

# Результати багаторічного радіаційного моніторингу впливу дослідницького ядерного реактора ВВР-М ІЯД НАН України на об'єкти навколишнього природного середовища на території його санітарно-захисної зони та зони спостереження

- **Тришин Володимир Васильович**, канд. фіз.-мат. наук, старш. наук. співроб.  
Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України, м. Київ, Україна
- **Сваричевська Олена Володимирівна**, канд. біол. наук, старш. наук. співроб.  
Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України, м. Київ, Україна
- **Павленко Ірина Олегівна**, канд. біол. наук, старш. наук. співроб.  
Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України, м. Київ, Україна
- **Гайдар Олександр Вадимович**, канд. фіз.-мат. наук  
Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України, м. Київ, Україна
- **Малюк Ігор Андрійович**  
Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України, м. Київ, Україна
- **Саженок Анатолій Дмитрович**, канд. хім. наук, старш. наук. співроб.  
Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України, м. Київ, Україна
- **Святун Оксана Віталіївна**, канд. техн. наук  
Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України, м. Київ, Україна
- **Телецька Світлана Володимирівна**  
Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України, м. Київ, Україна

У статті описані результати радіаційного моніторингу об'єктів навколишнього природного середовища в санітарно-захисній зоні та зоні спостереження дослідницького ядерного реактора ВВР-М Інституту ядерних досліджень НАН України за 2019 рік та проведено їх порівняння з даними за попередні роки.

За досліджуваній період проаналізовано динаміку рівнів загальної бета-активності осідаючого пилу й атмосферних випадів та скидних вод з основних колекторів Інституту ядерних досліджень, концентрації бета-активних аерозолів у приземному шарі атмосферного повітря, а також вмісту основних радіонуклідів техногенного походження (насамперед,  $^3\text{H}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$ ) у зразках ґрунту, рослинності, талої води снігового покриву тощо.

Отримані результати радіаційного моніторингу свідчать, що за весь період спостережень не було виявлено достовірного збільшення вмісту радіоактивних речовин у контрольованих параметрах порівняно з рівнями, характерними для м. Києва.

Багаторічні дослідження, що проводились у лабораторії Центру екологічних проблем атомної енергетики Інституту ядерних досліджень НАН України, дозволили накопичити значний фактичний матеріал щодо радіаційної ситуації на території санітарно-захисної зони і зони спостереження та обґрунтувати висновок про відсутність техногенного радіоактивного забруднення об'єктів навколишнього середовища, зумовленого експлуатацією ДЯР ВВР-М Інституту ядерних досліджень НАН України.

Ключові слова: дослідницький ядерний реактор, зона спостереження, навколишнє природне середовище, радіаційний моніторинг, санітарно-захисна зона, техногенні радіонукліди.

© Тришин В. В., Сваричевська О. В., Павленко І. О., Гайдар О. В., Малюк І. А., Саженок А. Д., Святун О. В., Телецька С. В., 2021

Нагальним завданням Інституту ядерних досліджень (ІЯД) НАН України, як експлуатуючої організації дослідницького ядерного реактора (ДЯР) ВВР-М, є забезпечення його ефективної та безпечної роботи, а також радіаційної безпеки персоналу, населення і навколишнього середовища.

Протягом усього періоду експлуатації ДЯР ВВР-М, починаючи з 1960 року, проводиться систематичний радіаційний моніторинг його впливу на навколишнє природне середовище на території санітарно-захисної зони (СЗЗ) і зони спостереження (ЗС).

Зважаючи на те, що ДЯР ВВР-М експлуатується в межах багатомільйонного м. Києва, ці дослідження є особливо актуальними. Не викликає сумнівів необхідність їх проведення з метою контролю за забезпеченням радіаційної безпеки населення і навколишнього середовища.

Метою цієї статті є отримання нових даних щодо радіаційного впливу ДЯР ВВР-М на основні об'єкти навколишнього середовища та їх порівняння з даними за попередні роки.

## Матеріали і методи

Радіаційний контроль (РК) за впливом дослідницького реактора ВВР-М на навколишнє середовище проводиться відповідно до [1].

Основна задача радіаційного моніторингу [1] є контроль рівнів загальної бета-активності та вмісту основних радіонуклідів техногенного походження (таких, як  $^3\text{H}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$ ) в основних об'єктах довкілля в СЗЗ і ЗС ДЯР ВВР-М.

Об'єктами дослідження є: повітря у приземному шарі атмосфери; осідаючий пил й атмосферні опади (далі – атмосферні випадіння), вода з основних колекторів ІЯД НАН України, ґрунт, рослинність, тала вода снігового покриву та березовий сік.

Оцінка впливу ДЯР ВВР-М на навколишнє середовище організована через контроль радіаційних параметрів у стаціонарних точках РК, вибраних з урахуванням рози вітрів.

Базовими стаціонарними точками РК у СЗЗ прийнято мережу з 6 седиментаційних постів, розташування яких зображено на Рисунку 1а.

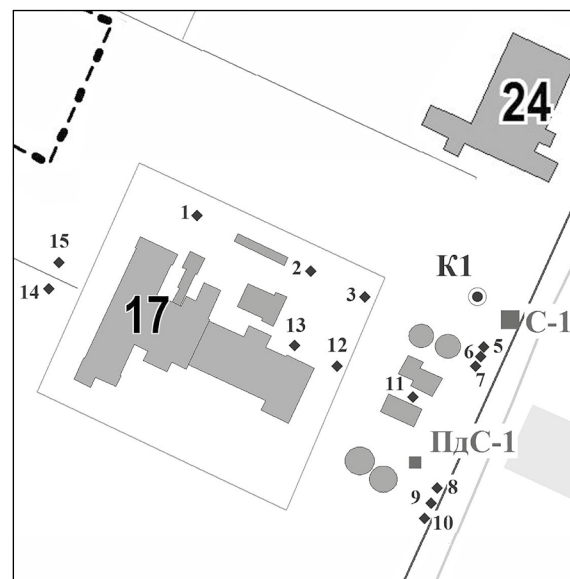
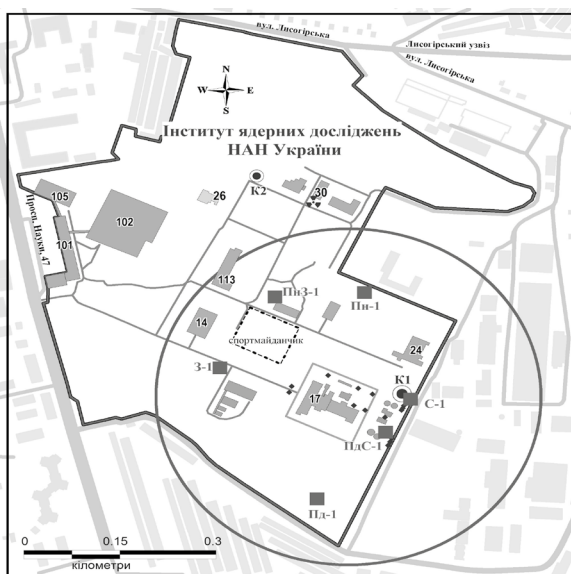


Рисунок 1 – Схема розміщення стаціонарних точок РК в СЗЗ ДЯР ВВР-М (а) та спостережних свердловин (б)

Чотири з них (а саме: південь-1 (Пд-1), захід-1 (З-1), північний-захід-1 (ПнЗ-1) та північ-1 (Пн-1)) знаходяться на відстані не менше трьох висот вентиляційної труби (ВТ) реактора (~ 200 м), а два (а саме: схід-1 (С-1) та південний-схід-1 (ПдС-1)) – на відстані 100 м і 120 м, відповідно.

Для дослідження радіоактивного забруднення скидних вод проводився відбір зразків з основних колекторів реактора і тритієвих лабораторій. Точки відбору зразків скидних вод (а саме, колодзя № 1 (К1) та колодзя № 2 (К2)) показані на Рисунку 1а.

З метою спостереження за радіаційним забрудненням ґрунтів у зоні аерації проводиться відбір зразків ґрунту зі спостережних свердловин на території майданчика реактора ВВР-М (точки 1 – 3 та 5 – 15, Рисунок 1б).

Відбір зразків ґрунту із спостережних свердловин проводиться співробітниками служби радіаційної безпеки ДЯР ВВР-М двічі на рік (навесні та восени) за допомогою спеціального пробовідбірника з глибини 8 м.

У ЗС радіаційний моніторинг впливу ДЯР ВВР-М на об'єкти навколишнього середовища проводиться на 12 стаціонарних точках РК. Перелік стаціонарних точок РК у ЗС ДЯР ВВР-М наведено в Таблиці 1. У цих точках двічі на рік (навесні та восени) проводиться відбір зразків ґрунту і рослинності, вимірюється потужність еквівалентної дози (ПЕД) гамма-випромінювання на відстані 0,1 м та 1 м від поверхні землі.

Підготовка зразків та радіометричне і спектрометричне вимірювання вмісту в них радіонуклідів проводяться в лабораторії Центру екологічних проблем атомної енергетики (ЦЕПАЕ),

акредитованій у Національному агентстві з акредитації України відповідно до ISO/IEC 17025 [2]. Апаратура, що використовується для вимірювань, атестована та проходить регулярні планові перевірки. Під час виконання досліджень використовуються, здебільшого, загальноприйняті методики [3]. Невизначеність вимірювань не перевищує 20 – 35 %.

### Основні результати досліджень

Було проаналізовано сучасний стан радіоактивного забруднення об'єктів навколишнього середовища у СЗЗ і ЗС ДЯР ВВР-М. Для вивчення динаміки радіоактивного забруднення досліджуваних об'єктів ці дані були порівняні із аналогічними даними за попередні роки.

### Контроль радіоактивного забруднення повітря

Дослідження радіоактивного забруднення приземного шару атмосферного повітря проводяться седиментаційним та аспіраційним методами. За допомогою седиментаційного методу щомісячно визначається щільність випадінь бета-активних радіонуклідів з осідаючим пилом та атмосферними опадами. Ці дослідження виконуються щомісячно в 6 стаціонарних точках РК із седиментаційними постами.

На Рисунку 2 показана динаміка річних значень щільності випадінь бета-активних радіонуклідів з осідаючим пилом та атмосферними опадами в СЗЗ ДЯР ВВР-М у 2001 – 2019 роках.

Таблиця 1 – Стаціонарні точки РК в ЗС ДЯР ВВР-М

№ п/п	Точка	Місцезнаходження	Територія розташування
1	Північ-2	Інститут гідрометеорології	На відстані до 2 км від ДЯР ВВР-М
2	Схід-2	Вул. Ракетна, 20	
3	Південний-схід-2	Вул. Панорамна, 28а	
4	Південь-2	Корчувате	
5	Захід-2	Національний університет біоресурсів і природокористування України (в лісі біля головного корпусу)	
6	Північний-захід-2	Вул. Добрий шлях, 5а	
7	Північний-захід-3	Вул. Народна (в парку біля церкви)	На відстані до 5 км від ДЯР ВВР-М
8	Схід-3	Осокорки	
9	Південний схід-3	Нижні сади	
10	Південь-3	Вул. Охотська, 5 (насип залізничної колії)	
11	Захід-3	Вул. Теслярська, 1	
12	Північ-3	Вул. Є. Коновальця, 27	

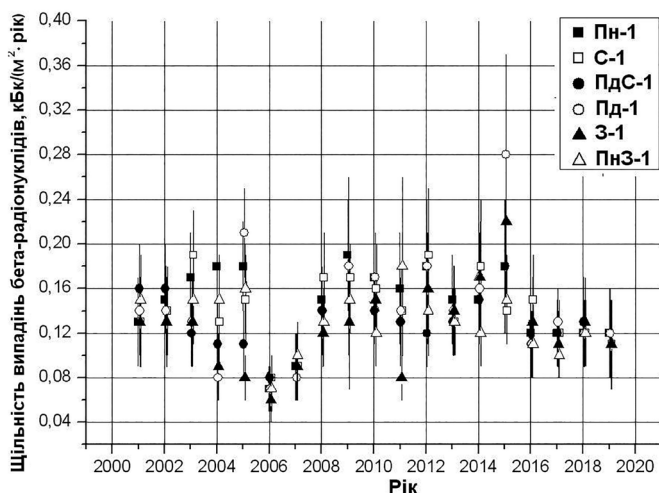


Рисунок 2 – Динаміка річних значень щільності випадінь бета-активних радіонуклідів з осідаючим пилом та атмосферними опадами в С33 ДЯР ВВР-М

Як видно з Рисунка 2, річні значення щільності випадінь бета-активних радіонуклідів з осідаючим пилом та атмосферними опадами в С33 ДЯР ВВР-М у 2001 – 2018 роках коливалися від 0,06 до 0,28 кБк/(м<sup>2</sup>·рік).

У 2014 – 2015 роках спостерігалось зростання показників, що підтверджується також іншими дослідженнями [4]. Оскільки ДЯР ВВР-М у період підвищення радіоактивності атмосферних випадінь не працював, це може бути наслідком пожеж у Чорнобильській зоні [5] та зумовлене продуктами горіння. Більш детальна інформація про динаміку щільності атмосферних випадінь у цей період наведена в [6].

У 2019 році річні значення щільності випадінь бета-активних радіонуклідів з осідаючим пилом та атмосферними опадами в усіх стаціонарних точках РК не перевищували  $0,12 \pm 0,04$  кБк/(м<sup>2</sup>·рік), що свідчить про стабільність сучасної радіаційної обстановки в С33 ДЯР ВВР-М.

За допомогою аспіраційного методу визначали концентрацію бета-активних аерозолів у приземному шарі атмосферного повітря. Відбір зразків у контрольній точці (корпус № 30, Рисунок 1а) проводили двічі на тиждень протягом 120 хв. Узагальнені результати спостережень за період з 2003 року по 2019 рік наведено в Таблиці 2.

Таблиця 2 – Концентрація бета-активних аерозолів у приземному шарі атмосферного повітря

Рік	Концентрація бета-активних аерозолів, Бк/л		
	мінімальна	максимальна	середня
2003*	$(2,60 \pm 0,9) \times 10^{-6}$	$(2,50 \pm 0,8) \times 10^{-4}$	$(6,10 \pm 2,0) \times 10^{-5}$
2004*	$(3,30 \pm 1,1) \times 10^{-6}$	$(1,70 \pm 0,6) \times 10^{-4}$	$(4,30 \pm 1,4) \times 10^{-5}$
2005*	$(1,80 \pm 0,6) \times 10^{-6}$	$(1,30 \pm 0,4) \times 10^{-4}$	$(5,70 \pm 1,9) \times 10^{-5}$
2006*	$(3,20 \pm 1,1) \times 10^{-6}$	$(2,20 \pm 0,7) \times 10^{-4}$	$(9,70 \pm 3,2) \times 10^{-5}$
2007*	$(3,40 \pm 1,1) \times 10^{-6}$	$(1,40 \pm 0,5) \times 10^{-4}$	$(6,90 \pm 2,3) \times 10^{-5}$
2008*	$(3,40 \pm 1,1) \times 10^{-6}$	$(1,30 \pm 0,4) \times 10^{-4}$	$(6,60 \pm 2,2) \times 10^{-5}$
2009*	$(1,40 \pm 0,5) \times 10^{-7}$	$(1,10 \pm 0,4) \times 10^{-4}$	$(6,20 \pm 2,1) \times 10^{-5}$
2010	$(6,00 \pm 1,8) \times 10^{-6}$	$(2,40 \pm 0,8) \times 10^{-4}$	$(1,23 \pm 0,4) \times 10^{-4}$
2011	$(2,00 \pm 0,6) \times 10^{-6}$	$(2,40 \pm 0,8) \times 10^{-4}$	$(1,21 \pm 0,4) \times 10^{-4}$
2012	$(1,00 \pm 0,3) \times 10^{-6}$	$(8,50 \pm 2,6) \times 10^{-5}$	$(3,70 \pm 1,1) \times 10^{-5}$
2013	$(1,00 \pm 0,3) \times 10^{-6}$	$(7,00 \pm 2,1) \times 10^{-5}$	$(3,09 \pm 0,9) \times 10^{-5}$
2014	$(3,00 \pm 0,9) \times 10^{-6}$	$(8,40 \pm 2,6) \times 10^{-5}$	$(3,86 \pm 1,2) \times 10^{-5}$
2015	$(9,00 \pm 2,7) \times 10^{-7}$	$(8,70 \pm 2,6) \times 10^{-5}$	$(4,40 \pm 1,3) \times 10^{-5}$
2016	$(1,00 \pm 0,3) \times 10^{-6}$	$(3,1 \pm 1,0) \times 10^{-4}$	$(1,02 \pm 0,3) \times 10^{-4}$
2017	$(0,7 \pm 0,2) \times 10^{-6}$	$(1,3 \pm 0,4) \times 10^{-4}$	$(6,9 \pm 2,1) \times 10^{-5}$
2018	$(0,7 \pm 0,2) \times 10^{-6}$	$(1,2 \pm 0,3) \times 10^{-4}$	$(3,3 \pm 1,2) \times 10^{-5}$
2019	$(1,0 \pm 0,3) \times 10^{-6}$	$(2,4 \pm 0,8) \times 10^{-4}$	$(4,8 \pm 1,5) \times 10^{-5}$

Примітка. \* – екстрапольовані дані з урахуванням зміни часу розпаду короткоіснуючих бета-активних радіонуклідів (з 4 годин до 24 годин)

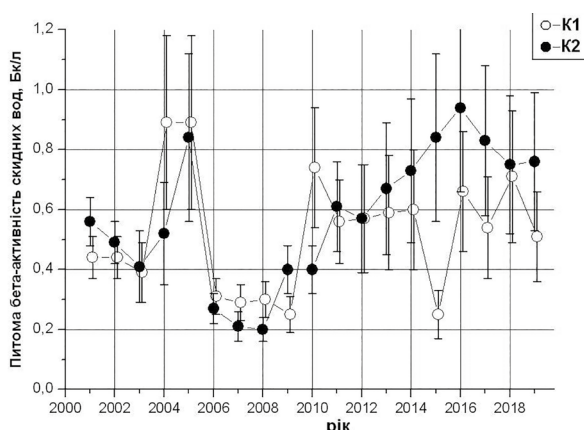


Рисунок 3 – Середні значення загальної питомої бета-активності скидних вод з основних колекторів ІЯД НАН України

Як видно з Таблиці 2, для довгоіснуючих радіонуклідів середньорічні концентрації бета-активних аерозолів у повітрі за досліджуваний період з 2003 року до 2019 року коливались у межах  $3,09 \times 10^{-5}$  –  $1,23 \times 10^{-4}$  Бк/л.

#### Контроль радіоактивного забруднення об'єктів водного середовища

Для контролю радіоактивного забруднення об'єктів водного середовища проводиться від-

бір зразків скидних вод з основних колекторів ДЯР ВВР-М і тритієвих лабораторій (колодязів № 1 і № 2). Середні значення загальної питомої бета-активності скидних вод за період з 2001 року по 2019 рік наведені на Рисунку 3.

Як видно з наведених даних, спостерігаються досить великі розбіжності в отриманих результатах вимірювань (особливо в скидних водах з колодязя № 2), що можна пояснити їх залежністю від виробничої діяльності, яка останніми роками проводиться не систематично.

Нами також проводилося визначення вмісту тритію у скидних водах, а також зразках талої води снігового покриву, відібраних навколо корпусів № 113 і № 26, у яких працюють тритієві лабораторії, й березового соку з дерев, які ростуть поблизу корпусу № 26 і майданчика ДЯР ВВР-М.

Питома активність тритію у цих об'єктах за період спостережень наведена в Таблиці 3.

Як видно з Таблиці 3, за останніми вимірюваннями середні значення концентрації радіонукліда  $^3\text{H}$  у зразках скидних вод були дещо нижчими за відповідні значення у попередні роки, що можна пояснити нерегулярною роботою тритієвих лабораторій у цей час.

Концентрації ж  $^3\text{H}$  у зразках талої води снігового покриву і зразках березового соку були порівнянні зі значеннями за попередні роки та були на рівні значень, характерних для реперних точок

Таблиця 3 – Середні значення питомої активності тритію в скидних водах, березовому соку та в талій воді снігового покриву, Бк/л

Рік	Скидні води		Березовий сік	Тала вода
	Колодязь № 1	Колодязь № 2		
2001	170 ± 19	304 ± 43	134 ± 17	2393 ± 429
2002	56 ± 8	205 ± 36	77 ± 23	296 ± 25
2003	258 ± 65	458 ± 52	197 ± 66	384 ± 28
2004	244 ± 85	735 ± 89	89 ± 16	243 ± 17
2005	95 ± 33	421 ± 146	230 ± 80	149 ± 28
2006	51 ± 4	121 ± 32	190 ± 66	599 ± 74
2007	—*	—*	89 ± 13	125 ± 42
2008	222 ± 22	268 ± 31	814 ± 90	522 ± 34
2009	72 ± 3	157 ± 16	134 ± 9	163 ± 9
2010	68 ± 17	102 ± 26	125 ± 31	101 ± 25
2011	72 ± 18	188 ± 47	358 ± 90	85 ± 21
2012	108 ± 27	468 ± 117	126 ± 32	122 ± 31
2013	81 ± 20	234 ± 59	107 ± 27	88 ± 22
2014	68 ± 17	254 ± 63	94 ± 23	172 ± 43
2015	72 ± 18	185 ± 46	—	—
2016	73 ± 19	119 ± 30	178 ± 45	75 ± 19
2017	60 ± 15	72 ± 13	133 ± 34	71 ± 18

(а саме, концентрація  $^3\text{H}$  у зразку талої води снігового покриву із м. Обухів становила  $62,8 \pm 3,6$  Бк/л, а концентрація  $^3\text{H}$  у березовому соку із м. Вишневе –  $55,8 \pm 3,3$  Бк/л).

Загалом, усі отримані результати вимірювань радіоактивного забруднення об'єктів водного середовища тритієм були суттєво нижчими за допустиму концентрацію тритію у питній воді ( $\text{DK}_B^{\text{ingest}}$ ) для категорії В, яка становить  $3 \times 10^4$  Бк/л [7].

**Оцінка ефективності техногенних і природних бар'єрів на шляхах розповсюдження радіоактивного забруднення в ґрунті зони аерації ДЯР ВВР-М**

У 1997 році для контролю за розповсюдженням радіоактивного забруднення в зоні аерації ДЯР ВВР-М на території його майданчика створено систему спостережних свердловин (точки 1 – 3 та 5 – 15, Рисунок 16).

Починаючи з 2002 року, проводиться систематичний контроль радіоактивного забруднення зразків ґрунту, відібраних із спостережних свердловин.

Було проаналізовано результати досліджень забруднення зразків ґрунту із спостережних свердловин техногенними радіонуклідами (насамперед, радіонуклідами  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$ ) та їх порівняння із початковими рівнями забруднення, визначеними під час буріння свердловин.

Первинний відбір зразків ґрунту був проведений під час буріння спостережних свердловин. Зразки ґрунту відбиралися на різній глибині від поверхні землі та після їх підготовки були проведені вимірювання питомої активності природних і техногенних радіонуклідів у них.

У Таблиці 4 наведено результати гамма-спектрометричних досліджень вмісту радіонуклідів  $^{40}\text{K}$ , рядів  $^{238}\text{U}$  і  $^{232}\text{Th}$ , а також техногенного радіонукліда  $^{137}\text{Cs}$  у зразках ґрунту, відібраних у 1997 році під час буріння свердловини № 10. Ця свердловина розташована біля резервуарів рідких радіоактивних відходів (РРВ) «гарячих» камер, де ймовірність забруднення ґрунту техногенними радіонуклідами найбільш висока.

Як видно з наведених даних, тільки в зразку, відбраному з приповерхневого шару ґрунту, спостерігалася порівняно більш висока питома активність радіонукліда  $^{137}\text{Cs}$ . Це забруднення сформувалося внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС і його рівні не відрізнялися від характерних для м. Києва на той час. Решта зразків мали питому активність радіонукліда  $^{137}\text{Cs}$  на рівні «фонового» значення.

Питома активність природних радіонуклідів у зразках ґрунту незначною мірою зменшувалась із глибиною і суттєво залежала від типу ґрунту (найменшими рівнями характеризувалися піщані ґрунти).

Також вибірково у відібраних під час буріння зразках ґрунту були проведені дослідження пи-

Таблиця 4 – Питома активність радіонуклідів природного і техногенного походження у зразках ґрунту із спостережної свердловини № 10, відібраних у 1997 році

Тип ґрунту	Глибина відбору, м	Питома активність, Бк/кг					
		$^{40}\text{K}$	$^{212}\text{Pb}$	$^{214}\text{Pb}$	$^{208}\text{Tl}$	$^{214}\text{Bi}$	$^{137}\text{Cs}$
Ґрунтово-рослинний	0,5	$523 \pm 110$	$27,9 \pm 5,6$	$20,7 \pm 4,4$	$28,2 \pm 6,0$	$21,3 \pm 4,3$	$20,6 \pm 5$
Супісь лесовидна	1,5	$595 \pm 120$	$33,9 \pm 8,5$	$24,6 \pm 5,0$	$35,4 \pm 7,1$	$25,6 \pm 5,4$	$2,2 \pm 0,9$
	2,5	$561 \pm 120$	$36,2 \pm 8,7$	$29,5 \pm 6,5$	$34,9 \pm 7,7$	$27,6 \pm 6,1$	$2,2 \pm 0,8$
	5,5	$586 \pm 117$	$32,2 \pm 7,1$	$26,9 \pm 6,5$	$30,2 \pm 6,4$	$27,1 \pm 4,9$	$2,2 \pm 0,6$
	6,5	$603 \pm 130$	$34,5 \pm 6,9$	$25,6 \pm 5,3$	$34,4 \pm 7,2$	$26,5 \pm 5,6$	$1,2 \pm 0,6$
	7,5	$586 \pm 117$	$33,1 \pm 6,6$	$25,3 \pm 5,3$	$32,8 \pm 6,9$	$28,8 \pm 5,8$	$0,8 \pm 0,5$
	8,5	$498 \pm 100$	$36,8 \pm 7,7$	$24,4 \pm 5,1$	$29,1 \pm 6,1$	$24,0 \pm 4,8$	$0,7 \pm 0,6$
	10,5	$483 \pm 100$	$32,9 \pm 7,2$	$23,4 \pm 6,6$	$33,1 \pm 7,6$	$25,5 \pm 5,6$	$0,7 \pm 0,3$
Суглинок	12,7	$343 \pm 72$	$27,1 \pm 6,2$	$19,2 \pm 4,4$	$25,4 \pm 5,9$	$17,3 \pm 4,0$	$2,2 \pm 0,6$
Супісь жовто-бура	14,0	$432 \pm 108$	$26,5 \pm 8,0$	$22,2 \pm 8,2$	$29,3 \pm 7,3$	$24,2 \pm 7,5$	$1,1 \pm 0,5$
Пісок	16,0	$33 \pm 10$	$6,4 \pm 3,2$	$5,7 \pm 3,4$	$12,5 \pm 4,0$	$5,4 \pm 3,0$	$0,7 \pm 0,3$
	18,0	$13,1 \pm 4,5$	$6,7 \pm 1,4$	$2,8 \pm 0,8$	$7,6 \pm 1,7$	$3,8 \pm 0,9$	$0,8 \pm 0,5$
	20,0	$76 \pm 15$	$2,9 \pm 0,6$	$1,2 \pm 0,4$	$2,6 \pm 0,6$	$0,8 \pm 0,3$	$0,2 \pm 0,1$
	22,0	$14 \pm 6,3$	$6,0 \pm 1,6$	$2,0 \pm 1,0$	$5,3 \pm 1,9$	$3,9 \pm 1,3$	$0,7 \pm 0,5$

томої активності радіонукліда  $^{90}\text{Sr}$ . Відповідно до отриманих результатів, питома активність радіонукліда  $^{90}\text{Sr}$  у зразках ґрунту із свердловини № 10 не перевищувала 13 Бк/кг.

За весь період подальших спостережень (2002 – 2019 рр.) жодного разу не було зареєстровано суттєвого підвищення рівнів питомої активності радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у зразках ґрунту із спостережних свердловин.

Динаміка значень питомої активності радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у зразках ґрунту, відібраних із спостережних свердловин у 2002 – 2019 рр., наведена на Рисунку 4.

Аналіз отриманих даних показав, що, переважно, середні значення питомої активності радіонукліда  $^{137}\text{Cs}$  у цих зразках ґрунту суттєво не відрізняються від визначених рівнів у зразках, відібраних під час буріння. Так, згідно з даними, наведеними в Таблиці 4, питома активність радіонукліда  $^{137}\text{Cs}$  у зразках ґрунту, відібраних під час буріння свердловини № 10 на глибині 7,5 м і 8,5 м, становила  $0,8 \pm 0,5$  Бк/кг і  $0,7 \pm 0,6$  Бк/кг, відповідно. Перевищення цих даних у перші роки після початку систематичного РК (2002 – 2004 рр.) пояснюється потраплянням до спостережних свердловин незначної кількості ґрунту з приповерхневого шару під час облаштування свердловин.

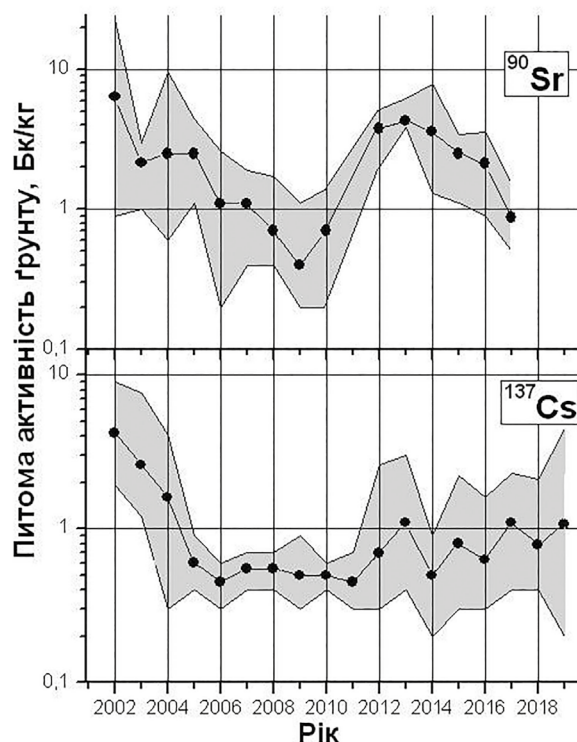
Середні значення питомої активності радіонукліда  $^{90}\text{Sr}$  у зразках ґрунту із спостережних свердловин змінювалися у більш широкому діапазоні, ніж аналогічні значення для радіонукліда  $^{137}\text{Cs}$ . Проте жодного разу отримані результати спостережень не перевищували рівні забруднення ґрунту радіонуклідом  $^{90}\text{Sr}$ , визначені під час буріння свердловин.

Згідно з останніми результатами досліджень, питома активність радіонукліда  $^{137}\text{Cs}$  в цих зразках коливалася в межах від 0,2 до 4,5 Бк/кг, середнє значення становило 1,07 Бк/кг, а питома активність радіонукліда  $^{90}\text{Sr}$  – коливалася в межах від 0,5 Бк/кг до 1,53 Бк/кг, середнє значення становило 0,88 Бк/кг.

Порівняння отриманих результатів з початковими значеннями свідчить про стабільність екологічного стану в зоні аерації реактора ВВР-М та цілісність трубопроводів спецканалізації і резервуарів з РРВ. Все вищезазначене підтверджує відсутність техногенного впливу експлуатації ДЯР ВВР-М на забруднення ґрунтів у зоні аерації.

#### Контроль радіоактивного забруднення ґрунту та рослинності в ЗС ДЯР ВВР-М

Для радіаційного моніторингу впливу експлуатації ДЯР ВВР-М в ЗС двічі на рік проводиться відбір зразків ґрунту і рослинності та вимірювання ПЕД гамма-випромінювання в 12 стаціонарних точках РК (Таблиця 1).



Рисунку 4 – Середні значення питомої активності радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у зразках ґрунту із спостережних свердловин

Результати вимірювань, виконаних у 2019 році, порівнювалися з відповідними даними за 2015 – 2018 роки (Таблиця 5).

З наведених у Таблиці 5 даних видно, що у 2019 році не було виявлено достовірного перевищення значень контрольованих параметрів порівняно з попередніми роками. Також не спостерігалось суттєвої різниці в показниках питомої активності радіонукліда  $^{137}\text{Cs}$  у зразках ґрунту і рослинності із СЗЗ і ЗС.

Отже, отримані дані підтверджують відсутність техногенного впливу експлуатації ДЯР ВВР-М на прилеглі території.

#### Висновки

Загалом, результати радіаційного моніторингу на території СЗЗ і ЗС ДЯР ВВР-М свідчать, що за весь період спостережень не було виявлено достовірного збільшення вмісту радіоактивних речовин техногенного походження у контрольованих об'єктах навколишнього середовища порівняно з рівнями, характерними для м. Києва.

Багаторічні дослідження, що проводились в лабораторіях ЦЕПАЕ ІЯД НАН України, дозволили накопичити значний фактичний матеріал щодо радіаційної обстановки в СЗЗ і ЗС ДЯР ВВР-М та обґрунтувати висновок про відсутність техногенного

Таблиця 5 – ПЕД гамма-випромінювання та питома активність радіонукліда  $^{137}\text{Cs}$  у зразках ґрунту і рослинності в стаціонарних точках РК ЗС ДЯР ВВР-М

№ п/п	Показник	Значення	
		2019 р.	2015-2018 рр.
1	Середні значення ПЕД гамма-випромінювання в стаціонарних точках РК (на відстані 1 м від поверхні ґрунту), мкЗв/год:		
	СЗЗ	0,14±0,05	0,12±0,04
	ЗС (радіус 2 км від ВТ реактора)	0,13±0,04	0,12±0,04
	ЗС (радіус 5 км від ВТ реактора)	0,12±0,03	0,11±0,03
2	Середні значення питомої активності радіонукліда $^{137}\text{Cs}$ у зразках ґрунту, Бк/кг:		
	СЗЗ	61±19	73±22
	ЗС (радіус 2 км від ВТ реактора)	58±18	67±20
	ЗС (радіус 5 км від ВТ реактора)	33±10	46±14
3	Середні значення питомої активності радіонукліда $^{137}\text{Cs}$ у зразках рослинності, Бк/кг (сирої маси):		
	СЗЗ	0,18±0,06	0,27±0,08
	ЗС (радіус 2 км від ВТ реактора)	0,21±0,07	0,24±0,08
	ЗС (радіус 5 км від ВТ реактора)	0,17±0,06	0,28±0,09

забруднення об'єктів навколишнього середовища під час його експлуатації.

Отримані дані РК на території СЗЗ і ЗС ДЯР ВВР-М щоквартально передаються до Головного управління Держпродспоживслужби у м. Києві, висвітлюються у наукових публікаціях та надаються за запитом зацікавлених організацій (зокрема, Міністерства захисту довкілля і природних ресурсів України, Державної інспекції ядерного регулювання України тощо).

### Список використаної літератури

1. Положение Центра экологических проблем атомной энергетики ИЯИ НАН Украины по радиационному контролю объектов внешней среды. Узгоджене Головним санітарним лікарем м. Києва 05.06.1995 р.
2. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
3. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды. Под общ. ред. А. И. Мареев и А. С. Зыковой. М.: 1980. 356 с.
4. Ривненская АЭС. Энергоблоки №№ 3, 4. Отчет по периодической переоценке безопасности. Глава 5. Влияние на окружающую среду. ГП НАЭК «Энергоатом»: 22.3.4.133. ОППБ.05 АТ03-14.564.ОД.1, 2016. 84 с.
5. Богорад В. И., Литвинская Т. В., Шевченко И. А., Дыбач А. М., Слепченко А. Ю. Радиационные последствия пожара в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2016. №1(69). С. 64–68. doi: 10.32918/nrs.2016.1(69).10.

*та радіаційна безпека*. 2016. №1(69). С. 64–68. doi: 10.32918/nrs.2016.1(69).10.

6. Павленко І. О., Сваричевська О. В., Саженьюк А. Д., Святун О. В., Телецька С. В. Аналіз динаміки показників сумарної питомої β-активності осідаючого пилу та атмосферних випадіннь у санітарно-захисній зоні реактора ВВР-М ІЯД НАНУ за 2014-2018 рр. *Ядерна фізика та енергетика*. 2020. №1(21). С.58–63

7. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97: Державні гігієнічні нормативи. ДГН 6.6.1.-6.5.001.98. К.: Відділ поліграфії Укр. центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. 121 с.

### References

1. Provisions of the Center for Environmental Problems of Atomic Energy of the Institute for Nuclear Research of NAS of Ukraine on radiation monitoring of environmental objects agreed by the Chief State Medical Doctor of Kyiv dated 5 June 1995.
2. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
3. Guidelines for sanitary control of the content of radioactive substances in the environment/Under the general. ed. of A. Marey and A. Zykova. (1980). М., 356 p.
4. Rivne NPP. Power units No. 3, 4. Periodic safety reassessment report. Chapter 5. Impact on the environment. SE NNEC «Energoatom»: 22.3.4.133.OPPB.05 АТ03-14.564.ОД.1. 2016, 84 p.
5. Bohorad, V., Lytvynska, T., Shevchenko, I., Dybach, A., Slepchenko, A. (2016). Radiation consequences of fire in the



exclusion zone of the Chernobyl nuclear power plant. Nuclear and Radiation Safety, 1 (69), 64–68.

6. Pavlenko, I., Svarychevska, O., Sajenyuk, A., Svyatun, O., Teletska, S. (2020). Analysis of the dynamics of the total specific  $\beta$ -activity for sedimentary dust and atmospheric precipitation in the control area of the WWR-M reactor of the NRI of the NASU for 2014-2018. Nuclear Physics and Atomic Energy, 1 (21), 58–63.

7. Radiation Safety Standards of Ukraine (NRBU-97): State Health Standards). DGN 6.6.1.-6.5.001.98. K., Printing department of the Ukrainian Center for the State Health and Epidemiological Service of the Ministry of Health of Ukraine, 1997, 121 p.

### **Results of Long-Term Radiation Monitoring of the Impact of the WWR-M Research Reactor of the Institute for Nuclear Research of the NAS of Ukraine on Environmental Objects within Control and Observation Areas**

**Tryshyn V., Svarychevska O., Pavlenko I., Gaidar O., Maliuk I., Sajenyuk A., Svyatun O., Teletska S.**

Institute for Nuclear Research of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The results of radiation monitoring of the environmental objects within the control and observation areas of the WWR-M nuclear research reactor of the Institute for Nuclear Research of the NAS of Ukraine (WWR-N INR) for 2019 and its comparison with the data for the previous years are presented in this article.

During the study period, the analysis was performed of the dynamics of the total  $\beta$ -activity levels for sedimentary dust and precipitation, wastewater from the INR special sewerage systems, concentration of  $\beta$ -active aerosols in the surface layer of atmospheric air, as well as content of the major man-made radionuclides (primarily, Tritium,  $^{137}\text{Cs}$ , and  $^{90}\text{Sr}$ ) in the samples of soil, vegetation, meltwater, snow cover, etc.

The obtained radiation monitoring results show that no remarkable exceedance in the content of radioactive substances were observed in the controlled parameters in comparison with the levels typical for Kyiv during the whole period of observations.

Many years of studies carried out in the laboratory of Centre for Ecological Research of INR of the NAS of Ukraine allowed to accumulate a significant data massive concerning the radiation situation within the control and observation areas and substantiate the conclusion about the absence of man-made radioactive contamination related to the operation of the WWR-M nuclear research reactor of the INR of the NAS of Ukraine.

Keywords: radiation monitoring, nuclear research reactor, control area, observation area, man-made radionuclides, environment.

Отримано 17.07.2020