

О. В. Гайдар, І. О. Павленко, О. В. Святун, О. В. Сваричевська, І. А. Малюк, С. В. Телецька

Інститут ядерних досліджень НАН України, просп. Науки, 47, Київ, 03028, Україна

Аналіз сучасного радіоекологічного стану в зоні впливу дослідницького ядерного реактора ВВР-М Інституту ядерних досліджень НАН України

Ключові слова:

радіаційний моніторинг, дослідницький ядерний реактор, навколишнє природне середовище.

Наведено результати радіаційного моніторингу повітряного середовища санітарно-захисної зони дослідницького ядерного реактора ВВР-М Інституту ядерних досліджень НАН України за 2014–2018 рр. та порівняння їх із даними за 2019 р. Досліджено динаміку щорічних сумарних значень поверхневої щільності випадань β -активних радіонуклідів з осідаючим пилом та атмосферними опадами, а також питому активність ^{137}Cs у зразках ґрунту і рослинності. Показано, що рівні радіаційного забруднення не перевищують характерні для Києва і є нижчими за допустимі рівні, регламентовані нормативними документами України.

Порівняння даних радіаційного моніторингу в зоні впливу дослідницького ядерного реактора ВВР-М за 2019 р. з показниками за 2014–2018 рр.

Визначення сумарної β -активності враховує як природні, так і техногенні радіонукліди, зокрема β -випромінювачі. Природна складова сумарної β -активності, яка визначається ізотопами урану, торію, продуктами їхнього розпаду та іншими радіоізотопами суттєво, на декілька порядків, перевищує показники техногенного чинника [1].

Гамма-фон на більшій частині території України в останні роки знаходиться в межах рівнів, обумовлених природними радіоактивними хімічними елементами та космічним випромінюванням і становить 6–24 мкР/год. У Києві γ -фон протягом 2018 р. становив 8–19 мкР/год (0,8–0,19 мкЗв/год), тобто був у межах природного фону [1].

Вплив підприємств ядерно-паливного циклу, зокрема АЕС, дослідницьких реакторів, підприємств із радіаційно небезпечними технологіями та радіоактивними відходами, на формування техногенно-посиленого γ -фону не зафіксований [2].

Радіаційний контроль за впливом дослідницького ядерного реактора (ДЯР) ВВР-М на довкілля проводиться відповідно до вимог Положення Центру екологічних проблем атомної енергетики Інституту ядерних досліджень (ІЯД) НАН України з радіаційного контролю об'єктів зовнішнього середовища, затвердженого Головним санітарним лікарем Києва.

За регламентом контролюються рівні загальної β -активності в атмосферних опадах й осідаючому пилу, воді з основних колекторів ІЯД та вміст одного з основних радіонуклідів техногенного походження — ^{137}Cs у ґрунті та рослинності. Також проводяться вимірювання вмісту β -активних аерозолів у приземному шарі атмосферного повітря та потужності еквівалентної дози (ПЕД) γ -випромінювання. Оцінка впливу ДЯР ВВР-М здійснюється шляхом вимірювання параметрів у стаціонарних точках радіаційного контролю (РК) у санітарно-захисній зоні (СЗЗ) і зоні спостереження (ЗС), обраних з урахуванням рози вітрів. На рис. 1 представлена мережа стаціонарних точок РК із седиментаційними постами, розташованих у СЗЗ ДЯР ВВР-М.

Крім щомісячного відбору зразків атмосферних опадів та осідаючого пилу, у районі розміщення

© О. В. Гайдар, І. О. Павленко, О. В. Святун, О. В. Сваричевська, І. А. Малюк, С. В. Телецька, 2020

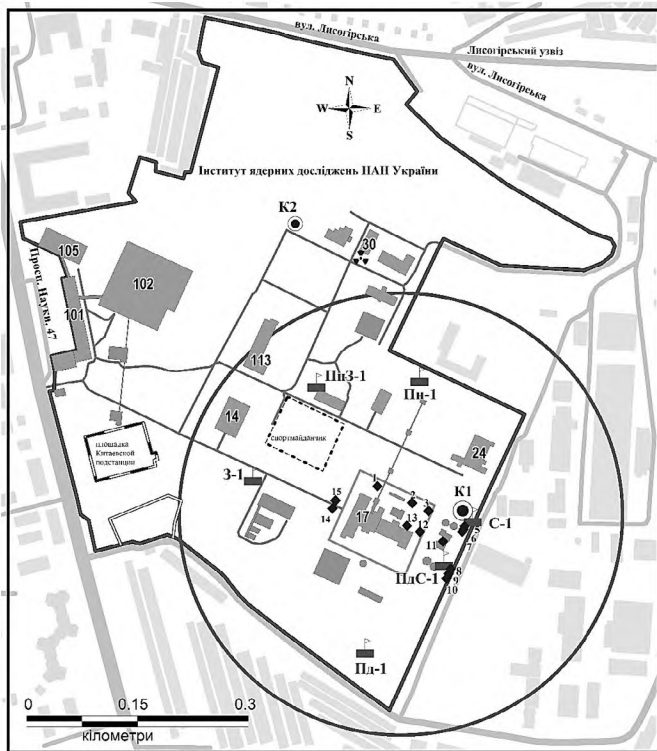


Рис. 1. Схема розміщення в СЗЗ ДЯР ВВР-М стаціонарних точок РК із седиментаційними постами: Пн-1 — північ-1; С-1 — схід-1; ПдС-1 — південний схід-1; Пд-1 — південь-1; З-1 — захід-1; ПнЗ-1 — північний захід-1; К1 і К2 — колектори ДЯР ВВР-М і тритієвих лабораторій; 24, 30, 101, 102, 105, 113 — корпуси ІЯД; точка аспіраційного відбору проб приземного шару повітря — біля корпусу 30

седиментаційних постів двічі на рік проводиться відбір зразків ґрунту та рослинності. У цих точках вимірюється ПЕД γ -випромінювання на відстані 0,1 і 1 м від поверхні землі. Відбір скидних вод здійснюється з двох основних колекторів реактора і тритієвих лабораторій ІЯД — колодязів № 1 і 2.

У зоні спостереження ДЯР ВВР-М радіаційний моніторинг проводиться в 12 стаціонарних точках РК, шість із яких знаходяться на відстані до 2 км від вентиляційної труби ДЯР ВВР-М, а решта — до 5 км (табл. 1). У цих точках проводиться відбір зразків ґрунту і рослинності та вимірюється ПЕД γ -випромінювання.

Підготовку зразків та вимірювання вмісту радіонуклідів проводять у лабораторіях Центру екологічних проблем атомної енергетики (ЦЕПАЕ). Апаратура для вимірювань атестована та проходить регулярні планові перевірки. Дослідження здійснюються як за загальноприйнятими [3, 4], так і розробленими в ЦЕПАЕ методиками. Похибки вимірювань не перевищують 25–35%.

Таблиця 1. Стаціонарні точки радіаційного контролю в ЗС ДЯР ВВР-М

Точка	Місцезнаходження	Відстань від ДЯР ВВР-М, км
Пн-2	Інститут гідрометеорології	2
З-2	Національний університет біоресурсів і природокористування України	
ПнЗ-2	вул. Добрий шлях	
С-2	вул. Ракетна	
ПдС-2	вул. Панорамна	
Пд-2	Корчувате	<5
С-3	Осокорки	
ПдС-3	Нижні сади	
ПнЗ-3	вул. Є. Коновальця	
ПнС-3	вул. Народна	
З-3	вул. Теслярська	
ПнЗ-3	вул. Народна	

Проаналізовано експериментальні дані за 2019 р. щодо вмісту техногенних радіонуклідів в об'єктах навколишнього природного середовища у ЗСЗ і ЗС. Для вивчення динаміки радіоактивного забруднення дані порівнювали з отриманими за 2014–2018 рр. (табл. 2).

З табл. 2 видно, що середньорічні значення щільності випадань β -випромінюючих радіонуклідів у стаціонарних точках РК СЗЗ у 2019 р. коливалися від 0,10 до 0,11 кБк/(м² · рік), а у попередні роки — 0,1–0,28 кБк/(м² · рік), тобто у вказаному році підвищення рівня цього показника не спостерігали.

Концентрації β -активних аерозолів у приземному шарі атмосферного повітря у 2019 р. змінювалися від $1,0 \cdot 10^{-6}$ до $2,4 \cdot 10^{-4}$ Бк/л, а у попередні роки — $0,7 \cdot 10^{-6}$ – $3,1 \cdot 10^{-4}$ Бк/л, що свідчить про стабільність радіаційної ситуації в досліджуваній зоні. Отримані результати є порівнянними з даними [5].

Така ж тенденція спостерігається й для усереднених за 2019 р. значень загальної питомої β -активності скидних вод із колодязів № 1 і 2, вони аналогічні до даних за 2014–2018 рр.

Показники питомої активності ¹³⁷Cs у зразках ґрунту та рослинності із СЗЗ за 2019 р. не перевищують відповідних значень за попередні роки (рис. 2).

У ЗС ДЯР ВВР-М контролювали потужність еквівалентної дози γ -випромінювання і питому активність радіонукліда ¹³⁷Cs в ґрунті та рослинності (табл. 3), які несуттєво відрізняються від показників у СЗЗ.

Таблиця 2. Показники радіоактивного забруднення об'єктів довкілля в СЗЗ ДЯР ВВР-М

Показник	2019 р.		2014–2018 рр.	
	мінімальне	максимальне	мінімальне	максимальне
Потужність еквівалентної дози γ -випромінювання, мкЗв/год	$0,10 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,04$	$0,10 \pm 0,02$	$0,18 \pm 0,06$
Щільність випадінь β -випромінюючих радіонуклідів з осідаючим пилом та атмосферними опадами, кБк/(м ² · рік)	$0,10 \pm 0,02$	$0,11 \pm 0,03$	$0,10 \pm 0,02$	$0,28 \pm 0,06$
Концентрація β -активних аерозолів у приземному шарі атмосферного повітря, Бк/л	$(1,0 \pm 0,2) \cdot 10^{-6}$	$(2,4 \pm 0,1) \cdot 10^{-4}$	$(0,7 \pm 0,3) \cdot 10^{-6}$	$(3,1 \pm 1) \cdot 10^{-4}$
Загальна питома β -активність скидних вод, Бк/л: колодязь № 1 колодязь № 2	$0,48 \pm 0,1$ $0,39 \pm 0,1$	$0,95 \pm 0,3$ $0,66 \pm 0,3$	$0,18 \pm 0,60$ $0,15 \pm 0,04$	$1,6 \pm 0,48$ $1,84 \pm 0,50$
Питома активність ¹³⁷ Cs, Бк/кг: ґрунт рослинність	45 ± 4 $<1,6 \pm 0,9$	76 ± 6 $5,3 \pm 1,2$	61 ± 5 $2,3 \pm 0,9$	111 ± 7 $20,4 \pm 5,1$

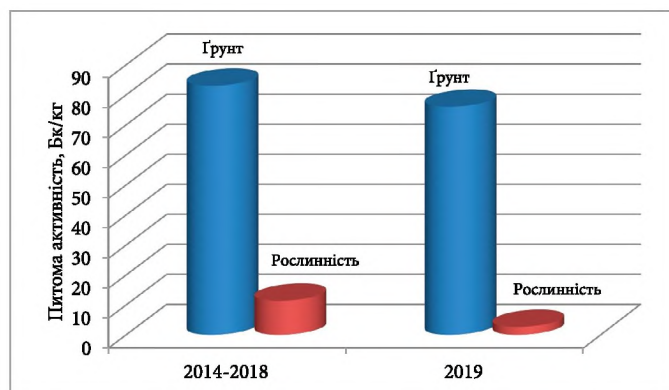


Рис. 2. Сумарна питома активність радіонукліда ¹³⁷Cs у ґрунті та рослинності в СЗЗ

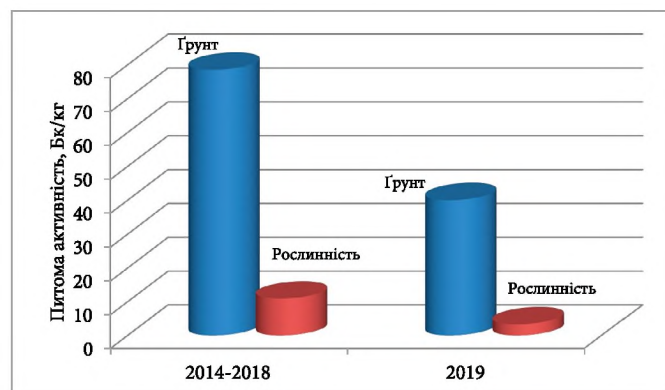


Рис. 3. Сумарна питома активність радіонукліда ¹³⁷Cs у ґрунті та рослинності в ЗС

Співвідношення показників питомої активності ¹³⁷Cs у зразках ґрунту та рослинності в ЗС аналогічне показникам у СЗЗ (рис. 2 та 3).

У цілому результати радіаційного моніторингу довкілля у СЗЗ і ЗС ДЯР ВВР-М за 2014–2019 рр.

показують, що перевищення вмісту радіоактивних речовин у досліджуваних об'єктах виявлено не було. Це свідчить про відсутність негативного впливу експлуатації реактора ВВР-М на прилеглі території.

Таблиця 3. Показники радіоактивного забруднення об'єктів довкілля в ЗС ДЯР ВВР-М

Показник	2019 р.		2014–2018 рр.	
	мінімальне	максимальне	мінімальне	максимальне
Потужність еквівалентної дози γ -випромінювання, мкЗв/год	$0,1 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,04$	$0,07 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,04$
Питома активність ¹³⁷ Cs, Бк/кг: ґрунт рослинність	$3 \pm 0,2$ $<1,2 \pm 0,6$	105 ± 7 $6,3 \pm 1$	$5 \pm 0,3$ $<1,4 \pm 0,8$	152 ± 8 27 ± 5

Список використаної літератури

1. Динаміка радіоактивного забруднення приземного шару атмосфери у постчорнобильський період / В. А. Гірій, О. О. Косовець, Ж. В. Лук'янова, Л. Я. Табачний // Праці Центральної геофізичної обсерваторії. — 2009. — Вип. 5 (19). — С. 21–31.
2. Звіт Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського. Розділ 3. Радіоактивне забруднення атмосферного повітря. — Київ : ЦГО, 2018. — 173 с.
3. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды / под общ. ред. А. И. Мареев и А. С. Зыковой. — Москва, 1980. — 336 с.
4. Методические указания по отбору проб и определению радиоактивности аэрозолей в атмосферном воздухе (аспирационный метод). Инструктивно-методические указания по работе санитарно-эпидемиологических станций в области радиационной гигиены. — Москва : Медгиз, 1960.
5. Радіаційний моніторинг об'єктів навколишнього природного середовища в зоні впливу дослідницького ядерного реактора ВВР-М ІЯД НАН України / В. В. Тришин, О. В. Сваричевська, І. О. Павленко [та ін.] // Ядерна фізика та енергетика. — 2010. — Т. 11, № 2. — С. 165–168.

**А. В. Гайдар, І. О. Павленко, О. В. Святун,
Е. В. Сваричевская, І. А. Малюк, С. В. Телецкая**

*Институт ядерных исследований НАН Украины,
просп. Науки, 47, Киев, 03028, Украина*

Анализ современного радиоэкологического состояния в зоне влияния исследовательского ядерного реактора ВВР-М Института ядерных исследований НАН Украины

Приведены результаты радиационного мониторинга воздушной среды санитарно-защитной зоны исследовательского ядерного реактора Института ядерных исследований НАН Украины за 2014–2018 гг., а также их сравнение с данными за 2019 г. Исследована динамика ежегодных значений поверхностной плотности выпадений β -активных радионуклидов с оседающей пылью и атмосферными осадками, а также удельная активность ^{137}Cs в образцах грунта и растительности. Показано, что

уровни радиационного загрязнения не превышают характерных величин для Киева и ниже допустимых уровней, регламентированных нормативными документами Украины.

Ключевые слова: радиационный мониторинг, исследовательский ядерный реактор, окружающая природная среда.

**O. V. Haidar, I. O. Pavlenko, O. V. Sviatun,
O. V. Svarychevska, I. A. Maliuk, S. V. Teletska**

*Institute for Nuclear Research, NAS of Ukraine,
47, Nauky ave, Kyiv, 03028, Ukraine*

Analysis of Modern Radioecological State in WWR-M Research Nuclear Reactor Zone of the Institute for Nuclear Research NAS of Ukraine

The urgent task of the Institute for Nuclear Research (KINR) of NAS of Ukraine as the operating organization of the research nuclear reactor (RNR) WWR-M, is to maintain its efficient work, as well as the radiation safety of personnel, population and the environment, since the RNR is operated within the multi-million city. During the entire period of operation of RNR, systematic regular radiation monitoring of the state of the environment in its sanitary protection zone (SPZ) and the surveillance zone (SZ) is carried out.

According to the rules, levels of the total beta-activity in precipitation and sedimentary dust, water from the main KINR collectors and the content of one of the main radionuclides of technogenic origin — ^{137}Cs in soil and vegetation are being monitored. Also, the content of beta-active aerosols in the surface air and the equivalent dose rate (EDR) of gamma-radiation are measured. The estimation of the impact of RNR is performed by measuring the parameters at the stationary radiation control points (SRCP) in the SPZ and SZ selected with regard to the wind rose. In addition to the monthly sampling of precipitation and sediment dust, soil and vegetation samples are sampled twice a year in the area where sedimentation posts are placed. At these points, EDR measurements of gamma radiation are carried out at a distance of 0.1 m and 1 m from the earth's surface. The selection of wastewater is carried out from two main collectors of the reactor and the tritium laboratories of the KINR: wells 1 and 2.

In the SZ of the RNR WWR-M radiation monitoring is carried out at 12 stationary points of the RC, six of which are at a distance of 2 km from the ventilation pipe of the RNR WWR-M and the rest — at a distance of up to 5 km. At these points, soil and vegetation samples are sampled and gamma radiation EDR is measured.

The paper presents the results of radiation monitoring of the air environment in SPZ and SZ of RNR WWR-M for 2014–2018 and its comparison with the data for 2019. The dynamics of annual values of the surface density of precipitation of β -active radionuclides with sedimentary dust and atmospheric dust are investigated. It is shown that the levels of radiation pollution do not exceed the levels typical for Kyiv and are lower than the permissible levels, regulated by the normative documents of Ukraine.

Keywords: radiation monitoring, research nuclear reactor, threatening natural environment.

References

1. Hirii V. A., Kosovets O. O., Lukianova Zh. V., Tabachnyi L. Ia. (2009). *Dynamika radioaktyvnoho zabrudnennia pryzemnoho sharu atmosfery u postchornobylyskiyi period* [Dynamics of radioactive contamination of the atmospheric surface layer in the post-Chornobyl period]. *Pratsi Tsentralnoi heofizychnoi observatorii* [Proceedings of the Central Geophysical Observatory], vol. 19, no. 5, pp. 21–31. (in Ukr.)
2. *Report of the Central Geophysical Observatory named after B. Sreznevsky*. Chapter 3. Radioactive air pollution. Kyiv: Central Geophysical Observatory, 2018, 174 p. (in Ukr.)
3. Marey A. I., Zykova A. S. (eds) (1980). *Guidelines for sanitary control of the content of radioactive substances in the environment*. Moscow, 336 p. (in Russ.)
4. *Guidelines for sampling and determination of radioactivity of aerosols in atmospheric air (aspiration method). Guidelines for the work of sanitary and epidemiological stations in the field of radiation hygiene*. Moscow: Medgiz Publ., 1960. (in Russ.)
5. Tryshyn V. V., Svarychevska O. V., Pavlenko I. O., Dziatkovska N. M., Sazheniuk A. D., Kuzmina A. I. (2010). *Radiatsiyni monitorynh ob'ektiv navkolysnogo pryrodnoho seredovyscha v zoni vplyvu doslidnytskoho yadernoho reaktora VVR-M IIaD NAN Ukrainy* [Radiation monitoring of environmental objects in the impact zone of the WWR-M nuclear research reactor of KINR of NAS of Ukraine]. *Nuclear Physics and Energy* [Nuclear Physics and Atomic Energy], vol. 11, no. 2, pp. 165–168. (in Ukr.)

Надійшла 31.01.2020

Received 31.01.2020