

# АХІЛЛЕСОВА П'ЯТА АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Алла АКСЬОНОВА

За останні 60 років, як свідчить статистика МАГАТЕ, у світі побудовано 400 атомних електростанцій. При цьому жодна з них не має чіткого довготермінового плану збереження своїх відходів. Більше того, на думку міжнародних експертів, саме це питання може ще довго залишатися Ахіллесовою п'ятою атомної енергетики, оскільки в усіх країнах-виробниках атомної електроенергії радіоактивні відходи (РАВ) зберігаються безпосередньо на АЕС, у заповнених водою бетонних резервуарах або спеціальних сховищах неподалік станцій. Тож проблема збереження відходів вже не один десяток років – в центрі світової уваги. В Україні схожа ситуація. Про те, як вирішують у нас дану проблему та що планують на майбутнє, й піде далі мова

Поки що забезпечити навколишнє середовище від негативного впливу радіоактивних відходів можна єдиним методом, а саме шляхом ізоляції, тобто захоронення їх від біосфери на такий час, протягом якого відбудеться природний розпад радіонуклідів. Саме на такий спосіб ізоляції вітчизняних відпрацьованих ядерних матеріалів вказує й Закон України "Про поводження з радіоактивними відходами". Зокрема, короткоіснуючі, за цим документом, дозволяється захоронювати в приповерхневих спорудах, за умови, що їх активність через 300 років досягне рівня зняття з регулюючого контролю. А ось довгоіснуючі та високоактивні відходи підлягають захороненню лише у сховищах геологічного типу. Таких в Україні досі немає. Тому, за словами фахівців, у нас довготривала безпека нині забезпечується тільки довготривалим адміністративним контролем. Це передбачає безперервне підтримання економічних та наукових можливостей держави здійснювати контроль і проводити необхідні заходи. Про те, як це виконується на практиці, та що з цього приводу говорить вітчизняна наука, ми й спробували з'ясувати.

## ГЕОЛОГІЧНЕ СХОВИЩЕ: ЩО ЗАВАЖАЄ СТВОРЕННЮ

Мабуть, найкраще на практичній стороні питання захоронення радіоактивних відходів розуміються в Українському державному об'єднанні "Радон", яке в нашій країні фактично є галуззю поводження з РАВ. Адже "Радон", а вірніше, його структурні підрозділи, міжобласні спецкомбінати, й займаються вирішенням питань створення умов для прийняття на зберігання або захоронення всіх радіоактивних відходів від будь-яких виробників України, з мінімізацією місць їх захоронення чи зберігання. Зо-

крема, усі низько- та середньоактивні відходи, що містять короткоіснуючі радіонукліди, із введенням в експлуатацію першої черги комплексу виробництва "Вектор" у Чорнобильській зоні відчуження заплановано захоронювати в його сховищах. До речі, завдяки цьому, згадані міжобласні спецкомбінати змінили технологію поводження з відходами, які тепер не захоронюються, а лише тимчасово зберігаються на їхній виробничій території, з наступним вивезенням до сховищ комплексу виробництва "Вектор". Більше того, завдяки пуску першої черги з'явилася можливість здійснювати вивезення накопичених відходів із атомних електростанцій, сховищ спецкомбінатів ДК "УкрДО "Радон", ПЗРВ та ПТЛРВ Зони відчуження, Чорнобильської АЕС та інших об'єктів з метою мінімізації місць зберігання або захоронення радіоактивних відходів. Однак питання тривалого зберігання високоактивних та довгоіснуючих відходів поки – в глухому куті. Правда, з уведенням в експлуатацію сховищ другої черги комплексу виробництва "Вектор" ці радіоактивні матеріали зберігатимуться в них, і то лише протягом 50-100 років. Тож і в такому разі вони потребуватимуть подальшого захоронення в геологічному сховищі. Про актуальність цієї проблеми не раз наголошували представникам ЗМІ керівники як самого об'єднання "Радон", так і його спецкомбінатів. Обговорювали її й на науково-практичній конференції "Ядерні й радіаційні технології в Україні: можливості, стан та проблеми впровадження", організованій Інститутом проблем національної безпеки України. Один із виступів ми й пропонуємо, шановні читачі, вашій увазі.

Павло Корчагін, заступник директора з питань фізичного захисту та радіаційної безпеки Київського державного міжобласного спецкомбінату "Радон":

– Початок робіт зі створення геологічного сховища РАВ було задекларовано ще Державною програмою поводження з радіоактивними відходами, яка кожні три роки, починаючи з 1996 року, переглядалася та затверджувалася Кабінетом Міністрів України. У вересні 2008 році прийнято Закон України "Про загальнодержавну цільову екологічну програму поводження з РАВ", яким також передбачено створення геологічного сховища. Але роботи з вибору майданчика для розміщення сховища РАВ геологічного типу, обґрунтування безпеки, проєктування, будівництва, ліцензування тощо, як свідчить міжнародний досвід, є складними і тривалими. Для створення такого об'єкта необхідні скоординовані зусилля багатьох різнопрофільних установ та організацій. Першим кроком на шляху створення геологічного сховища має бути створення або призначення юридичної особи, на яку покладаються функції замовника на створення геологічного сховища. Досвід та практика свідчать, що нині у світі при спорудженні геологічного сховища головною перешкодою стають не інженерні або наукові проблеми, і навіть не економічні чинники, а отримання згоди населення на створення і розміщення такого сховища. Існує проста відповідь на питання, чому суспільство повинно активно та інтенсивно брати участь в пошуку майданчика для розміщення геологічного сховища. Розвиток суспільства сприяв появі нових форм співробітництва. Співробітництво більше не значить, що суспільство інформоване та має право заперечувати. І, відповідно, не співробітництво є єдиною метою для прийняття громадськістю планів і рішень, а спільне планування розвитку. У випадку великомасштабного проєкту, яким, безумовно, є створення геологічного сховища радіоактивних відходів, більша частина очікує і вимагає приймати до уваги їхні інтереси. Крім того, чим неоднозначніший та ризикований проєкт в уяві громадськості, тим більше людей вимагає участі. Таким чином, основні потреби складають інформація та участь на ранніх стадіях. Очевидно, громадськість не хоче бути поставленою перед фактом, а бажає сама брати участь у процесі планування та прийняття рішення. Одним із важливих елементів у такому співробітництві є довіра до науковців та не-

## Довідка

Створенням сховищ для захоронення довгоіснуючих радіоактивних відходів займається багато країн, зокрема європейських – Швеція, Бельгія, Швейцарія, Франція, Великобританія, Іспанія та ін. Німці, наприклад, почали працювати над цією проблемою ще в 60-тих роках минулого століття. Вони мають унікальну суху шахту Конрад глибиною понад 1000 метрів, дуже старанно і пунктуально обґрунтовують безпеку захоронення відходів навіть низької та середньої активності, не говорячи вже про ВДРАВ. У Німеччині є закон, згідно з яким усі відходи мають захоронюватися в геологічному середовищі. У Швеції та Фінляндії також активно працюють у цьому напрямку, зокрема ведуть пошуки ділянок для захоронення РАВ у кристалічних породах

залежних експертів у питанні рівня безпеки. Якщо ми обрали шлях відкритого суспільного (інформативного) середовища особливо в наукових та технічних сферах, то всі відносини мають будуватися на конкурсних та конкурентних засадах серед виконавців. Повернення до системи, в якій признаються головні наукові, проєктні або будь-які інші організації, з часом призведе до виникнення монополістів. Всім відомо, що з часом якість робіт та послуг монополістів буде знижуватися, а їх вартість – зростати. І конкурентів таких головних організації завжди будуть витісняти та "нейтралізувати".

## ПРОБЛЕМА НЕ МАЙБУТНЬОГО, А СЬОГОДЕННЯ

Пропозиція про будівництво на території Чорнобильської зони подібного сховища для радіоактивних відходів (РАВ) викликала у захисників навколишнього середовища досить бурхливу реакцію. Невизначеність у цьому питанні збудили серйозне занепокоєння вітчизняних фахівців та науковців, котрі, як ніхто інший, розуміють, до яких катастрофічних наслідків може призвести порушення режиму збереження РАВ. "Класичним" прикладом злочинного недбалства у поводженні з ядерними відходами може служити аварія в місті Кіштим Челябінської області 1957 року.

Думка про те, що Україна повинна мати геологічне сховище для РАВ, усе частіше висловлюється на найвищому державному рівні. І в наукових колах постійно говорять, що потрібно шукати місце і способи, аби величезну кількість наших високоактивних і довгоіснуючих РАВ локалізувати й ізолювати в надрах. Адже період напіврозпаду деяких радіоактивних елементів становить тисячі, сотні тисяч і навіть мільйони років. "Іншого виходу, крім глибокого захоронення РАВ у геологічному середовищі, немає", – цереконаний директор Науково-інженерного центру радіогео-екологічних полігонних досліджень НАН України, доктор геолого-мінералогічних наук, академік НАНУ, академік-секретар відділення наук про Землю НАН України В'ячеслав Шестопалов. Більше того, в одному зі своїх інтерв'ю В'ячеслав Михайлович зазначає, що він ще в 1993-1995 роках разом із колективом дослідників на чолі з академіком НАНУ Емленом Соботовичем провели скринінг (пошук) перспективних місць для захоронення РАВ за геологічними критеріями (перспективними в цьому відношенні є кристалічні





породи, передусім граніти, а також солі та глини). "В Україні, – говорить академік у інтерв'ю, – є величезні пласти солей (Донбас, Полтавська область, Закарпаття тощо), глини також достатньо. Особливо багато їх у Прикарпатті, де товщина пластів місцями досягає трьох кілометрів. Нарешті, у нас є Український кристалічний щит, який пролягає з північного заходу на південний схід країни на більш як тисячу кілометрів. Звичайно, в ньому є дуже багато розломів, але можна вибрати ділянки в стабільних блоках. Особливо важливими є дослідження на глибинах, що знаходяться нижче зони активного водообміну, тобто декілька сотень метрів і більше".

Після Чорнобильської катастрофи, за словами В'ячеслава Шестопалова, наша країна за кількістю високоактивних і довгоіснуючих радіоактивних відходів відстає тільки від США і Росії, хоча потужність АЕС цих держав у декілька разів перевищує потужності АЕС України. За оцінками фахівців ДСП "Техноцентр", кількість ВДРАВ, що накопичилися в нашій країні, становить близько 76 тисяч кубічних метрів. Переважна їх кількість (до 90 відсотків) знаходиться в Чорнобильській зоні відчуження. Обсяг РАВ, пов'язаних із роботою атомних електростанцій в Україні, поки відносно невеликий, приблизно такий, як у Великобританії. Але цей факт, зауважує академік Шестопалов, не повинен заспокоювати. Вітчизняні РАВ у нинішньому стані, на думку вченого, це дійсно реальна загроза для здоров'я людей, яка з часом ще більше зростатиме. Немає гарантії, що через певний час не станеться якась непередбачена подія, що спровокує виведення з-під контролю незахоронених небезпечних відходів. Тож краще уникнути такого ризику, ізолювавши їх глибоко в надра.

#### Довідка

*Залежно від конструкції, глибинні сховища РАВ поділяються на два типи: шахтні і свердловинні. Як правило, у шахтних сховищах відходи розміщують на глибині від 500 до 1000 м. У свердловинних сховищах інтервал глибин для розміщення РАВ становить 2000-4000 м. Зона відчуження ЧАЕС, на думку багатьох вчених, підходить для обох типів сховищ. Її кристалічні породи перекриті осадовими породами (глиною, пісками), які мають набагато більшу ємність у порівнянні з гранітами щодо здатності поглинати радіонукліди. Навіть якщо припустити, що, якась їх кількість проникне через багатометрову товщу гранітів, то вона абсорбується цими породами. Тобто існує додатковий потужний природний бар'єр. До речі, у шведів кристалічні породи виходять практично на поверхню. Та вони про такий бар'єр і не мріють. Так само, як і фіни*

Більше того, проблему ізоляції радіоактивних відходів, вважає Шестопалов, сьогодні слід розглядати в двох аспектах. "По-перше, – пояснює В'ячеслав Михайлович, – найбільш небезпечні високоактивні та довгоіснуючі радіоактивні відходи тисячоліттями будуть створювати потенційну загрозу для здоров'я та життя людей, і з розвитком атомної енергетики в Україні кількість радіоактивних відходів буде зростати. По-друге, якщо ми маємо намір вступати до Європейського Союзу, то однією з його вимог є проведення активних заходів із радіаційної безпеки, зокрема створення відповідних сховищ для РАВ. Це збігається з вимогами нашого законодавства щодо поводження з РАВ".

У поверхневих сховищах, як зазначає в своєму інтерв'ю вчений, можуть бути

захоронені короткоіснуючі РАВ. Такі відходи стають безпечними вже через 300 років. Для їх захоронення в Зоні відчуження Чорнобильської АЕС будують комплекс "Вектор". Отож можна сподіватися, що проблему ізоляції зазначених РАВ почнуть вирішувати.

Глибинні (або геологічні) сховища є найбезпечнішими для захоронення високоактивних і довгоіснуючих радіоактивних відходів. Частина таких відходів знаходиться в об'єкті "Укриття", частина – поза ним. Додамо до цього відходи працюючих атомних станцій. І куди їх подіти? Питання відкрите. Місткість пристанційних сховищ на багатьох діючих українських АЕС майже вичерпана. Таким чином, це проблема не майбутнього, а сьогодення" – говорить в інтерв'ю В'ячеслав Михайлович.

Чорнобильська зона відчуження, на думку академіка, за багатьма показниками безпеки (не тільки геологічними, але й соціальними, транспортними тощо) і прилеглі до неї території, в основному в межах зони обов'язкового відселення, є оптимальним місцем для глибинного сховища згаданих РАВ. Західна частина Зони і суміжні території належать до найбільш перспективних у цьому відношенні ділянок кристалічного щита. Її територія, за його словами, вже зараз відіграє роль своєрідного бар'єра на шляху переміщення чорнобильських радіонуклідів за її межі у бік населених пунктів. "Оскільки тут знаходиться основна маса РАВ, – зауважує В'ячеслав Шестопалов, – то відпадає ризик, пов'язаний з їх транспортуванням на далекі відстані для захоронення".

У критиків (наукових і політичних) ідеї створення в Чорнобильській зоні сховища для РАВ, за словами В'ячеслава Михайловича, відсутні аргументовані альтернативні пропозиції. "Чи розмірковували критики, – пояснює свою позицію академік, – де ж саме створювати сховища РАВ, знаючи, що понад 90 % небезпечних відходів знаходиться в Чорнобильській зоні відчуження? Майже вся територія України досить щільно заселена. А наші Карпатські гори, де щільність населення низька, не придатні для цього. Везти ці відходи із Чорнобильської зони в Донбас, на Полтавщину чи в Прикарпаття – не вихід. Тим паче, що вже зараз геологами доведена можливість створення безпечного сховища для захоронення високоактивних і довгоіснуючих радіоактивних відходів саме в Чорнобильській зоні відчуження".

Щодо можливих варіантів вирішення даної проблеми, то В'ячеслав Шестопалов говорить наступне:

– Перший варіант – відправка відпрацьованого ядерного палива (ВЯП) в Росію. Така практика призводить до суттєвих фінансових втрат, відсутності власної інфраструктури і ризиків, пов'язаних зі станом справ у Росії. Адже, незважаючи на значно більші фінансові можливості нашої північної сусідки у порівнянні з Україною, російський завод по переробці ВЯП реакторів ВВЕР-400 (у нас ці реактори працюють на Рівненській АЕС) знаходиться на стадії вичерпання своїх виробничих можливостей. А ВЯП реакторів ВВЕР-1000 ще тільки накопичуються без переробки на іншому російському заводі РТ-2, який необхідно будувати. Очевидно, що вартість такої переробки ВЯП в Росії поступово буде збільшуватися.

Наміри побудувати власні підприємства переробки відпрацьованого ядерного палива так і залишилися на папері. Річ у тім, що аналіз світового ринку урану і вартості переробки ВЯП, за даними Гарвардського університету, показав: переробка для створення нового палива стає доцільною при ціні урану 360 доларів за кілограм. А ни-



нішні ціни становлять лише 50-80 доларів, і в перспективі немає причин для їх суттєвого збільшення.

З іншого боку, певна рентабельність власної переробки відпрацьованого ядерного палива досягається при потужності виробництва не менше 1 500 т на рік. Однак в Україні щорічно утворюється лише близько 300 т ВЯП. Отже, рентабельність такого виробництва вимагає значного ввозу на конкурентній основі відходів ядерного палива з інших країн, що призведе до виникнення додаткових проблем.

Багато країн із самого початку розвитку ядерної енергетики вибрали стратегію прямого захоронення відпрацьованого ядерного палива в геологічних сховищах після витримки їх у пристанційних сховищах (Швеція, Фінляндія, Чехія та інші). Окремі держави відмовилися від прийнятого раніше рішення про переробку ВЯП (Німеччина, Швейцарія).

Розвиток системи переробки відпрацьованого ядерного палива підтримують країни, які перш за все зацікавлені у виробництві плутонію військового призначення (США, Росія, Франція, Велика Британія тощо). Враховуючи міжнародний статус України, не можна серйозно вважати військову компоненту переробки ВЯП актуальною і реалістичною причиною створення такого виробництва у нас.

Існує також можливість повторного використання плутонію і урану для виробництва свіжого палива. Але проблеми, які виникають у зв'язку з цим, ставлять під великий сумнів реальність створення такого виробництва в Україні, його рентабельність та екологічну надійність.

Отже, найбільш оптимальним для наших умов є варіант поводження з відпрацьованим ядерним паливом, який обрали Німеччина, Швеція, Швейцарія та інші країни, а саме: захоронення ВЯП в геологічному сховищі без переробки, але після необхідної витримки на АЕС. Це дозволить значно прискорити вирішення проблеми їх безпечної ізоляції, а також зменшити фінансові витрати і не породжувати нові екологічні проблеми. У разі прийняття такої стратегії може бути реалізована схема більш прискореної ізоляції високоактивних і довгоіснуючих радіоактивних відходів у надрах. Тим більше, що більш ніж 97 % небезпечної активності цих наших відходів знаходиться в 0,1 % їх об'єму. До них можуть також бути віднесені ВЯП (у разі прийняття рішення щодо їх захоронення без попередньої переробки), оскловані високоактивні відходи, які будуть надходити з Росії, а також частина паливно-вміщуючих мас, які знаходяться в об'єкті "Укриття". Тож загальний об'єм цих

високоактивних відходів становить десь близько 2200 м<sup>3</sup>. Їх доцільно розмістити в свердловинах на глибинах від 2 до 4 км в першу чергу, забезпечивши найвищу надійність їх ізоляції. Це можна зробити за 15-18 років, витрачаючи значно менше коштів, ніж при будівництві сховища шахтного типу.

До речі, за світовою практикою, глибокі свердловини мають переваги у порівнянні з шахтами. Шахти глибиною 500-1000 метрів потребують складних комунікацій під землею, а також на поверхні. Будівництво їх у кристалічних породах, за оцінками західних фахівців, коштує 3-4 мільярди доларів. При існуючих економічних умовах для нашої держави це велике фінансове навантаження.

Свердловини не є громіздкими об'єктами. Вони набагато дешевші, ніж шахти. В міру готовності відходів до захоронення буриться глибока свердловина, у неї завантажуються контейнери – і сховище закривають. Коли знову накопичилися РАВ (радіоактивні відходи) для захоронення, пробурюють наступну свердловину. Таким чином, фінансові витрати можна розподіляти в часі.

У другу чергу, після того, як будуть підготовлені до захоронення основні об'єми високоактивних і довгоіснуючих радіоактивних відходів об'єкта "Укриття", проммайданчика цього об'єкта, деяких пунктів захоронення РАВ у Зоні відчуження, можна буде ввести в експлуатацію сховище шахтного типу. Причому результати досліджень для обґрунтування сховища свердловинного типу можна буде використати для вибору місця будівництва сховища шахтного типу.

Очевидно, для обґрунтування реалістичності такого підходу необхідно виконати значний обсяг комплексних науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт. Ці роботи повинні органічно відповідати стратегії поводження з РАВ в Україні, яку необхідно ще розробити. І нарешті. Все це залишиться на папері, якщо не буде вирішено проблему стабільного фінансування цих дуже важливих для безпеки країни робіт. Враховуючи сумний досвід минулих років, стан справ можна виправити, створивши Державний фонд поводження з РАВ за рахунок відратування частини прибутку з використання електроенергії, яка виробляється нашими АЕС.

Насамкінець академік підкреслив, що проблема захоронення високоактивних і довгоіснуючих радіоактивних відходів не терпить зволікання. Якщо вже ми її створили, то маємо й ліквідувати, а не залишати цей "головний біль" для майбутніх поколінь. Такий принцип загальноприйнятий у світі, і нам не годиться його ігнорувати.