

## РАДІАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ОБ'ЄКТІВ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В ЗОНІ ВПЛИВУ ДОСЛІДНИЦЬКОГО РЕАКТОРА ВВР-М І ТРИТІЄВИХ ЛАБОРАТОРІЙ ІЯД НАН УКРАЇНИ (1995 - 2000 рр.)

О. В. Сваричевська<sup>1</sup>, А. Й. Кузьміна<sup>1</sup>, Г. О. Бекірова<sup>1</sup>, О. І. Левчик<sup>2</sup>, О. В. Святун<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

<sup>2</sup> Центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, Київ

Наведено результати радіоекологічного моніторингу в зоні впливу дослідницького реактора ВВР-М і тритієвих лабораторій на території ІЯД НАН України протягом останніх шести років за такими параметрами: загальна питома бета-активність та питома активність  $^{90}\text{Sr}$  в атмосферних опадах й осідаючому пилу, ґрунті та рослинності; загальна питома бета-активність води в основних колекторах реактора й тритієвих лабораторій; загальна питома бета-активність води з відкритих водоймищ; вміст короткоживучих і довгоживучих альфа- та бета-аерозолів у повітрі; концентрація тритію у скидних водах основних колекторів, у талій воді снігового покриву та березовому соку; гамма-фон у стаціонарних точках зони спостереження. Показано, що рівні радіаційного забруднення вищезазначених об'єктів не перевищують характерні для Києва й значно нижчі допустимих рівнів, регламентованих діючими в Україні нормативними документами.

Згідно з вимогами чинного законодавства України [1, 2] необхідно здійснювати постійний контроль навколишнього природного середовища в зоні впливу об'єктів ядерної енергетики.

Центром екологічних проблем атомної енергетики (ЦЕПАЕ) ІЯД НАН України здійснюється багатолітній радіаційний моніторинг об'єктів навколишнього природного середовища в санітарно-захисній зоні реактора ВВР-М і двох тритієвих лабораторій, що знаходяться на території ІЯД та в зоні спостереження в стаціонарних точках, вибраних із урахуванням рози вітрів.

У санітарно-захисній зоні встановлено шість точок, чотири з яких (Пд-1, 3-1, Пн3-1, Пн-1) розташовані на відстані не менше трьох висот вентиляційної труби реактора (200 м), а дві (С-1, ПдС-1) - на відстані 100 і 120 м від огорожі реактора.

У зоні спостереження знаходиться 12 точок: шість - на відстані до 2 км від вентиляційної труби реактора (Пн-2 - Інститут гідрометеорології; С-2 - вул. Ракетна, 17/1; ПдС-2 - вул. Панорамна, 28/2; Пд-2 - с. Корчувате; 3-2 - Національний аграрний університет; Пн3-2 - вул. Добрий шлях), шість точок - на відстані до 5 км від вентиляційної труби реактора (Пн3-3 - вул. Щорса (дитячий садок); С-3 - Осокорки; ПдС-3 - Нижні сади; Пд-3 - пр. Охотський, 14; 3-3 - вул. Теслярська, 6; Пн3-3 - вул. Народна).

За регламентом [3] система радіаційного контролю об'єктів навколишнього природного середовища складається із визначення:

загальної питомої бета-активності (раз на два тижні в шести точках на території ІЯД) та питомої активності  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  (двічі на рік у тих же точках) атмосферних опадів та осідаючого пилу;

загальної питомої бета-активності води в основних колекторах реактора й тритієвих лабораторій (раз на два тижні у колодязі № 1 (після "Ясеня") та колодязі № 2 (вул. Лисогірська));

загальної питомої бета-активності води з відкритих водоймищ (двічі на рік із Дніпра вище та нижче за течією відносно розташування реактора), Голосіївських (І і ІІ), Блакитного та Корчуватського озер;

загальної питомої бета-активності та питомої активності  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті та рослинності (двічі на рік у 18 точках);

вмісту коротко- та довгоживучих альфа- та бета-аерозолів у повітрі (двічі на тиждень);

концентрації тритію у скидних водах основних колекторів (двічі на місяць), у талій воді снігового покриву та в березовому соку (раз на рік);

гамма-фону: у 12 точках зони спостереження (двічі на місяць); у шести точках санітарно-захисної зони (раз на тиждень) і в точці № 4 біля корпусу № 30 ІЯД (щоденно).

Відбір зразків, їх підготовку до вимірів та самі вимірювання в основному проводили згідно з прийнятими методиками [4 – 5], в окремих випадках використовували власні методики.

Відбір зразків для визначення радіоактивності атмосферних опадів та осідаючого пилу проводили седиментаційним методом, визначення радіоактивності аерозолів в атмосферному повітрі - аспіраційним методом.

Зразки ґрунту відбирали за допомогою пробовідбірника з круглим перерізом ( $d = 6,5$  см) “методом квадрата” на глибину 20 см та вміщували їх у поліетиленові пакети або ємкості Марінеллі. Зразки води із відкритих водоймищ відбирали у 5-, 10-, 20- і 50-літрові пластмасові ємкості. При відборі зразків рослинності травостій зрізали над кореневищем на певній площі та пакували в пластикові мішки. Усі відібрані зразки супроводжувалися відповідними паспортами.

Після надходження до вимірювальної лабораторії залежно від типу та рівня активності зразки підлягали безпосередній гамма-спектрометрії в ємкостях Марінеллі або ж відправлялися на концентрування, озолення та радіохімічне виділення тих чи інших радіонуклідів. Як правило, з одного зразка визначали всі наявні радіоізотопи.

Для визначення вмісту тритію зразки води та березового соку відбиралися в чисту суху скляну промарковану тару. При відборі зразків снігового покриву вирізували сніговий прошарок, що пролежав на поверхні не менше місяця, перерізом  $10 \times 10$  см<sup>2</sup> до замерзлого ґрунту, вміщували в пластикову промарковану тару і далі здійснювали танення, фільтрування, перегонку зразків.

Вимірювання вмісту техногенних радіонуклідів у відібраних зразках проводилися в радіоекологічній лабораторії ЦЕПАЕ. Лабораторія акредитована в Українському центрі стандартизації, метрології та сертифікації Держстандарту України на право проведення вимірювань зазначених показників (атестат акредитації № ПТ-0142/01) і має ліцензію (серія ЯРБ № 000512), видану Департаментом ядерного регулювання Міністерства екології та природних ресурсів України на проведення робіт із джерелами іонізуючих випромінювань.

Гамма-спектрометричний аналіз проводиться за допомогою гамма-спектрометричних установок з аналізатором ORTEC-NORLAND і блоком детектування GEM-30185 та з аналізатором NOKIA LP4900 B і блоком детектування GEM-40195. Їх енергетична роздільна здатність по <sup>137</sup>Cs становить відповідно 1,87 та 1,82 кеВ, а по <sup>60</sup>Co – 2,0 та 2,2 кеВ. Мінімальна детектована активність першої з установок по <sup>137</sup>Cs для вимірів за  $T = 50000$  с становить 0,5 Бк/кг, другої установки (за  $T = 74000$  с) – 0,4 Бк/кг. Похибки вимірювання активностей в атестованих геометріях для обох установок не перевищують 10 % ( $P = 0,95$ ).

Визначення вмісту <sup>90</sup>Sr проводили на озолених пробах за оксалатною методикою розчиненням у HCl та HNO<sub>3</sub>. Із вилугу проводили подвійне переосадження оксалатів. Їх осад спалювали в муфельній печі при температурі 700 - 800 °С, після чого розчиняли у гарячій 1N HCl, доводили рН розчину до 11 безвугільним аміаком і відфільтровували осад гідроксиду ітрію. Рідку фазу відокремлювали й записували час та дату відділення ітрію. Осад гідроксиду ітрію розчиняли в гарячій 2N HCl. Із отриманого розчину виділяли подвійні солі лантану та сульфату калію, які відфільтровували й відкидали. Із фільтрату знову виділяли гідроксид ітрію, розчиняли в 2N HCl і виділяли оксалат ітрію, який спалювали при температурі 900 °С. Осад окису ітрію переносили на підложку, зважували для визначення хімічного виходу та проводили радіометричні виміри на малофоновій установці УМФ-1500.

Концентрація тритію в рідинних зразках визначалася за допомогою рідинного сцинтиляційного лічильника "Rackbeta" фірми LKB Wallac (РСЛ). Похибка вимірів концентрації тритію за допомогою установки РСЛ "Rackbeta" не перевищувала 30 %.

Потужність експозиційної дози (ПЕД) гамма-випромінювання вимірювали дозиметром ДРГ-01Т. Для приблизної оцінки радіаційної ситуації в межах досліджуваної території за показником "рівень гамма-фону" використовували радіометри СРП-68-01 і "Прип'ять".

Результати вимірювань ПЕД та вмісту техногенних радіонуклідів у зразках фіксуються в робочих журналах ЦЕПАЕ, зберігаються в банку даних у персональному комп'ютері та передаються до радіологічного відділення СЕС Києва в щоквартальних і щорічних звітах про результати спостережень за радіаційним забрудненням об'єктів навколишнього природного середовища в зоні впливу дослідницького реактора ВВР-М та тритієвих лабораторій.

Результати спостережень за останні шість років наведено у табл. 1 – 6.

Таблиця 1. Середні значення загальної питомої бета-активності та питомої активності  $^{90}\text{Sr}$  в осідаючому пилу та атмосферних опадах

Стаці- онарні точки	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Загальна питома бета-активність, $\text{кБк/м}^2 \cdot \text{рік}$						
Пн-1	$0,41 \pm 0,07$	$0,20 \pm 0,03$	$0,25 \pm 0,03$	$0,24 \pm 0,04$	$0,21 \pm 0,04$	$0,13 \pm 0,04$
С-1	$0,24 \pm 0,02$	$0,14 \pm 0,03$	$0,18 \pm 0,02$	$0,27 \pm 0,04$	$0,22 \pm 0,03$	$0,18 \pm 0,02$
З-1	$0,24 \pm 0,03$	$0,20 \pm 0,03$	$0,24 \pm 0,03$	$0,31 \pm 0,04$	$0,19 \pm 0,02$	$0,21 \pm 0,03$
ПдС-1	$0,28 \pm 0,06$	$0,21 \pm 0,02$	$0,23 \pm 0,03$	$0,29 \pm 0,04$	$0,19 \pm 0,03$	$0,15 \pm 0,04$
ПнЗ-1	$0,33 \pm 0,01$	$0,22 \pm 0,02$	$0,16 \pm 0,05$	$0,23 \pm 0,04$	$0,20 \pm 0,04$	$0,12 \pm 0,02$
Пд-1	$0,24 \pm 0,07$	$0,16 \pm 0,03$	–	$0,14 \pm 0,04$	$0,17 \pm 0,03$	$0,16 \pm 0,02$
Питома активність $^{90}\text{Sr}$ , $\text{кБк/м}^2 \cdot \text{рік} \cdot 10^{-2}$						
Пн-1	$0,7 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,6$	–	–	$1,1 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,4$
С-1	$1,3 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,1$	–	–	$0,9 \pm 0,3$	$1,1 \pm 0,3$
З-1	$1,5 \pm 0,4$	$1,15 \pm 0,4$	–	–	$0,4 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,3$
ПдС-1	$0,7 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,7$	–	–	$1,1 \pm 0,3$	$1,5 \pm 0,5$
ПнЗ-1	$1,6 \pm 0,5$	$0,5 \pm 0,2$	–	–	$1,3 \pm 0,4$	$1,3 \pm 0,4$
Пд-1	$1,3 \pm 0,4$	$3,4 \pm 1,0$	–	–	$0,7 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,3$

Таблиця 2. Середні значення загальної питомої бета-активності скидних вод, Бк/л

Рік	Колодязь № 1	Колодязь № 2
1995	$0,52 \pm 0,08$	$0,41 \pm 0,07$
1996	$0,68 \pm 0,07$	$0,60 \pm 0,14$
1997	$0,67 \pm 0,13$	$0,62 \pm 0,06$
1998	$0,66 \pm 0,08$	$0,58 \pm 0,08$
1999	$0,53 \pm 0,08$	$0,41 \pm 0,06$
2000	$0,50 \pm 0,07$	$0,42 \pm 0,15$

Таблиця 3. Середні значення загальної питомої бета-активності та питомої активності  $^{90}\text{Sr}$  у ґрунті та щільність забруднення  $^{90}\text{Sr}$  поверхневого шару ґрунту в контрольних точках

Рік	Загальна бета-активність, $\text{Бк/кг} \cdot 10^3$	Питома активність $^{90}\text{Sr}$ , $\text{Бк/кг} \cdot 10^2$	Щільність забруднення $^{90}\text{Sr}$ , $\text{кБк/м}^2$
1995	$3,37 \pm 0,71$	–	–
1996	$2,65 \pm 0,67$	$2,01 \pm 0,54$	$10,5 \pm 2,0$

Продовження табл. 3

1997	$2,23 \pm 0,20$	$2,66 \pm 0,51$	$13,9 \pm 2,6$
1998	$2,61 \pm 0,33$	$2,31 \pm 0,44$	$12,0 \pm 2,0$
1999	$2,05 \pm 0,39$	$2,58 \pm 0,58$	$13,4 \pm 2,5$
2000	$2,50 \pm 0,35$	$2,60 \pm 0,59$	$13,5 \pm 2,5$

Таблиця 4. Середні значення загальної питомої бета-активності та вмісту  $^{90}\text{Sr}$  у рослинності контрольних точок, Бк/кг

Рік	Загальна бета-активність	Питома активність $^{90}\text{Sr}$
1995	$204 \pm 33$	$8,9 \pm 3,03$
1996	$377 \pm 101$	$14,9 \pm 2,7$
1997	$218 \pm 67$	$7,0 \pm 1,5$
1998	$374 \pm 53$	$11,3 \pm 2,4$
1999	$367 \pm 37$	$9,3 \pm 1,7$
2000	$292 \pm 31$	$11,5 \pm 1,4$

Таблиця 5. Середні значення загальної питомої бета-активності води у відкритих водоймищах, Бк/кг

Контрольні точки					
	1995	1996	1998	1999	2000
Дніпро (вверх за течією від ВВР-М)	$0,5 \pm 0,15$	$0,4 \pm 0,12$	$0,4 \pm 0,12$	$0,2 \pm 0,06$	$0,2 \pm 0,06$
Дніпро (вниз за течією від ВВР-М)	$0,2 \pm 0,06$	$0,4 \pm 0,12$	—	$0,2 \pm 0,06$	$0,1 \pm 0,03$
Блакитне озеро	$0,4 \pm 0,12$	$0,6 \pm 0,18$	$0,5 \pm 0,15$	$0,2 \pm 0,06$	$0,1 \pm 0,03$
Голосіївське озеро I	$0,2 \pm 0,06$	$0,7 \pm 0,21$	$0,4 \pm 0,12$	$0,2 \pm 0,06$	$0,4 \pm 0,12$
Голосіївське озеро II	$0,5 \pm 0,15$	$0,7 \pm 0,21$	$0,4 \pm 0,12$	$0,2 \pm 0,06$	$0,4 \pm 0,12$
Корчуватська скважина	$0,3 \pm 0,09$	$0,4 \pm 0,12$	$0,3 \pm 0,09$	$0,1 \pm 0,03$	$0,1 \pm 0,03$

Як видно з наведених у табл. 5 даних, значення загальної питомої бета-активності зразків води із Дніпра, відібраних вище та нижче за течією відносно розташування реактора ВВР-М, суттєво не відрізняються, що свідчить про відсутність впливу експлуатації реактора на води ріки.

Таблиця 6. Середні значення питомої активності тритію у водних фракціях, Бк/кг

Скидні води		Березовий сік			Тала вода	
Колодязь № 1	Колодязь № 2	Корпус № 26	Реактор	Корпус ЦЕПАЕ	Корпус № 26	Корпус № 113
$105 \pm 32$	$1818 \pm 545$	$207 \pm 70$	$200 \pm 51$	$195 \pm 41$	$380 \pm 120$	$307 \pm 101$
$187 \pm 56$	$2136 \pm 641$	$205 \pm 87$	$195 \pm 80$	$180 \pm 90$	$151 \pm 45$	$143 \pm 31$
$196 \pm 132$	$418 \pm 272$	$283 \pm 69$	$261 \pm 86$	$252 \pm 80$	$1672 \pm 422$	$1354 \pm 532$
$99 \pm 33$	$456 \pm 107$	$161 \pm 90$	$91 \pm 153$	$44 \pm 22$	$575 \pm 119$	$115 \pm 34$
$102 \pm 36$	$278 \pm 147$	$353 \pm 177$	$82 \pm 102$	$126 \pm 47$	$265 \pm 47$	$259 \pm 53$
$108 \pm 22$	$263 \pm 48$	$263 \pm 365$	$95 \pm 17$	$132 \pm 38$	$85 \pm 47$	$864 \pm 18$

Як видно з табл. 6, спостерігаються досить великі розбіжності в значеннях активності тритію у досліджуваних зразках (особливо в скидних водах з колодязя № 2), що можна пояснити їх залежністю від виробничої діяльності тритієвих лабораторій, які останніми роками працюють не систематично.

У цілому аналіз результатів досліджень, проведених у 1995 - 2000 рр., показав, що: середньомісячні значення щільності випадіння бета-активних радіонуклідів з осідаючим пилом та атмосферними опадами  $0,0115 \div 0,0344$  кБк/(м<sup>2</sup> · міс.);

середньорічні значення щільності випадіння <sup>90</sup>Sr з осідаючим пилом та атмосферними опадами  $0,0074 \div 0,0118$  кБк/(м<sup>2</sup> · рік);

середні значення загальної питомої бета-активності скидних вод у колодязі № 1 (після “Ясеню”) не перевищували  $0,68 \pm 0,07$  Бк/л, а в колодязі № 2 (по вул.Лисогірській) –  $0,62 \pm 0,05$  Бк/л;

середні значення загальної питомої бета-активності та питомої активності <sup>90</sup>Sr у ґрунті зі стаціонарних точок не перевищували  $(3,37 \pm 0,71) \cdot 10^3$  та  $(2,66 \pm 0,51) \cdot 10^2$  Бк/кг відповідно;

середнє значення щільності забруднення <sup>90</sup>Sr поверхневого шару ґрунту  $13 \pm 2$  кБк/м<sup>2</sup>;

середні значення загальної питомої бета-активності та питомої активності <sup>90</sup>Sr у рослинності, відібраній на території стаціонарних точок, були від 200 до 370 Бк/кг та від 7 до 15 Бк/кг відповідно;

середні значення загальної питомої бета-активності води з відкритих водоймищ коливалися від 0,1 до 0,7 Бк/л;

питома активність тритію в скидних водах колодязя № 1 коливалася від 99 до 196 Бк/л, колодязя № 2 - від 278 до 2136 Бк/л, у березовому соку та у талій воді снігового покриву в межах від 44 до 353 та від 115 до 1672 Бк/л відповідно;

рівень ПЕД гамма-випромінювання в контрольних точках за цей період у межах 11 - 19 мкР/год.

Таким чином, отримані результати радіаційного моніторингу свідчать, що рівні забруднення об'єктів радіаційного контролю навколо дослідницького реактора ВВР-М і тритієвих лабораторій за останні шість років не перевищували характерні для Києва рівні й були значно нижчими допустимих рівнів, регламентованих діючими в Україні нормативними документами [6], а отже, не є загрозою для населення міста.

У майбутньому, згідно з [3], радіаційний моніторинг буде продовжено, а з отриманими результатами будуть систематично ознойомлюватися контролюючі органи та наукова громадськість.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України про використання ядерної енергії та радіаційної безпеки від 8 лютого 1995 р.
2. Закон України про охорону навколишнього середовища від 25 червня 1991 р.
3. “Положение ЦЭПАЭ ИЯИ НАН Украины по радиационному контролю объектов внешней среды”, затверджене Головним державним санітарним лікарем м. Києва, 1999.
4. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах окружающей среды / Под ред. А. Н. Мареев и А. С. Зыковой. - М., МЗ СССР, 1980.
5. Методические рекомендации. Оценка радиационной обстановки окружающей среды – Киев: Изд-во МЗ УССР, 1988. Утверждены 10.03.88 Главным государственным санитарным врачом Украины А. М. Касьяненко.
6. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). - Київ, 1997.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ОБЪЕКТАМИ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА ВВР-М И ТРИТИЕВЫХ ЛАБОРАТОРИЙ НЦ “ИЯИ” НАН УКРАИНЫ В 1995 - 2000 гг.

Е. В. Сваричевская, А. И. Кузьмина, Г. О. Бекирова, Е. И. Левчик, О. В. Святун

Наведены результаты радиоэкологического мониторинга в зоне влияния исследовательского реактора ВВР-М и тритиевых лабораторий на территории НЦ “ИЯИ” НАН Украины на протяжении последних шести лет по следующим параметрам: общая удельная бета-активность и удельная

активность  $^{90}\text{Sr}$  в атмосферных осадках и оседающей пыли, грунте и растительности; общая удельная бета-активность воды в основных коллекторах реактора и тритиевых лабораторий; общая удельная бета-активность воды с открытых водоемов; содержание короткоживущих и долгоживущих альфа- и бета-аэрозолей в воздухе; концентрация трития в сбросных водах основных коллекторов, в талой воде снежного покрова и березовом соке; гамма-фон в стационарных точках зоны наблюдения. Показано, что уровни радиационного загрязнения вышеупомянутых объектов не превышают характерные для Киева и значительно ниже допустимых уровней, регламентированных действующими в Украине нормативными документами.

## **OBSERVATION RESULTS OF ENVIRONMENTAL OBJECTS IN INR OF NAS OF UKRAINE WWR-M RESEARCH REACTOR AND TRITIUM LABORATORIES DURING 1995 - 2000**

**E. V. Svarichevskaya, A. I. Kuzmina, G. O. Bekirova, E. I. Levchik, O. V. Svyatun**

The results of radioecological monitoring in the influented zone of INR NAS of Ukraine WWR-M research reactor and tritium laboratories are presented/ These results included the six years monitoring parametres in control points: total specific  $\beta$ -activity and specific  $^{90}\text{Sr}$  activity of atmospheric precipitations, settling dust, soil and plants; total specific  $\beta$ -activity in main reactor collectors and tritium laboratories, natural reservoirs; content in the air short- and longlived  $\alpha$ - and  $\beta$ -aerozoles, the tritium concentration in throw off waters of the main collectors, in melting waters and birch juice,  $\gamma$ -background. The levels of radioactive pollution of these objects aren't higher then permitted for Kyiv and lower then Ukrainian standart values.

Надійшла до редакції 12.02.01,  
після доопрацювання – 02.08.01.