

Міністерство освіти та науки України  
Рівненський державний гуманітарний університет  
Психолого-природничий факультет  
Кафедра екології, географії та туризму

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Лико Д.В.  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” грудня 2020 року

**Пояснювальна записка**  
до кваліфікаційної роботи магістра

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 014 «Середня освіта (Географія)»  
(код і назва)

на тему: «Географія місць захоронення радіоактивних відходів»

Виконав (-ла): студент (-ка) II курсу, групи МГ-61  
(шифр групи)

\_\_\_\_\_ Дубина Валерія Валентинівна \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник доктор біологічних наук, професор кафедри екології, географії та туризму  
РДГУ Лисиця Андрій Валерійович  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Оцінка за результатами захисту:**

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_

Оцінка: ЄКТС \_\_\_\_\_

**Рівне – 2020 року**

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ ДІЛЯНОК МОЖЛИВОГО ЗАХОРОНЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ.....	6
1.1 Радіоактивні відходи: основні нормативні визначення, склад та класифікація .....	6
1.2. Методичні аспекти дослідження майданчика для обґрунтування розміщення геологічного захоронення радіоактивних відходів .....	13
РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНО-ГЕОГРАФІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗТАШУВАННЯ МІСЦЬ ЗАХОРОНЕННЯ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ .....	19
2.1. Геолого-геоморфологічні передумови .....	19
2.2. Гідро-кліматичні передумови розміщення зон захоронення радіоактивних відходів .....	27
2.3. Стан радіоактивного забруднення території України .....	31
РОЗДІЛ 3. ГЕОПРОСТОРОВІ АСПЕКТИ НАКОПИЧЕННЯ ТА ЗАХОРОНЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ .....	35
3.1. Територіальні особливості розміщення сховищ радіоактивних відходів в Україні .....	35
3.2. Сучасні заходи переробки та захоронення радіоактивних відходів та модернізація сховищ .....	43
РОЗДІЛ 4. ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА УРОКАХ ГЕОГРАФІЇ .....	49
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	58
ДОДАТКИ.....	67

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Атомна енергетика України є важливою галуззю економіки, що відіграє вагомую роль в структурі енергетичного комплексу держави. Її використання розпочалося ще в 50-х роках. Масштабні проекти з розбудови атомних енергоблоків спричинили до поступового накопичення радіоактивних відходів, різних за активністю та агрегатним станом. На атомні станції припадає близько 95% виробництва радіоактивних відходів в нашій державі. Середнє питоме утворення твердих і рідких радіоактивних відходів становить відповідно 27 і 35,1 м<sup>3</sup> на 1 млрд. кВт·год виробленої електроенергії. Проектами атомних станцій, що розроблені в Радянський період мало уваги приділялося таким питанням як сортування, переробка твердих радіоактивних відходів, встановлення обладнання для їх вилучення. Мінімальними були і витрати на захоронення відходів, не приділялось достатньої уваги безпеці захоронень. Такі господарські дії привели до значних заповнень сховищ як твердими, так і рідкими відходами (на деяких станціях понад 70%).

Питання безпечної ізоляції радіоактивних відходів для України суттєво загострилася після вибуху на Чорнобильській АЕС, Під час аварії утворилися сотні тисяч м<sup>3</sup> радіоактивних відходів різних типів і категорій. Виникла проблема встановлення надійного захисту як для аварійного блоку, так і захоронення обладнання після зняття атомних блоків з експлуатації та їх демонтажу. Крім того, існує необхідність захоронення частини високоактивних відходів, що будуть повертатися з Російської Федерації після переробки відпрацьованого ядерного палива українських АЕС.

Не відповідають сучасним вимогам і сховища спеціалізованих комбінатів державної корпорації «Українське державне об'єднання «Радон», що зберігає радіоактивні відходи медичних закладів, науково-дослідних, промислових підприємств та деяких інших закладів, що працюють з джерелами іонізуючого випромінювання.

На території країни розташовується п'ять сховищ, в яких зберігаються радіоактивні відходи, утворені в результаті виконання військових програм СРСР. Безпеку зберігання радіоактивних відходів у таких сховищах на сьогодні не обґрунтовано [51].

Зазначені проблеми вимагають комплексних досліджень для обґрунтування можливостей створення геологічних сховища радіоактивних відходів з урахуванням рекомендацій МАГАТЕ та інших міжнародних організацій, використання досвіду безпечного поводження з радіоактивними відходами інших країн.

**Мета** магістерської роботи – здійснити комплексний аналіз територій місць наявних чи перспективних захоронень радіоактивних відходів.

Відповідно до мети в роботі були поставлені та виконані наступні завдання **завдання:**

- розкрити теоретико-методичні та нормативні підходи, щодо класифікації радіоактивних підходів та виборі місць їх захоронення;
- проаналізувати особливості концентрації різних типів радіоактивних відходів в межах України;
- дослідити географічні аспекти територій наявного, чи перспективного захоронення радіоактивних відходів та запропонувати шляхи оптимізації наявних екологічних проблем, пов'язаних з використанням радіоактивних відходів;
- розглянути предметне застосування геоекологічних проблем захоронення радіоактивних відходів у шкільних курсах географії.

**Об'єктом дослідження** є еколого-географічні особливості природних комплексів придатних для захоронення радіоактивних відходів, а **предметом дослідження** – геоекологічні параметри, що визначають придатність території для захоронення даного класу відходів.

**Методи дослідження.** Під час виконання роботи використовувались хорологічні, статистичні, аналітичні, картографічні методи досліджень, математична обробка даних досліджень.

Методологічною основою для проведення досліджень послуговували праці вітчизняних науковців, зокрема: З.М. Алексєєвої, Н.А. Бурзак, Т.М. Василенко, Б.П. Злобенко, С.М. Кондратьєва, Т.Я. Кутузова, Є.О. Ніколаєва, Л.В. Спасова, Ю.О. Шибєцького та ін. В роботі використано також матеріали нормативних та законодавчих документів, статистичні дані Державної служби статистики України, Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, звіти «НАЕК «Енергоатом» та ін.

**Наукова новизна дослідження.** В роботі вперше застосовано комплексний аналіз географії місць захоронення радіоактивних відходів та запропоновано перспективні райони можливих захоронень в Україні.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані результати дослідження мають важливе значення для формування стратегій енергетичної та екологічної безпеки країни, а також можуть широко використовуватись при розгляді тем в курсах шкільної географії з питань розвитку енергетики, геоекологічної ситуації територій тощо.

**Апробація роботи.** Окремі аспекти дипломного дослідження були висвітлені на науково-практичній конференції професорсько-викладацького складу та студентів РДГУ (14-15 травня 2020 р.).

**Структура роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел та додатків.

## РОЗДІЛ 1.

### ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ ДІЛЯНОК МОЖЛИВОГО ЗАХОРОНЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ

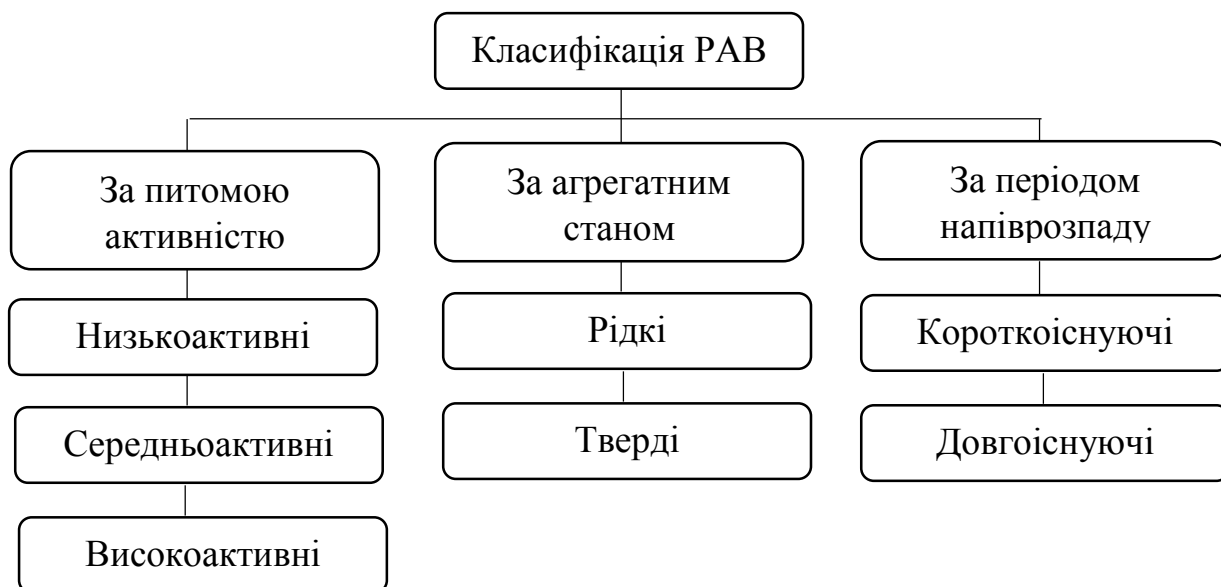
#### **1.1 Радіоактивні відходи: основні нормативні визначення, склад та класифікація**

*Радіоактивні відходи (РАВ)* - матеріальні об'єкти та субстанції, активність радіонуклідів або радіоактивне забруднення яких перевищує межі, встановлені діючими нормами, за умови, що використання цих об'єктів та субстанцій не передбачається (Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами», розділ I, ст.1 [16]). Радіоактивні відходи виробляються атомними електростанціями на всіх стадіях ядерно-паливного циклу під час їх діяльності, а також при використанні радіоактивних речовин в медицині, військовій галузі, сільському господарстві, промисловості, науково-дослідній сфері. До радіоактивних відходів відносять відпрацьовані джерела іонізуючого випромінювання (ДІВ). Це, наприклад, кобальтові джерела, що використовуються в медицині, ДІВ з радянських пожежних сповіщувачів, дефектоскопи на основі цезію-137 тощо. Вони вже не здатні виконувати свої функції внаслідок недостатньої активності радіонуклідів у них чи з інших причин, але небезпеку для навколишнього середовища та людей вони становлять. Класичним прикладом ДІВ, що перейшли в стан РАВ, є табло та тумблери з світломасами постійної дії (СВД) на основі радію-226, що активно використовувались до 60-х років ХХ століття. РАВ відрізняються за кількістю радіонуклідів, хімічними та фізичними властивостями, а отже і за ступенем впливу на живі організми. Така різноманітність вимагає різних підходів до переробки та особливостей зберігання радіоактивних відходів.

Дуже часто під терміном радіоактивні відходи населення має на увазі відпрацьоване ядерне паливо, однак воно згідно існуючих нормативних документів відноситься до окремої групи радіоактивних речовин і не входить

в поняття радіоактивні відходи, оскільки особливості зберігання відпрацьованого ядерного палива і відходів відрізняються. Точніше, виходячи із визначення поняття радіоактивні відходи, відпрацьоване ядерне паливо ядерних реакторів типу РБМК (як на Чорнобильській АЕС), що не підлягає переробці все-таки відноситься до РАВ, в той час як паливо з ядерних реакторів типу ВВЕР (інші АЕС в Україні) підлягає переробці і класифікується як ядерні матеріали.

Якщо говорити про діяльність самих атомних станцій, то радіоактивними відходами виступають предмети, що були в зоні дії реактора, зношене обладнання, різноманітні фільтри, спецодяг, матеріали з іонообмінників та інші предмети на яких мають здатність накопичуватися радіоактивні елементи. Радіоактивні відходи від АЕС часто поділяють на три групи: уламки поділу, трансуранові елементи та продукти активації. Загалом існуючу в Україні класифікацію можна представити у вигляді схеми (Рис. 1.1):



**Рис.1.1** Схема класифікації радіоактивних відходів в Україні

Різні типи радіоактивних відходів в Україні та їх походження представлені в Таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

## Номенклатура радіоактивних відходів в Україні [62]

Виробництво та процеси	Рідкі РАВ	Тверді РАВ
1. Ядерно-паливний цикл		
1.1. Видобування і збагачення уранової руди	Шахтні води; маточні розчини	Відходи рудовидобування; хвости від збагачення і вилуговування
1.2. Збагачення урану і виробництво тепловидільних збірок	Маточні розчини; промислові води	Відходи споживання; відходи переробки
1.3. Виробництво електро- та теплової енергії на АЕС	Промислові води; контурні води; дезактиваційний розчин; регенератури; пульпи	Фільтри; обладнання; одяг; ізоляційні матеріали; деталі 1-го контуру
1.4. Зняття з експлуатації, демонтаж енергоблоків та інших споруд	Води санпропускників, спецпралень; промислові води; контурні води; дезактиваційний розчин; регенератури; пульпи	Одяг; засоби індивідуального захисту; ізоляційні матеріали; будівельні відходи; облицювання; деталі 1-го контуру і корпусу реактора
2. Реабілітація територій, забруднених внаслідок експлуатації об'єктів і аварій		
2.1 Території, забруднені внаслідок аварії на ЧАЕС	Вода і шлами басейнів охолодження і накопичення; забруднені ґрунтові та підземні води; гідроокисні пульпи басейнів охолодження і накопичення	Забруднений ґрунт; забруднені пристрої; відходи дезактивації сховищ
2.2 Об'єкт «Укриття»		Опромінене паливо реактора; свіже паливо; відпрацьоване паливо; паливовмісні композитні матеріали
3. Підприємства, дослідницькі центри, медичні установи, спецкомбінати	Промислові води лабораторій; санпропускників, спецпралень	Одяг; засоби індивідуального захисту; органічні РАВ; відпрацьовані джерела іонізуючого випромінювання



В нормативно-правовому полі України є чітко визначені класифікації, що відносять радіоактивні речовини до тієї, чи іншої групи. Наприклад, до довгоіснуючих радіоактивних відходів відносять ті, які потребують контролю зі сторони держави 300 років і більше. В той час, як необхідність контролю за короткоіснуючими РАВ за цей проміжок часу відпадає. Такий підхід зумовлений фізичними особливостями розпаду різних радіоактивних елементів. Так уран-235 та плутоній-239 в ядерному реакторі розпадаються на дві несиметричні частини, утворюючи легкі уламки ізотопів стронцію, криптону, рубідію та ін., а також важкі уламки ізотопів цезію, йоду, барію, церію, прометію. Для багатьох елементів період напіврозпаду є невеликий, проте цезій-137, має період напіврозпаду 30 років, тому заражена територія буде безпечною десь тільки через 300 років, коли його кількість зменшиться в 1000 разів. Ще довге зберігаються трансуранові елементи, які утворюються при захопленні двох нейтронів, якщо ядро не зазнало поділу. Утворені ізотопи плутонію, нептунію, америцію мають великий період напіврозпаду. Наприклад, для плутонію-239, він становить 24110 років, тож на протязі багатьох століть існуватиме гамма-випромінювання, а також буде виділятися тепло.

Варто також зауважити, що на міжнародному рівні існують деякі відмінності в критеріях, щодо класифікації радіоактивних відходів. Відсутність єдиної класифікації часто ускладнює співробітництво між країнами.

Міжнародне агентство з атомної енергії здійснило декілька спроб уніфікації підходів, зокрема у 1970, 1981 та 1994 роках [65], однак вони були не повними і не відображали всіх особливостей радіоактивних відходів та методів поведінки з ними. Останні документи МАГАТЕ з серії стандартів безпеки для захисту населення та навколишнього середовища та присвячені класифікації радіоактивних відходів [66] були розроблені для усунення вищевказаних недоліків. Основна їх мета – виробити загальний підхід до класифікації РАВ, сприяти розробці та запровадженню відповідних стратегій

поводження з радіоактивними відходами, обміну інформацією як на національному, так і на міжнародному рівні [18, с.22-23].

Класифікація є необхідною умовою створення узгодженою системи елементів та встановлення комплексних зв'язків між ними. Основними цілями класифікації є: 1) вироблення стратегії поведження з радіоактивними відходами; 2) проектування та будівництво установок для поведження з РАВ; 3) розробка та удосконалення законів; 4) встановлення регулюючих критеріїв; 5) визначення та надання широкого тлумачення поняттю потенційної шкоди, що пов'язана з різними видами радіоактивних відходів; 6) надання та обмін інформацією на різних рівнях (міжнародному, національному, рівні операторів) [18, с.23].

Класифікація, яка запроваджена МАГАТЕ має рекомендаційний характер і може тільки частково, або повністю прийнятою тією, чи іншою країною. Відповідно до класифікації МАГАТЕ виділено 6 класів радіоактивних відходів:

1. *Очищені РАВ*, що не потребують додаткової очистки і не потребують спеціального контролю зі сторони держави, чи певного захисту.

2. *РАВ з дуже коротким періодом напіврозпаду*. Такі відходи зберігаються, як правило установами декілька років, після чого вони є безпечними з радіаційної точки зору і не потребують певного контролю, а способи поведження з ними аналогічні до поведженням із побутовим сміттям. Сюди відносять телур-99, іридій-192, що використовуються в промисловості, чи медичній галузі [67].

3. *Радіоактивні відходи дуже низької активності*. Значна частина відходів виникає від діяльності та виведення з експлуатації ядерних установок з рівнем активності в межах або трохи вищим, ніж рівень активності, що є необхідним для вилучення матеріалу з-під контролю регулюючого органу. Відходи, що містять природні радіонукліди, утворюються під час видобутку або переробки руд та мінералів. Поведження з такими відходами потребує вжиття заходів для гарантування радіаційного захисту та безпеки, однак обсяг

таких заходів є обмеженим у порівнянні з тими, що необхідні для гарантування безпеки відходів вищих класів [18, с.24].

4. *Низькоактивні радіоактивні відходи.* Відходи, при поводженні з якими непотрібно застосування особливих заходів захисту. Такі РАВ розміщують в основному в приповерхневих шарах. Вони продукуються при роботі атомних станцій, які їх очищують, кондиціонують, спалюють та проводять з ними ряд інших технічних заходів для зменшення об'єму та подальшого зберігання.

5. *Відходи середньої активності.* Містять радіонукліди з великим періодом напіврозпаду, тому вимагають більшого ступеня герметизації та ізоляції, ніж той, що надається під час приповерхневого розміщення. Відходи цього класу необхідно розміщувати на більших глибинах, від десяти до сотні метрів. РАВ, що мають середній рівень активності, також кондиціонують, цементують і поміщують у бетонні контейнери. У деяких випадках такі відходи можуть помістити у додатковий металевий контейнер. Як правило, такі пакунки використовують під час для транспортування цих речовин. Пакунки мають відповідати міжнародним стандартам, що гарантують безпеку. Окрім цього, РАВ з середньою активністю розміщують у глибинних геологічних формаціях [18, с.25].

6. *Високоактивні радіоактивні відходи.* Це відходи з рівнем активності, що є досить високим для виділення значної кількості тепла або ж це відходи зі значною кількістю радіонуклідів з тривалим періодом напіврозпаду. Розміщення таких відходів в глибинних геологічних формаціях (як правило глибиною кілька сотень метрів і більше) є загальновизнаним способом поводження з такими речовинами. Геологічні сховища розміщують в кам'яних утвореннях. Це зумовлено значним часовим періодом, протягом якого відходи залишаються радіоактивними. Вважається, що в сховищі РАВ низької та середньої активності кількість активності приблизно дорівнює активності навколишніх гірських порід лише через 300 років. Через 3000 років

радіо токсичність високоактивних відходів зменшиться до рівня активності природної уранової руди [18].

Захоронення радіоактивних відходів у геологічних сховищах є технологією, що широко використовується такими країнами як: США, Росія, Японія, Швейцарія, Аргентина, Австралія, Фінляндія та ін.

Статтею 3 Закону України «Про поводження з радіоактивними відходами» державою визначенні основні принципи поводження з РАВ [16]:

- пріоритет захисту життя та здоров'я персоналу, населення та навколишнього природного середовища від впливу радіоактивних відходів згідно з державними нормами радіаційної безпеки;
- розмежування функцій державного контролю та управління у сфері поводження з радіоактивними відходами;
- забезпечення мінімального рівня утворення радіоактивних відходів, якого можна досягти на практиці;
- недопущення неконтрольованого накопичення радіоактивних відходів;
- забезпечення державного нагляду за поводженням з радіоактивними відходами;
- прийняття рішень щодо розміщення нових сховищ радіоактивних відходів з участю громадян, їх об'єднань, а також місцевих органів державної виконавчої влади і органів місцевого самоврядування;
- гарантування надійної ізоляції радіоактивних відходів від навколишнього природного середовища при обґрунтуванні безпеки сховищ радіоактивних відходів;
- відповідальність виробників радіоактивних відходів за безпеку під час поводження з радіоактивними відходами до передачі їх спеціалізованим підприємствам по поводженню з радіоактивними відходами;
- міжнародне співробітництво у сфері поводження з радіоактивними відходами;

- активна науково-дослідницька діяльність у сфері поводження з радіоактивними відходами та ін.

Принципи поводження з радіоактивними відходами представлені також на схемі Додатку Б.

Враховуючи нормативні вимоги, що висуваються до юридичних та фізичних осіб-підприємців, діяльність яких тією, чи іншою мірою пов'язана із роботою із радіоактивними речовинами, такий вид господарської діяльності не може проводитись без отримання відповідних ліцензій. Ліцензіатами на державному рівні виступають: Державна інспекція ядерного регулювання України та Державний науково-технічний центр з радіаційної та ядерної безпеки.

## **1.2. Методичні аспекти дослідження майданчика для обґрунтування розміщення геологічного захоронення радіоактивних відходів**

Проблеми захоронення високоактивних і довготривалих радіоактивних випромінювань у геологічних сховищах в Україні вивчаються з 1993 року. Основою для таких досліджень слугують ряд нормативних документів, зокрема:

- Комплексна програма поводження з радіоактивними відходами (затверджена постановою КМ України від 29 квітня 1996 р. №480)
- Загальні положення забезпечення безпеки захоронення радіоактивних відходів у геологічних сховищах, Наказ Державного комітету ядерного регулювання України № 81 від 29.05.2007.
- Закон України «Про Загальнодержавну цільову екологічну програму поводження з радіоактивними відходами» № 516-VI від 17.09.2008.
- Про затвердження Вимог до структури та змісту звіту з аналізу безпеки об'єктів, призначених для переробки радіоактивних відходів (Наказ

Державної інспекції ядерного регулювання України від 10.06.2020 р. №249)

Для аналізу територій придатних для розміщення майбутніх радіоактивних захоронень також можна використати програму дослідження описану Ю. Шибецьким [62], В. Шестопаловим [61], а також методичні прийоми описані колективом авторів на чолі з З. Алексєвою [3].

Роботи із дослідження майданчика для розміщення геологічного сховища, його проектування і оцінка безпеки тісно пов'язані. На першому етапі при виконанні досліджень створюються геологічні моделі майданчиків, які потім порівнюються і обирається оптимальна для розміщення сховища територія.

В процесі *проектування сховища* використовуються геологічні моделі майданчика для того, щоб пристосувати концептуальний проект сховища до місцевих умов майданчика, а також для оцінки впливу сховища на довкілля при його спорудженні [62, с.58].

*Оцінки довготривалої безпеки* сховища базуються на геологічних моделях майданчика і особливостях конструкції сховища. Обсяг інформації щодо характеристик майданчика і проекту сховища поступово зростає від стадії до стадії досліджень, тому і оцінки безпеки мають повторюватися з урахуванням нових даних. Результати оцінок безпеки використовуються для планування робіт з подальшого вивчення майданчика і уточнення проекту сховища.

Основним продуктом дослідження майданчика є його *описання*. В документах, що містять описання майданчика, наводяться зібрані дані і результати їх інтерпретації, які мають важливе значення для загального наукового обґрунтування вибору майданчика, а також для аналізу і оцінки безпеки проекту сховища, адаптованого до місцевих умов [62, с.58].

Тільки після описів створюються проект спорудження сховища, наводиться звіт з аналізу безпеки. Проте, наступні етапи є інженерними видами робіт і не лежать в площині нашого дослідження.

Варто зазначити, що більшість проведених і в Україні досліджень розглядають можливості створення радіоактивних захоронень в межах кристалічних порід Українського кристалічного щита, а саме в зоні радіоактивного забруднення Чорнобильської АЕС, тоді як інші регіони, майже не розглядалися.

У загальному випадку, оптимальний перелік параметрів майданчика, що характеризують його геологічне середовище, поверхневі екосистеми і мають бути вивченими для обґрунтування безпеки геологічного сховища (системи геологічного захоронення РАВ), можуть бути визначені на основі аналізу існуючих баз даних по властивостям, процесам і подіям (ВПП), які відбуваються в компонентах системи геологічного захоронення відходів і впливають на його безпеку [63, с.59].

Деякі списки ВПП, що розроблювалися різні роки в рамках національних програм зі створення геологічних сховищ, узагальнено в роботі [64]. На основі узагальнення — створено міжнародну базу даних по ВПП. Структура організації міжнародної бази даних показана на рис. 1.2.

Основні терміни, які характеризують територію дослідження потенційного майданчика представлені в таблиці Додатку А

Недоліком міжнародної бази, на думку деяких вчених, є її універсальність і не врахування певних особливостей тієї чи іншої території, або відмінностей системи збору інформації в різних країнах. Для дослідження можливостей створення захоронення радіоактивних відходів у кристалічних породах Українського кристалічного щита, важливими є наукові здобутки і шведських дослідників, що проводили експерименти подібних формаціях Балтійського щита [73, 76]. Деякі аспекти таких досліджень знайшли своє відображення і у представлених вище нормативних документах України.

«Вимоги до структури та змісту звіту з аналізу безпеки об'єктів, призначених для переробки радіоактивних відходів» [30] мають чітку структуру звіту, представлену на рисунку 1.3.

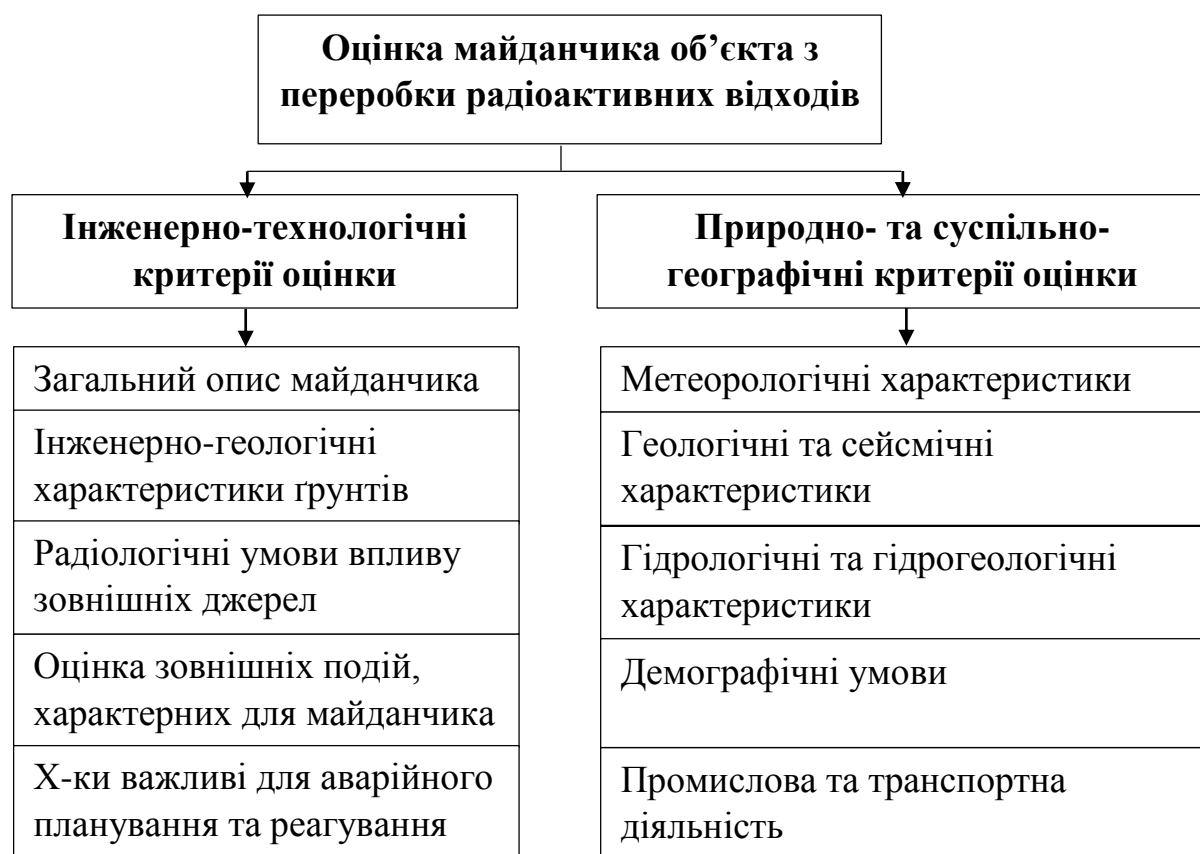


**Рис. 1.2.** Структура міжнародної бази даних властивостей, подій і процесів, що дозволяють оцінити безпеку систем геологічної ізоляції радіоактивних відходів [64].

В структурі звіту можна чітко виділити параметри оцінки інженерно-технологічного характеру та географічні чинники, що визначають розміщення майданчика. Розглянемо коротко їх, найбільш детально зупинившись саме на природно- та суспільно-географічних критеріях.

*Загальний опис майданчика.* При загальному описі території дослідження, яку планується використати під майданчик захоронення радіоактивних відходів, крім загальних параметрів технічного характеру (географічна прив'язка, геометричні розміри, землевідведення, границі захисної зони, маршрути перевезення радіоактивних речовин), вказують відстань до найближчих водойм, населених пунктів, транспортних шляхів та ліній електромереж, а також величину населених пунктів, щільність заселення території, наявність цінних природних, історико-культурних ресурсів, на які може вплинути експлуатація об'єкта та ін.





**Рис. 1.3** Критерії оцінки майданчика об'єкта з переробки радіоактивних відходів (складено автором за матеріалами [30])

*Природно- та суспільно-географічні критерії оцінки.* Даний розділ є надзвичайно, важливий, оскільки визначається можливість виникнення небезпек природного характеру в межах території, оцінюється ймовірність руйнування бар'єрів та попадання радіоактивних речовин в підземні та поверхневі води, ґрунти, повітря, тощо. Основними метеорологічними показниками, що підлягають оцінці є: особливості випадання дощів, снігу та його танення, абсолютна та відносна вологість повітря, середні та екстремальні температури повітря, їх амплітуди на протязі року, вітри, можливість виникнення екстремальних фізико-географічних процесів і явищ метеорологічного характеру (смерчі, урагани, пилові бурі, блискавки, природні пожежі та ін.). Особлива увага приділяється екстремальним явищам, що мали місце в минулому, а також оцінюється ймовірність їх повторення в майбутньому.

Геологічні та сейсмічні характеристики ділянки є одним з визначальних параметрів, оскільки гірські породи, здебільшого є тим природним бар'єром і резервуаром, що захищають захоронення від оточуючого середовища. Тому ретельна увага приділяється вивченню фізико-механічних та фізико-хімічним властивостям гірських порід, ґрунтів, а також геологічній будові території в цілому. Особливо ретельно-вивчається ймовірність виникнення землетрусів, їх повторюваність 1 раз на 100 років, та 1 раз на 10 тисяч років.

Гідрологічні та гідрогеологічні особливості території є важливими, оскільки ґрунтові, підземні, чи води найближчих поверхневих водойм можуть пошкоджувати металеві та бетонні конструкції в яких зберігаються радіоактивні відходи. Особлива увага приділяється вивченню поверхневих стоків, можливих повеней і паводків в межах території, рівня поверхневих та підземних вод, їх сезонним коливанням, а також ймовірність впливу на цілісність конструкцій захоронення.

З суспільно-географічних чинників першочергове значення мають демографічні умови в районі розміщення об'єкту захоронення відходів, оскільки оцінюється можливий вплив не тільки за нормальних умов експлуатації об'єкту, а й у випадку виникнення аварійних ситуацій. Для цього варто знати детальну кількість населення, що проживає у зоні ймовірного ураження, а також які історико-культурні, архітектурні пам'ятки, рекреаційні чи лікувально-профілактичні установи можуть постраждати. Оцінюється також ймовірний вплив на об'єкти транспортної інфраструктури, промислові підприємства, що розташовані поряд та ін.

Інженерно-технологічні особливості території є також вагомими параметрами, але вони стосуються, насамперед інженерної діяльності і не лежать в площині нашого дослідження.

## РОЗДІЛ 2.

### ПРИРОДНО-ГЕОГРАФІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗТАШУВАННЯ МІСЦЬ ЗАХОРОНЕННЯ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ

#### 2.1. Геолого-геоморфологічні передумови

Згідно законодавства України, відповідно до принципів МАГАТЕ, «довгоіснуючі радіоактивні відходи підлягають захороненню... у стабільних геологічних формаціях...» [49]. Отже вибір ділянки для геологічного сховища це, перш за все, визначення певного геологічного утворення (геологічного тіла — частини геологічного простору) як достатньо стабільного в контексті безпеки сховища. Поняття стабільності у відношенні до геологічних об'єктів і процесів не має термінологічного визначення [50]. Це пов'язано з тим, що цілком стабільних в геологічному відношенні територій не існує. Для розміщення майданчиків радіоактивних відходів використовуються відносно стабільні території, де різноманітні геологічні процеси є не надто активними. Досліджуючи минулі та сучасні геотектонічні рухи ми можемо спрогнозувати і їх певні прояви в майбутньому.

Аналіз стабільності геологічних процесів на території України слід розпочинати із картосхеми тектонічного та сейсмічного районування, які визначають загальні закономірності відносної стабільності геологічних процесів (Рис.2.1 -2.2). Так найбільш стійкою тектонічною структурою є Український кристалічний щит, що являє собою частину Східно-Європейської платформи з близьким заляганням докембрійських кристалічних. Саме кристалічні породи щита можуть слугувати надійним природним бар'єром для майбутніх захоронень. Позитивним чинником є і низька ймовірність інтенсивних сейсмологічних процесів. Згідно даних Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, максимальна ймовірна сейсмічна активність для більшої частини території Українського кристалічного щита не перевищує 5 балів за шкалою Ріхтера. З іншої сторони найбільш нестабільними є території: Карпат, Криму, Передобружинського прогину.



Рис 2.1 Картохема тектонічної будови України [23]



Рис. 2.2. Карта загального сейсмічного районування України (за даними Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України)

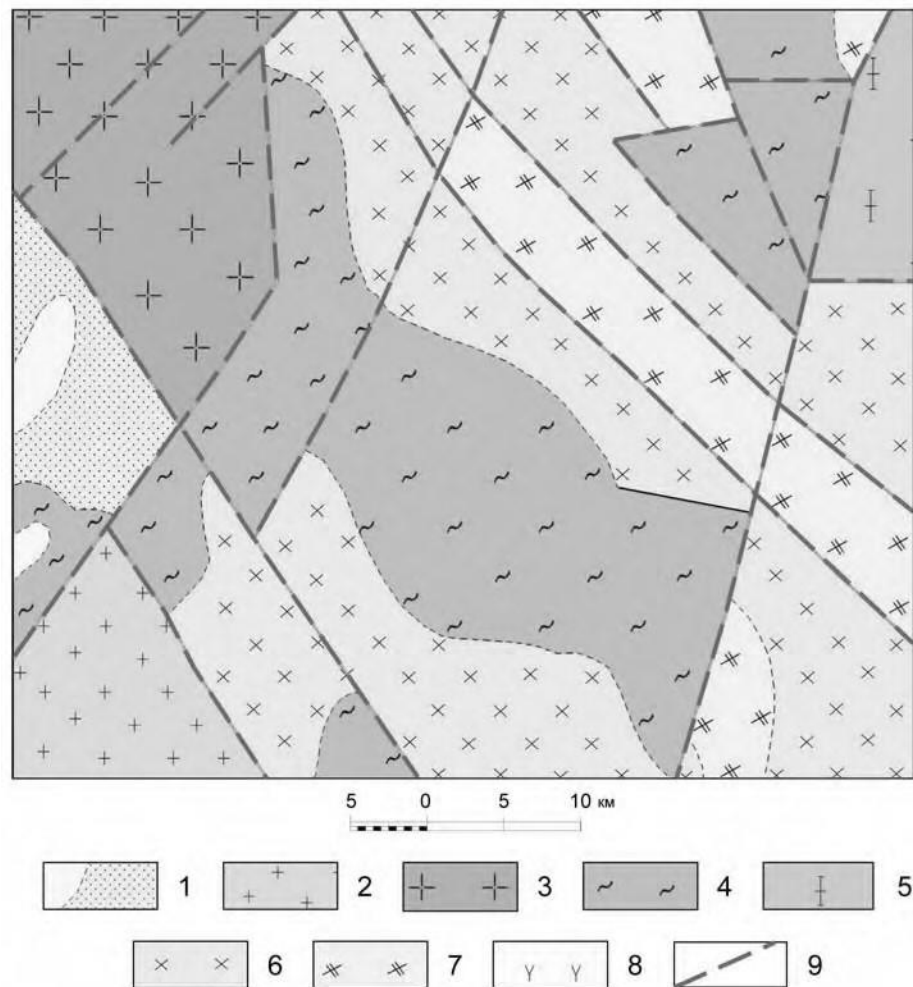
Проте, для безпеки розміщених РАВ важливим є не тільки відсутність значних вертикальних, чи горизонтальних рухів ділянок земної поверхні, але й стабільність гідрогеологічних та геохімічних процесів протягом тривалого геологічного часу. Тому важливими параметрами є особливості рельєфу та літологічного складу гірських порід, а також глибини залягання підземних та ґрунтових вод, близькість розташування поверхневих водойм в межах конкретних територій.

Виходячи з вище зазначених критеріїв, практично безальтернативно розглядається для захоронення високоактивних та інших довгоіснуючих радіоактивних відходів Чорнобильська зона відчуження, оскільки вона є і так радіаційно забруднена. З іншої сторони територія відселена, що спрощує процес отримання певних погоджень та не створює незручності для існуючих господарських об'єктів. Ще одним критерієм на користь зони відчуження є її розміщення на схилах Українського кристалічного щита, що є стабільною тектонічною структурою.

Дослідження геологічного фундаменту в межах Чорнобильської зони відчуження ґрунтуються на даних геолого-зйомочних робіт масштабу 1:200000 і 1:50000, проведених близько 50 років тому, та на пізніших результатах інтерпретації геофізичних та аерокосмогеологічних даних. Глибина залягання поверхні фундаменту в межах зони відчуження змінюється від 150 м на південному заході до 3000 м і глибше на сході території, отже тектонічна структура фундаменту доступна для досліджень практично лише непрямыми геофізичними та аерокосмогеологічними методами [49].

У регіонально-геологічному відношенні зона відчуження розташована на північно-східному схилі Українського щита, що переходить у південну бортову зону Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ). За існуючими уявленнями [7], найдревніші архейські утворення — гнейси ранньоархейської дністровсько-бузької та пізньоархейської росинсько-тікичської серій найбільш розповсюджені у східній частині території, де вони залягають серед плагіомігматитів і плагіогранітів пізньоархейського дніпропетровського

комплексу та гранітоїдів ранньопротерозойського бердичівського комплексу. В західній частині території у будові фундаменту беруть участь переважно ранньопротерозойські утворення — гранітоїди осницького комплексу та мігматити кіровоградсько-житомирського комплексу, пізньопротерозойські гранітоїди типу рапаківі коростенського комплексу, а також кварцито-пісковики й пірофілітові сланці та вулканіти пізньопротерозойської овруцької серії [49] (Рис. 2.3) .



**Рис. 2.3** Схематична геологічна мапа докембрійського фундаменту території досліджень [4]. 1 — кварцити (а) та вулканічні породи овруцької серії ( $PR_2$ ), 2 — граніти рапаківі коростенського комплексу ( $PR_1$ ), 3 — гранітоїди осницького комплексу ( $PR_1$ ), 4 — мігматити кіровоградсько-житомирського комплексу ( $PR_1$ ), 5 — гранітоїди бердичівського комплексу ( $PR_1$ ), 6 — мігматити та граніти дніпропетровського комплексу ( $AR_2$ ), 7 — амфіболові гнейси росинсько-тікичської серії ( $AR_2$ ), 8 — гнейси дністровсько-бузької серії ( $AR_1$ ) 9 — зони розламів

Найдавнішими фанерозойськими осадовими утвореннями, які залягають на докембрійському фундаменті, є піщано-глинисті відклади пермської та тріасової систем, що розповсюджені переважно у східній частині території. Юрська система представлена глинами та алевритами батського ярусу потужністю 60–90 м, вапнистими глинами, алевритами, мергелями келовейського ярусу потужністю до 130 м та вапняками, мергелями, зкремнілими алевритами оксфордського ярусу потужністю 30–50 м. Крейдова система представлена гравелітами, пісковиками, глауконітовими пісками й мергелями сеноманського ярусу потужністю 30–35 м. та одноманітною нерозчленованою сенон-туронською товщею білої крейди й мергелів потужністю 30–50 м, а на окремих ділянках і більше [49].

У складі палеогенової системи на час проведення державної геологічної зйомки виділялися канівський, бучацький, київський та харківський яруси. Канівський та бучацький яруси — єдина товща нерівномірно-зернистих пісків із прошарками глин, бурого вугілля та фосфоритових конкрецій загальною потужністю 35–55 м. Київський ярус — мергелі, глини, алеврити та піски загальною потужністю до 46 м. Харківський ярус — глауконітові піски, алеврити, глини потужністю до 5 м. Неогенові відклади розповсюджені на вододілах і представлені дрібнозернистими каоліновими пісками полтавської світи потужністю 5–15 м та одноманітною товщею строкатих (сарматських) та червоно-бурих (скіфських) глин, загальна потужність якої дуже невтримана і коливається від 2–3 до 24 м. Четвертинні відклади представлені алювіальним, флювіогляціальним, еоловим та елювіальним комплексами [49]. Катросхема потужностей та типів відкладів київського ярусу представлена в додатку В.

За особливостями будови київського ярусу, які можна пов'язувати з тектонічними явищами у докембрійському фундаменті, територія досить явно поділяється на такі три райони — північно-західний, північно-східний та південний [49]:

1. Північно-західний район — це сучасне міжріччя Прип'яті і Вужа у межах території дослідження. За будовою київського ярусу ця частина території

дуже неоднорідна. Мінливість потужності товщі на цій частині території також має складний характер і широкий розмах коливань — від 26 до 46 м, на невеликих відстанях і в різних напрямках. Зазначені особливості дозволяють припускати, що у північно-західній частині території протягом майже всього київського віку відкладання товщі відбувалося в умовах геотектонічної нестабільності, вірогідно, пов'язаної з розвитком південного схилу Прип'ятського прогину.

2. Північно-східний район — це сучасна заплава р. Прип'ять у межах території дослідження. Приналежність усіх відомих розрізів київського ярусу у цій частині території до типу I свідчить про те, що з самого початку київського віку тут на доволі великому просторі склалися одноманітні літофаціальні умови. Принаймні, у розрізі товщі відсутні ознаки геотектонічної нестабільності, на що можна було очікувати з огляду на те, що ця частина території розташована у південній прибортовій зоні розламів ДДЗ. Втім, північно-східний район взагалі не розглядається як перспективний щодо вибору місця для захоронення радіоактивних відходів.
3. Південний район — це сучасне міжріччя Тетерева і Вужа в межах території дослідження. Розрізам київського ярусу тут властива відносно проста будова — вони належать, в основному, до типу II, а на периферії — до типу III, зрідка до інших. Потужність ярусу в даній частині території монотонно змінюється від мінімальної на заході до максимальної на сході. Все це сприймається як свідчення того, що формування товщі у південній частині території відбувалось у відносно спокійних геотектонічних умовах. Таким чином, південний район — міжріччя рр. Тетерів і Вуж, за результатами дослідження будови київського ярусу, найбільш задовольняє вимогам геотектонічної стабільності геологічних утворень у контексті вибору місця для захоронення довгоіснуючих радіоактивних відходів.



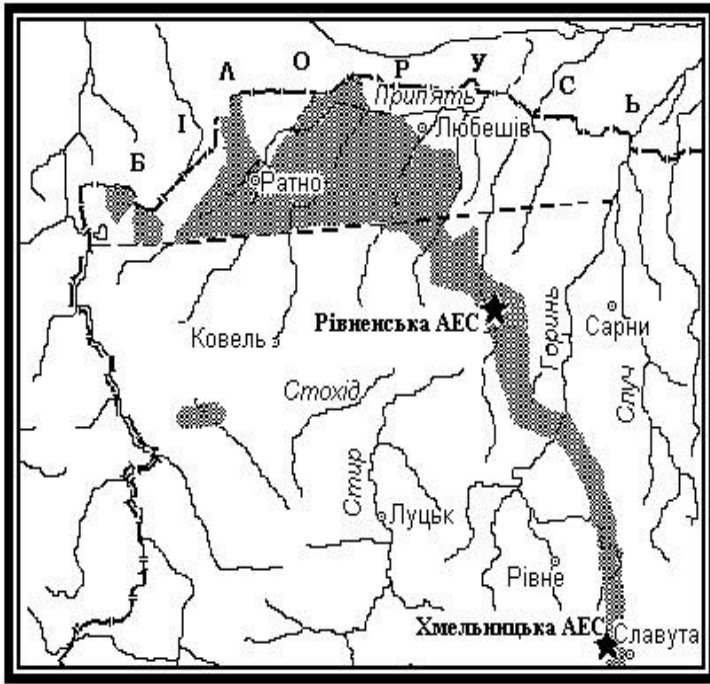
Утворення сховищ радіоактивних відходів в межах кристалічних порід щита є одним із найперспективніших, проте не єдиним варіантом. Значне поширення радіоактивних відходів, практично в межах всієї України, а також наявність АЕС в різних частинах нашої держави, вимагають дослідження і альтернативних ділянок геологічного захоронення радіоактивних речовин.

Проводились окремі дослідження, щодо захоронення радіоактивних відходів в соленосних товщах Донбасу, а також в формаціях цеоліт-сметкових туфів Волино-Поділля.

Останній напрямок вивчався Мельничуком В.Г., який стверджував, що цеоліт-сметкові туфи Волино-Поділля мають унікальні ізоляційні і адсорбційні властивості та характеризуються сприятливими інженерно-геологічними умовами для захоронення РАВ в геологічному середовищі [28].

Вибір даної формації для захоронення РАВ задовольняє наступні основні вимоги МАГАТЕ щодо економічної доцільності і надійності ізоляції РАВ: близькість об'єкта до джерел РАВ, проста геологічна будова території захоронення, її геодинамічна стабільність, достатня глибина і потужність вміщуючи порід, високі ізоляційні властивості гірських порід – могильника РАВ, адсорбційна здатність гірських порід по відношенню до радіоактивних ізотопів, сповільнений водообмін та інші позитивні інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови [28, с.122].

Позитивним є і той чинник, що туфова формація простягається дугою шириною 1-10 км на глибинах від 5 до 250 метрів в межах Волино-Подільської плити в територіальній близькості до Рівненської та Хмельницької АЕС (Рис.2.4). Під Рівненською АЕС туфи залягають на глибинах 50-180 м, під Хмельницькою АЕС – 30-130 м. Виходять базальтові породи на поверхню в районі сіл Берестовець, Базальтове, Мидськ на Костопільщині а також в с. Ташки на Славутчині.



**Рис 2.4.** Схема залягання вулканічних туфів в межах Волино-Подільської плити [28]

перекрита численними покривами (до семи) базальтів та потужним (до 4 км) чохлом осадових гірських порід, серед яких наявні численні шари з надійними ізоляційними властивостями [28, с.123].

Попередня оцінка інженерно-геологічних умов залягання туфової товщі Волино-Поділля, виконана за даними документації і каротажу 1880 свердловин, що розкрили трапи нижнього венду, показує їхню високу потенційну придатність для захоронення РАВ в широкому діапазоні глибин на абсолютних позначках від + 233 до -3740 м [28, с.123].

Досліджувані туфи близькі до бентонітів та проявляють унікальні адсорбційні властивості, в тому числі і по відношенню до радіоізотопів. Вибіркова їхня адсорбція радіоцезію  $Cs^{137}$  при початковій радіоактивності середовища 46000 Бк (Т:Р=1:10) становить близько 99,5 %, а адсорбція радіостронцію  $Sr^{90}$  при початковій радіоактивності середовища 3900 Бк (Т:Р = 1:10) досягає 97,0 %. Ємкість катіонного обміну в цих туфах складає 74,7 мг.екв./100г [28, с.123].

За результатами фізико-механічних випробовувань вулканічні туфи регіону відносяться до різновиду напівскельних ґрунтів. Межа міцності при

Територія розповсюдження туфів в цілому відповідає Волино-Подільській плиті, яка стабільно розвивалась в пасивному геодинамічному режимі принаймні на протязі останніх 100 млн р. Непорушені розломами тіла туфів за площею становлять десятки і сотні км<sup>2</sup> та мають потужність до 210 м. На більшій території регіону досліджувана товща

стисканні в повітряно-сухому стані в середньому становить  $400 \text{ кгс/см}^2$ . При обпаленні в інтервалі температур  $1000-1100^\circ\text{C}$  водопоглинання туфів зменшується до 5%, а при  $1150-1200^\circ\text{C}$  вони плавляться з утворенням міцних керамічних мас, в яких межа міцності на одно осьове стиснення сягає  $2500 \text{ кгс/см}^2$ [28, с.123].

Успішним прикладом використання вулканічних туфів для захоронення РАВ у світовій практиці є гори Яка у США. Таким чином, унікальність інженерно-геологічних властивостей вулканічних туфів та близькість їх розташування одразу до двох атомних станцій, може в майбутньому стати хорошою альтернативою Чорнобильській зоні відчуження в захороненні радіоактивних відходів.

## **2.2 Гідро-кліматичні передумови розміщення зон захоронення радіоактивних відходів**

Незважаючи на важливість як гідрологічних, так метеорологічних чинників у розміщенні зон захоронення, метеорологічні показники в меншій мірі відрізняються в межах рівнинної території України, ніж гідрогеологічні та гідрологічні. Більш суттєві відмінності кліматичних умов спостерігаються в межах Українських Карпат, та Гірського Криму, де випадає значно більша кількість опадів, частіше бувають опади зливового характеру, що спричиняють паводки та активізують геолого-геоморфологічні процеси. Проте дані території не можуть розглядатися як зони захоронення радіоактивних відходів і через високу активність геолого-геоморфологічних процесів. Для рівнинної частини України, що лежить в межах Східноєвропейської рівнини, відбувається поступове зростання континентальності клімату з північного-заходу на південний схід. Так, кількість опадів поступово зменшується від 750 мм на заході до 350 мм на узбережжі Азовського моря в південно-східній частині країни. Середні температури липня підвищуються від  $+17, +19^\circ\text{C}$  на північному заході, до

+22, +23<sup>0</sup>C на південному сході та півдні, збільшення середніх температур січня відбувається з північного сходу (-8<sup>0</sup>C) на південь (-2,-3<sup>0</sup>C) (Рис. 2.5)

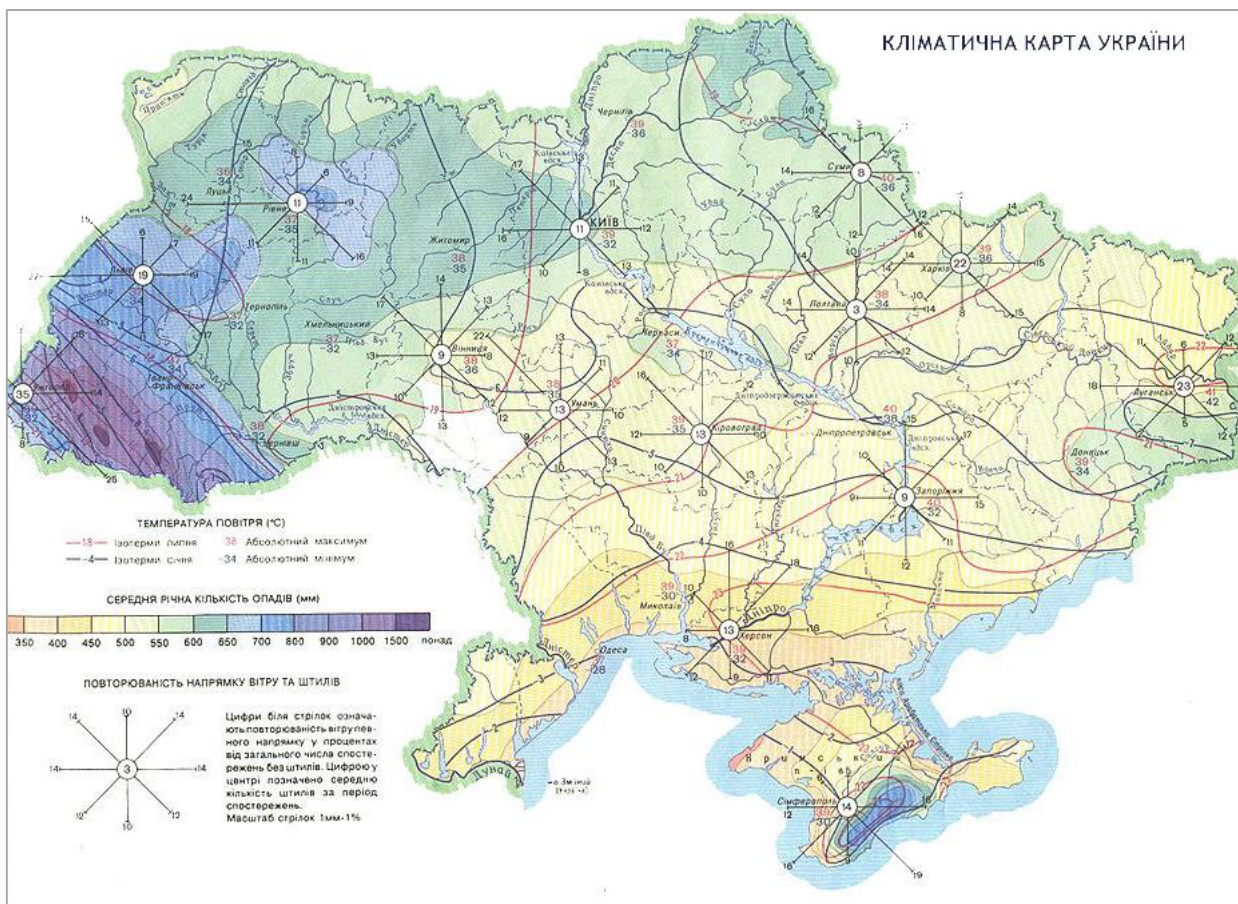


Рис. 2.5 Кліматична карта України [58].

Серед аномальних погодно-кліматичних атмосферних явищ в межах нашої держави виділяють: сильні дощі, піщані (пилові) бурі, мороз, спека, суховії, тумани, ожеледиця, заморозки. З усіх стихійних явищ в Україні найчастіше бувають *сильні дощі* — коли випадає 50 мм і більше опадів протягом 12 год і менше. Сильні дощі супроводжують холодні фронти, які рухаються із заходу, а також південно-західні й стаціонарні циклони. Найчастіше ці дощі випадають протягом одного, іноді декількох днів поспіль, охоплюючи різні території. Менше 1 % випадків зафіксовано з одночасним охопленням більше 10 областей. У річному ході сильних дощів найбільша їх повторюваність (70 %) припадає на червень — серпень, а максимум (30 %)

— на липень. Характерно, що восени таких дощів випадає вдвічі більше, ніж весною.

Найрідше сильні дощі бувають у північно-східних і північно-західних областях. Кількість сильних дощів значно відрізняється з року в рік. З розвитком потужної конвективної хмарності можливе випадання і граду.

У розподілі числа днів з температурою 30 °С і вище спостерігається їх збільшення на південний схід і південь. У цих районах число днів з названою температурою сягає 30 на рік. У північно-східному напрямку кількість їх зменшується до 5. Імовірність температури +30 °С і вище на території України становить 98-100 %, найчастіше вона реєструється в червні — серпні.

До стихійних явищ належить вітер з максимальною швидкістю 25 м/с і більше. Рідким явищем в Україні є смерчі, які найчастіше бувають у серпні, поширюючись на невеликі площі. Під впливом сильних вітрів, великих температур повітря, сухої і теплої погоди ґрунт висушується, виникають пилові бурі, посухи і суховії. Ці явища спостерігаються в Україні кожні 2-3 роки. На невеликих територіях степової і лісостепової зон посушливі явища спостерігаються кожного року.

Зазначені кліматичні показники не можуть суттєво впливати на географічні аспекти в виборі майданчика для захоронення відходів в межах рівнинної території України, коли йде мова про захоронення радіоактивних відходів в глибинних геологічних формаціях, однак є важливим критерієм при поверхневому захороненні РАВ нижчої активності, наприклад для хвостосховищ гірничозбагачувальних комбінатів. Сильні зливові дощі можуть спричиняти порушення цілісності дамб та бути причиною попадання РАВ в поверхневі, ґрунтові води. Небезпечними для приповерхневих поховань є і природні пожеги спричинені сильною спекою, ударами блискавок тощо.

Гідрологічні чинники можна розділити на дві категорії, а саме: 1) особливості розташування поверхневих гідрологічних об'єктів та ґрунтових

вод, їх сезонні коливання; 2) умови залягання підземних водоносних горизонтів, що визначальним критерієм при глибинних захороненнях РАВ. Другий із названих критеріїв перебуває у тісній залежності з особливостями тектонічної та геологічної будови України. Так, гідрогеологічна область тріщинних і пластово-порових вод Українського кристалічного щита має водоносні горизонти, що зосереджені в невеликій товщі осадових відкладів крейди, палеогену, неогену і антропогену та в тріщинах кристалічних і метаморфічних порід докембрію і продуктів їх вивітрювання. Глибина залягання цих вод досягає переважно 60-70 м. Більш забезпечена водою північна і центральна частина щита, в той час як приазовська ділянка малозабезпечена. Оскільки, незважаючи на значну протяжність Українського кристалічного щита, тут зосереджено тільки близько 5% підземних прісних вод України, з гідрогеологічної точки більшість ділянок щита є придатним для глибинних захоронень.

Цеоліт-смекова туфова формація розташована в межах так званого Волино-Подільського артезіанського басейну, що знаходиться на захід від Українського кристалічного щита. На нього припадає практично вся західна частина України, за виключенням Карпатської складчастої споруди. Водоносні горизонти пов'язані з силурійськими, девонськими, юрськими, крейдовими, палеогеновими і неогеновими відкладами. Найбільші водоносні горизонти прісних вод сягають 600-800 м, а в окремих місцях і більше. Найчастіше водоносні горизонти пов'язані з неогеновими і крейдовими відкладами. Тут зосереджена майже четверта частина всіх прісних експлуатаційних ресурсів України.

Великі запаси підземних вод у водоносних горизонтах є певним обмежуючим чинником для глибинних захоронень РАВ. Проте, для туфів характерні переважно міжзернові деформації, а тріщини, як правило, заліковані вторинними мінералами: смектитами, карбонатами і хлоритами. Туфи Волино-Поділля є слабководопроникні породи. За даними пробних відкачок підземних вод із свердловин у приповерхневих умовах інтенсивного

водообміну вони мають коефіцієнт фільтрації 0,1-0,25 м/добу, а в зоні сповільненого водообміну на найперспективнішими в цьому відношенні є ті масиви туфів, котрі розміщені в зоні аерації підземних вод, або добре ізольовані водотривами. Виявлення і вивчення таких відносно сухих туфових масивів у Волино-Подільському регіоні має стати важливою задачею майбутніх інженерно-геологічних досліджень і вимагає проведення комплексних інженерногеологічних, гідрогеологічних та геофізичних вишукувань в туфових горизонтах на предмет безумовної надійності їх ізоляційних властивостей. Високотемпературне обпалення туфів в підземних виробках дасть змогу створити навколо останніх надійну керамічну броню, про що свідчать зразки виготовленої з досліджуваних туфів міцної кераміки [28].

### **2.3. Стан радіоактивного забруднення території України**

Проблема захоронення РАВ є тісно пов'язаною з наявним радіаційним забрудненням України, яке склалося як внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, так і низки інших чинників: випробування ядерної зброї, активна переробка радіоактивної мінеральної сировини в галузях промисловості, медицині та ін. В природному середовищі нашої держави з'явилися трансуранові елементи з великим періодом напіврозпаду, що становитимуть радіологічну небезпеку протягом тисячоліть. Україна входить до першої десятки країн світу за загальними запасами урану та займає за цим показником перше місце в Європі.

Державним балансом запасів корисних копалин України враховується 17 родовищ (Кіровоградська обл. – 14, Миколаївська – 2, Дніпропетровська – 1). Відкрито і розвідано 21 родовище. Частка України в світових ресурсах – 1,8 %. Відвали порожніх порід, вміст в яких ізотопів урану набагато перевищує кларковий, займають на рудниках і кар'єрах багато тисяч квадратних метрів і є джерелами локального забруднення місцевості внаслідок вітрової ерозії та

вимивання атмосферними опадами. Додаткове джерело забруднення навколишнього середовища – рідкі відходи, до яких належать шахтні води, насичені радіонуклідами. У багатьох випадках спостерігається витік радіонуклідів зі сховищ внаслідок різних причин. Часто відбувається витік шахтних вод та порушення цілісності так званих хвостосховищ. В Україні на загальній площі в 270 га було створено 9 хвостосховищ: 7 з переробленою урановою рудою (близько 42 млн. т) і 2 з відходами уранового виробництва (0,2 млн. т). Більшість відходів є високорадіоактивними. Сховища відходів уранового виробництва розташовані поруч з населеними пунктами, сільськогосподарськими землями, поблизу річки Дніпро (хвостосховище «Дніпровське» – 1 км) [33].

Через тридцять чотири роки після аварії на ЧАЕС рівні забруднення  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  зменшилися, оскільки минув один період напіврозпаду для цезію. Це призвело до зменшення забруднення в 1,6-2,9 рази не тільки на території України, але й сусідніх держав – Білорусі та Росії, території яких зазнали ураження після аварії. В Україні залишаються забрудненими 5,35 млн. га території, в тому числі 1,24 млн. га сільськогосподарських угідь із щільністю радіоактивного забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  понад 37 кБк/м<sup>2</sup>. Це при тому, що сільськогосподарське освоєння найбільш постраждалого внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС регіону становить 71%. В зонах радіоактивного забруднення розташовано 2293 населених пунктів, в яких постійно проживає понад 2,2 млн. населення.

Проте, за даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України на 2018 рік забруднення  $^{137}\text{Cs}$  сільськогосподарської продукції скоротилось на 1-2 порядки внаслідок дії низки чинників, таких як фіксація радіонуклідів ґрунтом, однак водночас вміст  $^{137}\text{Cs}$  у недеревній продукції лісу (гриби, ягоди, м'ясо диких тварин) є в декілька разів більшим, аніж це було раніше. Таким чином, вміст  $^{137}\text{Cs}$  у молоці, м'ясі ВРХ, яку випасають на торф'яних ґрунтах та лісових пасовищах, та недеревній лісовій продукції (гриби, ягоди та м'ясо диких тварин) перевищує допустимий. Впродовж



усього періоду після аварії простежується зростання біодоступності  $^{90}\text{Sr}$  внаслідок його вилуговування з паливних частинок, і нині вона досягла свого максимального значення (період напіврозпаду паливних частинок у ґрунті становить 2-14 років) та перевищує норми гігієни [33].

Науковими дослідженнями визначено, що з часом відбувається збільшення біологічної доступності  $^{90}\text{Sr}$  для рослин, а відтак і інтенсивність його міграції в трофічних ланцюгах, що зумовлено його вилуговуванням з паливної компоненти.

Результати дослідження підтвердили, що серед найбільш забрудненої  $^{90}\text{Sr}$  сільськогосподарської продукції найкритичнішими є зернові культури, які використовують для харчових потреб. Критичною в цих умовах є щільність забруднення ґрунтів, що перевищує  $10 \text{ кБк/м}^2$ .

Територія нашої області є також однією з найбільш постраждалих від Чорнобильської аварії, оскільки ураження зазнали близько 11 тис.  $\text{км}^2$  території області, або 56 % від загальної її площі. Найбільші площі (654 тис. га) уражених територій в регіоні займали лісові масиви, дещо меншу площу (290 тис. га) склали сільськогосподарські угіддя.

Згідно з експертними висновками про радіологічний стан населених пунктів 183 населених пункти 6 північних районів Рівненщини залишаються у зонах радіоактивного забруднення [9]. Крім того, частина регіону знаходиться у межах 30-кілометрових зон спостереження Рівненської та Хмельницької АЕС. Тут проживає близько 160,1 тис. осіб. Так в зону впливу Рівненської АЕС попадають 63 населених пунктів Володимирецького, Костопільського та Сарненського районів, а в 30-км зону Хмельницької АЕС – 83 населені пункти області (Острозького, Гощанського та Здолбунівського районів).

За даними Департаменту екології та природних ресурсів Рівненської ОДА та інформаційними даними Рівненської АЕС, на протязі 2019 року в роботі станції було 5 порушень, пов'язаних із перезавантаженням третього енергоблоку, проте перевищення рівнів забруднення в повітрі та в водах Стира, куди скидає води станція, не зафіксовано. Проте, виділити рівень

впливу Рівненської АЕС на ґрунти, рослинний покрив території важко, через забрудненість території після Чорнобиля.

Центром з організації радіологічного контролю в агропромисловому комплексі області ведеться постійний радіологічний контроль всієї сільськогосподарської продукції в 6 радіаційно забруднених районах області. Протягом 2019 року радіологами центру досліджено продукцію 32 населених пунктів, відібрано 1833 проби продукції рослинництва та тваринництва, в 210 (11,5 % досліджених проб) з яких виявлено перевищення допустимих рівнів ДР-2006 [9, с.137].

Основним продуктом, що дає найбільшу кількість позитивних проб, є молоко з особистих господарств населення. При подвірному відборі з 679 досліджених проб перевищення виявлені в 198 пробах молока в 10 селах Рокитнівського району: Старе Село, Вежиця, Дроздинь, Переходичі, Будки-Кам'янські, Кам'яне, Хміль, Єльне, Блажове, Більськ; 2 селах Дубровицького району: Будимля та Великий Черемель; 4 селах Зарічненського району: Бір, Борове, Лисичин; Серники. Основна причина забруднення молока – випасання корів в лісових радіаційно забруднених масивах [28, с.137].

Варто врахувати, що при проведенні моніторингу радіоактивного забруднення сільськогосподарської продукції існують широкі просторові і часові варіації зміни рівнів її питомої активності. Зокрема, питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у молоці корів може змінюватись до 10 разів упродовж року в стійловий і пасовищний періоди.

Аналіз рівня радіаційного забруднення нашої держави та безпосередньо регіону проживання вказує, що радіаційна ситуація є важливим критерієм, який необхідно враховувати при виборі місць захоронення радіоактивних відходів.

## РОЗДІЛ 3.

# ГЕОПРОСТОРОВІ АСПЕКТИ НАКОПИЧЕННЯ ТА ЗАХОРОНЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ

### 3.1. Територіальні особливості розміщення сховищ радіоактивних відходів в Україні

Радіоактивні відходи є побічним продуктом процесів діяльності атомних станцій, використання ядерних технологій, застосування джерел іонізуючого випромінювання у різних галузях народного господарства та при наукових дослідженнях, добуванні і збагаченні урану та інше. На сучасному етапі експлуатуються чотири АЕС, ще одна перебуває на етапі зняття з експлуатації та консервації. Крім того в межах держави є три дослідницькі ядерні установки, працюють три відновлені урановидобувні шахти, які належать до Східного гірничо-збагачувального комбінату. Зазначені підприємства разом із Чорнобильською зоною, об'єктом «Укриття» на її території, могильниками, що утворилися при демонтуванні військових ядерних об'єктів, а також шахтні звалища та хвостосховища є потужними джерелами утворення радіоактивних відходів різної активності. Ці відходи створюють потенційну небезпеку для населення та оточуючого середовища і потребують максимального ізолювання.

Окрему групу складають сховища для тимчасового зберігання радіоактивних відходів, що відносять до ядерних установок на етапі експлуатації і розміщені на їх майданчиках. Їх захист забезпечується на рівні ядерних установок, тому не має потребувати детального вивчення. Розглянемо сховища радіоактивних відходів, що зберігають різні типи РАВ (Табл. 3.1).

Таблиця 3.1

## Сховища радіоактивних відходів в Україні [25]

Об'єкти	Види радіоактивних відходів	Типи сховищ
1. Сховища ЦППРВ		
1.1 ПЗРВ «Буряківка»	Середньо-та низькоактивні Тверді: ґрунт, бетон, металомісні (забруднені транспортні засоби)	Обваловані траншеї (30)
1.2 ПЗРВ «ІІІ черга ЧАЕС»	Середньо-та низькоактивні Тверді: ґрунт, металеві відходи	Бетонна споруда без перекриття з металевими контейнерами під шаром піску. Обваловані траншеї (2)
1.3 ПЗРВ «Підлісний»	Високоактивні тверді: метал, деревина, фрагменти зруйнованого енергоблоку №4	Бетонні модулі (2)
1.4 Комплекс «Вектор»	Середньо- та низькоактивні. Тверді	Наземні сховища (4) Приповерхневе сховище (1)
2. ДМСК «Радон»		
2.1 Дніпропетровський	Середньо- та низькоактивні Тверді (зокрема біологічні). Відпрацьовані ДІВ	Приповерхневі бетонні сховища з надбудовою легкого типу. Капітальне сховище великого об'єму для ДІВ
2.2. Київський, Львівський, Одеський, Харківський	Середньо- та низькоактивні Тверді (зокрема біологічні). Рідкі. Відпрацьовані ДІВ	Приповерхневі бетонні сховища з надбудовою легкого типу. Бетоновані нержавіючі резервуари для рідких РАВ. Сховища колодезного типу для ДІВ
3. Хвостосховища СхідГЗК	Низькоактивні рідкі РАВ з твердими фракціями	Три оточені дамбами водоймища загальним об'ємом понад $35 \cdot 10^6 \text{ м}^3$
4. Хвостосховища колишнього ПХЗ	Низькоактивні рідкі РАВ: відвальна пульпа, відходи мийки, дезактивації обладнання	Дев'ять оточених дамбами водоймищ загальним об'ємом понад $28,5 \cdot 10^6 \text{ м}^3$

На державному рівні, основною організацією, що забезпечує збирання, транспортування, кондиціонування, тимчасове зберігання радіоактивних відходів майже від всіх підприємств України, що не належать до ядерного циклу, але утворюють РАВ є Державна корпорація «Українське державне об'єднання «Радон» (УкрДО «Радон»). До складу УкрДО «Радон» входить шість спеціалізованих підприємств (державних міжобласних спеціалізованих спецкомбінатів), що розташовані у найбільших регіональних центрах держави (Київ, Львів, Харків, Одеса, Дніпро, Донецьк) та в Чорнобильській зоні. Перелічені ДМСК були створені ще в 1959-1961 роках для збирання і захоронення радіоактивних відходів, які не відносяться до ядерно-паливного циклу, промислових, наукових і медичних установ. Вони розташовані за територією місті і сконструйовані за стандартними проектами, містять приповерхневі сховища для твердих і біологічних відходів та відпрацьованих джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ). Проте, вже в період незалежності України на Дніпровському ПЗРВ було збудоване велике сховище для високоактивних ДІВ промисловості. На Одеському ПЗРВ зберігаються радіоізотопні термогенератори з ДІВ високої активності. Головним підприємством УкрДО «Радон» визнано ДСП «Центральне підприємство з поводження з радіоактивними відходами», що базується на території Чорнобильської зони і використовує для захоронення РАВ сховища «Буряківка», «Підлісний», «ІІІ черга ЧАЕС», 9 пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів, а також виробничі потужності ПЗРВ «Вектор». Це також єдине державне підприємство такого типу, що займається довгостроковим зберіганням і захороненням радіоактивних відходів вказаних типів.

РАВ урановидобувної і переробної промисловості Східного гірничо-збагачувального комбінату та колишнього хімічного заводу, зосереджені в Кіровоградській та Дніпропетровській областях. Низькоактивні рідкі та тверді відходи, що утворюються при гідрометалургійній переробці – «хвости»

зливаються в створені штучні кар'єри, утворюючи хвостосховища. Такі хвостосховища є поблизу міст Жовті Води – «Кар'єр бурих залізняків» (повністю заповнене), «Щербаківське» (складається з двох секцій, одна з яких заповнена); та Кам'янське – росташовано 9 сховищ: «Західне», «Південно-Східне», «Дніпровське», «Центральний Яр», «Сухачівське», «База С», «ДП-6», «Лантанова фракція». Під сховища використовували глиняні кар'єри та природні яри, зміцнюючи їх ґрунтовими дамбами та бетонними стінками.

Лева доля радіоактивних відходів України зосереджена у Чорнобильській зоні, після аварії на енергоблоці №4. Максимальна концентрація на території промислового майданчика довкола зруйнованого енергоблоку, а також в самому зруйнованому енергоблоці, над яким збудований об'єкт «Укриття». В межах об'єкта залишилось більш як 125 т опроміненого в реакторі палива, 5,5 т свіжого та близько 15 т відпрацьованого [33]. Над «Укриттям» для посилення безпеки була зведена додаткова арочна конструкція – фінмент висотою 85 метрів. Крім того у рамках зняття з експлуатації станції на території зони спорудили: переробний завод рідких радіоактивних речовин, промисловий комплекс для поводження з твердими РАВ із сховищем для остаточного захоронення середньо- та низькоактивних радіоактивних речовин, загальним об'ємом  $55 \cdot 10^3 \text{ м}^3$ .

Загалом на сучасному етапі, на території зони відчуження розміщено дев'ять пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів (ПТЛРВ): "Нова Будбаза", "Стара Будбаза", "Нафтобаза", "Чистогалівка", "Станція Янів", "Копачі", "Рудий Ліс", "Піщане Плато", "Прип'ять" (див. Рис. 3.1) загальною площею понад 9600 тис. м<sup>2</sup>. Пункти тимчасової локалізації радіоактивних відходів створювалися в період 1986 – 1987 рр. військами цивільної оборони при проведенні дезактиваційних робіт навколо 4-го енергоблоку ЧАЕС і прилеглої до нього території. Вони споруджувалися без проектної документації, не мають інженерних захисних споруд та ізолюючих бар'єрів. Карти та схеми місць розташування траншей та буртів пунктів тимчасової локалізації РАВ, які були складені військами цивільної оборони

при проведенні першочергових робіт з ліквідації наслідків радіаційної аварії, не збереглися [33].



**Рис. 3.1.** Карта розташування пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів [33]

Так, *Пункт захоронення радіоактивних відходів «Підлісний»* був створений період виконання першочергових заходів з ліквідації наслідків радіаційної аварії на ЧАЕС у 1986 р. Захоронення радіоактивних відходів у ПЗРВ "Підлісний" було призупинене з 05.12.1988 р. постановою СЕС зони відчуження № 01/03-04-10 від 28.11.88 р. (лист-припис від 28.11.1988 № 07/03-01-974), у зв'язку з виявленими на той час порушеннями: не виконано бетонування РАВ у модулі Б-1, не введені в експлуатацію санпропускник, спостережні свердловини у проектному обсязі, не організовано збір зливових стоків з модулів А-1 і Б-1, також не введено в експлуатацію контрольно-пропускний пункт, освітлення, огорожу, сигналізацію [33].

В період виконання першочергових заходів з ліквідації наслідків радіаційної аварії на ЧАЕС у 1986 р. був створений і *Пункт захоронення радіоактивних відходів «3-я Черга ЧАЕС»*. Для цього було використано

залізобетонну конструкцію недобудованого сховища низько- й середньо активних радіоактивних відходів, спроектованих 5-го та 6-го блоків Чорнобильської АЕС (третя черга будівництва).

Сховище було повністю заповнене до кінця 1988 року. У секції сховища розміщено довгоіснуючі радіоактивні відходи 1-ї та 2-ї групи активності (радіоактивно забруднений пісок, ґрунт, будівельні відходи, цегла, бетон, металоконструкції та інших матеріали). Радіоактивні відходи розміщені в контейнерах у секціях сховища (близько 18 тис. контейнерів об'ємом по 1,0 м<sup>3</sup>) та насипані навалом поверх контейнерів. Всього у ПЗРВ "3-я Черга ЧАЕС" законсервовано радіоактивних відходів загальним обсягом близько 26,2 тис. м<sup>3</sup>. Створення об'єкту з поводження з радіоактивними відходами було обумовлено необхідністю мінімізації екологічної небезпеки, пов'язаної з територіями, забрудненими, в результаті аварії на Чорнобильській АЕС.

Уже після етапу ліквідації аварії на ЧАЕС виникла необхідність створення на території зони відчуження додаткових захоронень, які б відповідали міжнародним стандартам. Рішенням ЦК КІРС та Ради Міністрів СРСР № 724/163 від 01.07.87р. була прийнята постанова про створення комплексу виробництв, призначеного для збору, дезактивації, транспортування, переробки та захоронення РАВ з територій, забруднених внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС (кодова назва «Вектор»).

На Науково-технічній раді Міністерства атомної енергетики СРСР 5.09.1990р. було затверджено техніко-економічне обґрунтування створення об'єкту «Комплекс «Вектор». Будівництво комплексу «Вектор» розпочалося в січні 1998 року згідно проектної документації, яка пройшла Державну експертизу та була затверджена наказом Міністра МНС від 16.06.1997 р. № 90.

Проектом першої черги комплексу виробництв "Вектор" передбачено будівництво сховищ, призначених для захоронення низько- та середньоактивних короткоіснуючих твердих радіоактивних відходів 1-ї і 2-ї групи активності. Площа території під забудову першої черги склала 160 га, а загальний об'єм захоронення – 530 тис. м. куб.



По лінії міжнародної технічної допомоги, в рамках програми TACIS, 05.03.2001 було підписано Контракт між Національною компанією «Енергоатом», яка виступила представником Міністерства палива та енергетики та компанією NUKEM GmbH (Німеччина) будівництво «під ключ» промислового комплексу поводження з твердими радіоактивними відходами (ПКПТРВ).

Частиною цього проекту було будівництво на майданчику комплексу виробництв «Вектор» спеціально обладнаного приповерхневого сховища твердих радіоактивних відходів (СОПСТРВ –Лот 3), призначеного для захоронення низько- та середньоактивних короткоіснуючих радіоактивних відходів, що поступають із заводу по переробці твердих радіоактивних відходів (ЗПТРВ – Лот 2) та заводу по переробці рідких радіоактивних відходів (ЗПРРВ), розташованих на майданчику Чорнобильської АЕС.

Створення виробництва «Вектор» стало необхідним етапом, де могли б зберігатися довгоіснуючі РАВ до створення геологічного сховища. Крім того, на території об'єкту прийнято було розмістити оскловані високоактивні відходи після переробки відпрацьованого ядерного палива українських АЕС.

Постачання на майданчик «Вектор» кондиційованих довгоіснуючих РАВ здійснюватиметься поступово (орієнтовно протягом 100 років), а тривалість їх зберігання і потрібні для цього потужності визначатимуться терміном введення в експлуатацію національного геологічного сховища, створення якого заплановано програмними та стратегічними документами України. Враховуючи поступове наповнення сховища, будівництво ведеться поетапно.

Радіоактивні відходи становлять певні ризики для населення та навколишнього середовища не тільки в зонах їх безпосереднього розташування, але й можуть бути причиною вторинних дій поводження з ними. В українській практиці є багато випадків, коли забруднене обладнання із кольорових металів, чи інші цінності виносились із зони забруднення, продавались з метою збагачення та інше. Кузмяк І.Я., Кравцов В.І. виділяють

наступні групи ризиків пов'язані із неправомірними діями громадян в поведженні з РАВ [27]:

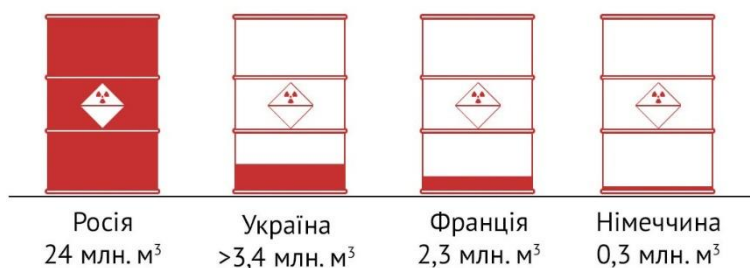
- крадіжка та інше незаконне заволодіння РАВ для подальшого продажу, коли злочинець не має намір застосовувати радіоактивні речовини особисто;
- крадіжка або інше незаконне заволодіння РАВ з метою виготовлення радіоактивного розпорозувального пристрою («брудної бомби»);
- вчинення диверсії безпосередньо на об'єкті зберігання, чи захоронення.

Такі ризики потребують посилення і фізичних заходів безпеки на підприємствах, установах, що працюють з РАВ, а також на територіях їх зберігання: встановлення системи огороження, сучасних систем спостереження і сигналізації, обмежений контрольований доступ осіб на територію та ін. Частина захисних заходів була впроваджена на деяких об'єктах тільки після Указу Президента України «Про Проектну загрозу...» [56].

Наведені характеристики пунктів зберігання і захоронення радіоактивних відходів, вказують на необхідність не тільки постійного моніторингу рівнів забруднення території, але й необхідності проведення ряду інженерно-технічних заходів, які посилили рівень консервації РАВ, особливо в зоні відчуження Чорнобильської АЕС, де на первинному етапі проведення захоронень було спонтанним.

### 3.2. Сучасні заходи переробки та захоронення радіоактивних відходів та модернізація сховищ

За обсягами радіоактивних відходів Україна знаходиться на II місці у Європі та на IV в світі (3,5 млн м<sup>3</sup>) (Рис.3.2).



**Рис. 3.2.** Обсяги накопичених радіоактивних відходів в країнах Європи [8]

На рівні держави створене Державне управління у сфері поводження з радіоактивними відходами (ДАЗВ), на якого покладена функція довгострокового зберігання радіоактивних відходів та їх захоронення.

Діяльність ДАЗВ у цій сфері здійснюється за напрямками [8]:

- поводження з відпрацьованими джерелами іонізуючого випромінювання та радіоактивними відходами, що надходять від медичних, наукових, освітніх та промислових закладів;
- поводження з радіоактивними відходами, що утворились внаслідок Чорнобильської катастрофи;
- ліквідація радіаційних аварій з радіоактивними матеріалами, що знаходяться в незаконному обігу.

На сучасному етапі у сфері поводження з РАВ на державному рівні першочерговими є наступні ключові питання:

- будівництво централізованих сховищ для захоронення або довгострокового зберігання РАВ на комплексі виробництв «Вектор»;
- продовження експлуатації приповерхневих сховищ пункту захоронення радіоактивних відходів (ПЗРВ) «Буряківка»;

- експлуатації Централізованого сховища для довгострокового зберігання відпрацьованих джерел іонізуючого випромінювання (ВДІВ);
- завершення будівництва двох приповерхневих сховищ для захоронення РАВ: ТРВ-1, ТРВ-2 комплексу «Вектор»;
- завершення будівництва сховища для зберігання осклованих високоактивних РАВ від переробки відпрацьованого ядерного палива (ВЯП) українських АЕС;
- реалізація проектів модернізації та підвищення безпеки сховищ, у яких здійснювалось розміщення РАВ у перші роки ліквідації аварії на ЧАЕС;
- продовження обстеження пунктів тимчасової локалізації РАВ (ПТЛРВ), обґрунтування їх безпеки та вилучення РАВ із найбільш небезпечних місць;
- реалізація заходів для перепрофілювання пунктів захоронення РАВ на спецкомбінатах ДК «УкрДО «Радон» та переоснащення їх у пункти збору та тимчасового зберігання РАВ;
- продовження обслуговування, радіологічного обстеження і переведення у безпечний стан пунктів захоронення відходів дезактивації (ПЗВД) і спеціальної обробки транспорту (ПуСО), що були утворені в ході робіт з ліквідації наслідків аварії за межами зони відчуження;
- осучаснення організаційно-правових засад та завершення створення централізованої інфраструктури поводження з РАВ.

З метою виконання перелічених напрямків діяльності в останні роки в межах нашої України відбулося ряд помітних зрушень, щодо зберігання РАВ. Створене ДСП «ЦППРВ» отримало санітарні паспорти на об'єкти, що знаходяться в експлуатації: дільниця дезактивації транспорту «Лелів»; ПЗРВ «Підлісний»; ПЗРВ «ІІІ-я Черга ЧАЕС»; ПЗРВ «Буряківка»; комплекс виробництв «Вектор».

*На ПЗРВ «Буряківка»* здійснювалось приймання радіоактивних відходів на захоронення в результаті виконання робіт з дезактивації радіаційно-забруднених територій, будівель і споруд, обладнання, матеріалів та транспортних засобів, при ліквідації траншей і бургтів ПТЛРВ за технічними

рішеннями, погодженими з Держатомрегулювання України, а також від сторонніх організацій за договорами та зверненнями [33].

На кінець 2018 року на ПЗРВ "Буряківка" заповнено і законсервовано 30 траншей, загальний об'єм РАВ у яких складає 690 тис. м<sup>3</sup> загальною активністю 2,54E+15 Бк. Завершено будівництво та введено в експлуатацію траншею №21а. Виконавцем робіт була Корпорація "Укртрансбуд". У 2018 році захоронення РАВ проводилось у введених в експлуатацію з листопада траншею № 21А, в яку прийнято 5001,5 м<sup>3</sup> РАВ [33].

На ПЗРВ «Підлісний» на протязі 2018 та 2019 років проводилось ряд регламентних робіт, серед яких: контроль процесів старіння конструкцій модулів А1 та Б1; визначення деформацій (крену) стін модулів; наявність дефектів у стінах, тріщин; визначення корозійних пошкоджень бетону, зєднувальних деталей та інше. Після обстежень було виконано ряд ремонтних робіт. Аналогічні регламентні роботи були здійснені і на ПЗРВ "3-я Черга ЧАЕС".

*На комплексі виробництв «Вектор» (КВ «Вектор»)* роботи виконуються згідно з вимогами «Загальнодержавної цільової екологічної програми поводження з радіоактивними відходами», якою передбачено будівництво та експлуатація інфраструктури та сховищ комплексу, а також подальший його розвиток – створення другої черги комплексу з переробки та захоронення радіоактивних відходів зони відчуження, промисловості, АЕС, наукових, медичних та інших установ України. У 2015 році розпочато реалізацію завдань із захоронення НСА-КІВ спецкомбінатів ДК «УкрДО «Радон», завершено будівництво та передано в експлуатацію ЦСВДІВ.

*Спеціально обладнане приповерхневе сховище для низько- та середньоактивних короткоіснуючих твердих радіоактивних відходів (СОПСТРВ) комплексу виробництв «Вектор».* Технологічний комплекс у складі спеціально обладнаного приповерхневого сховища для низько- та середньоактивних короткоіснуючих твердих радіоактивних відходів (СОПСТРВ) та об'єктів інфраструктури, що розташовані на майданчику

сховища і технологічно з ним пов'язані. Сховище – це приповерхнева споруда з розмірами в плані (273,1×44,1) м., до складу якого входять дві паралельно розташовані секції з розмірами в плані (273,1×18,8) м. та центральна дренажна галерея. Кожна секція складається з одинадцяти відсіків, розділених між собою деформаційним швом шириною 30мм. Відсік має розмір – (24×18×7,5) м. Загальний об'єм сховища складає 71280 м<sup>3</sup> і має можливість розмістити у відсіках упаковок РАВ об'ємом 50210 м<sup>3</sup> при річній продуктивності – 704 контейнери КТЗ- 3.0(15) і 8759 бочок з відходами. Протягом 2018 року на СОПСТРВ було здійснено 29 поставок РАВ. У відсік А1 прийнято на захоронення радіоактивні відходи від ЗПРРВ ДСП «ЧАЕС» у контейнерах КТ-0,2 в кількості 59 упаковок з основним радіонуклідним складом: Нз, Ве<sub>10</sub>, С<sub>14</sub>, Ni<sub>59</sub>, Ni<sub>63</sub>, Со<sub>60</sub>, Sr<sub>90</sub>, Zr<sub>93</sub>, Cs<sub>134</sub>, Cs<sub>135</sub>, Cs<sub>137</sub>, U<sub>235</sub>, U<sub>236</sub>, U<sub>238</sub>, Np<sub>237</sub>, Pu<sub>241</sub>, Am<sub>241</sub>, Am<sub>243</sub> [33].

*Централізоване сховище для відпрацьованих джерел іонізуючого випромінювання на КВ «Вектор» (ЦСВДІВ).* ЦСВДІВ призначено для приймання, ідентифікації, сортування, обробки, комплектації і наступного довгострокового роздільного зберігання (до 50 років) відпрацьованих джерел альфа-, бета-, гама- і нейтронного випромінювання закритого типу до передачі в подальшому на захоронення. За період експлуатації від регіональних ДМСК на зберігання за останні роки надійшло більше 10 партій у формі ВДІВ. На кінець 2018 року в централізоване сховище поступило -1044 блоки, 1959 ВДІВ [33].

Крім захоронення радіоактивних відходів ДМСК «Радон», а також РАВ пов'язаних із аварією на ЧАЕС не менш важливим стратегічним завданням є вирішення питань із переробкою та захороненням радіоактивних відходів, що накопичуються внаслідок діяльності атомних станцій, а також зберіганням відпрацьовано ядерного палива реакторів. Державне підприємство «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом» є найбільшим виробником електроенергії в Україні, займаючи десяте місце в світі за кількістю ядерних енергоблоків та сьоме - за встановленою

потужністю. В Україні діють 4 атомні електростанції з 15 енергоблоками типу ВВЕР встановленою потужністю 13 тис. 835 МВт, одна з яких - Запорізька АЕС є найбільшою в Європі. За 2019 рік Компанією вироблено 83,2 млрд кВт·год електроенергії, що склало 101,8% від планового завдання, встановленого для Компанії Урядом та становило 53,9 % від загального її виробництва в країні [41].

Як видно з діаграм на Додатках Г-Ж, тимчасові сховища, що розташовані на території АЕС України є достатньо заповненими. Особливо актуальним є збереження низькоактивних радіоактивних речовин, яких формується в процесі експлуатації станції найбільше. Найбільший відсоток заповнення сховищ зберігання твердих низькоактивних РАВ на Запорізькій АЕС (близько 80%) та Рівненській АЕС (близько 70%). Найкраща ситуація на Хмельницькій АЕС, де є додаткові проєктовані сховища для нових спроектованих енергоблоків. В той же час проблем з місткостями сховищ для зберігання високоактивних РАВ на станціях наразі не існує.

Вирішуючи проблеми зберігання РАВ та питання державної Стратегії, щодо зменшення їх зменшення, на протязі останніх років атомні станції, частково за підтримки міжнародних донорів, отримали ряд дозвільних документів на впровадження сучасних технологій з переробки РАВ. Це дозволить суттєво зменшити об'єми накопичення РАВ. АЕС проводять такі процеси як: сортування, фрагментація, спалювання та компактування РАВ (Таблиця 3.1). Одним з перших був налагоджений цей процес на Чорнобильській АЕС (див. Додатки К-Л).

В липні 2001 року було прийнято розпорядження Кабінету Міністрів «Про затвердження проєкту "Чорнобильська АЕС. Проміжне сховище відпрацьованого ядерного палива (СВЯП-2)"». Будівництво сховища відпрацьованого ядерного палива "сухого" типу СВЯП-2, призначеного для довгострокового зберігання всього відпрацьованого ядерного палива (ВЯП) ДСП "Чорнобильська АЕС", було необхідною умовою зняття з експлуатації енергоблоків № 1,2,3 та сховища відпрацьованого ядерного палива "мокрого"

типу (далі - СВЯП-1). Роботи зі спорудження СВЯП-2 були розпочаті у 2000 році, але у 2003 році будівництво СВЯП-2 було призупинено через недоліки проекту.

**Таблиця 3.1**

**Об'єкти переробки РАВ в Україні**

Установки	Сортування	Фрагментація	Спалювання	Компактування	Кінцева упаковка	Поточний стан
ЧАЕС	+	+	+	+	Контейнер (цементування)	Дослідна експлуатація
ХАЕС	+	+	+	+	Контейнер (цементування)	Робочий проект
РАЕС	+	+	-	+	Контейнер (цементування)	Будівництво
ЮУАЕС	+	-	-	+	Контейнер	Робочий проект
ЗАЕС	+	+	+	+	Контейнер	Будівництво
Майданчик «Вектор»	+	-	-	-	Контейнер (капсулювання)	Введення в експлуатацію

«Холодні» випробування тривали протягом майже чотирьох місяців, з 6 травня по 29 серпня 2019 року. Вони були необхідною частиною передпускових випробувань СВЯП-2 та склалися з трьох основних етапів. На першому етапі випробовувалася працездатність обладнання усіх основних технологічних систем та їх поведження з імітаторами ВТВЗ.

На другому етапі випробування пройшли усі допоміжні системи, які забезпечують роботу основних.

Третій етап «холодних» випробувань був спрямований на визначення ремонтпридатності усього обладнання СВЯП-2 — чи можуть його вузли та деталі ремонтуватися дистанційно (без безпосередньої участі персоналу) у разі їх виходу з ладу за умов експлуатації об'єкту.

Усі три етапи випробувань проходили під контролем комісії у складі представників компанії Holtec International, Чорнобильської АЕС та Державної інспекції ядерного регулювання.

7 вересня 2020 року ДСП «Чорнобильська АЕС» отримала окремий дозвіл на здійснення діяльності по введенню в експлуатацію СВЯП-2, тобто, проведення «гарячих» випробувань. 10 вересня було розпочато перевезення зі



СВЯП-1 на СВЯП-2 першої партії з 9 відпрацьованих тепловиділяючих збірок (див. Додаток М)

18 листопада 2020 у рамках проведення «гарячих» випробувань на сховищі відпрацьованого ядерного палива «сухого» типу СВЯП-2 виконано роботи з розміщення першого пеналу, завантаженого відпрацьованим ядерним паливом, у бетонний модуль на довгострокове зберігання протягом 100 років.

Усього для заповнення одного пеналу із СВЯП-1 на СВЯП-2 було перевезено 93 відпрацьовані тепловиділяючі збірки, які розділили на паливні пучки. Паливні пучки розмістили у паливні патрони, які помістили у двостінний сухий екранований пенал, виконали технологічні роботи з його герметизації та сьогодні розмістили у бетонний модуль зберігання [46].

Незважаючи на ряд вагомих структурних зрушень, які здійснила наша держава в останні декілька років, щодо часткової переробки та захоронення радіоактивних відходів, збудовані сховища є тимчасовими і не передбачають зберігання відходів в межах термінів понад 100 років. Важливим залишається питання завершення досліджень та будівництво глибинного сховища в геологічних формаціях, яке б змогло законсервувати радіоактивні відходи не на одне століття.

## РОЗДІЛ 4.

### ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА УРОКАХ ГЕОГРАФІЇ

Метою базової загальної середньої освіти є розвиток та соціалізація учня, формування його національної самосвідомості, загальної культури, світоглядних орієнтирів, екологічного стилю мислення і поведінки, творчих здібностей, дослідницьких навичок і навичок життєзабезпечення, здатності до саморозвитку й самонавчання в умовах глобальних змін і викликів [6].

Відповідно до базової програми з «Географії» середньої школи екологічна грамотність і здорове життя населення є однією з ключових компетенцій, що забезпечується курсом (Табл. 4.1)

**Таблиця 4.1.**

#### **Екологічна грамотність у складі компетентнісного потенціалу предмету географія в школі [6]**

10. Екологічна грамотність і здорове життя	<b>Уміння:</b> працювати в команді під час реалізації географічних проектів, застосовувати набутий досвід задля збереження власного здоров'я та здоров'я інших, оцінювати значення географічної науки для забезпечення добробуту людства. <b>Ставлення:</b> турбота про здоров'я своє та інших людей, ціннісне ставлення до навколишнього середовища як до потенційного джерела здоров'я, добробуту та безпеки людини і спільноти, усвідомлення важливості ощадного природокористування, пошанування внеску кожного / кожної в досягнення команди. <b>Навчальні ресурси:</b> кооперативне навчання, партнерські технології, проекти
--	--

В структурі навчальних програм з географії для середньої школи наскрізною змістовою лінією є *«Екологічна безпека та сталий розвиток»*, мета якої полягає у формуванні в учнів соціальної активності, відповідальності й екологічної свідомості, щоб вони зберігали і захищали довкілля і усвідомлювали сталий розвиток, були готові брати участь у вирішенні питань довкілля і розвитку суспільства.

Відповідно до навчальної програми, в межах даної змістової лінії учнів 6 класів орієнтують на формування [б]:

- готовності до оцінки наслідків діяльності людини щодо природного середовища; застосування знань у справі охорони природи; оцінку значення та впливу природних компонентів для життя та діяльності людини;
- безпечної поведінки в умовах несприятливих фізико-географічних явищ і процесів;
- різних форм діяльності екологічного змісту: підготовку повідомлень про антропогенні ландшафти і природоохоронні об'єкти свого краю, інформування про них населення своєї місцевості (створення листівок, екологічних знаків, брошур, розміщення інформації на сайті навчального закладу тощо), участь у заходах з охорони довкілля, які проводять у школі, населеному пункті та регіоні, країні.

Аварія на Чорнобильській АЕС, робота атомних станцій, які є важливою складовою енергетичного потенціалу України є вдалим прикладами для демонстрації та слугують кращому формуванню зазначених вище компетенцій та напрямків роботи на рівні 6-го класу. Питання екологічної, а в тому числі і радіаційної безпеки може бути охоплено при розгляді окремих оболонок під час вивчення тем: «Атмосфера», «Гідросфера», «Біосфера», «Літосфера», а також в загальному розділі «Планета людей»

На рівні 7-го класу учні вивчають «Географію материків і океанів», проте знання курсу включає формування:

- розуміння про взаємозв'язки компонентів природи; вплив людини та її

діяльності на планетарні природі комплекси; дотримання екологічної етики щодо поведінки людини в природі; значення природоохоронних територій для збереження унікальних ландшафтів Землі; значення Червоної книги;

- знань про небезпечні природні об'єкти та явища в різних частинах світу та правила безпечної поведінки.

Саме при таких обговореннях питання Чорнобильської АЕС і радіаційного забруднення подається як проблема загальносвітового масштабу. Особливо ми наголошуємо на цьому питанні при вивченні материка Європа.

Навчальною програмою у 8 класі загальноосвітньої школи вивчають «Географію України». Саме при вивченні даного курсу велика увага приділяється як природним складовим, так і суспільно-географічним чинникам. Проблема радіаційного забруднення території порушується при вивченні геологічної будови і рельєфу України, поверхневих і підземних вод, ґрунтів, рослинного покриву та тваринного світу, ландшафтів України в цілому та в розрізі окремих природних зон України.

В другій частині курсу при розгляді виробничої сфери нашої держави, особливу увагу на питання радіоактивних відходів ми звертаємо при розгляді паливно-енергетичного комплексу нашої держави, розвитку окремих галузей виробництва, що мають справу з радіоактивними відходами. Актуальною є і проблема радіаційного забруднення земель сільськогосподарського призначення, потрапляння радіоактивних елементів в харчові продукти та ін.

Учнів 8 класів орієнтують на формування [6]:

- усвідомлення впливу життєдіяльності людини на природі комплекси України; дотримання правил поведінки людини в природі; значення природоохоронних територій для збереження унікальних ландшафтів України; значення Червоної та Зеленої книг України;
- стилю поведінки у зонах екстремальних природних явищ, екологічного лиха, техногенного забруднення, а також на території природоохоронних об'єктів.

Навчальна програма з географії на рівні 9 класу спрямована на вивчення географії світового господарства та окремих країн світу, однак в цьому курсі також значна увага приділяється екологічним проблемам. При розгляді сусідніх держав, особливо Білорусі та Росії ми також звертаємо увагу на наявність на їх територіях регіонів радіаційного забруднення, зумовлених як Чорнобильською трагедією, та і внаслідок внутрішньої господарської діяльності.

Учнів 9 класів орієнтують на формування [6]:

- цілісної наукової картини світу, адекватного розуміння особливостей розвитку сучасного світу;
- розуміння єдності та гармонії між природним середовищем, розвитком матеріального виробництва та рівня зростання соціальних стандартів населення в умовах сталого розвитку;
- уміння застосовувати знання під час прогнозування наслідків впливу людини на природу, визначення правил своєї поведінки в сучасних умовах навколишнього середовища та територій техногенного забруднення;
- умінь робити висновки про місце України у розв'язанні глобальних проблем людства.

Екологічна тематика продовжується і в старших 10-11 класах, де передбачені інтегровані курси, що охоплюють також екологічну, географічну тематику, порушують питання екологічної безпеки, тощо.

Таким чином, варто підсумувати, що питання радіаційних відходів та радіаційного забруднення нашої держави є важливою складовою в формуванні наскрізної змістової лінії «Екологічна безпека та сталий розвиток» навчальної програми з «Географії» для загальноосвітніх закладів середньої освіти.

## ВИСНОВКИ

Широкий розвиток ядерної енергетики в другій половині ХХ століття, активне її використання в військовій галузі та деяких інших галузях народного господарства, аварія на Чорнобильській АЕС призвели до накопичення на території нашої держави радіоактивних відходів, різних за активністю, ізотопним та агрегатним станом. Безпечне поводження з такими відходами є важливою складовою стратегії забезпечення безпеки під час використання ядерної енергії. Проведені в роботі дослідження географії місць захоронення радіоактивних відходів дозволяють зробити наступні висновки:

1. Під радіоактивними відходами розуміють об'єкти, чи предмети, активність радіонуклідів або радіоактивне забруднення яких перевищує межі, встановлені діючими нормами і які не підлягають подальшому використанню. Радіоактивні відходи виробляються атомними електростанціями на всіх стадіях ядерно-паливного циклу під час їх діяльності, а також при використанні радіоактивних речовин в медицині, військовій галузі, сільському господарстві, промисловості, науково-дослідній сфері. Відпрацьоване ядерне паливо ядерних реакторів типу РБМК, яке не підлягає наступній переробці відноситься до РАВ, тоді як паливо з ядерних реакторів типу ВВЕР (розташовані на всіх АЕС в Україні, крім Чорнобильської) класифікується як ядерні матеріали. Радіоактивні відходи класифікують за агрегатним станом, а також ступенем та терміном активності.

2. Методологічні особливості, щодо використання, переробки, транспортування, зберігання, а також захоронення відходів прописані низкою нормативних документів і законів України, а також рекомендаціями МАГАТЕ, що регулює питання ядерної безпеки на міжнародному рівні. Сховища для довготривалого захоронення радіоактивних відходів повинні бути розміщені в глибинних, стійких геологічних формаціях.

3. Розміщення глибинних геологічних сховищ необхідно проводити, в першу чергу із урахування тектонічної та геологічної будови України, а також

гідрогеологічних особливостей території. Основні напрямки сучасних геологічних досліджень на предмет розміщення глибинних сховищ були проведені в межах зони відчуження Чорнобильської АЕС. Це зумовлено тим, що з однієї сторони територія уже забруднена і вилучена з господарського використання, з іншої – зона розміщена на східній окраїні Українського кристалічного щита, що відрізняється стійкістю докембрійського фундаменту, низькою сейсмічністю, а також незначною потужністю водоносних горизонтів, які б могли суттєво вплинути на «консервацію» сховища. Проте, велика кількість радіоактивних відходів на території України, потребує розгляду і альтернативних варіантів. Так перспективною ділянкою для закладки геологічного сховища, на думку геологів-дослідників Рівненщини є зона вулканічних туфових порід в межах Волино-Подільської плити. Вулканічні туфи мають високі адсорбційні властивості, погану водопроникність, та утворюють стійкі сполуки при зцементуванні. Позитивним чинником є і територіальна близькість туфової зони до Рівненської та Хмельницької АЕС, що б сприяло зменшенню витрат і небезпек пов'язаних з транспортуванням радіоактивних відходів. Ще одним потенційним регіоном для розміщення сховищ є соляні структури Донбасу.

На географію розміщення поверхневих та приповерхневих радіоактивних сховищ мають вплив і гідрометеорологічні чинники. Певну небезпеку можуть становити аномальні несприятливі фізико-географічні процеси: інтенсивні зливові опади, паводки, повені, (можуть підтоплювати території хвостосховищ, підмивати їх дамби), посухи, чи блискавки (є причиною природних пожарів) та ін.

4. На державному рівні, основною організацією, що забезпечує збирання, транспортування, кондиціонування, тимчасове зберігання радіоактивних відходів майже від всіх підприємств України, що не належать до ядерного циклу, але утворюють РАВ є Державна корпорація «Українське державне об'єднання «Радон» (УкрДО «Радон»). До складу УкрДО «Радон» входить шість спеціалізованих підприємств (державних міжобласних спеціалізованих

спецкомбінатів), що розташовані у найбільших регіональних центрах держави (Київ, Львів, Харків, Одеса, Дніпро, Донецьк) та в Чорнобильській зоні. Перелічені ДМСК були створені ще в 1959-1961 роках для збирання і захоронення радіоактивних відходів, які не відносяться до ядерно-паливного циклу, промислових, наукових і медичних установ. Вони розташовані за територією місті і сконструйовані за стандартними проектами, містять приповерхневі сховища для твердих і біологічних відходів та відпрацьованих джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ). Головним підприємством УкрДО «Радон» визнано ДСП «Центральне підприємство з поводження з радіоактивними відходами», що базується на території Чорнобильської зони і використовує для захоронення РАВ сховища «Буряківка», «Підлісний», «Ш черга ЧАЕС», 9 пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів, а також виробничі потужності ПЗРВ «Вектор». Це також єдине державне підприємство такого типу, що займається довгостроковим зберіганням і захороненням радіоактивних відходів вказаних типів.

Зберіганням і захороненням радіоактивних відходів ядерного типу є Державне підприємство «Національна атомне енергогенеруюча компанія «Енергоатом». В її підпорядкуванні знаходяться, насамперед атомні електростанції країни. Однією з основних проблем атомних станцій України є значне заповнення тимчасових сховищ низькоактивними радіоактивними відходами. Останні кілька років АЕС України отримали ряд ліцензійних дозволів та розпочали втілення масштабних проектів по переробці радіоактивних відходів.

Нагальною проблемою було і захоронення ядерного палива після демонтажу Чорнобильської АЕС. З цією метою було споруджене Проміжне сховище відпрацьованого ядерного палива (СВЯП-2), яке розпочало «гарячі випробування», та завантажило перші випробування в листопаді поточного року.

5. Незважаючи на масштабність нових проектів пов'язаних і з запуском сховища відпрацьованого палива СВЯП-2, а також з модернізацією на



станціях та побудова нових сховищ для зберігання в межах Комплексу захоронення радіоактивних відходів «Вектор», створені об'єкти передбачають короткострокове зберігання РАВ терміном близько 100 років. В той же час побудова глибинного сховища в кристалічних формаціях перебуває ще тільки на стадії проектування.

6. Питання радіаційної безпеки, радіоактивних відходів є важливою складовою у формуванні компетенцій у курсі шкільної «Географії». Змістова лінія «Екологічна безпека та сталий розвиток» охоплює всю навчальну програму «Географії» з 6-го по 11 клас загальноосвітніх навчальних закладів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Авдеев О.К., Кретинин А.А., Леденев А.И., Скворцов В.В., Удод В.В., Шахов А.А. Радиоактивные отходы Украины: состояние, проблемы, решения: Монография. К.: Изд. Центр «ДрУк», 2003. 400 с.
2. Азімов О.Т., Руденко Ю.Ф., Ходоровський А.Я., Ліщенко Л.П., Сахацький О.І. Застосування матеріалів дистанційних зйомок при виявленні ділянок, сприятливих для захоронення РАВ у зоні відчуження. Збірник наукових праць / Інститут геохімії навколишнього середовища. - Київ, 2001. - Вип. 3-4 - С. 292 - 301.
3. Алексеева З.М., Бурзак Н.А., Василенко Т.М., та ін. Вимоги до вибору майданчика для розміщення сховища для захоронення радіоактивних відходів // Київ, Державний комітет ядерного регулювання України, 2008, 32 с.
4. Бухарев В.П., Степанов В.А., Семенюк М.П., Скворцов В.В., Скаржинський О.В. Еколого-геологічне Районування Чорнобильської зони відчуження. Збірник наукових праць / ДНЦ РНС. - Київ, 2001. - Вип.2. - с. 304–309.
5. Географія 10-11 класу. Рівень стандарту. Наказ МОН України від 23.10.2017 № 1407 URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv>
6. Географія 6-9 класи. Навчальна програма для загальноосвітніх закладів / за ред. Я.Б. Олійник та ін. Наказ МОН України від 07.06.2017 № 804 URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-5-9-klas>
7. Геологическая карта кристаллического основания Украинского щита. Масштаб 1:500000. — Главный редактор Н.П. Щербак. — Министерство геологии УССР. — Киев, 1983.
8. Державне управління у сфері поводження з радіоактивними відходами на стадії їх зберігання і захоронення. URL: <http://dazv.gov.ua/povodzhennia-z>

rav/derzhavne-upravlinnya-u-sferi-povodzhennya-z-radioaktivnimi-vidkhodami-na-stadiji-jikh-zberigannya-i-zakhoronennya.html

9. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2019 році. Департамент екології та природних ресурсів Рівненської облдержадміністрації. Рівне, 2020 -243 с.
10. «Енергетична стратегія України на період до 2030 року», розпорядження КМУ №145 від 15.03.2006.
11. Загальні положення забезпечення безпеки захоронення радіоактивних відходів у геологічних сховищах, Наказ Державного комітету ядерного регулювання України № 81 від 29.05.2007.
12. Задание на проектирование хранилища для ВАО, ред. 3.
13. Задание на проектирование хранилища для СА-ДСО, ред. 3. Проект U4.02/08. — 2011. — 40 с.
14. Закон України «Про державні цільові програми», №1621-IV від 18.03.2004
15. Закон України «Про Загальнодержавну цільову екологічну програму поводження з радіоактивними відходами» № 516-VI від 17.09.2008.
16. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами» № 256/95-ВР від 30.06.95 із змінами і доповненнями. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/255/95-%D0%B2%D1%80#Text>
17. Закон України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» // Відомості Верховної Ради УРСР (ВВР). — 1991. — № 16. — Ст. 198.
18. Запорозчук А. Класифікація радіоактивних відходів відповідно до рекомендацій МАГАТЕ. Актуальні проблеми міжнародних відносин. Випуск 101 (Частина II), 2011. – С.22-27
19. Изоляция радиоактивных отходов в недрах Украины (проблемы и возможные решения) — Отв. ред. В.М. Шестопапов. / Научно-инженерный центр радиогидрогеологических полигонных исследований. — Киев, 2006. — 398 с.

20. Изоляция радиоактивных отходов в недрах Украины / Монография под ред. В.М.Шестопалова. — Киев: НАН Украины, НИЦ РПИ, 2006. — 398 с
21. Камень преткновения (Обращение с радиоактивными отходами в наиболее развитых странах Запада) // Вестник Чернобыля. - 1993. - N 39. - С. 3.; N 40. - С. 3.
22. Карта загального сейсмічного районування України URL: <http://www.mukachevo.net/ua/news/view/25968>
23. Картоschema тектонічної будови України URL: <https://history.vn.ua/pidruchniki/maslyak-geography-8-class-2016/17.php>
24. Комплексна оцінка безпеки поводження з радіоактивними відходами на майданчику «Вектор» / З. М. Алексеева, С. М. Кондратьев — Є.О. Ніколаєв, О. А. Миколайчук, О. А. Макаровська, Н. В. Рибалка // Ядерна та радіаційна безпека. — 2013. — Вип. 2 (58). — С. 43—48.
25. Крети́нин А.А., Авдеев О.К., Бернадина Л.И., Шахов А.А., Леденев А.И., Яковлев В.М., Поляков В.Д., Федевич О.М. Хранилища радиоактивных отходов в Украине: Монография. Киев: Форест-А, 2008. 147 с.
26. Кронда О. Ю. Об'єкти правовідносин у сфері зберігання та захоронення радіоактивних відходів. Держава і право. Випуск 53. К.: Ін-т держави і права ім. В. М. Корецького НАН України, 2011 – С.481-486
27. Кузмяк І.Я., Кравцов В.І. Розвиток фізичного захисту радіоактивних відходів як крок до підтримання ядерної захищеності. Ядерна та радіаційна безпека 4(76).2017 – С.67-69
28. Мельничук В.Г. Придатність формації цеоліт-сметитових туфів Волино-Поділля для захоронення радіоактивних відходів Екологічні проблеми природокористування та охорона навколишнього середовища: Збірник наукових праць Другої Всеукр. наук.-практ. конф. за міжнародною участю (Рівне, 21-23 жовтня 2015 р. / Рівненський державний гуманітарний університет; за ред. проф. Д.В. Лико [та ін.]. – Рівне: РДГУ, 2015. – С. 121-124

29. Миколайчук О.А., Кондратьєв С.М. Методичні аспекти системного аналізу захоронення радіоактивних відходів на майданчику «Вектор» у Чорнобильській зоні відчуження Ядерна та радіаційна безпека 3(55).2012 – С.39-42
30. Наказ «Про затвердження Вимог до структури та змісту звіту з аналізу безпеки об'єктів, призначених для переробки радіоактивних відходів», №249 від 10.06.2020 р. Державна інспекція ядерного регулювання України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0788-20#Text>
31. Науменко В.В., Сенин Е.В., Чекалов А.Г., Проскуряков А.Г., Скаржинский В.И., Николаенко Б.А., Бухарев В.П., Степанов В.А. Оценка сейсмической активности района Чернобыльской атомной электростанции. — Чернобыль, изд-во НПО «Припять», ИГФМ АН УССР, 1990. — 79 с.
32. Національна доповідь «Про виконання Україною зобов'язань, що випливають з Об'єднаної Конвенції про безпеку поводження з відпрацьованим паливом та про безпеку поводження з радіоактивними відходами. — К., 2014.
33. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2018 році. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України URL: <https://mepr.gov.ua/timeline/Nacionalni-dopovidi-pro-stan-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishcha-v-Ukraini.html>
34. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи. — К. : Укр. центр держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. — 125 с.
35. Норми радіаційної безпеки України. Доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення
36. НП 306.4.143–2008. Вимоги та правила довгострокового зберігання довгоіснуючих та високоактивних радіоактивних відходів до їх захоронення в глибоких геологічних формаціях // Офіційний вісник України. — 2008. — № 17. — С. 72.

37. НРБУ-97/Д-2000. Державні гігієнічні нормативи (ДГН 6.6.1– 6.6.061– 2000). — К., 2000. — 80 с.
38. Оценка отходов и исходных данных. Проект U4.02/08. — 2011. — 70 с.
39. Оценка эффективности внедрения в Украине новой схемы классификации радиоактивных отходов / Проскура Н. И., Шестопалов В. М., Зинкевич Л. И., Шибецкий Ю. А., Алексеева З. М., Жебровская Е. И. // Ядерна та радіаційна безпека. — 2015. — Вип. 1(65). — С. 34—40.
40. Поводження з радіоактивними відходами при експлуатації АЕС ДП «НАЕК «Енергоатом». Звіт за 2018 рік [https://www.energoatom.com.ua/uploads/others/RAO\\_2018.pdf](https://www.energoatom.com.ua/uploads/others/RAO_2018.pdf)
41. Поводження з радіоактивними відходами при експлуатації АЕС ДП «НАЕК «Енергоатом». Звіт за 2019 рік. URL: [http://www.energoatom.com.ua/uploads/2020/%D0%98%D0%BB%D0%BB.%20%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82\\_2019.pdf](http://www.energoatom.com.ua/uploads/2020/%D0%98%D0%BB%D0%BB.%20%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82_2019.pdf)
42. Предложения по внедрению новой системы классификации РАО в регуляторную структуру Украины : проект INSCU4.01/08-С, ноябрь 2012. — Электронно-оптический диск (CDROM).
43. Проект INSC — UK/TS/39. Підзадача 1а : Керівництво з оцінки загального впливу майданчика «Вектор» з багатьма об'єктами, призначеними для переробки, зберігання та захоронення радіоактивних відходів. —2013.
44. Проект INSC — UK/TS/39. Підзадача 3.1: Керівництво з оцінки безпеки пунктів тимчасової локалізації аварійних радіоактивних відходів в Чорнобильській зоні відчуження. — 2015.
45. Проект U4.02/08. — 2011. — 39 с.
46. Проміжне сховище відпрацьованого ядерного палива «сухого» типу (СВЯП-2). URL: <https://chnpp.gov.ua/ua/180-2011-11-16-11-58-26/proekti-shcho-realizuyut-sya/27-227>

47. Радіоактивні відходи: визначення, склад і класифікація офіційний сайт ДАЗВ України URL: <https://ns-plus.com.ua/2019/07/31/radioaktyvni-vidhody-vyznachennya-sklad-i-klasyfikatsiya/#cont>
48. Середній еоцен (київська свита та її вікові аналоги) // Атлас Геологія і корисні копалини України. Масштаб 1:5 000 000. — Київ, 2001. — с. 90–91.
49. Скворцов В.В., Олександрова Н.В. Дослідження будови київського ярусу в зоні відчуження з метою пошуку ділянки докембрійського фундаменту для захоронення радіоактивних відходів с.129-139
50. Скворцов Д.В. О неопределенностях понятийной базы в отрасли обращения с радиоактивными отходами. Збірник наукових праць / Інститут геохімії навколишнього середовища. — Київ, 20001. — Вип. 1. — с. 200–207.
51. Стратегія поводження з радіоактивними відходами в Україні // Офіційний вісник України. — 2009. — № 65. — С. 25.
52. Схема классификации радиоактивных отходов для обеспечения долгосрочной безопасности захоронения / Проскура Н. И., Шестопапов В. М., Зинкевич Л. И., Шибецкий Ю. А., Алексеева З. М., Жебровская Е. И. // Ядерна та радіаційна безпека. — 2014. — Вип. 2 (62). — С. 37—43.
53. Техничко-економическое обоснование инвестиций строительства хранилища для промежуточного хранения ВАО, возвращаемых из РФ после переработки отработавшего ядерного топлива Украинских АЭС. — Т. 1 : Общая пояснительная записка. — Желтые Воды : ГП «НТЦ КОР», 2012. — 160 с.
54. Техніко-економічне обґрунтування інвестицій у будівництво другої черги комплексу виробництв «Вектор». — Затвердж. розпорядж. КМУ від 23.12.2009 № 1605-р.
55. Токаревський О. В., Кондратьєв С. М., Алексеева З. М., Рибалка Н. В. Аспекти безпеки та оптимізації довгострокового зберігання радіоактивних

відходів на майданчику «Вектор» Ядерна та радіаційна безпека 4(68).2015  
– С.24-30

56. Указ Президента України від 27.08.2015 №520/14т/2015 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 липня 2015 року «Про Проектну загрозу для ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів та інших джерел іонізуючого випромінювання в Україні».
57. Управління відходами URL: <https://mepr.gov.ua/timeline/Vidhodi-ta-nebezpechni-rechovini.html>
58. Чернігівський обласний центр з гідрометеорології. URL: <https://ch-pogoda.com.ua/index.php/pro-ns>
59. Чорнобильська АЕС: перше відпрацьоване ядерне паливо попрямувало у «сухе» сховище URL: <https://mepr.gov.ua/news/35883.html>
60. Шестопалов В.М., Шибецкий Ю.А. Требования к площадке и критерии выбора площадки для размещения геологического хранилища радиоактивных отходов // Международная конференция «Двадцать лет Чернобыльской катастрофы. Взгляд в будущее», Киев, Украина, 24-26 апр. 2006 г.: Сб.докл.-К.: «ХОЛТЕХ», 2006. – с.518 - 523
61. Шестопалов В.М., Шибецкий Ю.О.. Методологія дослідження ізолюючих властивостей гранітоїдів Українського щита при захороненні радіоактивних відходів // Міжнародна конференція «Еволюція докембрійських гранітоїдів і пов'язаних з ними корисних копалин у зв'язку з енергетикою землі і етапами її тектономагматичної активізації», Київ, 4-6 березня 2008: Зб.наук.праць. — К.:УкрДГРІ, 2008. — С.201-207.
62. Шибецкий Ю.О. Методологія розробки програми досліджень майданчика для обґрунтування безпеки геологічного захоронення радіоактивних відходів. URL:<http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/32255/06-Shybetskyi.pdf?sequence=1>
63. Classification of Radioactive Waste : Safety Guide. — Vienna : IAEA, 2009. — 68 p. — (IAEA Safety Standarts, No. GSG-1).



64. Features, Events and Processes (FEPs) for Geologic Disposal of Radioactive Waste.– NEA/OECD, Paris, 2000.  
General Safety Guide No.GSG-1, IAEA, Vienna (2009). – p.12
65. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of radioactive waste, Safety Guide Series No. 111-G-1.1, IAEA, Vienna (1994), INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of radioactive waste, General Safety Guide No.GSG1, IAEA, Vienna (2009).
66. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of radioactive waste, Safety Guide Series No. 111-G-1.1, IAEA, Vienna (1994). – p. 7
67. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of radioactive waste, General Safety Guide No.GSG-1, IAEA, Vienna (2009). – p. 9
68. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of radioactive waste,
69. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Standardization of Radioactive Waste Categories, Technical Reports Series No. 101, IAEA, Vienna (1970), INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Underground Disposal of Radioactive Waste: Basic Guidance, Safety Series No. 54, IAEA, Vienna (1981).
70. Radioactive Waste and Spent Fuel Management [Electronic resource]. – Mode of access: URL: <http://www-ns.iaea.org/tech-areas/waste-safety/disposable.html>
71. Radioactive Wastes [Electronic resource]. – Mode of access: URL: <http://worldnuclear.org/info/inf60.html>
72. Radioactive Wastes: An IAEA Source book. - V.: IAEA, 1992. – 12 p
73. SKB Technical Report TR 00-12: J. Andersson et al. What requirements does the KBS-3 repository make on the host rock? Geoscientific suitability indicators and criteria for siting and site evaluation. – Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co, Stockholm, Sweden, 2000.

74. SKB Technical Report TR 01-29: Site investigations. Investigation methods and general execution programme - Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co, Stockholm, Sweden, 2001.
75. SKB Technical Report TR 04-11: Interim main Report for the Safety Assessment SR-Can. - Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co, Stockholm, Sweden, 2004.
76. SKB Technical Report TR-00-20: Geoscientific programme for investigation and evaluation of sites for the deep repository. — Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co, Stockholm, Sweden, 2000.
77. Storage of Radioactive Waste : Safety Guide. — Vienna : IAEA, 2006. — 67 p. — (IAEA Safety Standards, No. WS-G-6.1).

## **ДОДАТКИ**

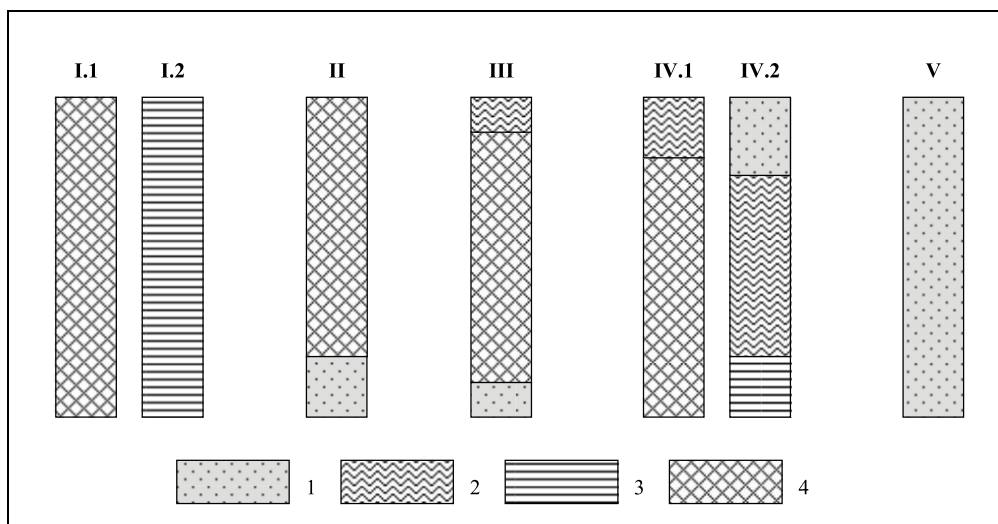
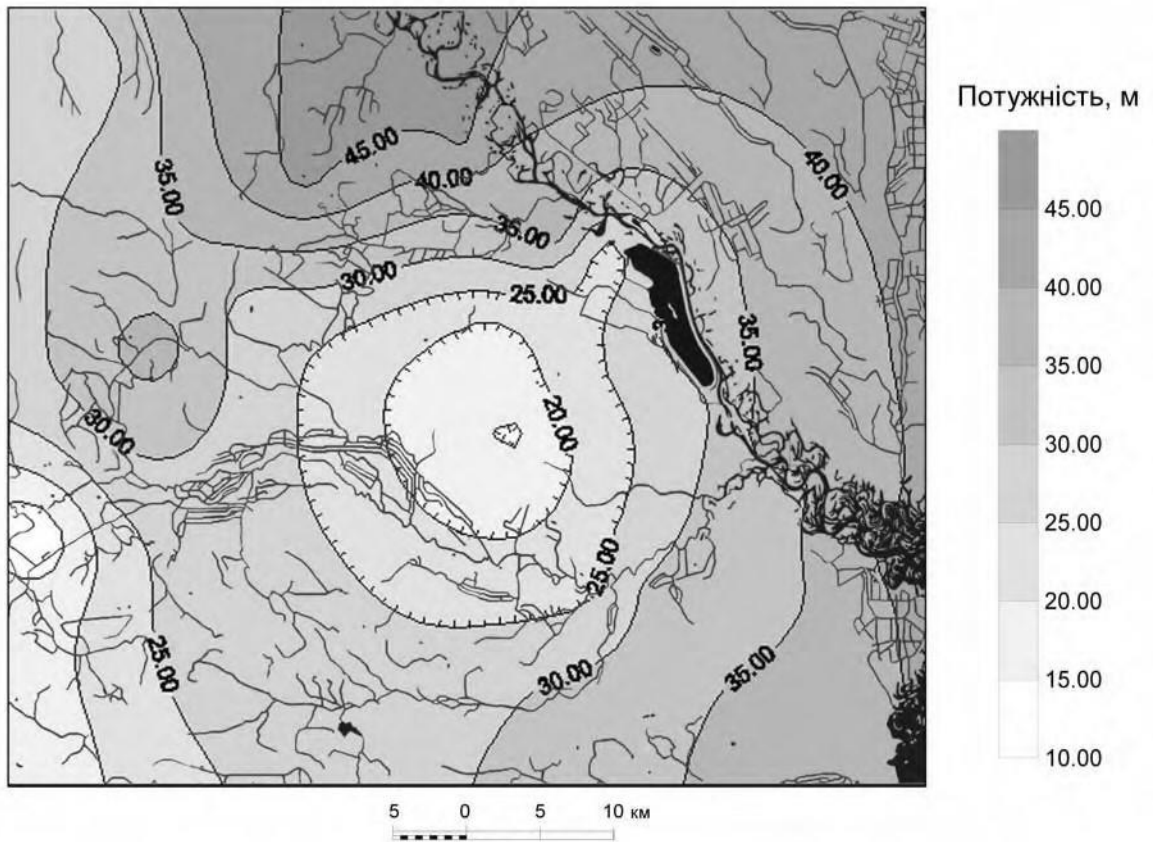
**Визначення основних термінів, на яких ґрунтується методологія визначення переліку характеристик майданчика, які необхідно дослідити на певній стадії його вибору (за Ю. Щибецьким [62, с.60]).**

<b>Термін</b>	<b>Визначення</b>
Потенційно-придатний район	Територія (площею до кількох сотень км <sup>2</sup> ), яка після завершення стадії регіонального обстеження визначена придатною для подальшого вивчення на стадії характеризування майданчика
Майданчик	Частина потенційно-придатного району, яка вивчена більш детально на стадії характеризування майданчика і є достатньо великою (площею 5-10 км <sup>2</sup> ) для розміщення наземної і підземної інфраструктури геологічного сховища разом із його санітарно-захисною зоною
Дослідження майданчика	Комплексні дослідження майданчика за допомогою аеро-, наземних і підземних методів (буріння свердловин на глибини, що в 1.5-2 рази перевищують глибину розташування сховища), а також аналіз, інтерпретація і оцінка отриманих даних
Дослідження	Поверхневі і бурові дослідження, необхідні для описання умов майданчика і його регіонального оточення
Проектування	Узагальнюючий термін для діяльності, яка спрямована на збір і аналіз технічної інформації, що трансформується згодом в технічні специфікації сховища і системи його інженерних бар'єрів, плани, компоновочні схеми, будівельну документацію
Оцінка безпеки	Оцінка довготривалої радіаційної безпеки
Оцінка майданчика	Усестороння оцінка придатності майданчика для розміщення геологічного сховища.
Функція безпеки	Конкретна мета, з якою створюється система бар'єрів для забезпечення цілей безпеки при захороненні РАВ
Параметр (характеристика)	Фізична або хімічна чисельна величина, що визначає властивість, умову або стан порід
Вимога (стосовно гірничого масиву)	Умова, виконання якої є необхідним, незалежно від стадії вибору майданчика. Усі вимоги мають бути виконаними
Перевага (стосовно гірничого масиву)	Умова, виконання якої є бажаним, незалежно від стадії вибору майданчика. Виконання усіх переваг не є обов'язковим
Показник геологічної придатності	Параметр (характеристика) гірничого масиву майданчика або вміщуючого геологічного середовища, який може бути вимірним безпосередньо або обчисленим і, на поточній стадії вибору майданчика, може застосовуватися для доказу того, що вимога або перевага виконуються
Критерій оцінки майданчика	Значення показника геологічної придатності, яке на поточній стадії вибору майданчика свідчить про виконання попередньо встановленої вимоги або переваги

**Принципи поводження з радіоактивними відходами**

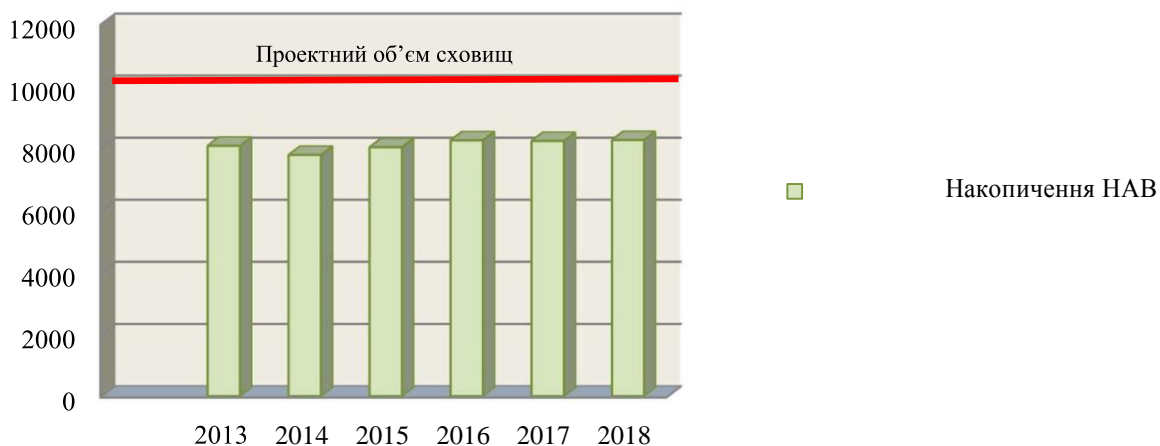


Карта потужностей та типів відкладів київського ярусу [49]

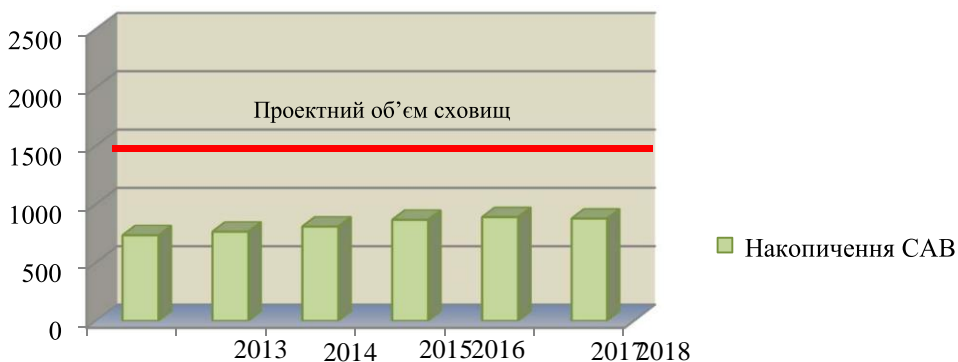


Типи розрізів київського ярусу: 1 — пісок, 2 — алеврит, 3 — глина, 4 — мергель

Накопичення твердих радіоактивних відходів на Запорізькій АЕС [40]



Г.1. Накопичення низькоактивних ТРВ у сховищах ЗАЕС

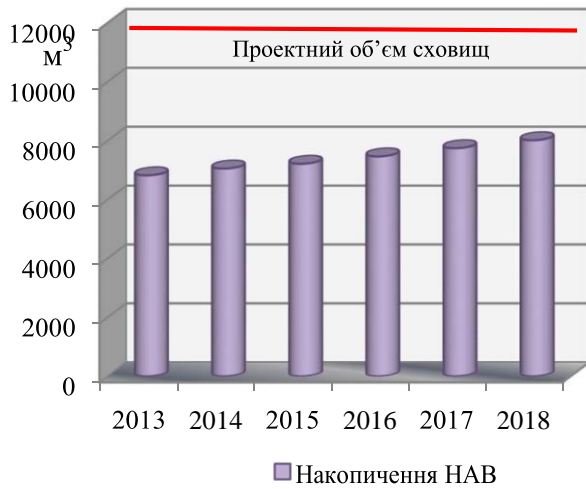


Г.2. Накопичення середньоактивних ТРВ у сховищах ЗАЕС



Г.3. Накопичення високоактивних ТРВ у сховищах ЗАЕС

**Накопичення твердих радіоактивних відходів на Рівненській АЕС [40]**



**Д.1 Накопичення низькоактивних та середньоактивних ТРВ у сховищах Рівненської АЕС**



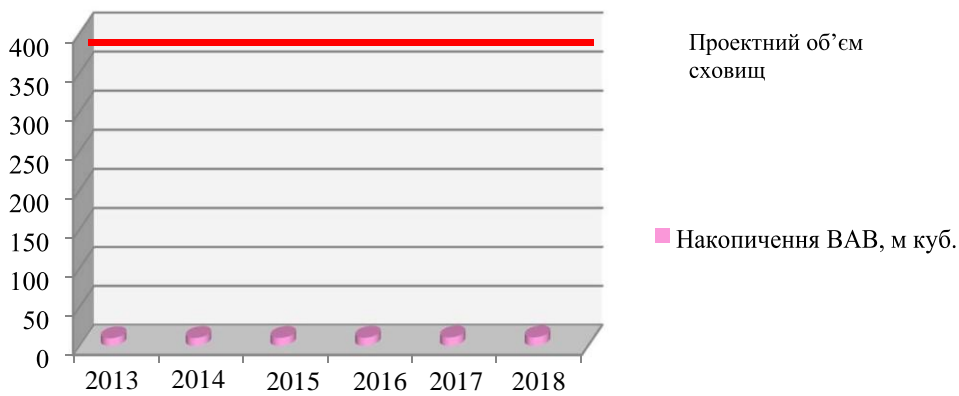
**Д.2 Накопичення високоактивних ТРВ у сховищах ВП Рівненської АЕС**



**Накопичення твердих радіоактивних відходів на Хмельницькій АЕС [40]**



Е.1 Накопичення низько- та середньоактивних ТРВ у сховищах ХАЕС



Е.2 Накопичення високоактивних ТРВ у сховищах ХАЕС

### Накопичення твердих радіоактивних відходів на Южноукраїнській АЕС [40]



#### Ж.1. Об'єм накопичених низькоактивних ТРВ на ЮУАЕС



#### Ж.2. Об'єм накопичених середньоактивних ТРВ на ЮУАЕС



#### Ж.3. Об'єм накопичених високоактивних ТРВ на ЮУАЕС

Додаток К  
Фрагментація та компактування (пресування) радіоактивних відходів на  
Чорнобильській АЕС



Додаток К

**Процес спалювання та завод рідких радіоактивних відходів на  
Чорнобильській АЕС**





**Проміжне сховище відпрацьованого ядерного палива (СВЯП-2)**





Комплекс захоронення радіоактивних відходів «Вектор»

