

В. М. Антропов*, О. В. Марініч, О. Г. Третяк, А. І. Хабрика*Державне спеціалізоване підприємство
«Центральне підприємство з поводження з радіоактивними відходами», Чорнобиль, Україна*

*Відповідальний автор: v_antropov@ukr.net

**СУЧАСНИЙ СТАН ПУНКТИВ ТИМЧАСОВОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ
ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ**

Подано загальну характеристику пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів (ПТЛРВ) Чорнобильської зони відчуження. Наведено інформацію про обстеження, дослідження та заходи, які на даний час проводяться на ПТЛРВ для утримання їх у безпечному стані, та висвітлено проблеми забезпечення їхньої безпеки. Визначено можливі шляхи поводження з радіоактивними відходами, що містяться в ПТЛРВ, та наголошено на необхідності прийняття відповідних рішень.

Ключові слова: радіоактивні відходи, поводження з радіоактивними відходами, пункти тимчасової локалізації радіоактивних відходів, Чорнобильська зона відчуження, аварійні радіоактивні відходи ЧАЕС.

1. Вступ

Пункти тимчасової локалізації радіоактивних відходів (ПТЛРВ) були створені в 1986 - 1988 рр. у межах 10-км зони відчуження при виконанні першочергових заходів з подолання наслідків аварії на ЧАЕС. Ці об'єкти являють собою мережу траншей та буртів з радіоактивними відходами (РАВ), що були переміщені воєнізованими формуваннями цивільної оборони з поверхні радіоактивно забруднених територій у тимчасові сховища з метою запобігання подальшому розповсюдженню радіоактивного забруднення на прилеглі території та зниження радіаційного впливу на персонал у місцях проведення робіт з ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи. Усього було створено дев'ять ПТЛРВ, у межах яких розміщені траншеї та бурти з РАВ з умовними назвами: «Станція Янів», «Нафтобаза», «Піщане плато», «Рудий ліс», «Стара будбаза», «Нова будбаза», «Прип'ять», «Копачі», «Чистогалівка».

Великі обсяги РАВ у тимчасових сховищах, утворених у межах виконання першочергових заходів у стислі терміни, змусили створювати їх без розробки проектної документації та дотримання необхідних вимог до захоронення РАВ, передбачаючи подальше захоронення їх у пункти захоронення радіоактивних відходів (ПЗРВ). За результатами цієї діяльності було зменшено рівні потужності експозиційної дози зовнішнього випромінювання від РАВ та знижено ймовірність вітрового розповсюдження радіоактивності з ПТЛРВ у навколишнє середовище. Зазначені об'єкти не можуть розглядатися як пункти захоронення РАВ через відсутність інженерних бар'єрів для попередження виносу радіонуклідів за межі сховищ, відсутність засобів фізичного

захисту сховищ від несанкціонованого втручання, а також невідповідність іншим вимогам нормативних документів. Відсутність даних щодо характеристик РАВ у деяких ПТЛРВ не дає змоги прийняти рішення про необхідність їхнього довгострокового зберігання в тимчасових сховищах.

Відсутність інженерних бар'єрів та захисних споруд у сховищах ПТЛРВ (з урахуванням того, що деякі з них були сформовані на територіях з несприятливими геоморфологічними та гідрогеологічними умовами) призводить до того, що вони є джерелами постійного радіоактивного забруднення прилеглої території, повітря, підземних і поверхневих вод. Ці причини зумовлюють підвищене дозове навантаження на персонал, який проводить регламентні роботи та забезпечує безпеку виконання робіт під час зняття ЧАЕС з експлуатації у зонах впливу ПТЛРВ. При порушенні вимог безпеки існують ризики розвитку несприятливих сценаріїв з точки зору радіаційної безпеки при виконанні таких робіт на ПТЛРВ.

Досі не вирішеним остаточно є питання щодо характеристик РАВ, що розміщувалися в ПТЛРВ. З огляду на умови виконання першочергових заходів з ліквідації наслідків аварії не було можливості проводити попередню підготовку РАВ, зокрема сортування, тому у траншеях і буртах часто містяться змішані відходи, що суттєво ускладнює характеристизацію їх. У післяаварійний період частина траншей і буртів, що знаходяться у водонасиченій зоні, періодично підтоплювалася. З підтоплених сховищ відбувалася міграція радіонуклідів, що спричиняло забруднення поверхневих і ґрунтових вод та розширення ареалу радіоактивного забруднення в навколишньому середовищі.

© В. М. Антропов, О. В. Марініч, О. Г. Третяк, А. І. Хабрика, 2020

Сховища ПТЛРВ не забезпечені системами фізичного захисту, що становить потенційну загрозу несанкціонованого втручання сторонніх осіб та вилучення радіоактивного матеріалу зі сховища.

Перелічені фактори вказують на те, що ПТЛРВ у нинішньому стані не відповідають вимогам чинного законодавства України до сховищ РАВ. У зв'язку з цим питання розробки та вжиття необхідних заходів з переведення ПТЛРВ у безпечний стан потребує невідкладного вирішення.

Метою цієї статті є аналіз сучасного стану ПТЛРВ за результатами досліджень, виконаних авторами з урахуванням даних, отриманих іншими фахівцями.

2. Стан вивченості безпеки ПТЛРВ

Відповідно до «Об'єднаної конвенції про безпеку поводження з відпрацьованим ядерним паливом та про безпеку поводження з радіоактивними відходами», підписаної в 1997 р., в Україні діє Стратегія поводження з РАВ (далі - Стратегія), прийнята у 2009 р. та розрахована на 50 років. Цією Стратегією на другому етапі її виконання (тривалістю до 30 років, починаючи з 2010 р.) передбачається «завершення робіт з ліквідації небезпечних сховищ радіоактивних відходів, що утворилися внаслідок Чорнобильської катастрофи», що вимагає проведення оцінки та переоцінювання безпеки сховищ ПТЛРВ. У деяких сховищах містяться низькоактивні РАВ, які на сьогоднішній день чи в найближчому майбутньому можуть бути виведені з категорії РАВ або, з урахуванням зміни класифікації РАВ, переведені в нижчу категорію з іншими вимогами до їхнього зберігання. Отже, переоцінювання безпеки таких сховищ може суттєво знизити експлуатаційні витрати та дасть можливість, відповідно до Стратегії, «досягти зменшення для майбутніх поколінь фінансового тягаря, пов'язаного з необхідністю підтримки безпеки сховищ радіоактивних відходів».

Для оцінки стану безпеки сховищ ПТЛРВ насамперед необхідні дані щодо обсягів та характеристик РАВ, що містяться у сховищах, а також дані геологічних та гідрогеологічних умов ділянок території, на яких розташовані ПТЛРВ. До 1998 р. польові та лабораторні дослідження частини ПТЛРВ були проведені Державним підприємством «Науково-технічний центр дезактивації та комплексного поводження з радіоактивними відходами, речовинами, джерелами іонізуючого випромінювання» (ДП «НТЦ «КПРВ»). Були обстежені ПТЛРВ «Піщане плато» та «Нафтоба-

за», а також по одній ділянці на ПТЛРВ «Рудий ліс» та «Станція Янів». Результати досліджень ПТЛРВ висвітлені у звітах та статтях, зокрема в [1, 2]. У подальшому обстеження виконувались авторами статті у період роботи на Державному спеціалізованому підприємстві «Комплекс» (ДСП «Комплекс») та Державному спеціалізованому підприємстві «Центральне підприємство з поводження з радіоактивними відходами» (ДСП «ЦППРВ»). Для проведення обстежень були розроблені програми та методики досліджень, створено комп'ютерні програми з базами даних характеристик РАВ і вперше проведено аналіз та обробку інформації про стан тимчасових сховищ РАВ у зоні відчуження.

ДСП «ЦППРВ» є експлуатуючою організацією сховищ РАВ зони відчуження. Підприємством постійно ведуться роботи з пошуку невідомих траншей і буртів на територіях ПТЛРВ, здійснюється оконтурювання сховищ з фіксацією географічних даних про їхнє розташування для внесення до географічної інформаційної системи, проводиться обстеження стану сховищ з відбором проб та дослідженням характеристик РАВ, що зберігаються у сховищах [3 - 5]. За результатами обстежень приймаються рішення про ліквідацію найбільш небезпечних сховищ з вилученням РАВ та подальшим захороненням їх у ПЗРВ (рис. 1 - 4). Крім того, згідно із затвердженим регламентом проводяться роботи з технічного обслуговування тимчасових сховищ (викошування трави, зрізання порості дерев та кущів, засипка промоїн та провалів у поверхні сховищ), виконуються заходи з дотримання вимог пожежної безпеки на територіях ПТЛРВ.

На даний час повністю обстежено шість із дев'яти ПТЛРВ: «Нафтобаза», «Піщане плато», «Стара будбаза», «Нова будбаза», «Чистогалівка», «Прип'ять». Частково обстежені й знаходяться в процесі обстеження три ПТЛРВ: «Станція Янів», «Рудий ліс», «Копачі» (таблиця). За різними даними у ПТЛРВ зосереджено від 800 до 1000 траншей і буртів сумарною площею близько 10 км². За результатами оцінки та обстежень більшої частини ПТЛРВ у них міститься близько 870 тис. м³ РАВ сумарною активністю близько 5,45·10¹⁴ Бк. Відходи представлені переважно радіаційно-забрудненими ґрунтами, меншою мірою – обладнанням, металом, бетоном, будівельними матеріалами, деревиною, залишками зруйнованих житлових будівель, сміттям. Переважний тип РАВ – довгоіснуючі низькоактивні, частково – середньоактивні.



Рис. 1. Бурт з РАВ, ПТЛРВ «Станція Янів».



Рис. 2. Ліквідація траншеї з РАВ ПТЛРВ «Нова будбаза».



Рис. 3. Бурт на ПТЛРВ «Нова будбаза» до ліквідації.



Рис. 4. Територія після ліквідації бурта на ПТЛРВ «Нова будбаза».

Загальна характеристика ПТЛРВ зони відчуження за даними реєстру РАВ та кадастру сховищ РАВ ДСП «ЦППРВ» станом на 2019 р.

ПТЛРВ	Площа, тис. м ²	Заповнення*, тис. м ³	Сумарна активність РАВ*, Бк
«Нова будбаза»	1220	29,93	$7,32 \cdot 10^{12}$
«Стара будбаза»	1250	40,56	$3,61 \cdot 10^{13}$
«Нафтобаза»	700	128,81	$2,15 \cdot 10^{13}$
«Чистогалівка»	60	53,67	$4,69 \cdot 10^{12}$
«Станція Янів»	1280	30,0	$3,70 \cdot 10^{13}$
«Копачі»	1250	110,0	$3,33 \cdot 10^{13}$
«Рудий ліс»	2275	500,0	$3,74 \cdot 10^{14}$
«Піщане плато»	880	57,29	$5,48 \cdot 10^{12}$
«Прип'ять»	700	16,0	$2,59 \cdot 10^{13}$
Усього по ПТЛРВ	9615	966,3	$5,45 \cdot 10^{14}$

* Для частково обстежених ПТЛРВ дані одержані за результатами експертної оцінки.

Роботи з обстеження, експлуатації ПТЛРВ та захоронення РАВ, вилучених з ПТЛРВ, проводяться ДСП «ЦППРВ» на підставі:

1. Указу Президента України № 196/2018 «Про додаткові заходи з відродження територій, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, із соціального захисту постраждалих осіб, безпечного поводження з радіоактивними відходами», пункт 4.

2. Закону України «Про Загальнодержавну цільову екологічну програму поводження з радіоактивними відходами» № 516-VI від 17 вересня 2008 р. (на даний час переглядається), у частині, що стосується: проведення характеризації та класифікації РАВ; проведення інвентаризації та уточнення даних про кількість РАВ у зоні відчуження і зоні безумовного (обов'язкового)

відселення; проведення переоцінки безпеки ПТЛРВ і ПЗРВ; удосконалення порядку ведення державного реєстру РАВ, державного кадастру сховищ та місць тимчасового зберігання РАВ; формування баз даних державної системи обліку РАВ; проведення кожні три роки державної інвентаризації РАВ.

3. Нормативно-правового акту «Загальні положення безпеки при захороненні радіоактивних відходів», затвердженого наказом Державної інспекції ядерного регулювання України № 331 від 13 серпня 2018 р., розділ 11, пункт 17.

4. Бюджетної програми «Підтримка екологічно безпечного стану в зонах відчуження і безумовного (обов'язкового) відселення» у напрямку «Збір, перевезення, зберігання, поховання радіоактивних відходів, що утворилися внаслідок Чорнобильської катастрофи, експлуатація та обслуговування об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами».

5. Ліцензії ЕО № 000953 на право провадження діяльності з експлуатації сховищ для захоронення радіоактивних відходів, а також ПТЛРВ, у тому числі перезакоронення РАВ за технічними рішеннями з представленням обґрунтувань безпеки виконання робіт, узгодженими з Державною інспекцією ядерного регулювання України (ДІЯРУ).

6. Технічних рішень, узгоджених з ДІЯРУ.

Обстеження ПТЛРВ проводиться поетапно.

1. Радіометричні обстеження: площинна гамма- і бета-зйомка територій ПТЛРВ і відбір проб з поверхні ґрунту.

2. Візуальний пошук траншей і бургтів за комплексом техногенних і геоботанічних ознак, фіксація їхніх координат GPS приймачем.

3. Обстеження характеристик РАВ у траншеях і буртах – буріння свердловин, гамма-каротаж, відбір проб зі свердловин.

4. Визначення радіонуклідного складу та питомої активності радіонуклідів у пробах РАВ за результатами лабораторних досліджень.

За результатами обстеження проводяться: статистична обробка результатів вимірювань, побудова карт фактичного матеріалу, карт гамма- і бета-полів, складання каталогу координат точок вимірювання та точок відбору проб, систематизація та документування результатів обробки, оформлення звітів, наповнення бази даних характеристик РАВ у сховищах ПТЛРВ, введення інформації в реєстр РАВ та кадастр сховищ РАВ зони відчуження.

У польових умовах проводяться обстеження ПТЛРВ з використанням обладнання мобільної лабораторії, переданої ДСП «ЦППРВ» у рамках виконання міжнародного проекту ІСЯБ –

U4.01/08-B «Удосконалення інфраструктури поводження з радіоактивними відходами Чорнобильської зони відчуження»:

1. Визначення радіонуклідного складу та вимірювання питомої активності безпосередньо в буртах і траншеях ПТЛРВ шляхом сканування їх за сегментами за допомогою виносного детектора з особливо чистого германію на відстані 100 м і більше від мобільного лабораторного комплексу з використанням дротового або бездротового з'єднання між детектором та пристроєм для обробки інформації (без відбору проб).

2. Визначення радіонуклідного складу та вимірювання питомої активності в об'єктах (бурти, траншеї, захоронення РАВ), розташованих у важкодоступних місцях без відбору проб, ручним сцинтиляційним спектрометром у каліброваній геометрії.

3. Отримання гамма-зображень при виявленні аномальних забруднень на територіях ПТЛРВ з використанням гамма-візора.

4. Визначення геометричних характеристик сховищ, геологічних умов і рівнів залягання ґрунтових вод з використанням георадара.

5. Селективний відбір зразків радіоактивних матеріалів.

6. Визначення хімічного складу, щільності та вологості зразків РАВ.

Дослідження ПТЛРВ «Нафтобаза» були розпочаті в 1994 р. ДП «НТЦ «КПРВ» і повторно проводились ДСП «ЦППРВ» на ділянці 5.1 до 2019 р., що дало змогу виявити динаміку зміни контурів радіоактивного забруднення траншей ПТЛРВ як по горизонталі, так і по вертикалі. Також було відзначено зменшення потужності шару РАВ, що могло бути пов'язане з вертикальною міграцією радіонуклідів з траншеї при підтопленні їх.

За інформацією, наведеною у [6], протягом першого десятиліття після аварії у підземних водах районів розміщення ПТЛРВ спостерігались концентрації ^{90}Sr 0,03 – 3 мкКі/л (1110 – 111000 кБк/м³). Згідно із сучасними даними моніторингу ДСП «Екоцентр», результати якого наведені у щорічних звітах про безпеку провадження діяльності з переробки, збереження та захоронення РАВ у зоні відчуження, за період спостережень 1996 - 2018 рр. середньорічна об'ємна активність найбільш міграційно здатного радіонукліда ^{90}Sr у підземних водах досягала різних значень (кБк/м³) у таких ПТЛРВ: «Рудий ліс» – 710, «Станція Янів» – 2,5, «Нафтобаза» – 160, «Піщане плато» – 73, «Чистогалівка» – 2,1, «Стара будбаза» – 240, «Нова будбаза» – 243. Разом з тим варто зазначити, що навіть у межах одного ПТЛРВ дані спостережень можуть суттєво відрізнятися для різних свердловин.

У листопаді 2017 р. на території сектора 2.5 ПТЛРВ «Рудий ліс» та у квітні 2018 р. на території сектора 2.4 ПТЛРВ «Рудий ліс» виконувались роботи з використанням технології LIDAR (отримання та обробка інформації дистанційного зондування за допомогою аеролазерного радара). На адаптованому безпілотному літальному апараті – октокоптері – була встановлена система позиціонування і вимірювання дальності (LIDAR). Висота та швидкість польоту лазерного сканера дозволила отримати від 30 до 40 лазерних відображень на квадратний метр. Роботи виконувались консорціумом «Plejades-Brenk-Westinghouse» під час виконання міжнародного проекту U4.01/10 D [7]. Після цифрової обробки

даних лісова складова сигналу була вилучена й отримана карта рельєфу території (рис. 5 і 6).

У результаті виконаних робіт уперше було виявлено чотири структури, які простягаються з заходу на схід у секторі 2.5 ПТЛРВ «Рудий ліс». Польові наземні роботи, такі як буріння свердловин, виконання гамма-каротажу, спектрометричні вимірювання проб, відібраних зі свердловин, підтвердили наявність у траншеях РАВ у вигляді радіоактивно забруднених ґрунтів з потужністю дози до 20 мкЗв/год, питомою активністю ^{137}Cs до 70 Бк/г в інтервалі глибин 1,0 - 2,5 м. Варто зазначити, що виявлені траншеї з РАВ не відображалися в гамма-полі, оскільки при облаштуванні вони були перекриті метровим шаром чистих ґрунтів (рис. 7).



Рис. 5. Карта рельєфу з лісовою складовою.

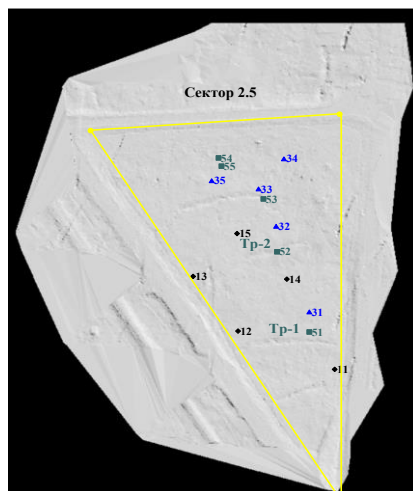


Рис. 6. Карта рельєфу без лісової складової, отримана з використанням технології LIDAR.

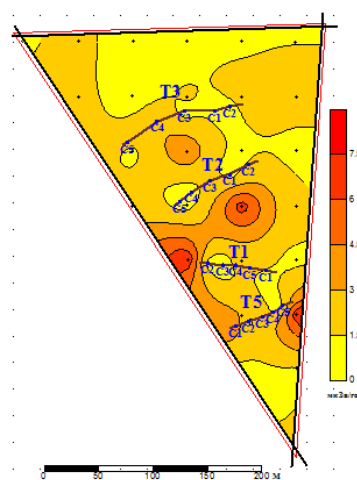


Рис. 7. Карта потужності дози гамма-випромінювання з виявленими траншеями Т1, Т2, Т3, Т5 та свердловинами С1÷С5 у кожній траншеї.

У секторі 2.4 ПТЛРВ «Рудий ліс» також було виявлено три довгі структури пониження в рельєфі, що простягаються з півночі на південь. За результатами польових робіт структури також були кваліфіковані як траншеї, що містять РАВ. Докладніше про дослідження ПТЛРВ з використанням технології LIDAR викладено у статтях [8, 9].

Перекриття траншей шаром чистих ґрунтів ускладнює пошук їх візуальними методами за комплексом геоботанічних і ландшафтних ознак, тому є велика вірогідність пропустити їх під час обстежень. Роботи аерометодом LIDAR суттєво підвищують ефективність пошуку траншей з РАВ.

Складність обстеження ПТЛРВ також зумовлена неможливістю доступу до ряду траншей і буртів унаслідок їхнього підтоплення. Так, західні сектори ПТЛРВ «Станція Янів» розташовані в заболочених місцях з високим рівнем ґрунтових вод. На ПТЛРВ «Нафтобаза» потужність шару підтоплених ґрунтовими водами РАВ у паводко-

вий період може становити від 0,3 до 2,2 м. На даний час у зоні відчуження обстежено близько 70 % траншей і буртів із зазначених вище (понад 800 тимчасових сховищ ПТЛРВ) (рис. 8).

Дані обстеження ПТЛРВ вносяться до державної системи обліку РАВ, яка функціонує з 1997 р. у Регіональному центрі обліку РАВ зони відчуження і складається з двох основних частин: регіонального реєстру РАВ та регіонального кадастру сховищ та місць тимчасового зберігання РАВ зони відчуження. Регіональний реєстр РАВ містить інформацію про стан РАВ по кожному сховищу, отриману за матеріалами обстеження сховищ ПТЛРВ, а також за паспортами на партії РАВ, які вилучені з ПТЛРВ та надходять на захоронення в сховища ПЗРВ «Буряківка». Інформація постійно оновлюється і доповнюється на основі обробки, аналізу та систематизації даних, отриманих при обстеженні ПТЛРВ, а також за даними паспортів на партії РАВ при

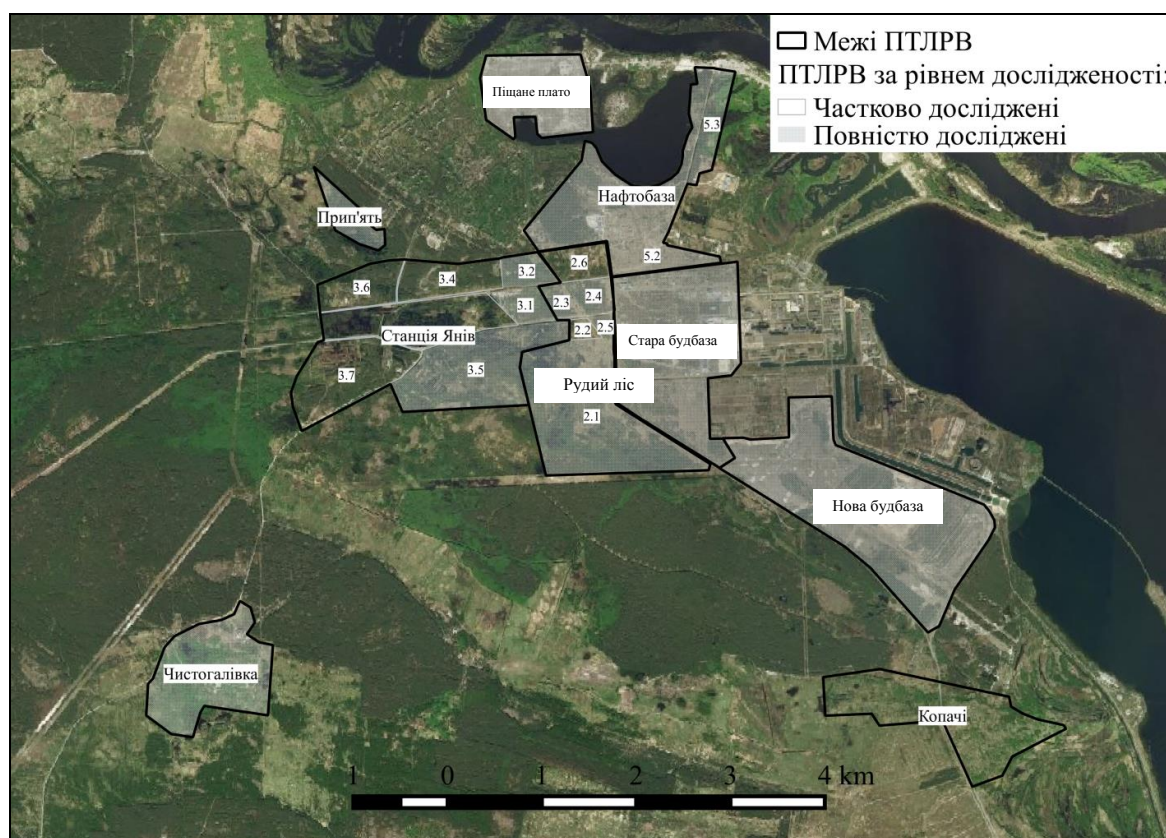


Рис. 8. Розташування ПТЛРВ у зоні відчуження та рівень дослідженості їх.

захороненні їх. Регіональний кадастр сховищ та місць тимчасового зберігання РАВ містить інформацію про сховища РАВ зони відчуження у формі реєстраційних карток, розроблених на кожний ПЗРВ та ПТЛРВ. Важливим доповненням до кадастру є географічна інформаційна система (ГІС), яка була одним з результатів виконання робіт за міжнародним проектом U4.01/10D. ГІС розроблена на базі пакета MapInfo Pro та містить наявні дані щодо географічного розташування та характеристик досліджених траншей і буртів ПТЛРВ. Передбачається поповнення бази ГІС новими даними, що постійно надходять при виконанні планових обстежень ПТЛРВ, а також даними про розташування і технічні характеристики пунктів захоронення та зберігання РАВ. В електронні бази даних реєстру РАВ та кадастру сховищ РАВ внесена інформація про всі сховища ПТЛРВ, які на даний час обстежені у зоні відчуження.

Роботи з комплексного обстеження ПТЛРВ, оцінки безпеки, прогнозування стану безпеки, ранжування ділянок за ступенем небезпеки та розробки стратегії поводження з РАВ, які містяться у ПТЛРВ, проводилися та тривають у рамках бюджетних програм ДСП «ЦППРВ» та міжнародних проектів. Вихідними даними для виконання робіт за міжнародними проектами є дані регіонального реєстру РАВ та регіонального

кадастру сховищ та місць тимчасового зберігання РАВ зони відчуження, що надаються Регіональним центром обліку РАВ зони відчуження.

ДСП «ЦППРВ» є кінцевим користувачем результатів виконання міжнародного проекту U4.01/10-D «Дослідження захоронень радіоактивних відходів і пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів у Чорнобильській зоні відчуження» у рамках «Міжнародної програми Європейського Союзу як Інструмент співробітництва в галузі ядерної безпеки» (ІСЯБ), 2014 - 2017 рр. У процесі реалізації проекту U4.01/10-D, за безпосередньою участю авторів статті, як представників кінцевого користувача, були визначені підходи до оцінки безпеки та стратегії поводження з РАВ у ПТЛРВ, уточнені місця розташування траншей і буртів з РАВ на територіях ПТЛРВ, виконано оцінку їхньої безпеки та запропоновано заходи з реабілітації, а також розроблено оновлену сучасну географічну інформаційну систему з відображенням обстежених траншей і буртів ПТЛРВ на картографічній основі. За результатами аналізу безпеки тимчасових сховищ РАВ на даний час і в середньостроковій та довгостроковій перспективі визначені ті сховища, які чинять найвищий радіаційний вплив на шляхах і територіях, де проводяться будівельні роботи, а також істотно впливають на працівників при несанкціонованому втручанні.

Установлено [7], що нині найбільш суттєвим внеском у дозу опромінення персоналу є пряме випромінювання та підйом пилу. У перспективі, після завершення інституційного контролю через 500 років, залишкові ризики опромінення населення та персоналу у випадку провадження діяльності у 10-км зоні визначені як мінімальні. Основний залишковий ризик для населення може бути пов'язаний із широким використанням забруднених підземних вод [7]. Однак при цьому слід зауважити, що значення питомої активності трансуранових радіонуклідів у відходах сховищ ПТЛРВ є зависокими для того, щоб розглядати можливість звільнення цих РАВ згідно з НП 306.4.159-2010 «Порядок звільнення радіоактивних матеріалів від регулюючого контролю у рамках практичної діяльності». Оскільки активність трансуранових радіонуклідів за 500 років практично не зміниться, повне звільнення таких відходів від регулюючого контролю протягом цього періоду неможливе.

Виконавцями проекту [7] були розраховані на період до 1000 років дози опромінення різних груп референтних осіб залежно від можливих сценаріїв розвитку подій, що можуть призвести до такого опромінення, та на основі цих розрахунків було виконано ранжування досліджених траншей і буртів ПТЛРВ за ступенем небезпеки [10]. За результатами ранжування виконавцями проекту надано рекомендації щодо короткотермінових та довготермінових заходів з підвищення безпеки сховищ ПТЛРВ, що полягають у відомчому контролі, обстеженні та моніторингу, реабілітаційних заходах на ПТЛРВ, готовності до надзвичайних ситуацій. До числа рекомендованих реабілітаційних заходів було включено вилучення радіоактивних матеріалів з найбільш небезпечних траншей і буртів з подальшим захороненням РАВ у ПЗРВ.

За результатами попередніх досліджень та виконання міжнародних проектів було визначено пріоритетні та відкладені заходи по поводженню з РАВ, що містяться у ПТЛРВ. Насамперед обстеження траншей і буртів у повному обсязі проводиться для ПТЛРВ, які знаходяться поблизу р. Прип'ять («Піщане плато», «Нафтобаза»), а також тих, що істотно впливають на навколишнє середовище та безпеку виконання робіт при експлуатації об'єкта «Укриття», зняття ЧАЕС з експлуатації та інших робіт, які проводяться на їхніх територіях («Нова будбаза» і «Стара будбаза»), з урахуванням ступеня небезпеки високих доз опромінення персоналу («Рудий ліс») при виконанні робіт. Зниження колективних дозових навантажень при виконанні робіт професіоналами в зоні розташування ПТЛРВ можливе за ра-

хунок ліквідації в першу чергу найбільш радіоактивно небезпечних траншей і буртів з переміщенням РАВ у ПЗРВ, що передбачено умовами ліцензії ДІЯРУ щодо експлуатації ПТЛРВ, виданої ДСП «ЦППРВ». Так, із 2012 р. за технічними рішеннями, узгодженими з ДІЯРУ, ліквідовано найбільш небезпечні 8 траншей та 3 бурти у ПТЛРВ «Нафтобаза» і «Нова будбаза» загальною кількістю вилучених РАВ $22910,3 \text{ м}^3$ активністю $2,16 \cdot 10^{12}$ Бк. Вилучені РАВ були захоронені на ПЗРВ «Буряківка». Для зменшення обсягу зареєстрованих РАВ у сховищах ПТЛРВ, а відповідно і для зменшення обсягу здійснюваних регламентних робіт необхідно провести звільнення деяких радіоактивних матеріалів, що містяться у ПТЛРВ, від регулюючого контролю.

Розглядалось рішення щодо переведення деяких ПТЛРВ у статус пунктів захоронення РАВ. Таке рішення узгоджується з концепцією Чорнобильської зони відчуження, відповідно до якої, у випадку невизначеності вирішення питання про необхідність переміщення РАВ у ПЗРВ, перевагу слід віддавати науково обґрунтованим методам консервації РАВ у місцях їхнього знаходження без розкриття сховищ [6]. Однак при цьому необхідне техніко-економічне обґрунтування доцільності такого рішення у зв'язку з високими експлуатаційними витратами, зокрема на розробку, створення та забезпечення функціонування систем фізичного захисту, систем фізичних бар'єрів на шляху поширення радіоактивних речовин та іонізуючого випромінювання в навколишнє природне середовище, вжиття заходів щодо попередження пожежної небезпеки, а також інших витрат, пов'язаних із забезпеченням безпеки сховищ РАВ відповідно до «Загальних положень безпеки при захороненні радіоактивних відходів», затверджених Наказом ДІЯРУ № 331 від 13 серпня 2018 р.

Отже, сховища ПТЛРВ є об'єктами тимчасового зберігання РАВ, в яких зосереджена вага частка низько- та середньоактивних довгоіснуючих відходів України. Співробітниками ДСП «ЦППРВ» виконується великий обсяг робіт для оцінки кількості та характеристик РАВ, які зберігаються у сховищах ПТЛРВ, пошук раніше не виявлених сховищ ПТЛРВ, а також роботи з ліквідації найбільш небезпечних сховищ. Суттєвий внесок у дослідження ПТЛРВ, оцінку їхньої безпеки та систематизацію напрацьованої інформації також був зроблений за рахунок міжнародної підтримки.

3. Висновки

Наведений огляд поточного стану справ навколо питання ПТЛРВ вказує на необхідність прийняття відповідних рішень щодо обмеження

несприятливого впливу таких об'єктів на навколишнє природне середовище шляхом переміщення РАВ на захоронення у ПЗРВ або розробки та реалізації заходів щодо підвищення рівня безпеки існуючих ПТЛРВ. Для більшості сховищ ПТЛРВ досі не прийняте остаточне рішення щодо подальшого поводження з РАВ, які в них зберігаються, і це вимагає постійного залучення значних ресурсів як з боку експлуатуючої організації, так і з боку міжнародних організацій-донорів.

Розміщення РАВ у тимчасових сховищах поблизу місця Чорнобильської катастрофи було екстремим та єдиним можливим на той час рішенням з якнайшвидшого подолання наслідків аварії на ЧАЕС. Утворені траншеї та бурти з радіоактивними матеріалами у межах дев'яти ПТЛРВ не є пунктами захоронення, а є тимчасовими сховищами РАВ і тому, відповідно до діючої Стратегії поводження з РАВ, повинні бути ліквідовані, крім тих, які можуть бути виведені з категорії РАВ найближчим часом. Відповідно до Наказу ДІЯРУ № 331 від 13 серпня 2018 р. при захороненні РАВ у приповерхневих сховищах зони відчуження тривалість активного адміні-

стративного контролю над такими сховищами не повинна перевищувати 500 років. Однак більшість РАВ траншей і буртів ПТЛРВ містять довгоіснуючі трансуранові радіонукліди, і тому активний адміністративний контроль стану таких сховищ не може бути припинений через 500 років. Відкладення рішення щодо поводження з РАВ, що містяться у ПТЛРВ, тягне за собою ряд негативних екологічних наслідків, які зумовлені постійним розширенням ареалу забруднення від ПТЛРВ унаслідок міграції радіонуклідів у навколишнє середовище. Винесення радіонуклідів за межі сховищ ПТЛРВ призводить до збільшення обсягів забруднених ґрунтів, а отже, і до збільшення вартості ліквідаційних робіт у майбутньому.

Автори вдячні Норберту Молітору за організацію, фінансування роботи команди Мюнхенського університету (Німеччина), яка виконувала роботу з використанням технології LiDAR, а також інженерам та технічним робітникам, які проводили відбір проб із траншей і буртів під час польових обстежень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. А.И. Леденев и др. Результаты комплексных исследований радиационного состояния пунктов временной локализации радиоактивных отходов в зоне отчуждения ЧАЭС. *Проблеми чорнобильської зони відчуження 2 (1995) 46.*
2. И.Б. Мишунина, А.И. Леденев, О.В. Хвесик. *Оценка надежности локализации радионуклидов в пункте временной локализации радиоактивных отходов зоны отчуждения ЧАЭС (1995).*
3. В.М. Антропов та ін. Уточнення даних про радіоактивні відходи, розміщені у сховищах зони відчуження ЧАЕС. Бюлетень екологічного стану зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення 2(24) (2004).
4. В.М. Антропов, О.Г. Третьяк, А.І. Хабрика. Обстеження сховищ з радіоактивними відходами на територіях ПТЛРВ у зоні відчуження ЧАЕС. У кн.: Матер. наук.-техн. конф. «Проблеми поводження з радіоактивними відходами в Україні». Х міжнар. вист. форум «Технології захисту-2011», Київ, Україна, 20 - 22 вересня 2011 р. (К., 2011) с. 92.
5. В.М. Антропов та ін. Удосконалення методів обстеження пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів. У кн.: Матер. наук.-техн. конф. «Проблеми поводження з радіоактивними відходами в Україні». XIII міжнар. вист. форум «Технології захисту / ПожТех-2014», Київ, Україна, 23 - 25 вересня, 2014 р. (К., 2014) с. 68.
6. В.І. Холоша, Е.В. Собонович. Концепція Чорнобильської зони відчуження на території України. *Проблеми чорнобильської зони відчуження 1 (1994) 3.*
7. Technical reports on INSC Project: U4.01/10 C+D+F, Project D: Investigation of radioactive waste burial and temporary storage sites in the Chernobyl Exclusion Zone. Support to radioactive waste management in Ukraine.
8. S. Briechle et al. UAV-Based Detection of Unknown Radioactive Biomass Deposits in Chernobyl's Exclusion Zone. *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII-2 (2018) 163.*
9. N. Molitor et al. New developments in airborne geophysical survey technologies and their application for investigation and radiological assessment of highly contaminated areas and legacy radioactive waste storages in the Chernobyl Exclusion Zone. У кн.: 36. матер. III Міжнар. конф. «Проблеми зняття з експлуатації об'єктів ядерної енергетики і відновлення навколишнього середовища», Славутич, 25 - 27 квітня 2018 р. (Чернігів, 2018) с. 217.
10. N. Molitor et al. Recent Safety Assessment Findings on Management of Legacy Wastes from Chernobyl Accident. In: *Proc. of the II Int. Conf. on Nuclear Decommissioning and Environment Recovery. April 25 - 27, 2017. p. 38.*

В. М. Антропов*, О. В. Маринич, А. Г. Третяк, А. И. Хабрика

*Государственное специализированное предприятие
«Центральное предприятие по обращению с радиоактивными отходами», Чернобыль, Украина*

*Ответственный автор: v_antropov@ukr.net

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПУНКТОВ ВРЕМЕННОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ

Представлена общая характеристика пунктов временной локализации радиоактивных отходов (ПВЛРО) Чернобыльской зоны отчуждения. Приведена информация об обследованиях, исследованиях и мероприятиях, которые в данное время проводятся на ПВЛРО для содержания их в безопасном состоянии, и изложены проблемы обеспечения их безопасности. Определены возможные пути обращения с радиоактивными отходами, которые содержатся в ПВЛРО, и подчеркнута необходимость принятия соответствующих решений.

Ключевые слова: радиоактивные отходы, обращение с радиоактивными отходами, пункты временной локализации радиоактивных отходов, Чернобыльская зона отчуждения, аварийные радиоактивные отходы ЧАЭС.

V. M. Antropov*, O. V. Marinich, O. G. Tretyak, A. I. Khabryka

*State Specialized Enterprise «Central Enterprise for the Management of Radioactive Waste»,
Chornobyl, Ukraine*

*Corresponding author: v_antropov@ukr.net

THE CURRENT STATE OF THE RADIOACTIVE WASTE TEMPORARY STORAGE SITES AT THE CHORNOBYL EXCLUSION ZONE

The paper provides an overview of radioactive waste temporary storage sites (RWTSS) located at the Chornobyl exclusion zone. The screening, investigation, and other activities currently undertaken at RWTSS in order to ensure their safety, as well as associated obstacles, are outlined. Possible ways of the management of radioactive waste stored in RWTSS are determined, and the necessity of taking the relevant decisions is highlighted.

Keywords: radioactive waste, radioactive waste management, radioactive waste temporary storage sites, Chornobyl exclusion zone, post-accidental radioactive waste of the ChNPP.

REFERENCES

1. A.I. Ledenev et al. Results of comprehensive studies of the radiation state of temporary localization points for radioactive waste in the ChNPP exclusion zone. *Problemy Chornobyl's'koyi Zony Vidchuzhennya 2 (1995) 46.* (Rus)
2. I.B. Mishunina, A.I. Ledenev, O.V. Khvesik. Assessment of the reliability of the localization of radionuclides at the point of temporary containment of radioactive waste in the ChNPP exclusion zone (1995). (Rus)
3. V.M. Antropov et al. Clarification of data on radioactive waste placed in the storage facilities of the Chornobyl Exclusion Zone. *Byuletен' Ekolohichnoho Stanu Zony Vidchuzhennya i Zony Bezumovnoho (Obov'yazkovoho) Vidselelnya 2(24) (2004).* (Ukr)
4. V.M. Antropov, O.G. Tretyak, A.I. Habryka. Inspection of radioactive waste repositories in the territories of RWTSS in the Chornobyl Exclusion Zone. In: *Mater. Sci. and Tech. Conf. "Problems of Radioactive Waste Management in Ukraine". X Intern. Exhibition Forum "Protection Technologies-2011", Kyiv, Ukraine, Sept. 20 - 22, 2011 (Kyiv, 2011) p. 92.* (Ukr)
5. V.M. Antropov et al. Improvement of methods of inspection of points of temporary localization of radioactive waste. In: *Mater. Sci. and Tech. Conf. "Problems of Radioactive Waste Management in Ukraine". XIII Intern. Exhibition Forum "Protection Technologies / PozhTech-2014", Kyiv, Ukraine, Sept. 23 - 25, 2014 (Kyiv, 2014) p. 68.* (Ukr)
6. V.I. Kholosha, E.B. Sobotovich. The Concept of the Chornobyl Exclusion Zone on the Territory of Ukraine. *Problemy Chornobyl's'koyi Zony Vidchuzhennya 1 (1994) 3.* (Ukr)
7. Technical reports on INSC Project: U4.01/10 C+D+F, Project D: Investigation of radioactive waste burial and temporary storage sites in the Chornobyl Exclusion Zone. Support to radioactive waste management in Ukraine.
8. S. Briechle et al. UAV-Based Detection of Unknown Radioactive Biomass Deposits in Chernobyl's Exclusion Zone. *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII-2 (2018) 163.*
9. N. Molitor et al. New developments in airborne geophysical survey technologies and their application for investigation and radiological assessment of highly contaminated areas and legacy radioactive waste storages in the Chornobyl Exclusion Zone. In: *Proc. of the III Intern. Conf. "Problems of Decommissioning of Nuclear Energy Facilities and Restoration of the Environment", Slavutych, April 25 - 27, 2018 (Chernihiv, 2018) p. 217.*
10. N. Molitor et al. Recent Safety Assessment Findings on Management of Legacy Wastes from Chornobyl Accident. In: *Proc. of the II Int. Conf. on Nuclear Decommissioning and Environment Recovery. April 25 - 27, 2017. p. 38.*

Надійшла/Received 17.01.2020