

УДК 621.039

*В. М. Васильченко, О. М. Масько, Г. М. Новосьолов**ДП «Державний науково-інженерний центр систем контролю та аварійного реагування (ДП «ДНІЦ СКАР»)
Мінерговугілля України, м. Київ*

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ «КОНЦЕПЦІЇ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДПРАЦЬОВАНИМ ЯДЕРНИМ ПАЛИВОМ ВВЕР-1000 ТА ПРОДУКТАМИ ЙОГО ПЕРЕРОБКИ, ЩО ПОВЕРТАЮТЬСЯ В УКРАЇНУ»

Наведено огляд основних положень «Концепції поведінки з відпрацьованим ядерним паливом ВВЕР-1000 і продуктами його переробки, що повертаються в Україну». Розглянуто концептуальні рішення та можливі сценарії поведінки з відпрацьованим ядерним паливом (ВЯП) реакторів ВВЕР-1000 та продуктами його переробки, які відповідають чинним нормативно-правовим актам та програмним документам України в сфері використання ядерної енергії. Для базового сценарію поведінки з ВЯП ВВЕР-1000, відправленим на переробку до Російської Федерації, виконано прогнози обсягів напрацювання цінних продуктів переробки (ЦПП) та радіоактивних відходів (РАВ) від переробки ВЯП, які мають бути повернуті до України, оцінено витрати на їх перевезення та передавання на захоронення. Розглянуто перспективи поведінки з ЦПП ВЯП та вибрано оптимальний варіант, який дасть змогу вже найближчим часом використати ЦПП для виготовлення ядерного палива та виробництва електроенергії на АЕС України.

Ключові слова: атомна електростанція, водо-водяний енергетичний реактор ВВЕР-1000, відпрацьоване ядерне паливо, цінні продукти переробки, радіоактивні відходи.

Утворення відпрацьованого ядерного палива є невід'ємним результатом виробництва електроенергії на атомних електростанціях. Закладені у вихідних проектах українських АЕС технічні рішення щодо поведінки з ВЯП засновано на концепції ядерно-паливного циклу, прийнятій у колишньому СРСР. Для реакторів типу ВВЕР цією концепцією передбачався сценарій замкненого ядерно-паливного циклу, за яким ВЯП підлягає вивезенню з АЕС на радіохімічну переробку, щоб виділити для подальшого використання цінні продукти, що містяться у ВЯП (уран та плутоній), а також розподілити за активністю продукти поділу урану та кондиціонувати радіоактивні відходи, що підлягають захороненню.

На даний час відпрацьовані тепловидільні збірки (ВТВЗ) ВВЕР-440 українських АЕС переробляються на ВО «Маяк» (РФ), а ВТВЗ ВВЕР-1000 Южно-Української, Рівненської та Хмельницької АЕС тимчасово зберігаються на ФДУП «Гірничо-хімічний комбінат» (РФ). ВТВЗ ВВЕР-1000 Запорізької АЕС зберігаються в станційному сховищі сухого типу. Переробка ВТВЗ ВВЕР-1000, відправлених на ФДУП «Гірничо-хімічний комбінат», планується після 2020 року. В Україні також продовжується підготовка до будівництва централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива (ЦСВЯП) реакторних установок Южно-Української, Рівненської та Хмельницької АЕС.

Водночас існують певні невизначеності щодо економічної виправданості та ефективності наявної в Україні практики поведінки з ВЯП, які зумовили потребу в додаткових дослідженнях,

актуалізації оцінки наявного та майбутнього ресурсу для виготовлення ядерного палива реакторів нових поколінь. Саме на основі зазначених досліджень розроблено галузевий нормативний документ «Концепція поведінки з відпрацьованим ядерним паливом ВВЕР-1000 та продуктами його переробки, що повертаються в Україну» (далі — Концепція), в якому запропоновано основні концептуальні рішення щодо поведінки з ВЯП ВВЕР-1000 українських АЕС і продуктами його переробки.

ПРИЗНАЧЕННЯ ТА СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ

Концепція є документом галузевого рівня, що визначає основні концептуальні рішення з поведінки з ВЯП ВВЕР-1000 і продуктами його переробки, які повертаються до України.

Концепція містить результати аналізу та довгострокового прогнозу діяльності щодо поведінки з відпрацьованим ядерним паливом ВВЕР-1000 діючих АЕС України (Запорізької, Рівненської, Хмельницької та Южно-Української) та з продуктами переробки ВЯП цих енергоблоків, а також можливої діяльності щодо поведінки з ВЯП інших енергоблоків АЕС України в разі їх спорудження до 2030 року.

У Концепції розглядається поведінка з усіма обсягами ВЯП ВВЕР-1000, що утворилися та утворюватимуться на діючих, нових і заміщуваних енергоблоках АЕС, які вводитимуться в експлуатацію в рамках реалізації «Енергетичної стратегії України до 2030 року» [1—3].

Головною метою діяльності щодо поводження з ВЯП ВВЕР-1000 і продуктами його переробки є вирішення відповідної частини проблем завершальної стадії ядерно-паливного циклу, яке протягом планованого періоду та в подальшій перспективі не призведе до втрати конкурентоспроможності ядерно-енергетичним комплексом України в цілому.

Стратегічне планування діяльності щодо поводження з ВЯП ВВЕР-1000 та продуктами його переробки в Концепції виконано на основі положень Енергетичної стратегії [1—3]. Період часу, який аналізується в Концепції, визначений до 2030 року та відповідає терміну дії «Енергетичної стратегії України на період до 2030 року» [1—3].

Положення Концепції поширюються на діяльність усіх підприємств енергетичної галузі, що беруть участь у поводженні з відпрацьованим ядерним паливом ВВЕР-1000 і продуктами його переробки, які повертаються до України.

ВАРІАНТИ І СЦЕНАРІЇ ПОВОДЖЕННЯ З ВЯП ВВЕР-1000 АЕС УКРАЇНИ ТА ПРОДУКТАМИ ЙОГО ПЕРЕРОБКИ

Вихідні положення Концепції. Весь обсяг ВЯП ВВЕР-1000, поводження з яким розглядається в Концепції, умовно поділяється на три види (рис. 1):

- ВЯП енергоблоків ВВЕР-1000 ЗАЕС, що направляється на тимчасове зберігання в СВЯП ЗАЕС;
- ВЯП енергоблоків ВВЕР-1000 РАЕС, ХАЕС та ЮУАЕС, що відправлене, відправляється та відправлятиметься на тимчасове зберігання та подальшу переробку до Російської Федерації на ФДУП «Гірничо-хімічний комбінат» (до введення в експлуатацію ЦСВЯП);
- ВЯП енергоблоків ВВЕР-1000 РАЕС, ХАЕС, ЮУАЕС, що планується направляти на довгострокове зберігання в ЦСВЯП (орієнтовно з 2018 року).

Згідно з положеннями «Енергетичної стратегії України на період до 2030 року» [1] та Плану заходів з її реалізації передбачено [2]:

- реалізацію для ВЯП АЕС України так званого відкладеного рішення — тривале (50 років і більше) зберігання ВЯП з подальшим визначенням та ухваленням остаточного рішення щодо його переробки або захоронення;

- забезпечення безпечної експлуатації пристанційного сховища ВЯП «сухого» типу на Запорізькій АЕС (ЗСВЯП);

- створення та введення в експлуатацію централізованого сховища «сухого» типу для ВЯП реакторів ВВЕР-440 та ВВЕР-1000 РАЕС, ХАЕС та ЮУАЕС, а також ВЯП нових ядерних енергоблоків [4, 5].

У «Стратегії розвитку атомної енергетики Росії в першій половині двадцять першого століття» [6] зазначено, що переробку основної маси опроміненого ядерного палива доцільно відкласти до початку серійного будівництва реакторів нового покоління. У зв'язку з цим введення в експлуатацію заводу регенерації палива РП-2 відкладено до 2020 року.

Отже, можливий термін початку переробки ВТВЗ реакторів ВВЕР-1000 українських АЕС, вивезених до РФ, — 2020 рік; відповідно, повернення РАВ та цінних продуктів від переробки ВЯП реакторів ВВЕР-1000 українських АЕС може розпочатись не раніше 2021 року.

Беручи до уваги, що для ВЯП АЕС України реалізовуватиметься стратегія відкладеного рішення, після спорудження ЦСВЯП принципово можливим стане варіант повернення на територію України без переробки ВЯП реакторів ВВЕР-1000, яке було раніше вивезено до РФ.

Враховуючи поточну ситуацію із створенням ЦСВЯП, можлива затримка з його спорудженням та введенням в експлуатацію орієнтовно до 2018 року.

Варіанти поводження з ВЯП ВВЕР-1000. Принципову схему організації поводження з різними видами ВЯП ВВЕР-1000 українських АЕС у межах терміну стратегічного планування наведено на рис. 1.

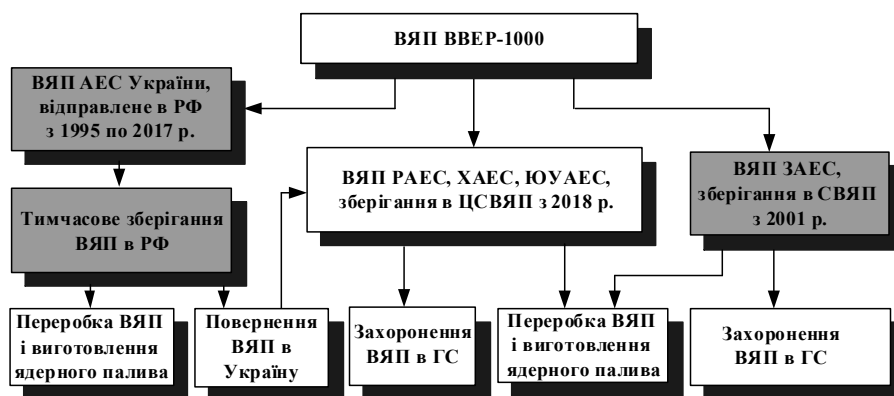


Рис. 1. Принципова схема можливих варіантів поводження з ВЯП енергоблоків ВВЕР-1000 АЕС України (виділено види діяльності щодо поводження з ВЯП, які реалізуються на даний час; ГС — геологічне сховище ВЯП)

Виходячи з основних завдань та визначальних умов поводження з ВЯП енергоблоків ВВЕР діючих АЕС України, а також з урахуванням міжнародної практики відмови від захоронення на своїй території РАВ іноземного походження, можливими варіантами поводження з відпрацьованим паливом є такі:

варіант 1 — використання діючої схеми поводження з ВЯП в повному обсязі: тривале зберігання ВЯП наявних енергоблоків типу ВВЕР-440 та ВВЕР-1000 за межами України (крім ВЯП енергоблоків Запорізької АЕС, що зберігатиметься у пристанційному ЗСВЯП) з подальшою переробкою ВЯП за межами України та повернення до України цінних продуктів переробки для подальшого використання та високоактивних відходів (ВАВ) від переробки ВЯП для захоронення;

варіант 2 — часткова зміна діючої схеми: тривале зберігання та переробка ВЯП наявних енергоблоків типу ВВЕР-440 за межами України, зберігання ВЯП енергоблоків типу ВВЕР-1000 у СВЯП, створених на території України, з подальшим захороненням в Україні або (в разі прийняття відповідного рішення) подальша переробка ВЯП (в Україні або за її межами) та захоронення в Україні ВАВ від переробки ВЯП;

варіант 3 — повна зміна діючої схеми: тривале зберігання ВЯП наявних енергоблоків типу ВВЕР-440 та ВВЕР-1000 у СВЯП, створених на території

України, і його подальше захоронення в Україні або (в разі прийняття відповідного рішення) подальша переробка ВЯП (в Україні або за її межами) та захоронення в Україні ВАВ від переробки ВЯП.

До введення в експлуатацію на території України ЦСВЯП, відпрацьоване ядерне паливо ВВЕР РАЕС, ХАЕС та ЮУАЕС за варіантами 2, 3 має вивозитися за межі України лише в мінімально необхідних обсягах, обумовлених максимально допустимим заповненням басейнів витримки ВЯП на АЕС. При цьому за всіма варіантами 1—3 відпрацьоване ядерне паливо, вивезене до Російської Федерації до введення в експлуатацію ЦСВЯП на території України, підлягає тривалому зберіганню й переробці в порядку, передбаченому чинними контрактами з РФ.

У подальшому вибір варіанта поводження з ВЯП наявних енергоблоків ВВЕР має базуватися на висновках прогнозно-оптимізаційного аналізу за співвідношенням «витрати — користь» та переглядатися в разі суттєвих змін на ринку відповідних послуг.

Сценарій поводження з ВЯП ВВЕР-1000 та продуктами його переробки (рис. 2). Відповідно до наведених вище вихідних положень Концепції та аналізу можливих варіантів поводження з ВЯП та продуктами його переробки ВЯП реакторів ВВЕР-1000 в рамках терміну стратегічного планування ймовірними є два сценарії.

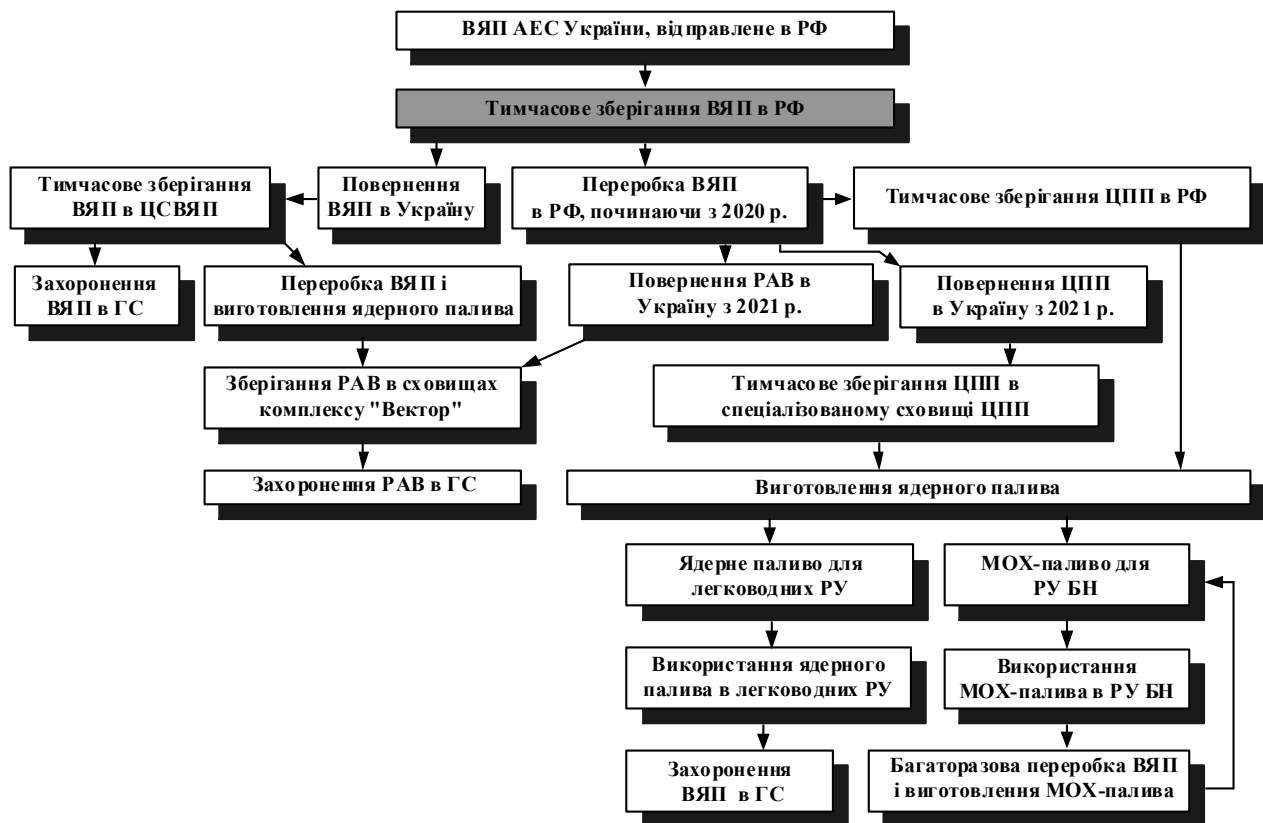


Рис. 2. Сценарії поводження з ВЯП ВВЕР-1000, відправленим на переробку до Російської Федерації (виділено види діяльності щодо поводження з ВЯП, які реалізуються на даний час)

Сценарій 1 (базовий). Сценарій 1 повністю відповідає положенням чинних нормативно-правових актів та зобов'язанням української сторони, які передбачені контрактом між ФДУП «Гірничо-хімічний комбінат» і ДП НАЕК «Енергоатом» щодо тривалого зберігання та подальшої переробки ВЯП енергоблоків ВВЕР-1000, вивезеного до РФ, і тому розглядається в Концепції як базовий.

Поводження з ВЯП ВВЕР-1000 за базовим сценарієм передбачає:

- ВЯП реакторів ВВЕР-1000 РАЕС, ХАЕС та ЮУАЕС до введення в експлуатацію ЦСВЯП направлятиметься до РФ на тимчасове зберігання. Після введення в експлуатацію ЦСВЯП (орієнтовно 2018 року) все ВЯП реакторів типу ВВЕР-1000 РАЕС, ХАЕС та ЮУАЕС направлятиметься на тимчасове зберігання в ЦСВЯП;

- ВЯП реакторів ЗАЕС направлятиметься на тимчасове зберігання до ЗСВЯП;

- відправлене до РФ ВЯП тимчасово зберігатиметься у сховищах заводу РП-2 ФДУП «Гірничо-хімічний комбінат» (орієнтовно до 2021 року). Починаючи з 2021 року на заводі РП-2 здійснюватиметься переробка ВЯП, а також подальше тимчасове зберігання РАВ і цінних продуктів переробки ВЯП до передавання їх до України;

- у подальшій перспективі (після 2030 року) потенційно можливим також є використання ВЯП реакторів ВВЕР для виготовлення палива реакторів CANDU у разі прийняття рішення про їх будівництво в Україні;

- рішення щодо переробки або прямого захоронення ВЯП, яке зберігається в Україні, прийматиметься після тривалого зберігання ВЯП.

Поводження з продуктами переробки ВЯП ВВЕР-1000:

- після переробки в РФ ВЯП ВВЕР-1000 радіоактивні відходи і цінні продукти переробки ВЯП будуть повернені до України для тимчасового зберігання;

- в Україні здійснюватиметься тимчасове зберігання РАВ до передавання їх на захоронення; ЦПП ВЯП зберігатимуться в спеціалізованому сховищі;

- у подальшому, в разі розвитку відповідних технологій, ЦПП можуть бути використані для виготовлення уран-оксидного та МОХ-палива для легководних реакторів (ВВЕР) або МОХ-палива для реакторів на швидких нейтронах (БН).

Поводження з ВЯП перспективних ядерних енергетичних установок (ЯЕУ):

- ВЯП направлятиметься до ЦСВЯП на тимчасове зберігання. Рішення щодо його переробки або прямого захоронення прийматиметься після тривалого зберігання ВЯП;

- у разі прийняття відповідного рішення, ВЯП направлятиметься на переробку, а ЦПП використовуватимуться для виготовлення уран-оксидного або МОХ-палива.

Сценарій 2 (інформаційний). Сценарій 2 розглядає можливість відмови від переробки ВЯП реакторів ВВЕР-1000, вивезеного до РФ, та повернення ВЯП до України після введення в експлуатацію ЦСВЯП.

Поводження з ВЯП ВВЕР-1000 за сценарієм 2 передбачає:

- ВЯП реакторів ВВЕР-1000 РАЕС, ХАЕС та ЮУАЕС направлятиметься до РФ на технологічну витримку та переробку;

- ВЯП реакторів ЗАЕС направлятиметься на тимчасове зберігання до ЗСВЯП;

- після введення в експлуатацію ЦСВЯП (орієнтовно 2018 року) прийматиметься рішення про відмову від переробки ВЯП; ВЯП, що перебуває на технологічній витримці в РФ, повертатиметься до України для зберігання в ЦСВЯП;

- у подальшій перспективі (після 2030 року) потенційно можливим також є використання ВЯП реакторів ВВЕР для виготовлення палива реакторів CANDU у разі прийняття рішення про їх будівництво в Україні;

- остаточне рішення щодо переробки або прямого захоронення ВЯП прийматиметься після тривалого зберігання в ЦСВЯП.

Поводження з ВЯП перспективних ЯЕУ:

- після витримки в приреакторних басейнах ВЯП направлятиметься в ЦСВЯП на тимчасове зберігання;

- рішення щодо переробки або прямого захоронення ВЯП прийматиметься після його тривалого зберігання в ЦСВЯП;

- у разі прийняття відповідного рішення, ВЯП направлятиметься на переробку, а цінні продукти переробки ВЯП використовуватимуться для виготовлення уран-оксидного або МОХ-палива для легководних реакторів (ВВЕР) або МОХ-палива для реакторів на швидких нейтронах (БН);

- РАВ від переробки ВЯП направлятимуться на тимчасове зберігання в спеціалізованому сховищі до передавання їх на захоронення.

Коментарі:

1. Реалізація сценарію 2 потребує зміни попередніх домовленостей з РФ щодо переробки ВЯП ВВЕР-1000 та перегляду Контракту між ФДУП «Гірничо-хімічний комбінат» і ДП НАЕК «Енергоатом» щодо технологічного зберігання й переробки відпрацьованого ядерного палива реакторів ВВЕР-1000 українських АЕС.

2. Сценарій 2 є неприйнятним з економічної точки зору, оскільки його реалізація призведе до втрати 1,4 млрд дол. США, витрачених на відправку ВЯП ВВЕР-1000 на тимчасове зберігання та подальшу переробку ВЯП на ФДУП «Гірничо-хімічний комбінат».

3. Для повернення ВЯП ВВЕР-1000 до України потрібно буде додатково витратити близько 270 млн дол. США на вилучення ВЯП зі сховища ФДУП «Гірничо-хімічний комбінат», його кондиціонування, контейнеризацію, подальше перевезення до України і розміщення в ЦСВЯП.

ПРОГНОЗ НАПРАЦЮВАННЯ ЦІННИХ ПРОДУКТІВ ТА РАВ ВІД ПЕРЕРОБКИ ВЯП ЗА БАЗОВИМ СЦЕНАРИЄМ

Прогноз обсягів напрацювання ЦПП та РАВ від переробки ВЯП виконано на підставі даних про фактичну відправку ВЯП ВВЕР-1000 діючих АЕС України на переробку до Російської Федерації у 1995—2012 роках [7, 8] та даних про питомих утворення ЦПП та РАВ у процесі переробки ВЯП [9]. При цьому припускалося, що:

- переробка ВЯП ВВЕР-1000 в РФ розпочнеться 2020 року, тобто після введення в промислову експлуатацію переробних потужностей на заводі РП-2 «Гірничо-хімічний комбінат» [9];
- щорічний обсяг переробки ВЯП ВВЕР-1000 українських АЕС — 500 т важкого металу (загальна потужність заводу регенерації палива РП-2 складатиме 1500 т/рік ВЯП);
- повернення РАВ від переробки ВЯП в Україну розпочнеться 2021 року.

Прогноз обсягів напрацювання цінних продуктів переробки ВЯП ВВЕР-1000 нарощуваною сумою за базовим сценарієм наведено в табл. 1.

За прогнозом, ВЯП ВВЕР-1000 українських АЕС буде перероблене у РФ до 2027 року. Сумарна кількість ЦПП ВЯП ВВЕР-1000 в разі реалізації базового сценарію становитиме: закису-окису урану — 2 847 т; змішаних оксидів U, Pu та Np — 115,3 т.

Для приймання та тимчасового зберігання ЦПП ВЯП, вивезеного до РФ за чинними контрактами, до 2021 року необхідно збудувати та ввести в експлуатацію спеціалізоване сховище ЦПП з необхідною інфраструктурою. Сховище має забезпечити зберігання близько 3000 т ЦПП. Можливим місцем розміщення сховища ЦПП є проммайданчик заводу з виробництва ядерного палива Державного концерну «Ядерне паливо» поблизу смт. Смоліно Кіровоградської обл.

Альтернативою спорудження в Україні сховища для зберігання ЦПП ВЯП може бути їх тимчасове зберігання на підприємствах з переробки ВЯП у РФ за додатковими контрактами.

Прогноз обсягів напрацювання РАВ від переробки ВЯП ВВЕР-1000 нарощуваною сумою для базового сценарію наведено в табл. 2.

Таблиця 1. Прогноз напрацювання цінних продуктів переробки ВЯП ВВЕР-1000

Рік	Напрацювання ЦПП, т	
	Закис-окис урану	Змішані оксиди урану, плутонію, непуїю
2021	525	21
2022	1050	42
2023	1575	63
2024	2100	84
2025	2625	105
2026	2847	115,3

Таблиця 2. Прогноз напрацювання РАВ від переробки ВЯП ВВЕР-1000

Рік	Напрацювання РАВ, м ³		
	Оскловані ВАВ	Тверді ВАВ	Отверджені САВ
2020	42	8	1000
2021	84	16	2000
2022	126	24	3000
2023	168	32	4000
2024	210	40	5000
2025	227,8	42,5	5532

За прогнозом, сумарна кількість РАВ від переробки ВЯП ВВЕР-1000 в разі реалізації базового сценарію становитиме: осклованих ВАВ — 227,8 м³; твердих ВАВ — 42,5 м³; отверджених середньо-активних відходів (САВ) — 5 532 м³.

Для приймання та тимчасового зберігання ВАВ та САВ від переробки ВЯП, вивезеного до РФ за чинними контрактами, можливим та доцільним є використання інфраструктури комплексу «Вектор» ДСП «Централізоване підприємство з переробки радіоактивних відходів» (ЦППРВ) ДК УкрДО «Радон» МНС України з відповідною модернізацією та спорудженням додаткових елементів (за потреби).

Згідно із «Загальнодержавною цільовою екологічною програмою поводження з РАВ на 2008—2017 роки» [10], на майданчику ЦППРВ має бути збудовано сховище для довгострокового (до 100 років) зберігання ВАВ та САВ від переробки в РФ ВЯП ВВЕР українських АЕС. Введення в експлуатацію цього сховища прогнозується в четвертому кварталі 2017 року.

ПРОГНОЗ ВИТРАТ НА ПЕРЕДАВАННЯ РАВ НА ЗАХОРОНЕННЯ ТА НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ РАВ ВІД ПЕРЕРОБКИ ВЯП

Витрати на передавання РАВ на захоронення.

Оцінка вартості захоронення РАВ від переробки ВЯП проводилася згідно з консервативним підходом: на момент повернення РАВ на територію України мають бути накопичені кошти, достатні для передавання ВАВ на захоронення.

Сховища (репозиторії) для захоронення САВ і ВАВ у стабільних геологічних формаціях, як це вимагається законодавством [11], на сьогодні в Україні відсутні. Відсутні також технічні вимоги (критерії) приймання та методики визначення цін та тарифів за приймання САВ і ВАВ на захоронення. Тому витрати на захоронення РАВ оцінювались виходячи з наявної інформації щодо цін та тарифів у країнах з розвиненою ядерною енергетикою (табл. 3). Через відсутність негативних сейсмологічних факторів на території України, а також істотно нижчий рівень заробітної плати в Україні в базовому 2012 році порівняно з аналізованими країнами (ЄС, США), для розрахунків

Таблиця 3. Світові цінові характеристики захоронення 1 м³ РАВ, тис. дол. США

Категорія РАВ	ЄС	Франція	США	РФ	Середні світові ціни	Україна (прийняте значення)
НАВ	2—6		3,3—7,8			1
САВ	10—70		9,5—16			10
ВАВ	400—1400	300		400	400—1000	400

Таблиця 4. Прогноз витрат на передавання на захоронення РАВ від переробки ВЯП ВВЕР-1000, млн дол. США

Стаття витрат	Рік					
	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Річні витрати для осклованих ВАВ	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	7,1
Нарощуваною сумою за роками	16,8	33,6	50,4	67,2	84,0	91,1
Річні витрати для твердих ВАВ	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	1,0
Нарощуваною сумою за роками	3,2	6,4	9,6	12,8	16,0	17,0
Річні витрати для отверджених САВ	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	5,3
Нарощуваною сумою за роками	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	55,3
Сумарні річні витрати для РАВ	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	13,4
Нарощуваною сумою за роками	29,0	58,0	87,0	116,0	145,0	158,4

використовувалися цінові характеристики, аналогічні прийнятим в [13, 14], що відповідають нижній межі світових цін (табл. 3).

Оцінену динаміку витрат на передавання спеціалізованому підприємству ДК УкрДО «Радон» МНС України на довгострокове зберігання та захоронення РАВ від переробки ВЯП ВВЕР-1000 АЕС України до РФ на ФДУП «Гірничо-хімічний комбінат» для базового сценарію наведено в табл. 4 та на рис. 3.

Прогнозовані загальні витрати на передавання спеціалізованому підприємству ДК УкрДО «Радон» МНС України на довгострокове зберігання та захоронення РАВ від переробки ВЯП ВВЕР-1000 АЕС України у Російській Федерації становлять 158,4 млн дол. США.

Витрати на перевезення РАВ. У процесі виконання оцінок витрат на перевезення РАВ від переробки ВЯП РАВ із РФ до України питома вартість перевезення визначалася виходячи з аналізу наявних даних про вартість перевезення ВЯП [14]. Оцінені значення питомої вартості перевезення 1 м³ РАВ від переробки ВЯП з РФ до України, прийняті для прогнозів, становлять, тис. дол. США: для осклованих ВАВ — 30; твердих ВАВ — 30; отверджених САВ — 3.

Оцінену динаміку витрат на перевезення РАВ від переробки ВЯП ВВЕР-1000 з РФ до України для базового сценарію наведено в табл. 5 та на рис. 4.

Прогнозовані загальні витрати на перевезення РАВ від переробки ВЯП ВВЕР-1000 українських АЕС з РФ до України становлять 24,7 млн дол. США.

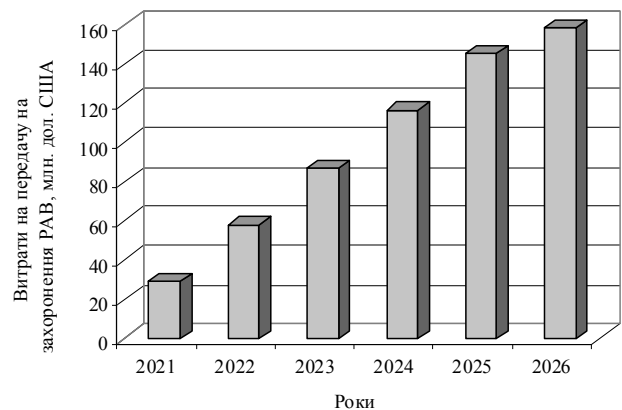


Рис. 3. Динаміка сумарних витрат на передавання на захоронення РАВ від переробки ВЯП ВВЕР-1000 АЕС України до РФ, нарощуваною сумою за роками

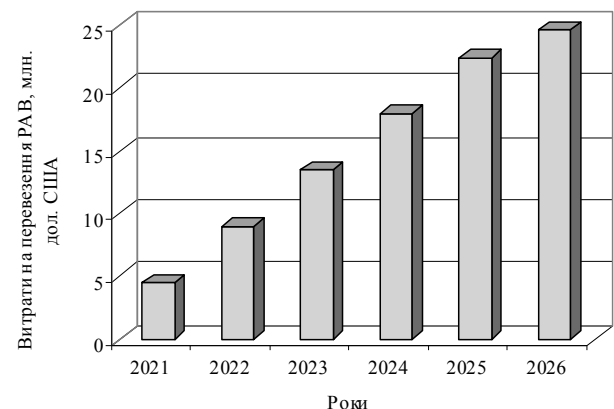


Рис. 4. Динаміка сумарних витрат на перевезення РАВ від переробки ВЯП ВВЕР-1000 з РФ до України, нарощуваною сумою за роками

Таблиця 5. Прогноз витрат на перевезення РАВ від переробки ВЯП ВВЕР-1000 з РФ до України, млн дол. США

Стаття витрат	Рік					
	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Річні витрати для осклованих ВАВ	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	0,53
Нарощуваною сумою за роками	1,26	2,52	3,78	5,04	6,30	6,83
Річні витрати для твердих ВАВ	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,07
Нарощуваною сумою за роками	0,24	0,48	0,72	0,96	1,20	1,27
Річні витрати для отверджених САВ	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	1,6
Нарощуваною сумою за роками	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	16,6
Сумарні річні витрати для РАВ	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	2,2
Нарощуваною сумою за роками	4,5	9,0	13,5	18,0	22,5	24,7

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЦІННИХ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ ВЯП

Варіанти використання цінних продуктів переробки ВЯП (рис. 5). Найбільш імовірними є три варіанти використання цінних продуктів переробки ВЯП ВВЕР-1000.

Варіант 1. Зберігання ЦПП:

- із 2021 року на заводі РП-2 здійснюватиметься переробка ВЯП, а також подальше тимчасове зберігання цінних продуктів переробки ВЯП;
- із 2022 року цінні продукти переробки ВЯП повертатимуться до України для тимчасового зберігання в спеціалізованому сховищі ЦПП;
- у подальшій перспективі (після 2030 року), у разі розвитку відповідних технологій, ЦПП використовуватимуться для виготовлення уран-оксидного та МОХ-палива для легководних реакторів (ВВЕР), МОХ-палива для реакторів

на швидких нейтронах (БН) або уран-оксидного палива для реакторів CANDU у разі прийняття рішення про будівництво реакторів БН та CANDU в Україні.

Необхідною умовою для реалізації цього сценарію є будівництво в Україні до 2021 року спеціалізованого сховища для тимчасового зберігання ЦПП з потрібною інфраструктурою. Сховище має забезпечити зберігання до 3000 т ЦПП від переробки ВЯП до їх використання.

Варіант 2. Експорт ЦПП:

- із 2021 року на заводі РП-2 здійснюватиметься переробка ВЯП, а також подальше тимчасове зберігання цінних продуктів переробки ВЯП;
- із 2022 року цінні продукти переробки ВЯП експортуватимуться до РФ або в інші країни;
- отримані кошти використовуватимуться для закупівлі свіжого ядерного палива або оплати інших послуг з поводження з ВЯП.

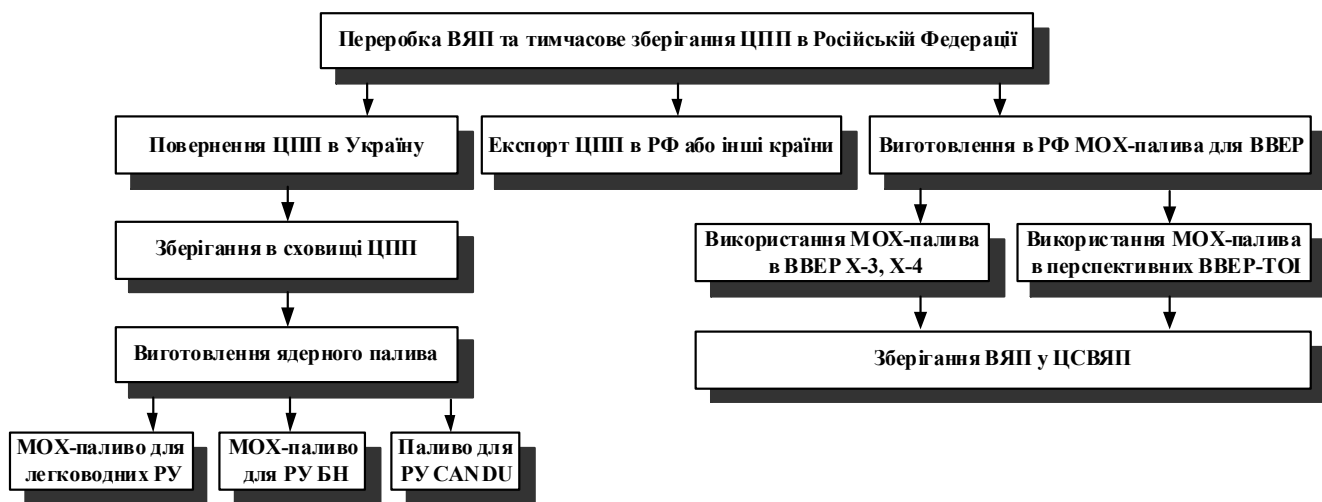


Рис. 5. Принципова схема можливих варіантів використання ЦПП переробки ВЯП ВВЕР-1000, відправленого на переробку до РФ

Варіант 3. Виготовлення ядерного палива з ЦПП:

- із 2021 року на заводі РП-2 здійснюватиметься переробка ВЯП, а також подальше тимчасове зберігання цінних продуктів переробки ВЯП;

- із 2022 року змішані оксиди U, Pu та Np (115,3 т) та частина закису-окису урану (836 т) використовуватимуться для виготовлення МОХ-палива для реакторів ВВЕР-1000 енергоблоків № 3 та № 4 ХАЕС або перспективних реакторів ВВЕР-ТОІ у разі прийняття рішення про будівництво цих реакторів в Україні;

- залишок закису-окису урану (2011 т) направлятиметься на зберігання в спеціалізованому сховищі ЦПП в Україні або використовуватиметься для виготовлення палива реакторів CANDU у разі прийняття рішення про їх будівництво в Україні.

Реалізація варіанта 3 визначена в Концепції найбільш оптимальною, оскільки він дасть змогу вже найближчим часом використати ЦПП для виготовлення ядерного палива та виробництва електроенергії на АЕС України.

ФІНАНСОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ

Фінансування заходів щодо реалізації Концепції передбачається з таких джерел: державний бюджет; кошти виробників електроенергії; інвестиції; кошти створених фондів.

Відповідно до положень чинного законодавства витрати на поводження з ВЯП та цінними продуктами і РАВ від переробки ВЯП до передавання їх на захоронення є експлуатаційними витратами експлуатуючої організації АЕС та мають бути включені до тарифу на генерацію електроенергії.

Кошти на передавання РАВ від переробки ВЯП на захоронення мають накопичуватися в Державному фонді поводження з радіоактивними відходами [12]. Відрахування до фонду мають бути включені до тарифу експлуатуючої організації на генерацію електроенергії. Додатковим джерелом фінансування заходів із захоронення РАВ від переробки ВЯП можуть бути кошти міжнародної допомоги та інші джерела, не заборонені законодавством.

Конкретні механізми фінансування діяльності щодо поводження з цінними продуктами і РАВ від переробки ВЯП мають бути визначені в програмі (програмах) реалізації заходів Концепції.

Висновки

1. Стратегічне планування діяльності щодо поводження з ВЯП ВВЕР-1000 та продуктами його переробки в Концепції виконано на основі положень Енергетичної стратегії [1—3].

2. У Концепції розглянуто два основних сценарії поводження з ВЯП ВВЕР-1000 та продуктами його переробки. Сценарій 1 (базовий) відповідає положенням чинних нормативно-правових актів та зобов'язанням української сторони, передбаченим чинним контрактом з ФДУП «Гірничо-хімічний комбінат» (РФ) щодо тривалого зберігання та подальшої переробки ВЯП енергоблоків ВВЕР-1000, вивезеного до РФ.

3. Сценарій 2 (інформаційний) розглядає можливість відмови від переробки ВЯП реакторів ВВЕР-1000, вивезеного до РФ, та повернення ВЯП до України після спорудження ЦСВЯП (орієнтовно у 2018 році). Реалізація цього сценарію потребує зміни попередніх домовленостей з РФ щодо переробки ВЯП ВВЕР-1000 та визнана неприйнятною з економічної точки зору.

4. Для базового сценарію виконано прогноз обсягів напрацювання ЦПП та РАВ від переробки ВЯП, які мають бути повернуті до України, та оцінка витрат на перевезення до України та передавання на захоронення РАВ від переробки ВЯП.

5. У перспективі протягом терміну дії Концепції можливі три основні варіанти використання цінних продуктів переробки ВЯП: зберігання ЦПП; експорт ЦПП; виготовлення ядерного палива з ЦПП.

Найбільш оптимальним у Концепції визначено третій варіант, оскільки він дасть змогу вже найближчим часом використати ЦПП для виготовлення ядерного палива та виробництва електроенергії на АЕС України.

Список використаної літератури

1. Енергетична стратегія України на період до 2013 року : Затвердж. розпорядженням КМ України від 15.03.2006 №145. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/145-2006-p>
2. План заходів на 2006—2010 роки щодо реалізації Енергетичної стратегії : Затвердж. розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27.07.2006 № 436-р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/436-2006-%D1%80>
3. Оновлення Енергетичної стратегії України на період до 2030 року : Проект документу для громадських обговорень. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://mre.kmu.gov.ua/fuel/doccatalog/document?id=222032>
4. Технично-економічне обґрунтування інвестиційного будівництва централізованого сховища отриманого ядерного палива реакторів ВВЕР АЭС України. — К. : ОАО «Киевэнергопроект», 2006.
5. Про поводження з відпрацьованим ядерним паливом щодо розміщення, проектування та будівництва централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів типу ВВЕР вітчизняних атомних електростанцій»: Закон України від 09.02.2012

- № 4384-VI // Відомості Верховної Ради України (ВВР). — 2012. — № 40. — Ст. 476.
6. Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине двадцать первого столетия : Одобрена Правительством РФ 25 мая 2000 года. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.seu.ru/programs/atomsafe/B5-6/obz1.htm>
 7. Стратегія поводження з відпрацьованим ядерним паливом АЕС України в рамках Енергетичної стратегії України до 2030 року. 56-568.202.004.НР00. — К. : ПАТ «Київенергопроект», 2007.
 8. План дій з поводження з відпрацьованим ядерним паливом діючих АЕС ДП НАЕК «Енергоатом» (на період до 2050 року) : ПН-Д.0.08.373-05 / ДП НАЕК «Енергоатом». — 2006.
 9. Программа создания инфраструктуры и обращения с ОЯТ на 2011—2020 годы и на период до 2030 года / ГК по атомной энергии «Росатом» РФ. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : http://www.rosatom.ru/resources/f4c962804b1b97c38ae09fa6d2e38703/progr_oyt_04_04_2012_yrb.pdf
 10. Про Загальнодержавну цільову екологічну програму поводження з радіоактивними відходами: Закон України від 17.09.2008р. № 516-VI // Відомості Верховної Ради України (ВВР). — 2009. — № 5. — Ст. 8.
 11. Про поводження з радіоактивними відходами : Закон України від 30.06.1995 № 255 // Відомості Верховної Ради України (ВВР). — 1995. — № 27. — Ст. 198.
 12. Про внесення змін до деяких законів України щодо поводження з радіоактивними відходами : Закон України від 17.09.2008 № 515-VI // Відомості Верховної Ради України (ВВР). — 2008. — № 52. — Ст. 394.
 13. Концепція зняття з експлуатації діючих атомних електростанцій України : Затвердж. наказом Мінпалив-енерго від 12.05.2004 № 249. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1151.1211.0>
 14. Pauluis G. Trends in the Nuclear Fuel Cycles (Economic, Environmental and Social Aspects) / G. Pauluis, L. Van den Durpe // Facts and opinions, NEA News 2001. — No. 19.2.

Отримано 31.03.2014