення	
		¹³⁷ Cs		⁹⁰ Sr		¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
		середня	максим.	середня	максим.		
1990	409	0,36	0,74	0,78	2,40	4,63	10,10
1991	442	0,21	1,00	1,00	12,00	2,89	14,40
1992	295	0,21	1,10	0,44	1,70	1,92	4,14
1993	537	0,21	0,48	0,85	1,60	3,48	14,20
1994	476	0,20	0,44	0,93	5,90	2,96	14,20
1995	330	0,11	0,34	0,33	0,82	1,15	3,40
1996	319	0,13	0,39	0,34	0,67	1,30	3,42
1997	340	0,16	0,48	0,25	1,30	1,70	2,68
1998	681	0,14	0,68	0,30	1,00	2,95	6,37
1999	656	0,15	0,62	0,50	1,60	3,05	10,2
2000	470	0,11	0,38	0,22	0,52	1,71	3,36
2001	437	0,12	0,38	0,23	0,53	1,54	3,14
2002	358	0,07	0,19	0,17	0,36	0,87	1,65
2003	330	0,05	0,12	0,15	0,34	0,49	1,40
2004	419	0,05	0,10	0,18	0,35	0,69	2,23
2005	492	0,07	0,16	0,19	0,50	1,39	3,70
2006	406	0,07	0,11	0,16	0,30	0,92	1,94
2007	394	0,05	0,15	0,12	0,27	0,67	1,38
2008	486	0,01	0,13	0,10	0,29	0,60	1,42
2009	483	0,03	0,10	0,11	0,36	0,50	1,51
2010	512	0,05	0,15	0,11	0,39	0,87	2,21
2011	453	0,05	0,15	0,10	0,17	0,68	1,40
2012	351	0,04	0,09	0,08	0,18	0,44	0,87
2013	642	0,07	0,34	0,17	0,68	1,89	5,01
2014	352	0,06	0,32	0,11	0,54	0,56	1,08
2015	170	0,04	0,09	0,09	0,16	0,22	0,41
2016	273	0,04	0,10	0,09	0,18	0,24	0,66
2017	384	0,03	0,07	0,06	0,14	0,40	0,72
2018	405	0,05	0,21	0,09	0,26	0,64	1,15
2019	243	0,03	0,05	0,05	0,13	0,25	0,36
2020	193	0,02	0,13	0,04	0,07	0,13	0,25
2021	340	0,01	0,03	0,06	0,10	0,22	0,55
2022*	367	0,03	0,08	0,08	0,13	0,43	0,93
2023	542	0,06	0,15	0,09	0,17	0,96	1,53
1986–2023	404	0,16	18	0,32	12	138	188

Примітки. В таблиці запис подається у ТБк, де 1ТБк = 10¹² Бк; “—” значення відсутні; * — розрахункові дані.

Значення об’ємної активності ⁹⁰Sr у воді контрольованих водотоків в середньому були на рівні або нижче багаторічних (табл. 4).

Винесення ⁹⁰Sr з водою р. Прип’ять у створі м. Чорнобиль у 2023 році за розрахунковими даними складало 1,53 ТБк, що в 1,6 раза більше за винесення 2022 року та в 2,4 раза більше середнього значення за останні 5 років. Збільшення винесення залежить від водності року, роботи гідротехнічних

споруд та заходів на водозборі (на території білорусі значне затоплення забрудненого водозбору р. Брагінки пов’язано із повним припиненням функціонування осушувальної мережі) (Радіогідрогеохімія, 2023).

За розрахунковими даними винесення ⁹⁰Sr з водою р. Уж складало 0,12 ТБк, що в 2,4 раза більше значення за 2022 р. Всього з поверхневими водами до Київського водосховища винесено 1,78 ТБк ⁹⁰Sr.

Таблиця 4. Результати вимірювання об'ємної активності ^{137}Cs та ^{90}Sr у воді деяких водотоків та водойм зони відчуження у 2023 році, кБк/м³

Об'єкт та пункт контролю	^{137}Cs						^{90}Sr		
	завись			розчин			мінім.	макс.	середня
	мінім.	макс.	середня	мінім.	макс.	середня			
р. Прип'ять — с. Усів**	—	—	—	—	—	—	—	—	—
р. Прип'ять — м. Чорнобиль	0,004	0,058	0,021	0,009	0,12	0,034	0,015	0,17	0,087
р. Уж — с. Черевач	0,004	0,044	0,015	0,008	0,07	0,030	0,019	0,17	0,087
р. Брагінка — дамба № 39* **	—	—	—	—	—	—	—	—	—
р. Сахан — с. Новшопеличі*.*.**	0,03	0,03	0,03	0,15	0,15	0,15	0,87	0,87	0,87
р. Глиниця*	0,02	0,33	0,08	0,11	0,58	0,33	0,92	4,4	2,6
Водойма — охолоджувач ЧАЕС	0,036	4,1	0,55	0,29	8,0	2,2	1,5	8,4	4,1
Семиходський старик	0,029	0,39	0,11	0,33	2,0	1,0	2,1	12	5,9
Янівський затон	0,019	0,87	0,14	0,62	1,6	1,2	3,1	6,5	4,7
оз. Азбучин	0,11	3,5	1,1	7,6	80	29	190	340	268
Відвідний канал 3 черги ЧАЕС*	0,3	1,6	0,9	47	70	61	5,3	9,9	7,9
Лівобережний польдер — верхній б'єф ГТС № 7* **	—	—	—	—	—	—	—	—	—
оз. Глибоке**	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примітки: * — за період стоку; ** — після 24 лютого 2022 року моніторинг не проводився через відсутність доступу; *** — 3 лютого 2023 року моніторинг не проводився через відсутність доступу.

Внесок р. Прип'ять у загальне винесення ^{90}Sr до водосховища становив 86%, р. Уж — 7%, р. Брагінка — 7%.

Внесок різних джерел винесення ^{90}Sr представлено в табл. 5. У 2023 році в балансі джерел формування радіонуклідного забруднення р. Прип'ять (в річному розрізі) надходження ^{90}Sr із-за меж зони відчуження не перевищувало 36% від загального винесення рікою. В межах ЗВ переважаючою складовою, що формувала винесення радіонуклідів були ґрунтові води (загалом близько 50% величини винесення) — основне джерело формування стоку в 2023 році.

Величина стоку ^{137}Cs за 2023 рік у створі м. Чорнобиль склала 0,96 ТБк (у 2022 р. — 0,43 ТБк).

Вміст ^{137}Cs у воді малих річок ЗВ за періоди наявності стоку був на рівнях, близьких до показників останніх років. У воді більшості замкнутих водойм та водойми-охолоджувачі ЧАЕС, максимум ^{137}Cs прослідковується у літні місяці. Сезонні коливання вмісту розчиненого ^{137}Cs , імовірно, обумовлені циклічністю фізико-хімічних та біологічних процесів у ВО протягом року.

За дослідженнями фахівців Українського гідрометеорологічного інституту, динаміка розподілення

Таблиця 5. Винесення ^{90}Sr основними водотоками зони відчуження та іншими джерелами у 2012–2023 рр., ТБк

№ з/п	Об'єкт — створ	Роки											
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022*	2023*
1	р. Прип'ять, вхід в зону	0,26	1,48	0,40	0,14	0,29	0,35	0,46	0,19	0,11	0,30	0,34	0,57
2	р. Сахан	0,04	0,08	0,02	0,003	0,01	0,008	0,02	0,004	0,001	0,014	0,015	0,024
3	Стік з лівобережного польдера	0,21	0,65	0,08	0,006	0,02	0,04	0,07	0,008	0,001	0,005	0,02	0,034
4	Фільтраційні потоки водойми-охолоджувача	0,05	0,04	0,02	0,001	—	—	—	—	—	—	—	—
5	р. Глиниця	0,22	0,17	0,09	0,03	0,03	0,02	0,006	0,008	0,008	0,006	0,013	0,015
6	Фільтрація з водойми-охолоджувача ЧАЕС	0,04	0,04	0,04	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—

№ з/п	Об'єкт — створ	Роки												
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022*	2023*	
7	Фільтрація з затонів, надходження з ґрунтовими водами, надходження з заплави	0,05	2,55	0,43	0,19	0,31	0,27	0,61	0,15	0,13	0,23	0,54	0,89	
8	р. Прип'ять — м. Чорнобиль	0,87	5,01	1,08	0,41	0,66	0,72	1,15	0,36	0,25	0,55	0,93	1,53	
9	Надходження ^{90}Sr в межах зони відчуження, ТБк	0,61	3,53	0,68	0,27	0,37	0,37	0,69	0,17	0,14	0,25	0,59	0,96	
	доля зони відчуження, %	70	70	59	66	56	51	60	47	56	45	63	63	
10	р. Уж	0,06	0,20	0,07	0,01	0,04	0,05	0,07	0,02	0,01	0,03	0,05	0,12	
11	р. Брагінка	0,31	0,90	0,13	0,01	0,05	0,14	0,17	0,03	0,01	0,04	0,08	0,13	
12	Винос в Київське водосховище: р. Прип'ять + р. Уж + р. Брагінка	1,34	6,11	1,28	0,44	0,75	0,91	1,39	0,41	0,27	0,62	1,06	1,78	

Примітка: * — дані отримані розрахунковим методом з урахуванням результатів багаторічних спостережень.

радіонуклідів в замкнутих водоймах контролюється виключно геохімічними і гідравлічними чинниками, власне коливаннями рівнів води в самих озерах та на прилеглих територіях (Kanivets et al., 2020). Влітку внаслідок утворення відновлювальних умов у придонному шарі води спостерігається посилення дифузійного потоку ^{137}Cs із донних відкладів у водну товщу. Восени у ВО підвищується концентрація завислих наносів, які сорбують цезій з водного розчину і з осадами повертають його назад у донні відклади.

Серед контрольованих водних об'єктів максимальні сумарні значення об'ємної активності ^{137}Cs (розчин та завись) характерні для відповідного каналу 3-ї черги ЧАЕС (71 кБк/м³), підвідного каналу водойми-охолоджувача ЧАЕС (12 кБк/м³), Семиходського старика (2,8 кБк/м³), озера Азбучин (83 кБк/м³).

Найбільш забруднена радіонуклідами поверхнева водойма — оз. Азбучин, значення об'ємної активності ^{90}Sr та ^{137}Cs у воді знаходяться на рівні 340 кБк/м³ та 83 кБк/м³ відповідно. Вода у водоймі за вмістом ^{90}Sr відповідає категорії радіоактивних відходів.

Треба відзначити підвищення об'ємної активності ^{90}Sr у воді оз. Азбучин протягом 2015–2022 рр. Очевидною причиною зростання вмісту ^{90}Sr є надходження мобільних форм радіонуклідів у воду з осушеного ложа та мілководних ділянок внаслідок падіння рівня води в озері з відмітки 107,50 мБС до мінімального рівня 103,75 мБС (у 2017 році) та зміни

режиму гідравлічно пов'язаних з озером підземних вод. Динаміка об'ємної активності ^{90}Sr у воді оз. Азбучин у 1999–2023 рр. відображена на *рис. 7*.

Рівень води водойми-охолоджувача почав знижуватися після зупинення роботи берегової насосної станції (БНС) у 2014 році, і протягом перших двох років це відбувалося швидко і безперервно з високими темпами фільтрації через тіло насипної піщаної дамби і до середини 2017 року фільтраційні втрати були фактично основною причиною зменшення рівня води (Environmental impact, 2019), а з 2018 р. зниження рівня обумовлено переважно випаровуванням. В 2019–2023 роках рівневий режим водойми змінювався в залежності від рівня води р. Прип'ять, з якою гідравлічно пов'язаний, фільтраційних процесів та випаровування з дзеркала водної поверхні. В результаті кліматичних змін останніх років, які характеризувалися посушливим літом, практично безсніжними зимовими періодами, в межах чаші водойми-охолоджувача утворилася нова система водних об'єктів, в яких формується власний гідрологічний режим і умови радіонуклідного забруднення.

Динаміку об'ємної активності радіонуклідів у воді ВО у 2016–2023 рр. показано на *рис. 8, 9*.

Рівні дії вказані відповідно до Гігієнічних нормативів "Основні контрольні рівні, рівні звільнення та рівні дії щодо радіоактивного забруднення об'єктів зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення", затверджених Головою ДАЗВ України 08.02.2022 року.

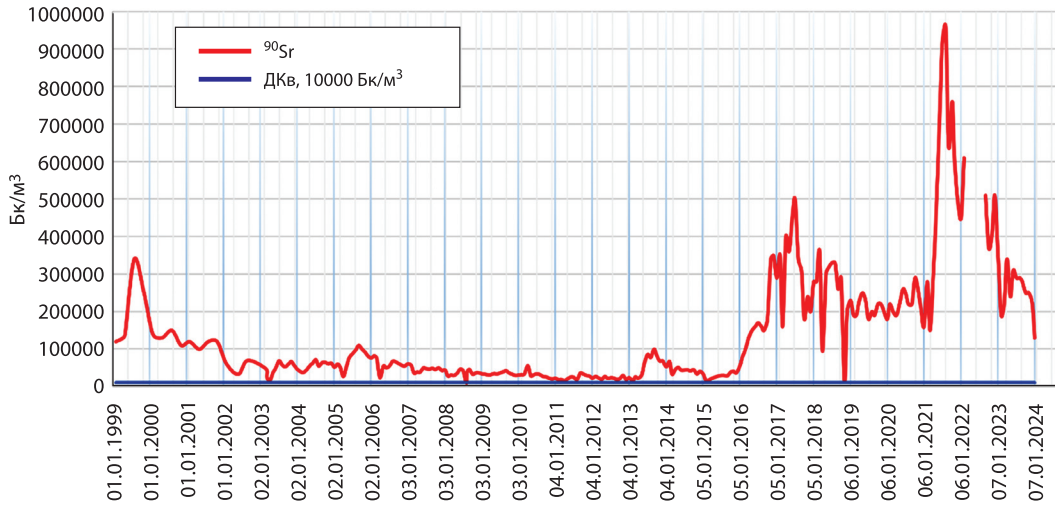


Рис. 7. Динаміка об'ємної активності ^{90}Sr у воді оз. Азбучин у 1999–2023 рр. Дані за період з початку окупації ЗВ і до відновлення функціонування системи моніторингу відсутні (2022 рік)

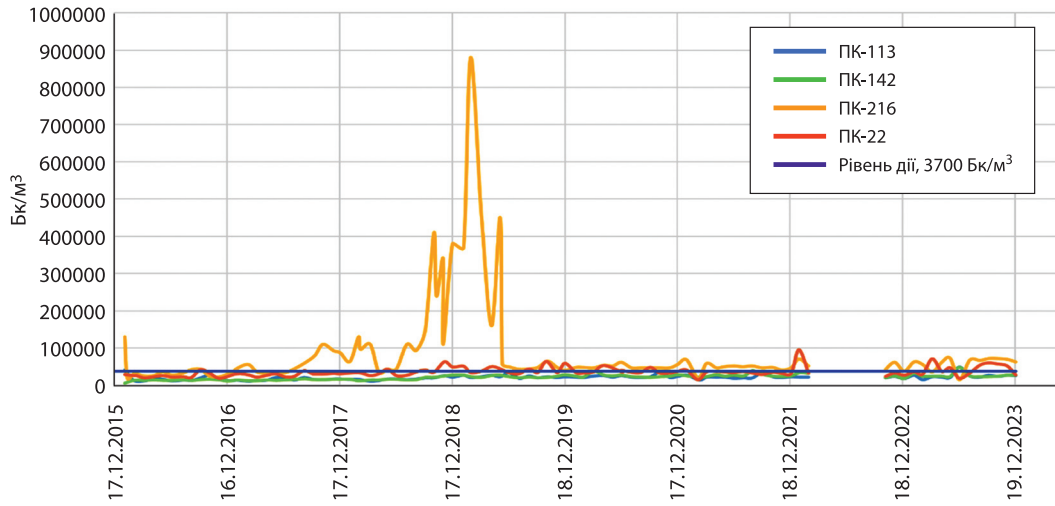


Рис. 8. Динаміка об'ємної активності ^{90}Sr у воді ВО у 2016–2023 рр. Дані за період з початку окупації ЗВ і до відновлення функціонування системи моніторингу відсутні

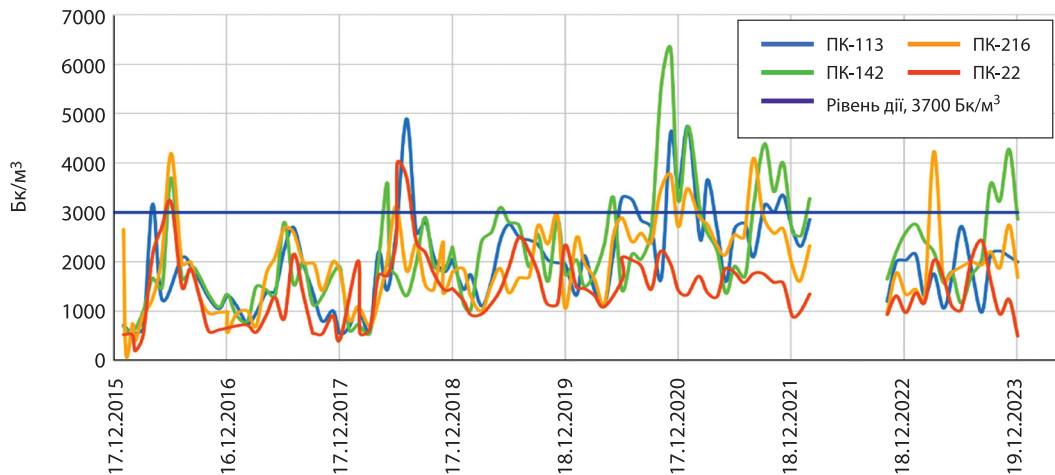


Рис. 9. Динаміка об'ємної активності ^{137}Cs у воді ВО у 2016–2023 рр. Дані за період з початку окупації ЗВ і до відновлення функціонування системи моніторингу відсутні

Вміст трансуранових елементів (^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am) (ТУЕ) визначався у воді р. Прип'ять, водойми-охолоджувача ЧАЕС, Янівського затону, Семиходського старика, оз. Азбучин та відвідного каналу III черги ЧАЕС. Найбільша активність ^{241}Am зафіксована у воді Семиходського старика (21 Бк/м³) сумарна концентрація ізотопів плутонію — у воді Семиходського старика (20 Бк/м³). У воді р. Прип'ять об'ємна активність ТУЕ не перевищувала 1 Бк/м³. Допустимий рівень ТУЕ у питній воді згідно НРБУ-97 ДКВ становить 1000 Бк/м³.

Радіаційний стан підземних вод. Протягом 2023 року системою радіаційного контролю, як і в попередні роки з початку спостережень, були охоплені підземні води четвертинного, еоценового та сеноман-нижньокрейдового водоносних комплексів. Мережа моніторингу ґрунтових вод, яка знаходилась на лівому та частково правому березі р. Прип'ять у зв'язку з військовою агресією лишилась недоступною (свердловини на Лівобережному польдері, ПЗРВ "Чистоголівка", режимна мережа прип'ятського водозабору (св. 506, 508, 511, 185Q1-3).

Радіаційний стан підземних вод водоносного комплексу еоценових відкладів (джерело централізованого водопостачання ЧАЕС) контролювався на діючому водозаборі ЧАЕС (м. Прип'ять), сеноман-нижньокрейдових (централізоване водопостачання м. Чорнобиль) — на функціонуючому водозаборі м. Чорнобиль. Також контролювався стан води у

водопровідній мережі м. Чорнобиль безпосередньо в місцях її споживання. Велика увага приділялась водоносному комплексу у четвертинних відкладах, який залягає першим від поверхні і є об'єктом впливу техногенного радіаційного забруднення.

Як і раніше (Chernobyl disaster, 2002; Двадцять п'ять років, 2011), результати досліджень радіаційного стану водоносних комплексів еоценових та сеноман-нижньокрейдових відкладів не дають підстав для однозначного твердження про їх забруднення радіонуклідами аварійного викиду ЧАЕС. Вміст ^{137}Cs та ^{90}Sr у воді на водозаборах ЧАЕС та міста Чорнобиль становить в середньому 1 Бк/м³ та 5,1 Бк/м³ відповідно.

За результатами контролю радіаційного стану підземних вод у водопровідних мережах м. Чорнобиль безпосередньо в місцях їх споживання (водоносний комплекс сеноман-нижньокрейдових відкладів) вміст ^{90}Sr у воді склав в середньому 5,7 Бк/м³, ^{137}Cs — 1 Бк/м³. ДР-2006 для питної води за вмістом ^{90}Sr та ^{137}Cs — 2000 Бк/м³ відповідно.

Максимальні значення об'ємної активності ^{90}Sr у воді спостережних свердловин були зафіксовані в районах старої Будбази, озера Азбучин, Янівського та Семиходського старика і становили 200000, 80000, 54000, та 44000 Бк/м³ відповідно. В районі с. Лісового у воді свердловин К-13Д максимальна об'ємна активність ^{137}Cs досягла 29000 Бк/м³ (табл. 6). Стабільно високі значення концентрації ^{137}Cs у воді цих свердловин спостерігаються після затоплення

Таблиця 6. **Сезонні коливання та середні значення об'ємної активності ^{137}Cs та ^{90}Sr (Бк/м³) в ґрунтових водах на основних об'єктах, які контролювались у 2023 році**

Пункт пробовідбору	Номер спостережної свердловини	^{137}Cs			^{90}Sr		
		від	до	середня	від	до	середня
"Рудий ліс" — ПТЛРВ (район ст. Будбази)	1/1	23	170	81	21000	42000	32000
	2/1	50	230	120	22000	42000	29000
	2/1Д	11	16	13	370	840	690
	1/2	57	98	78	24000	200000	97000
	2/2	140	330	210	10000	180000	102000
"Рудий ліс" — ПТЛРВ (район с. Лісового)	К-13	3	17	13	4700	8200	6200
	К-13Д	15000	29000	24000	920	10000	4000
	К-14	6,2	9	7,5	24	210	76
	К-14Д	7,3	14	11	23	190	64
	169/Q1	3,4	5,2	4,3	60	510	220
	169/Q2	9,5	16	13	39	170	94
	169/Q3	11	19	15	54	200	140
"Рудий ліс" — ПТЛРВ (район Янівського затону)	К-4	6,7	15	11	61	870	330
	К-5	19	59	39	3700	7200	5400
	К-6	39	170	110	11000	18000	15000
	К-7	12	18	15	23000	54000	35000

Закінчення таблиці 6

Пункт пробовідбору	Номер спостережної свердловини	¹³⁷ Cs			⁹⁰ Sr		
		від	до	середня	від	до	середня
ПЗРВ "Підлісний"	4	44	88	66	970	2300	1500
	5	16	32	23	68	120	100
	10	13	22	17	44	110	76
	11	4,3	33	16	90	160	120
	12	15	51	26	62	420	230
	15	6	27	16	80	210	130
	НС-3	330	690	560	200	1100	550
	НС-4	75	150	100	280	1200	660
	НС-5	25	48	36	100	150	120
	НС-6	31	63	50	28	78	58
	НС-7	31	67	48	47	110	86
НС-8	140	420	260	65	250	150	
ПЗРВ "3-я черга ЧАЕС"	2	24	33	30	62	200	140
	3	110	240	200	190	890	440
	4	11	45	23	220	440	330
	8	6,2	23	14	39	880	330
	14	160	190	180	470	830	650
	15	16	110	56	68	120	91
ПЗРВ "Буряківка"	5	24	28	26	77	95	85
	14	11	28	18	46	120	89
	22	23	43	33	67	180	124
	35	11	34	24	41	220	88
	53	12	31	22	22	120	65
ПТЛРВ "Чистоголівка"**	8	—	—	—	—	—	—
Дренажна завіса водойми-охолоджувача, ПК-32, 64, 113	64	16	75	46	670	1900	1200
	92/1	10	38	24	690	880	810
	92/2	15	15	15	1600	2200	1900
	151/1К	8,7	13	11	1100	1400	1200
	151/3К	11	12	12	910	1100	1000
Район водойми- охолоджувача, ПК-14	26	25	28	27	1500	1800	1600
	2	21	24	23	1500	1600	1600
	2a	20	37	29	2700	3500	3100
Водоохоронні споруди на Лівобережному польдері*	201-1	—	—	—	—	—	—
	201/1	—	—	—	—	—	—
	203-1	—	—	—	—	—	—
	206-1	—	—	—	—	—	—
Район озера Азбучин	1	23	23	23	8100	9500	8800
	1A	7,7	7,7	7,7	21000	23000	22000
	2	12	36	20	19000	25000	23000
	2A	89	210	170	48000	80000	60000
	3	13	26	19	1500	5100	2900
	3A	49	150	69	37000	70000	56000
Піщане плато — ПТЛРВ (р-н Семиходського старика)	К-1	8,4	24	16	47	140	100
	К-3	7,9	21	15	11000	44000	26000

Примітка: * — відбір проб у зв'язку з військовою агресією рф не проводився.

у 2013 році території приповерхневих захоронень ПТЛРВ талими та дощовими водами.

За результатами моніторингу 2023 року радіаційний стан ґрунтових вод в межах ПЗРВ характеризується коливаннями вмісту ^{90}Sr у воді свердловин на 1–2 порядки значень: ПЗРВ “Підлісний” — 44–2300 Бк/м³; ПЗРВ “3-я черга ЧАЕС” — 39–890 Бк/м³; ПЗРВ “Буряківка” — 22–220 Бк/м³.

Середньорічні значення глибин залягання рівня ґрунтових вод на контрольованих ПЗРВ та ПТЛРВ зони відчуження наведені в *табл. 7*. За даними спостережень на ПЗРВ “Підлісний”, “III черга ЧАЕС” та “Буряківка” зафіксоване зростання рівнів води у всіх свердловинах, середні значення яких у порівнянні з минулим роком збільшилися на 0,37–0,55, 0,23–0,60 та 0,45–0,54 метрів відповідно.

Таблиця 7. Середньорічні значення глибин залягання рівня ґрунтових вод (від гирла свердловин) на контрольованих ПЗРВ та ПТЛРВ зони відчуження, м

№ свердл.	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
						мінімальне	максимальне	середнє
<i>ПЗРВ “Буряківка”</i>								
5	14,58	14,76	15,29	15,30	15,56	14,82	15,37	15,04
14	15,52	15,76	16,29	16,59	16,63	15,83	16,44	16,09
22	16,05	16,12	16,65	16,99	17,00	16,19	16,84	16,51
35	17,32	17,35	17,84	18,18	18,24	17,49	18,08	17,76
44	16,73	16,81	17,30	17,66	17,70	16,94	17,54	17,22
53	17,04	17,15	17,67	17,67	18,03	17,34	17,87	17,56
55	16,74	16,87	17,40	17,72	17,77	17,13	17,62	17,32
139	15,98	15,97	16,81	16,85	16,85	16,08	16,66	16,38
147	18,48	18,42	18,95	19,26	19,30	18,6	19,3	18,81
<i>ПЗРВ “Підлісний”</i>								
H-2 ¹⁾	—	—	8,57	8,82	— ²⁾	7,54	8,29	7,98
H-3 ¹⁾	—	—	8,95	8,29	8,10	7,12	7,85	7,55
4	7,22	7,70	8,11	7,79	7,67	6,82	7,44	7,18
5	6,93	7,26	— ³⁾	7,16	7,25	6,59	7,08	6,88
10	6,95	7,46	7,71	7,47	7,35	6,60	7,12	6,90
11	6,86	7,39	7,71	7,46	7,29	6,51	7,02	6,83
12	1,92	2,45	2,70	2,39	2,33	1,54	2,09	1,79
15	6,82	7,35	7,61	7,38	7,24	6,44	6,97	6,76
HC-3	7,50	8,01	8,29	8,05	7,92	7,10	7,63	7,42
HC-4	7,44	7,98	8,27	8,02	7,87	7,03	7,60	7,36
HC-5	7,51	8,04	8,34	8,09	7,94	7,11	7,67	7,44
HC-6	6,83	7,40	7,78	7,52	7,25	6,44	7,04	6,79
HC-7	6,74	7,47	7,83	7,57	7,36	6,53	7,21	6,91
HC-8	7,11	7,70	8,06	7,79	7,56	6,72	7,37	7,09
<i>ПЗРВ “3-я черга ЧАЕС”</i>								
2	7,74	8,34	8,75	8,70	8,54	7,92	8,25	8,11
3	7,50	8,38	8,76	8,69	8,53	7,89	8,25	8,08
4	7,27	8,18	8,56	8,47	8,32	7,63	8,01	7,83
6	7,47	8,16	8,56	8,44	8,23	7,49	7,84	7,68
8	6,93	7,65	8,10	7,93	7,75	6,92	7,36	7,15
13	7,28	8,01	8,43	8,29	8,08	7,29	7,73	7,56
14	7,10	7,80	8,22	8,29	7,97	7,22	8,38	7,74
15	6,39	7,29	7,69	7,60	7,46	6,72	7,11	6,97
<i>ПТЛРВ “Піщане плато”</i>								
K-1	2,79	3,44	3,71	3,51	3,45	1,57	3,16	2,52
K-3	3,15	3,93	4,23	3,55	3,88	0,7	4,32	2,62

Закінчення таблиці 7

№ свердл.	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
						мінімальне	максимальне	середнє
<i>ПТЛРВ "Чистоголівка"</i>								
8	18,02	18,10	18,41	18,57	— ⁴⁾	— ⁴⁾	—	—
<i>ПТЛРВ "Стара Будбаза"</i>								
1/2	5,81	6,18	6,90	6,53	6,38	5,03	5,89	5,51
2/2	3,19	3,85	4,11	3,81	3,71	2,66	3,42	3,07
<i>ПТЛРВ "Нафтобаза"</i>								
К-4	8,51	9,19	9,56	9,23	9,17	7,76	8,89	8,45
К-5	5,88	6,52	6,87	6,56	6,44	5,13	6,24	5,78
К-6	1,84	2,51	2,84	2,51	2,46	0,92	2,27	1,73
К-7	2,40	3,11	3,49	3,07	3,05	1,26	3,03	2,25
<i>ПТЛРВ "Станція Янів"</i>								
К-14	3,76	4,26	4,64	4,40	4,32	3,22	3,96	3,55
К-15	4,43	4,97	5,34	5,07	5,10	3,83	4,60	4,13
<i>ПТЛРВ "Нова Будбаза"</i>								
3/1	0,66	1,56	2,36	1,57	1,78	0,16	1,43	0,64
<i>ПТЛРВ "Рудий ліс"</i>								
1/1	2,29	2,96	3,24	2,88	2,68	1,67	2,47	2,03
2/1	3,02	3,72	4,01	3,55	3,48	2,38	3,22	2,79

Примітки. ¹⁾ Свердловини Н-2 і Н-3 введені в регламент з III кварталу 2019 року. ²⁾ Вода у свердловинах була відсутня. ³⁾ Дані наведені за I і II квартали. В III і IV кварталах вода у свердловинах була відсутня. ⁴⁾ Відбір проб у зв'язку з військовою агресією рф не проводився.

Радіаційний стан ландшафтів. У 2023 році у зв'язку з повномасштабним вторгненням рф моніторинг було поновлено лише на 10 з 15 ландшафтних полігонів. Сумарна щільність забруднення радіонуклідами ґрунтового покриву у шарі 0–20 см склала: для ^{137}Cs у межах 56 – 6400 кБк/м², для ^{90}Sr — від 4,8 до 1200 кБк/м². Дані по ландшафтних полігонах на різних рівнях рельєфу наведені в табл. 8.

Дослідження вертикального розподілу радіонуклідів (глибина 0–50 см) показало, що основний

запас ^{137}Cs (80%) знаходиться в шарі 0–15 см. Розподіл ^{90}Sr інший — 90% його запасів зосереджено в 0–10 см шарі ґрунту.

Відображенням плямистості забруднення радіонуклідами території є неоднорідність забруднення рослинного покриву — в межах одного полігону вміст радіонуклідів у пробах трави, відібраної із двох різних точок, може відрізнятись на порядки, у пробах фракцій деревостану — на один порядок. Це пов'язано з тим, що надходження радіонуклідів

Таблиця 8. Щільність забруднення ґрунту радіонуклідами ^{137}Cs та ^{90}Sr ґрунтового покриву на ЛП, кБк/м²

№ ЛП	Шар відбору проб, см	Радіонукліди	
		^{137}Cs	^{90}Sr
<i>Ландшафтні полігони вододільних рівнин (ЛП 1-4, 11-12)</i>			
1	0–20	390	48
2		590	52
3		1300	270
4		1500	110
11		56	4,8
12		—	—

№ ЛП	Шар відбору проб, см	Радіонукліди	
		^{137}Cs	^{90}Sr
<i>Ландшафтні полігони надзапlavної тераси р. Прип'ять (ЛП 5, 7-8, 10, 13)</i>			
5	0–20	760	160
7		—	—
8		3300	1100
10		—	—
13		—	—
<i>Ландшафтні полігони заплави р. Прип'ять (ЛП 6, 9)</i>			
6	0–20	—	—
9		6400	1200
<i>Молоді насадження сосни (біля с. Копачі)</i>			
14	0–20	1000	110
<i>Згарище (місце пожежі в 2015 році)</i>			
15	0–20	140	11

до рослин відбувається переважно через кореневу систему і тому їх вміст в рослинах істотно залежить від характеру радіоактивного забруднення ґрунту. Найменша різниця питомої активності в межах одного полігону спостерігається для деревини, тому що завдяки значній площі розміщення кореневої системи дерев, нівелюється плямистість забруднення ґрунту.

Компоненти деревостану (листя, глиця, кора, деревина) на відміну від ґрунту мають більшу концентрацію ^{90}Sr , ніж ^{137}Cs . Максимальна активність як ^{137}Cs так і ^{90}Sr спостерігається у внутрішній корі. Серед інших компонентів біоценозу (трава, мох, лісова підстилка) максимальна активність ^{137}Cs та ^{90}Sr спостерігаються в лісовій підстилці та траві.

В компонентах біоценозу ЛП питома активність радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr знаходиться в таких межах:

- деревина сосни: ^{137}Cs від 0,019 до 6,5 кБк/кг, ^{90}Sr від 0,14 до 13 кБк/кг;
- деревина листяних порід: ^{137}Cs від 0,011 до 27 кБк/кг, ^{90}Sr від 0,40 до 5700 кБк/кг;
- наземний рослинний покрив: ^{137}Cs від 0,038 до 37 кБк/кг, ^{90}Sr від 1,5 до 96 кБк/кг;
- лісова підстилка: ^{137}Cs від 0,62 до 120 кБк/кг, ^{90}Sr від 0,79 до 91 кБк/кг.

Вміст трансуранових елементів в рослинності порівняно з забрудненням ^{137}Cs та ^{90}Sr незначний — від 0,000003 до 0,026 кБк/кг. Розподіл цих радіонуклідів за фракціями фітомаси та компонентами рослинності не має вираженої диференціації, на відміну від інших радіонуклідів. Так, не спостерігаються значні відміни в концентрації між зовніш-

ньою, внутрішньою корою та деревиною. В живій фітомасі найбільший рівень забруднення має глиця першого року. В цілому, максимальна концентрація фіксується в підстилці.

Максимальний рівень забруднення ТУЕ спостерігається в підстилці. Питома активність ТУЕ (^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am) у рослинності на два-три порядки менша, ніж ^{137}Cs або ^{90}Sr .

Важливим показником міграційної здатності є коефіцієнт переходу (КП) радіонуклідів у рослинність. Найвищі значення КП ^{137}Cs характерні для ландшафтних полігонів надзапlavної тераси, на яких відбувається інтенсивна горизонтальна міграція радіонуклідів. КП ^{90}Sr в порівнянні із ^{137}Cs значно вищі — особливо добре це прослідковується на ландшафтних полігонах вододільних рівнин та заплави. Таке явище спостерігається на ландшафтах, де в ґрунтах відмічається значний дефіцит лужноземельних металів, особливо кальцію, який за хімічними властивостями подібний до стронцію і відіграє важливу роль у функціональній діяльності рослини (необхідний компонент в процесі зв'язування азоту).

Радіаційний стан місць проживання самопоселенців. Згідно з Законом України "Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи", зона відчуження є незаселеною територією. Тим не менш, з перших післяаварійних років в колишніх населених пунктах несанкціоновано проживають люди, так звані "самопоселенці". Майже всі "самопоселенці" свого часу отримали житло на "чистих" територіях, але з ряду причин там не можуть чи не

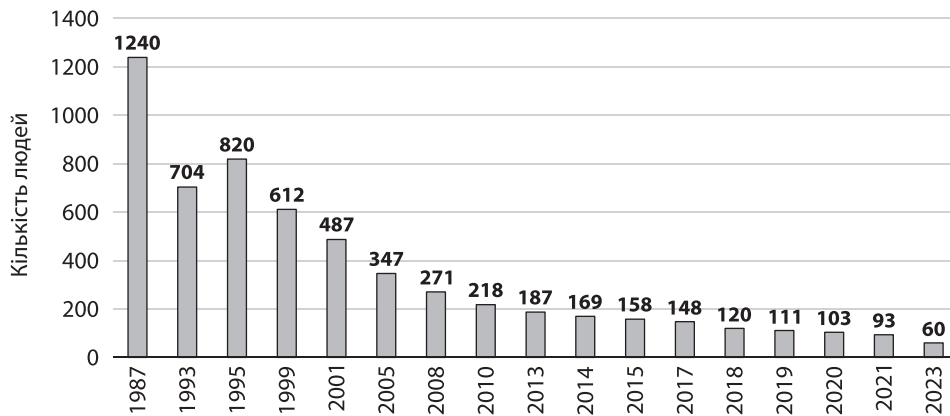


Рис. 10. Багаторічна динаміка зміни чисельності "самопоселенців" в зоні відчуження

хочуть проживати. Більша частина "самопоселенців" повернулася до своїх будинків, решта зайняла інші вільні помешкання.

За 37 років, які минули після аварії на ЧАЕС, кількість місць проживання "самопоселенців" в зоні відчуження зменшилася з 20 до 4 (місто Чорнобиль, та села: Купувате, Теремці, Паришів), а кількість жителів — з 1240 до 60 осіб (рис. 10). Станом на грудень 2023 року в місті Чорнобиль проживало 45 осіб, в селах — 15 осіб.

Вік "самопоселенців" коливається від 50 до 90 років. Майже 90% населення має вік старше 60 років. Переважаюча кількість жителів — жінки.

Радіаційний моніторинг місць несанкціонованого проживання "самопоселенців" в зоні відчуження визначає населені пункти, об'єкти, кількість і терміни радіометричних обстежень та відбору проб з метою оцінки радіаційно-гігієнічних умов проживання людей.

З 2021 року регламентні роботи проводились в 3 селах (Купувате, Паришів, Теремці) та місті Чорнобиль. У 2023 році всі роботи проводились тільки в місті Чорнобиль та в селі Купувате (села Теремці та Паришів, у зв'язку з тимчасовою військовою окупацією рф, стали недоступними для проведення робіт).

До складу моніторингових робіт входять: радіометричні вимірювання у садибах, визначення питомої активності радіонуклідів у питній воді, у харчових продуктах власного виробництва, вимірювання щільності забруднення ґрунтів на городах. Радіометричному обстеженню підлягають двір, хлів, веранда, кухня. Щільність бета-потіку вимірюється в дровах, пічному попелі, на поверхні одягу та взуття.

Проби продуктів харчування, які відбирались для лабораторних досліджень, складають чотири групи:

- продукти тваринництва;

- продукти овочівництва;
- продукти садівництва;
- дикорослі ягоди та гриби.

У 2023 році рівні ПЕД гамма-випромінювання в садибах були в межах 0,9–0,15 мкЗв/год. Щільність бета-потіку на робочому одязі та взутті становила 8–12, дровах — 15–40 β част./ $(\text{хв}\times\text{см}^2)$. Як і в попередні роки досліджень, найбільші рівні поверхневого забруднення бета-випромінюючими радіонуклідами зафіксовані у пічному попелі — 45–150 β част./ $(\text{хв}\times\text{см}^2)$.

Для присадибних ділянок населених пунктів, де мешкають "самопоселенці", характерні дерново-слабопідзолисті піщані та супіщані, а також торфові ґрунти. Майже всі ґрунти відносяться до класів з дуже низьким та низьким вмістом рухомих форм фосфору та калію, мають кислу та слабокислу реакцію ґрунтового розчину. Навіть в ґрунтах одного типу в значній мірі коливаються як показники родючості ґрунту, так і його фізико-хімічні властивості, механічний склад. Все це в меншій чи більшій мірі впливає на поведінку радіонуклідів в ґрунтах, доступність їх для рослин.

Щільність забруднення ґрунтів присадибних ділянок ^{137}Cs , ^{90}Sr та ТУЕ знаходилась в межах: ^{137}Cs — 17–144 кБк/м²; ^{90}Sr — 0,8–11 кБк/м²; ^{238}Pu — 0,03–0,20 кБк/м², $^{239+240}\text{Pu}$ — 0,08–0,51 кБк/м²; ^{241}Am — 0,10–1,5 кБк/м². Коливання щільності забруднення ґрунтів в межах однієї присадибної ділянки пов'язані, напевно, з використанням жителями для покращення родючості ґрунту попелу, який відзначається високими рівнями забруднення радіонуклідами.

Вміст радіонуклідів у питній воді, яка використовується "самопоселенцями" значною мірою визначається облаштуванням пунктів водовідбору — це криниці та свердловини. Результати визначень об'ємної активності ^{90}Sr у воді знаходились в межах: 0,006–0,42 Бк/л; ^{137}Cs — 0,007–0,12 Бк/л і не переви-

щували встановлених допустимих рівнів (ДР-2006). Державні гігієнічні нормативи “Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді”, затверджені наказом МОЗ України від 03.05.2006 року № 256, обмежують вміст ^{137}Cs та ^{90}Sr рівнем 2 Бк/л.

Таблиця 9. **Питома активність радіонуклідів в овочевих культурах, Бк/кг, (дерново-слабопідзолисті глинисто-піщані ґрунти)**

Овочева культура	Радіонуклід	Середнє	Мінімум	Максимум	(ДР-2006)
Картопля	^{137}Cs	25	0,9	76	60
	^{90}Sr	14	5,0	27	20
Помідори	^{137}Cs	31	3,0	277	40
	^{90}Sr	12	4,0	30	20
Буряк	^{137}Cs	12	2,0	42	40
	^{90}Sr	34	4,0	127	20
Морква	^{137}Cs	22	1,0	144	40
	^{90}Sr	26	2,0	70	20
Кабачки	^{137}Cs	22	3,0	37	40
	^{90}Sr	11	2,0	23	20
Цибуля	^{137}Cs	48	1,0	226	40
	^{90}Sr	52	3,0	190	20
Гарбуз	^{137}Cs	16	3,0	39	40
	^{90}Sr	23	9,0	39	20
Капуста	^{137}Cs	2	37,0	200	40
	^{90}Sr	102	8,0	515	20

Примітка. Тут і далі рівні об'ємної активності радіонуклідів, які перевищують допустимі рівні (ДР-2006) показані напівжирним шрифтом.

Таблиця 10. **Питома активність радіонуклідів в овочевих культурах, Бк/кг, (торф'яно-болотні ґрунти)**

Овочева культура	Радіонуклід	Середнє	Мінімум	Максимум	(ДР-2006)
Картопля	^{137}Cs	18	2,4	32	60
	^{90}Sr	8,0	2,3	19	20
Помідори	^{137}Cs	5,8	1,7	13	40
	^{90}Sr	5,4	1,9	11	20
Буряк	^{137}Cs	12,0	1,2	24	40
	^{90}Sr	13,0	5,0	30	20
Морква	^{137}Cs	10,0	3,0	29	40
	^{90}Sr	26,0	6,0	89	20
Капуста	^{137}Cs	30,0	5,0	61	40
	^{90}Sr	32,0	8,0	61	20
Кабачки	^{137}Cs	9,0	1,0	49	40
	^{90}Sr	6,2	2,0	14	20

Головну роль у формуванні дозових навантажень “самопоселенців” відіграє активність, яка потрапляє до організму людини з продуктами харчування. Згідно опитувань, переважну більшість (60–75%) продуктів харчування “самопоселенці” отримують з власних господарств (овочі, фрукти тощо). На присадибних ділянках вирощується від 8 до 12 видів овочевих культур. Найбільшу частину в раціоні займають картопля, капуста, буряк та морква.

Питому активність радіонуклідів в різних видах овочевих культур та на різних типах ґрунтів представлено в *табл. 9, 10*.

У 2023 році вміст ^{137}Cs в овочевих культурах перевищував допустимі рівні від 1,1 до 7 разів, ^{90}Sr — від 1,2 до 26 разів.

Як показують багаторічні дослідження, плутоній та америцій також містяться в продукції отриманій з господарств “самопоселенців”, але їх активність незначна: ^{238}Pu — 0,006–0,09 Бк/кг; $^{239+240}\text{Pu}$ — 0,05–0,20 Бк/кг; ^{241}Am — нижче мінімально вимірюваної активності приладів. Ці радіонукліди мають низьку рухливість і, як наслідок цього, низьку біологічну доступність.

Накопичення радіонуклідів у овочевій продукції відбувається за відомими закономірностями, тобто інтенсивність надходження радіонуклідів в рослини залежить не тільки від щільності забруднення ґрунтів, але і від їхнього типу та агрохімічних властивостей. Поглинання радіонуклідів кореневою системою, рух їх по рослині і розподіл по органах в значній мірі зумовлені їх біологічними особливостями (Анненков, Юдинцева, 1991).

Розподіл значень коефіцієнту переходу (КП) ^{137}Cs та ^{90}Sr для овочевих культур в 2023 році, в залежності від типу ґрунту та видових особливостей рослин показано на *рис. 11, 12*.

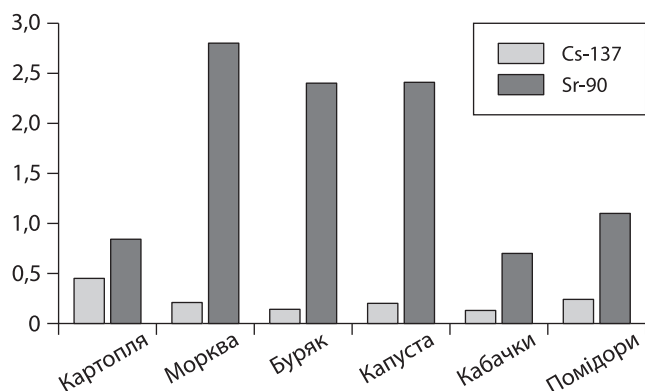


Рис. 11. Розподіл значень КП ^{90}Sr та ^{137}Cs для овочевих культур, в залежності від видової належності та типу ґрунту, (торф'яно-болотний) [(Бк/кг)/(кБк/м²)]

Серед досліджених овочевих культур високі значення КП ^{90}Sr зафіксовані для буряків, моркви та капусти, найменші — для кабачків і картоплі на обох типах ґрунтів. КП ^{90}Sr в овочеві культури переважно над КП ^{137}Cs як на торф'яно-болотних, так і на дерново-підзолистих ґрунтах. Завдяки розчинності та високій біологічній доступності, ^{90}Sr відіграє домінуючу роль у радіонуклідному забрудненні продукції вирощеної в зоні відчуження.

Великий внесок в забруднення організму “самопоселенців” радіонуклідами фіксується від продуктів, здобутих в природі — риба, гриби та ягоди. Рибу широко вживають в їжу в населених пунктах, що розташовані поблизу р. Прип'ять — сс. Теремці, Паришів, та м. Чорнобиль. Питома активність радіонуклідів в рибі з р. Прип'ять реєструвалася в широкому діапазоні величин і складала: ^{90}Sr — 3,5–75 Бк/кг (ДР-2006 — 35 Бк/кг); ^{137}Cs — 3,1–310 Бк/кг (ДР-2006 — 150 Бк/кг).

Вміст радіонуклідів в грибах пропорційний щільності забруднення території. Коефіцієнти накопичення у грибів значно більші, ніж у вищих рослин, що обумовлено їхніми біологічними особливостями. В усіх лісових масивах зони відчуження, за даним 2020–2023 років, забруднення радіонуклідами грибів, в більшості зразків, перевищувало допустимі рівні від 2 до 80 разів. Вміст радіонуклідів в грибах, ягодах та плодівих культурах наведено в табл. 11.

Для визначення відповідності харчових продуктів “самопоселенців” критеріям радіаційної безпеки використовували показник відповідності, значення

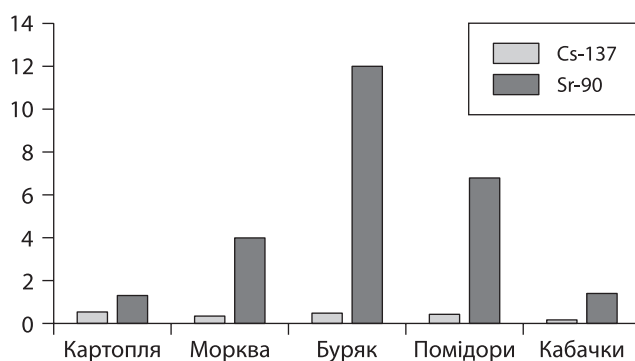


Рис. 12. Розподіл значень КП ^{90}Sr та ^{137}Cs для овочевих культур, в залежності від видової належності та типу ґрунту (дерново-прихованопідзолистий супіщаний), [(Бк/кг)/(кБк/м²)]

якого розраховували за результатами вимірювань питомої активності ^{137}Cs та ^{90}Sr (ДР-2006):

$$B = \frac{A_{\text{Cs}}}{\text{ДР}_{\text{Cs}}} + \frac{A_{\text{Sr}}}{\text{ДР}_{\text{Sr}}}, \quad (1)$$

де B — показник відповідності; A_{Cs} , A_{Sr} — результати вимірювань питомої активності ^{137}Cs та ^{90}Sr , відповідно в пробі харчового продукту; ДР_{Cs} та ДР_{Sr} — нормативи вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr відповідно в харчових продуктах і питній воді.

Значення абсолютної похибки визначення показника B розраховується за такою формулою:

$$\Delta B = k_p \sqrt{\left(\frac{\Delta A_{\text{Cs}}}{D_{\text{Cs}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta A_{\text{Sr}}}{D_{\text{Sr}}}\right)^2}, \quad (2)$$

Таблиця 11. Вміст радіонуклідів у плодівих культурах, ягодах та грибах (Бк/кг) за даними 2020–2023 років

№ з/п	Назва проби	Місце відбору проби	^{137}Cs	ДР-2006	^{90}Sr	ДР-2006
1	Шипшина	м. Чорнобиль	3,0–11	70	70–110	10
2	Чорноплідна горобина	Там само	1,3–22	70	30–45	10
3	Виноград	»	9,0–11	70	20–65	10
4	Яблука	»	2,0–70	70	2,0– 19	10
5	Калина	»	11–16	70	16–37	10
6	Горіхи	»	10– 170	70	29–73	10
7	Агрис	с. Купувате	108	70	51	10
8	Гриби польські (свіжі)	30-км зона	935–5800	500	19–46	50
9	Гриби різні (суміш)	Там само	1800	500	91	50
10	Гриби масляки (свіжі)	»	39400–39800	500	—	50
	Гриби білі (сушені)		6200–26000	2500	60– 280	250
10	Чорниця	»	390– 2700	500	45– 115	50
11	Червона смородина	с. Купувате	304	70	73	10

Примітка: “—” — немає даних.

де: ΔB — абсолютна похибка визначення показника відповідності; k_p — коефіцієнт, що залежить від прийнятої довірчої імовірності та закону розподілу випадкових величин A_{Cs} та A_{Sr} (для довірчої імовірності 0,95 та відомого закону розподілу $k_p=1,1$).

Оцінка харчового продукту на предмет його придатності до використання за призначенням проводиться шляхом перевірки виконання умови:

$$B + 0,6\Delta B \leq 1,0, \quad (3)$$

де 0,6 — коефіцієнт, розрахований для достовірності контролю, що характеризується довірчою імовірністю 0,95.

В табл. 12, наведено показник відповідності харчових продуктів з господарств “самопоселенців” критеріям радіаційної безпеки.

Таблиця 12. Показник відповідності харчових продуктів критеріям радіаційної безпеки у 2023 році

Населені пункти	Показник відповідності (В)
м. Чорнобиль	4,6
с. Купувате	1,3

Як видно з представлених даних, умова $B + 0,6\Delta B \leq 1,0$ в м. Чорнобиль та с. Купувате не виконується. Проведені розрахунки по оцінці харчових продуктів “самопоселенців” на предмет їх придатності показали, що в 2023 році 37% продукції, що вироблялась в підсобних господарствах “самопоселенців”, не відповідає критеріям радіаційної безпеки.

ВИСНОВКИ

В 2023 році система моніторингу була відновлена у відповідних до ситуації обсягах, радіаційно-екологічний моніторинг зони відчуження проводився згідно до актуального Регламенту за виключенням об'єктів, на яких у зв'язку з відсутністю безпечного доступу тимчасово неможливе проведення робіт. Отримано дані про потужність дози гамма випромінювання, радіаційний стан приземного шару атмосфери, поверхневих і підземних вод, ландшафтів і місць проживання самопоселенців.

1. Максимальні значення потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання в 2023 році характерні для територій на північному та західному “слідах” радіоактивних випадів.

2. Радіаційний стан повітряного середовища ЗВ та його динаміка протягом 2023 року визначалися характером поверхневого забруднення території, техногенними та біологічними факторами (вплив

пожеж, роботи на радіоактивно забруднених територіях, цвітіння сосни звичайної), метеорологічними умовами.

Повітряне середовище є одним з найбільш динамічних, яке швидко реагує на надзвичайні події та ситуації, які можуть трапитися на радіоактивно-забрудненої території, привести до погіршення радіаційного стану і додаткового опромінення персоналу та осіб, що перебувають як в зоні відчуження, так і на прилеглих територіях. Це підтверджується випадками перевищення контрольних рівнів об'ємної активності радіонуклідів в приземному шарі атмосфери ЗВ. В травні місяці 2023 року зафіксоване перевищення КР у 2,5 разів об'ємної активності ^{137}Cs у повітрі м. Чорнобиль, місці тривалого перебування персоналу. Це пов'язано з впливом сукупності факторів: цвітіння сосни звичайної, посушливі погодні умови (кількість опадів за травень місяць була 11% від норми), виконанням специфічних заходів в зоні відчуження, що посилюють процеси піднімання радіонуклідів в повітря, в тому числі неконтрольоване пересування транспорту.

3. Поверхневі води залишаються важливим шляхом винесення радіонуклідів за межі ЗВ. Винесення ^{90}Sr з водою р. Прип'ять у створі м. Чорнобиль залежить від водності року та бар'єрної функції водоохоронних споруд. Винесення ^{90}Sr р. Прип'ять в створі м. Чорнобиль у 2023 р. було в 2,4 разів більшим за середнє значення за останні 5 років. Ключовими факторами збільшення винесення на нашу думку було підвищення водності річки та руйнація гідротехнічних споруд на Лівобережному польдері під час окупації рф.

Найзабрудненіша на сьогодні поверхнева водойма — озеро Азбучин, вода якого за вмістом ^{90}Sr відповідає категорії радіоактивних відходів.

4. Середнє значення забруднення радіонуклідами еоценового і сеноман-нижньокрейдового водноносних комплексів не перевищує 1 Бк/м^3 за ^{137}Cs та $5,7 \text{ Бк/м}^3$ за ^{90}Sr .

Загальна характеристика забруднення в свердловинах вирізняється такими особливостями:

- показники забруднення води ^{90}Sr характерні для всіх свердловин;
- показники забруднення води ^{137}Cs характерні для свердловин К-13Д.

Головними локальними джерелами радіоактивного забруднення підземних вод четвертинного водноносного комплексу є ПТЛРВ. Значні запаси активності зосереджено в ПТЛРВ “Будбаза” та “Рудий ліс”, які розташовані вздовж західного сліду чорнобильського викиду. На окремих ділянках правобережної заплави р. Прип'ять вирішальну роль у формуванні винесення ^{90}Sr ґрунтовими водами в р. Прип'ять по-

чинають відігравати так звані “розподілені” джерела міграції радіонуклідів, які знаходяться в природних ландшафтах. Об’єм задепонованих радіонуклідів у верхній частині ґрунтового покриву цих ділянок співставний з запасами захоронених РАВ на сусідніх площах. За прямого впливу р. Прип’ять на баланс ґрунтових вод на 700–800-метровій ширині смуги заплави, ці розподілені на ландшафті запаси радіонуклідів (епюри розподілу яких по розрізу ґрунту сягають глибини 0,5 м) практично протягом всього року знаходяться на підтопленій території або безпосередньо у воді. Порооди зони аерації втратили захисну функцію і перетворились на зону прямого транзиту радіонуклідів на рівень ґрунтових вод;

5. Радіоактивне забруднення компонентів доквілля на ландшафтних полігонах варіює в широких

межах та залежить від характеру первинних радіоактивних випадів чорнобильського походження. Найбільш забрудненим компонентом доквілля є верхній шар ґрунтового покриву. Рослинність в різному ступені забруднена радіонуклідами, що обумовлено відмінностями фізичних властивостей радіонуклідів, геохімічними умовами ландшафтів, різними коефіцієнтами переходу радіонуклідів з ґрунту у інші компоненти доквілля.

6. Обстеження локацій несанкціонованого проживання населення у зоні відчуження показали, що з роками відбувається збільшення надходження ^{90}Sr в продукти харчування “самопоселенців” (овочеві та плодіві культури, столова зелень), що обумовлюється збільшенням частки мобільних форм радіостронцію, які легко засвоюються рослинами.

ЛІТЕРАТУРА

- Анненков, Б.Н., Юдинцева, Е.В. (1991). Основы сельскохозяйственной радиологии. Москва: Агропромиздат, 43–92.
- Войцехович, О.В., Шестопалов, В.М., Скальський, А.С., Канивец, В.В. (2001). Мониторинг радиоактивного загрязнения поверхностных и подземных вод после Чернобыльской аварии. Киев, 149 с.
- Двадцять п’ять років Чорнобильської катастрофи. (2011). Безпека майбутнього. Національна доповідь України. Ред-ри: Балага В.І., Холоша В.І., Євдін А.Н. та ін., Київ: КІМ, 368 с.
- Доповідь про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні у 2022 році. (2023). Державна інспекція ядерного регулювання України. 88 с. <https://snriu.gov.ua/storage/app/sites/1/%202022.pdf>
- Положення про державну систему моніторингу доквілля. (1998). Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 № 391.
- Радіогідрогеохімія водозбірних басейнів Чорнобильської зони відчуження. (2023). За ред. Шевченка О.Л., Доліна В.В. Київ: Наукова думка, 348 с. <http://doi.org/10.15407/978-966-00-1855-6>
- Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Київської області у 2021 році (2022). Департамент екології та природних ресурсів Київської області. Київ, 212 с. <https://mep.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/Regionalna-dopovid-Kyyivskoyi-oblasti-u-2021-rotsi.pdf>
- Chernobyl disaster and groundwater. (2002). Editor V. Shestopalov. Publisher Lisse/Abingdon/Exton(pa)/Tokyo. A.A. Balkema. 289.
- Environmental impact assessment of the Drawdown of the Chernobyl NPP Cooling Pond as a Basis for its decommissioning and remediation. (2019). IAEA-TECDOC-1886, IAEA, Vienna, 175.
- Kanivets, V., Laptev, G., Konoplev, A., Lisovyi, H., Derkach, G., Voitsekhovych, O. (2020). Dynamics of Radionuclides in the Chernobyl Cooling Pond. In: Konoplev, A., Kato, K., Kalmikov, S. (Eds). Behaviour of Radionuclides in the Environment II: Chernobyl. Tokyo: Springer, 349–405. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3568-0_8

REFERENCES

- Annenkov, B.N., Yudyntseva, E.V. (1991). Fundamentals of agricultural radiology. Moscow, 43–92.
- Chernobyl disaster and groundwater. (2002). Editor V. Shestopalov. Publisher Lisse/Abingdon/Exton(pa)/Tokyo. A.A. Balkema.
- Environmental impact assessment of the Drawdown of the Chernobyl NPP Cooling Pond as a Basis for its decommissioning and remediation. (2019). IAEA-TECDOC-1886, IAEA, Vienna, 175.
- Kanivets, V., Laptev, G., Konoplev, A., Lisovyi, H., Derkach, G., Voitsekhovych, O. (2020). Dynamics of Radionuclides in the Chernobyl Cooling Pond. In: Konoplev, A., Kato, K., Kalmikov, S. (Eds). Behaviour of Radionuclides in the Environment II: Chernobyl. Tokyo: Springer, 349–405. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3568-0_8
- Radiohydrogeochemistry of catchment basins of the Chernobyl Exclusion Zone. (2023). Under the editorship Shevchenko, O.L., Dolin, V.V. Kyiv: Naukova dumka, Ukraine. <http://doi.org/10.15407/978-966-00-1855-6>
- Regional report on the state of the natural environment of the Kyiv region in 2021 (2022). Department of Ecology and Natural Resources of the Kyiv Region. Kyiv, Ukraine. <https://mep.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/Regionalna-dopovid-Kyyivskoyi-oblasti-u-2021-rotsi.pdf>
- Regulations on the state environmental monitoring system. (1998). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated March 30, 1998 # 391.
- Report on the state of nuclear and radiation safety in Ukraine in 2022. (2023). State Inspection of Nuclear Regulation of Ukraine. <https://snriu.gov.ua/storage/app/sites/1/%202022.pdf>
- Twenty-five years of the Chernobyl disaster. (2011). Security of the future. National report of Ukraine. Editors: Baloga, V.I., Kholosha, V.I., Yevdin, A.N. etc., Kyiv, Ukraine.
- Voitsekhovych, O.V., Shestopalov, V.M., Skalskyi, A.S., Kanyvets, V.V. (2001). Monitoring of radioactive contamination of surface and underground waters after the Chernobyl accident. Kyiv.

Serhii Kirieiev;

ORCID: 0000-0001-7059-3655

kireev@ecocentre.kiev.u

Tetiana Nikitina;

ORCID: 0009-0003-6940-0686

Dmytro Samoiloiv;

ORCID: 0009-0000-0465-4077

Olena Buntova;

ORCID: 0009-0001-2060-3613

Oleksandr Fedorenko;

ORCID: 0009-0006-1387-709X

Tetiana Pylypchuk;

ORCID: 0009-0008-6908-0420

Vatslav Liaskivskyy;

ORCID:0009-0000-7908-5809

State Specialized Enterprise "Ecocentre",
Chornobyl', Ukraine

**RADIATION STATE OF THE EXCLUSION ZONE
OF 2023 IN ACCORDANCE WITH THE RESULTS
OF RADIATION ENVIRONMENTAL MONITORING**

The article presents results of radiation and environmental monitoring in the Exclusion Zone for the year 2023, after de-occupation of the territory, which was carried out in accordance with the current regulation of work, with the exception of objects on which it is temporarily impossible to carry out work due to the lack of safe access. In 2022, due to the full-scale invasion of russian federation, radiation monitoring of the environment was interrupted, monitoring of radiation-hazardous objects and environmental components of the Exclusion Zone was not carried out. Implementation of priority measures to restore the radiation and environmental monitoring system in the Exclu-

sion Zone, after occupation by russian troops, made it possible to resume the work of the automated radiation monitoring system points, to create an additional network of measurement of gamma radiation indicators in the Exclusion Zone, to restore work of the central analytical laboratory and to restore the work of aspiration units. Thus, the enterprise resumed obtaining the necessary data on the dose rate of gamma radiation, information on the radiation state of the surface layer of the atmosphere, radiation state of surface and underground waters, radiation state of landscapes and places of residence of self-settlers. According to the results of radiation and environmental monitoring in the Exclusion Zone in 2023, important analytical data were obtained: Maximum power values of the ambient dose equivalent of gamma radiation are characteristic of the territories in the northern and western "traces" of radioactive fallout; Radiation state of the Exclusion Zone air environment and its dynamics during 2023 were determined by the nature of surface contamination of the territory, man-made and biological factors, as well as meteorological conditions. Control levels exceeding by 2.5 times of ^{137}Cs volumetric activity in the air was recorded in Chornobyl; Surface waters remain an important route of radionuclide removal beyond the Exclusion Zone. Removal of ^{90}Sr from Pripyat River in the area of Chornobyl in 2023 was at a level that was 2.4 times higher than the average value for the last 5 years; As a result of observations of the radiation state of underground waters, it was determined that the average value of radionuclide contamination of eocene and cenomanian-lower cretaceous water-bearing complexes does not exceed 1 Bq/m^3 for ^{137}Cs and 5.7 Bq/m^3 for ^{90}Sr ; Monitoring results at landscape landfills indicate that the most contaminated component of the environment is the top layer of soil cover; Radiation survey results of unauthorized residence places of the population in the Exclusion Zone showed that over the years there is an increase in the intake of ^{90}Sr in the food products of "self-settlers".

Keywords: radiation and environmental monitoring, radiation state of environmental components, exclusion zone.

