

ПРОБЛЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ПОБІЧНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ РАДІОАКТИВНИМИ ПРОДУКТАМИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЯДЕРНОГО ПАЛИВА В УКРАЇНІ

Андрієвський В.З.¹, Полякова І.О.²,
Токаревський В.В.³, Турбаєвський В.В.⁴

¹ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища» НАН України
просп. Палладіна 34-а, 03680, м. Київ
av_zahar@ukr.net;

²Державний науково-технічний центр з ядерної
та радіаційної безпеки
вул. В. Стуса, 35/37, 03142, м. Київ;

³Інститут проблем Чорнобиля
просп. Науки, 46, 03083, м. Київ;

⁴Всесвітня асоціація операторів атомних електростанцій,
WANO London, Level 35, 25 Canada Square London E 14 5 LQ,
United Kingdom

Наведено результати аналізу стану основних елементів ядерно-паливного циклу в Україні, висвітлені проблеми поводження з побічними радіоактивними технологічними продуктами (радіоактивними відходами) при створенні власного виробництва ядерного палива в країні. *Ключові слова:* ядерно-паливний цикл, ядерне паливо, радіоактивні матеріали, радіоактивні відходи, класифікація радіоактивних відходів, техногенно-підсилені джерела природного походження.

Проблемы обращения с побочными технологическими радиоактивными продуктами при производстве ядерного топлива в Украине. Андриевский В.З., Полякова И.А., Токаревский В.В., Турбаевский В.В. Приведены результаты анализа состояния основных элементов ядерно-топливного цикла в Украине, освещены проблемы обращения с побочными радиоактивными технологическими продуктами (радиоактивными отходами) при создании собственного производства ядерного топлива в стране. *Ключевые слова:* ядерно-топливный цикл, ядерное топливо, радиоактивные материалы, радиоактивные отходы, классификация радиоактивных отходов, техногенно усиленные источники природного происхождения.

Problems of management of radioactive technological waste in the production of nuclear fuel in Ukraine. Andrievskiy V., Polyakova I., Tokarevskiy V., Turbayevskiy V. The analysis of the current state of mane stages the nuclear fuel cycle in Ukraine highlighted the problems of waste treatment technology in the creation of its own nuclear fuel production in the country. *Keywords:* nuclear fuel cycle, nuclear fuel, radioactive materials, radioactive waste, radioactive waste classification, technologically-enhanced naturally occurring radioactive sources.

Стабільний розвиток України має базуватися на гарантованій енергетичній незалежності. Один з головних напрямків енергетичної її незалежності базується на диверсифікації постачання ядерного палива, в тому числі шляхом придбання готового палива у виробників з інших країн, а також на виготовленні тепловиділяючих елементів (ТВЕЛів) та тепло-виділяючих збірок (ТВЗ) в Україні.

Розширення міжнародної кооперації та збільшення національного внеску в організацію ядерно-паливного циклу (ЯПЦ) України багато років обговорювали на державному рівні з часу набуття незалежності. Так, Указом Президента від 23.02.1994 р., № 64/94 схвалена Комплексна програма створення ядерно-паливного циклу, яка була затверджена постановою КМУ від 12.04.1995 р., № 267. У подальшому, цей стратегічний напрям був місце в усіх редакціях Національної енергетичної програми та інших документах.

Указом Президента України від 5.06.2013 р., № 317/2013 введено у дію рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про розвиток атомно-промислового комплексу і створення ядерно-паливного циклу в контексті гарантування енергетичної безпеки України».

Комплексна програма розвитку ЯПЦ України передбачає вирішення проблеми на довготермінову перспективу шляхом використання вітчизняного сировинного, виробничого і науково-технічного потенціалу для задоволення власних потреб в ядерному паливі та виходу з високотехнологічною продукцією на світові ринки [1]. Для цього заплановано

поетапний розвиток і створення елементів вітчизняного ЯПЦ, що включає збільшення видобутку і переробки уранової і цирконієвої сировини, одержання гексафториду урану (конверсія урану), реконструкцію та створення потужностей з виробництва цирконієвих сплавів і прокату, на кінцевому етапі - виготовлення ТВЕЛів та ТВЗ. Отримання збагаченого урану передбачається шляхом імпорту.

Завод з виробництва ядерного палива і його місце в ядерно-паливному циклі

Будь-який ядерний паливний цикл – це значна кількість дорогих і шкідливих виробництв. Вибір оптимального варіанта ЯПЦ – серйозна проблема для країни, коли йдеться не про створення власного ЯПЦ, а лише про розширення тих етапів, які мають технологічний та ресурсний потенціал. Відомо, що значна кількість основних етапів уранового ЯПЦ, на якому базується сучасна атомна енергетика, відсутня на території України.

Для ядерної енергетики потрібен ^{235}U , який здатний підтримувати ланцюгову реакцію поділу. Його концентрація в природному урані низька – в середньому 0,72 %. Понад 99,27% - це більш важкий ізотоп урану - ^{238}U (з невеликим вмістом ^{234}U). Тому необхідно проводити збагачення природного урану до 5% для енергетичних ядерних реакторів.

В Україні здійснюється видобуток уранової руди, виробництво уранового концентрату (в формі закису окису урану U_3O_8 або діуранату натрію $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$), що передують конве-

рсії урану - виробництво гексафториду урану (UF_6) та його збагачення ізотопом ^{235}U .

Гексафторид урану є найбільш придатною хімічною сполукою для ізотопного збагачення. Підприємства Росії з перетворення оксиду урану в гексафторид розміщені в Верхньому Нейвінську (Свердловська обл.) та Ангарську (Іркутська обл.). В промислових масштабах виробництво гексафториду урану здійснюють в США, Великобританії, Франції та Канаді.

У грудні 2010 року укладено угоду між російською компанією ВАТ «ТВЕЛ» та українським державним концерном «Ядерне паливо» про будівництво заводу з виробництва ядерного палива для реакторів типу ВВЕР-1000 на території України. Проектна потужність заводу планувалася до 800 ТВЗ на рік, або до 400 тонн в урановому еквіваленті. В реактор потужністю 1000 МВт завантажують, приблизно, 75 т палива в таких збірках. В реакторі ядерне паливо працює в середньому протягом трьох років.

Виробництво ядерного палива у вигляді готових тепловиділяючих збірок для використання в ядерних реакторах ВВЕР-1000 повинно було здійснюватись за технологією ВАТ «ТВЕЛ». Цикл виробництва ядерного палива планувався з таких основних етапів: збагачений на підприємствах РФ уран поступав на завод у вигляді гексафториду урану. Потім, UF_6 переводився в двоокис урану, матеріал з якого формуються циліндричні пігулки, близько 2 см висотою і 1,5 см у діаметрі. Ці пігулки розміщувались в спеціальних трубках, які виготовлені з нейтралізуючої сталі (або із сплаву цир-

конію) довжиною 4 м. Це і є так звані тепловиділяючі елементи. Зі споряджених урановими пігулками ТВЕЛів збираються реакторні паливні збірки типу А (ТВЗА), які потім завантажуються у реактор.

Завод з виробництва ядерного палива входить у систему підприємств ядерно – паливного циклу.

Урановий ядерно-паливний цикл схематично показано на Рис. 1.

Складові процеси, вписані у штрих-пунктирні прямокутники, це: виробництво UF_6 , збагачення урану, переробка - не відбуваються на території України. Станом на 26.10.2016 р. діяльність заводу призупинено до прийняття рішення щодо можливості подальшого будівництва.

Утворення побічних технологічних радіоактивних продуктів (радіоактивних відходів) та поводження з ними

Внаслідок виробництва ядерного палива будуть утворюватися технологічні відходи в тому числі рідкі та тверді, які міститимуть ізотопи урану. Причому, ці відходи будуть містити лише природні радіонукліди і радіоізотопний склад їх залишиться постійним.

Чинним законодавством визначено, що короткоіснуючі радіоактивні відходи (РАВ) можуть захоронюватися в приповерхневих сховищах, а високоактивні та довгоіснуючі дозволяється захоронювати лише у сховищах геологічного типу [2], яке тільки планується збудувати в Україні. Тому до створення геологічного сховища такі відходи мають зберігатися згідно діючого законодавства у сфері поводження з РАВ.

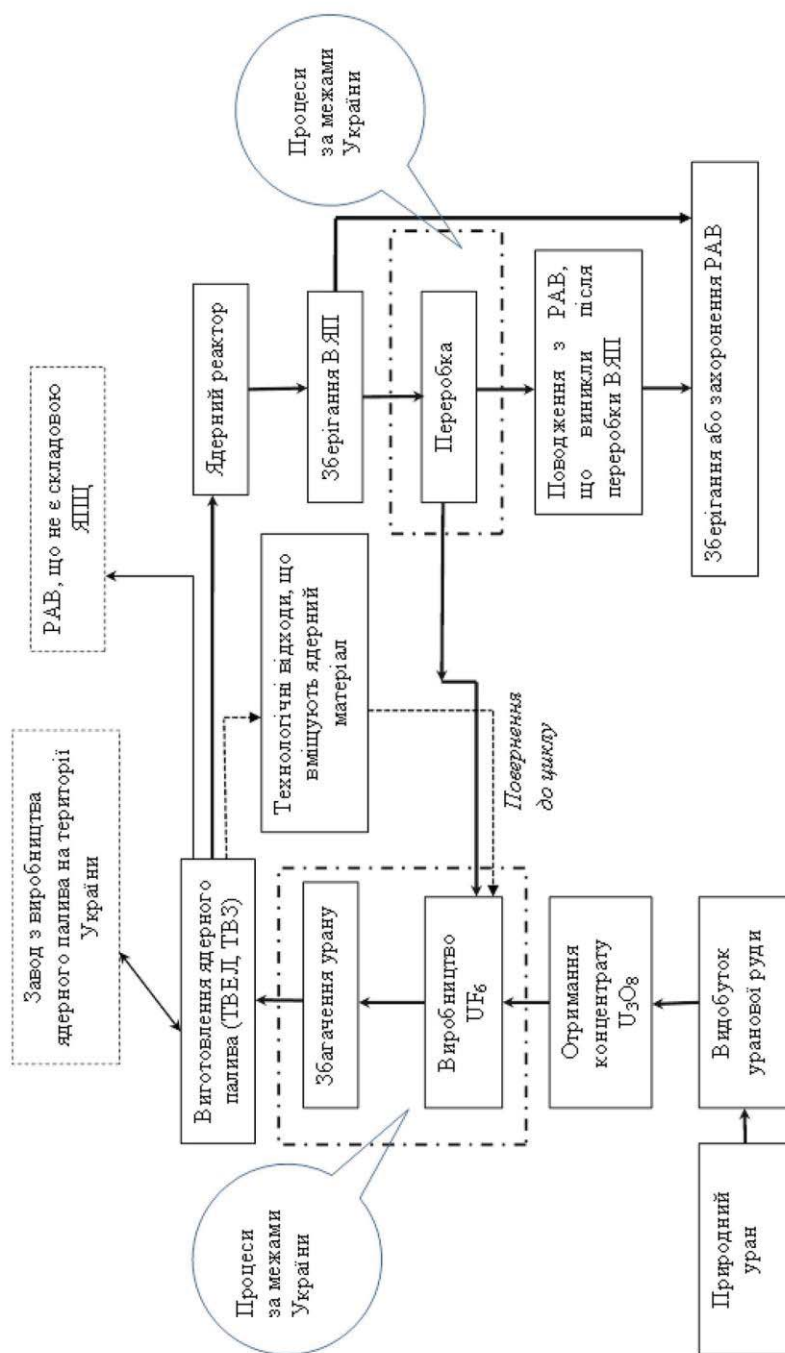


Рис. 1. Замкнений урановий ядерно-паливний цикл

Відповідно із затвердженим проектом заводу, усі побічні технологічні радіоактивні продукти визначені як РАВ. При концентрації урану ^{235}U понад 1% у контейнері з кондиціонованими РАВ відходи планується повертати постачальнику в РФ. При кількості менше 1% з такими відходами поступають відповідно до встановленої практики – передають на зберігання або захоронення.

Перед перевезенням їх для передачі на захоронення або тривале зберігання ці РАВ мають бути зацементовані. Внаслідок цементування відбудеться збільшення об'ємів РАВ майже у 2 рази.

Розрахункову кількість РАВ (згідно проекту), що будуть утворюватися в процесі експлуатації заводу на стадії пускового комплексу та при повному розвитку виробництва, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Розрахункова кількість ТРВ, що будуть утворюватися при експлуатації заводу, т/рік

Категорія ТРВ	Вид ТРВ	Утворення ТРВ, перша черга експлуатації/при повному розвитку виробництв
Низькоактивні (НАВ)	Негорючі і металеві (/), т	- / -
	Цементовані РРВ (кубовий залишок), т	12,0 / 200,0
	Цементовані ТРВ (зола після спалювання), т	3,2 / 3,2
	Всього, т	15,2 / 203,2
	Всього контейнерів, шт.	32 / 531
Середньоактивні (САВ)	Негорючі (фільтри ВВ нерозбірні), т	1,2 / 3,1
	Всього т	1,2 / 3,1
	Всього контейнерів, шт.	12 / 17
Всього ТРВ	Загальна кількість, т	16,4 / 207,6
	Контейнерів (200 л), шт.	44 / 548

Радіоактивні відходи, що утворюватимуться, планується передавати на Дніпропетровський міжобласний спеціалізований комбінат державної корпорації «УкрДО «Радон». Спеці-

лізовані комбінати ДК «УкрДО «Радон», за Постановою уряду України від 21.12.1990 р., №377 мають право здійснювати діяльність по поводженню з РАВ тільки неядерного циклу.

Витрати заводу з виробництва ядерного палива на транспортування і приймання РАВ при обсягах понад 200 т на рік і відстані понад 300 км складатимуть близько 16 млн. грн. при повному розвитку виробництва. До цього ще необхідно додати 4 млн. грн. – витрати на контейнери для ТРВ, що складатимуть понад 20 млн. грн. щорічно і це призведе до значного зростання собівартості продукції заводу.

Відомо, що уран є цінною і стратегічно важливою сировиною і тому технологічні відходи що містять уран, мають розглядатися як цінна сировина з можливістю подальшого повернення у ЯПЦ.

Згідно чинного законодавства України та проектної документації заводу з виробництва ядерного палива побічні технологічні радіоактивні відходи, що виникли під час виробництва ядерного палива, необхідно перевести у розряд радіоактивних відходів та передати на тимчасове зберігання до спеціалізованих підприємств, де обов'язковою умовою під час поводження з якими є іммобілізація. Подальше використання іммобілізованих урановміщуючих РАВ і можливе повторне використання (повернення безпосередньо самого урану у ЯПЦ) є технічно і нормативно неможливим з таких причин.

Припинення регулюючого контролю відбувається виходячи зі значень рівнів звільнення радіонуклідів природного походження згідно [3] що є можливим, коли значення питомої активності не перевищують 1 Бк/г. Досягти такого значення не-

можливо, враховуючи що період напіврозпаду ізотопів урану перевищує мільйони років ($T_{1/2} = 7,03 \cdot 10^8$ роки для ^{235}U , $T_{1/2} = 4,46 \cdot 10^9$ роки для ^{238}U тощо). Також не існує технології та практично неможливо вилучити з твердої матриці іммобілізовані радіонукліди.

Оскільки проектом заводу з виробництва ядерного палива не передбачено місць для тимчасового зберігання РАВ, то і зберігати такі відходи немає де.

Одним з можливих варіантів поводження з технологічними відходами заводу з виробництва ядерного палива, що містять до 1% ^{235}U , може бути їх переробка на гідрометалургійному заводі СхідГЗК.

Висновки

1. Розглядати побічні технологічні радіоактивні продукти заводу з виробництва ядерного палива, що містять ^{235}U , цінною сировиною з можливістю подальшого використання у ЯПЦ України.

2. Необхідно внести зміни до ст.17 Закону України «Про поводження з радіоактивними відходами», доповнити передостанній абзац фразою у такій редакції: «відходи, що містять ізотопи урану та торію природного походження підлягають зберігання».

3. Необхідно внести зміни до ОСПУ-2005 (п.17.1) «Обмеження опромінення персоналу джерелами природного походження», доповнити його останнім абзацом в такій редакції: «технології, пов'язані з виробництвом ядерного палива».

Література

1. Тарнавський А.Б. Сучасні перспективи створення ядерно-паливного циклу в Україні // Науковий вісник НЛТУ України. – Вип. 23.15. – 2013 р. – С. 9-13.
2. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами» від 30.06.1995 № 255/95-ВР // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1995. – № 27
3. Порядок звільнення радіоактивних матеріалів від регулюючого контролю у рамках практичної діяльності (НП 306.4.159-2010). Наказ Держатомрегулювання України від 01.07.2010 № 84.