

П. О. Корчагін

канд. техн. наук

*АТ «Київський науково-дослідний та проєктно-конструкторський інститут “Енергопроект”»,
просп. Берестейський, 4, м. Київ, 01135, Україна***В. І. Холоша**

канд. екон. наук

ГО «Українське ядерне товариство», просп. Степана Бандери, 6, офіс 1211, м. Київ, 04073, Україна

Деякі аспекти діяльності ядерної індустрії СРСР (РФ): висновки для України

Ключові слова:

ядерна зброя,
замкнутий ядерно-паливний
цикл,
переробка відпрацьованого
ядерного палива,
ядерні випробування

На сьогодні проблема нерозповсюдження ядерної зброї набула особливої актуальності у зв'язку з прагненням окремих держав створити власні ядерні арсенали. За таких умов Україна має підтримувати міжнародний режим нерозповсюдження ядерної зброї та відповідних технологій. Цей режим ґрунтується на виконанні положень Договору про нерозповсюдження ядерної зброї. Відмова від створення замкнутого ядерного паливного циклу дає змогу Україні розвивати ядерну енергетику в рамках відкритого паливного циклу з прямим захороненням відпрацьованого ядерного палива (ВЯП). Низка країн підтримує концепцію прямого захоронення ВЯП, оскільки такий підхід обмежує можливості вилучення подільних матеріалів для військових цілей. Водночас окремі держави розвивають технології переробки відпрацьованого ядерного палива, що створює передумови для отримання матеріалів, придатних для виготовлення ядерної зброї. У цьому дослідженні для розвитку ядерної енергетики України пропонується орієнтуватися на відкритий ядерний паливний цикл без переробки відпрацьованого ядерного палива. Такий підхід дає змогу мінімізувати шкідливий вплив ядерної енергетики на довкілля. Проведений аналіз наслідків діяльності підприємств ядерної індустрії СРСР, зокрема аварій, катастроф та наслідків випробувань ядерної зброї, висвітлює суттєвий негативний вплив на довкілля. З урахуванням цього подальший розвиток ядерної енергетики України має здійснюватися без порушення міжнародного режиму нерозповсюдження ядерної зброї.

Вступ

Останнім часом в Україні лунають заклики до створення власної ядерної зброї. Зокрема проблему розвитку ядерної індустрії СРСР, РФ та надалі України розглядають багато міжнародних експертів, ця проблема широко висвітлюється в науковій літературі [2–8]. Та чи є повне усвідомлення того, якими будуть наслідки ухвалення такого рішення?

Метою цієї статті є розгляд можливих шляхів розвитку мирного використання ядерної енергії в Україні з урахуванням досвіду функціонування ядерної індустрії СРСР (РФ).

Аналіз загальновідомих фактів і подій, пов'язаних із розвитком ядерної індустрії колишнього СРСР, свідчить про значні матеріальні витрати та людські жертви, які було покладено на вівтар гонки ядерних озброєнь.

© П. О. Корчагін, В. І. Холоша, 2026. Ліцензія CC BY 4.0

Атомна енергетика є наслідком розвитку військової науки та техніки. Виробництво ядерної зброї було основною метою ядерної індустрії. В СРСР було виготовлено понад 45 тис. ядерних зарядів. Для їх виготовлення, найчастіше, використовують подільні речовини: уран ^{235}U та плутоній ^{239}Pu .

Огляд основних технологічних процесів ядерно-паливного циклу

Наведемо в спрощеному вигляді базову інформацію щодо основних процесів ядерної індустрії.

До подільних матеріалів належать ізотопи урану ^{233}U , ^{235}U , а також ізотопи плутонію ^{239}Pu , ^{241}Pu , які здатні зазнавати поділу під дією нейтронів широкого діапазону енергій.

Єдиним природним ізотопом, що зазнає поділу під дією нейтронів будь-яких енергій, є ^{235}U . Його отримують з природного урану, який, у свою чергу, складається з трьох ізотопів: ^{238}U — 99,28 %, ^{235}U — 0,72 % та ^{234}U — 0,006 %.

Усі ці ізотопи урану радіоактивні — нестабільні ядра спонтанно зазнають радіоактивного розпаду.

Поділ ядер може призводити до виникнення самопідтримуваної ланцюгової реакції (СЛР), у якій нейтрони, що утворюються під час одного акту поділу, спричиняють поділ інших ядер, унаслідок чого виникають нові нейтрони, здатні підтримувати подальший розвиток реакції.

До основних стадій замкнутого ядерно-паливного циклу належать:

- видобування та переробка уранової руди з отриманням уранового концентрату;
- афінаж (очищення) уранових концентратів;
- конверсія урану (отримання гексафториду урану);
- ізотопне збагачення;
- виготовлення ядерного палива;
- переробка опроміненого ядерного палива з вилученням урану та плутонію для виготовлення боезарядів;
- кондиціонування та захоронення радіоактивних відходів (РАВ).

Видобування уранової руди здійснюється шахтним або відкритим способом. Також застосовується метод підземного вилуговування урану. Переробку уранової руди здійснюють на гідрометалургійних заводах.

Концентрати уранової руди перед використанням як ядерне паливо мають пройти афінаж — глибоке очищення від домішок, особливо від елементів,

які мають великий переріз захоплення нейтронів, таких як бор, кадмій, гафній та ін. У результаті афінажу отримують основні матеріали ядерного палива — хімічно чисті оксиди урану.

В процесі конверсії оксиди урану переводять у гексафторид урану UF_6 . Необхідність конверсії пов'язана з тим, що для різних типів реакторів використовують паливо з різним ступенем збагачення. Для легководних реакторів на теплових нейтронах вміст ^{235}U становить 2–4 %. В реакторах на швидких нейтронах, а також дослідницьких та транспортних реакторах використовується паливо зі збагаченням від 10 до 90 % по ^{235}U .

Для ізотопного збагачення використовують газодифузійний та відцентровий методи. Для досягнення необхідного рівня збагачення урану процес газової дифузії крізь пористий фільтр багаторазово повторюють. Під час виробництва низькозбагаченого урану для АЕС газодифузійний завод має 1000–1500 ступенів. Для отримання високозбагаченого урану каскад може складатися з декількох тисяч ступенів. На Уральському електрохімічному комбінаті максимальна кількість центрифуг, що працювали паралельно в одному ступені, становила 15 000.

Свіже ядерне паливо складається з суміші невеликої кількості ізотопу ^{235}U та досить великої кількості ізотопу ^{238}U . Поглинання нейтронів в ^{238}U шляхом низки перетворень призводить до утворення нового ядра — Pu^{239} . Таким чином, у ядерних енергетичних реакторах на теплових нейтронах до 30 % енергії виробляється за рахунок поділу ядер плутонію.

Ядерне паливо виробляли на Машинобудівному заводі (м. Електросталь), Новосибірському заводі хімконцентратів та Ульяновському металургійному заводі в м. Усть-Каменогорську (Казахстан).

Переробку опроміненого ядерного палива здійснюють з метою вилучення подільних радіонуклідів, в першу чергу ^{233}U , ^{235}U та ^{239}Pu , очищення урану від нейтронопоглинальних домішок, виділення трансуранових елементів та отримання ізотопів для промислових, наукових та медичних цілей. Радіохімічна переробка опроміненого палива — основна стадія замкнутого паливного циклу для отримання збройного плутонію. Ядерних зарядів на ^{235}U практично не виробляють.

Для напрацювання плутонію було побудовано 18 військово-промислових реакторів. Для цього використовують реактори на теплових нейтронах з низькими температурами — до 200 °С. Паливо в цих реакторах містить природний чи низькозбагачений

металевий уран в оболонках з алюмінію. Такі композиції відносно легко розчиняються.

Твели енергетичних реакторів виготовляють із термостійких UO_2 або PuO_2 . Оболонки твелів виготовляють з термостійких, корозійностійких матеріалів із високою теплопровідністю. Як правило, використовують цирконієві сплави, температура в активній зоні реактора для яких може досягати 540°C , або неіржавіючу сталь — до 800°C .

Глибина вигорання палива реакторів для отримання плутонію становить $0,3\text{--}0,5 \text{ МВт} \cdot \text{доб/т U}$, в енергетичних реакторах на теплових нейтронах — $15\text{--}40 \text{ МВт} \cdot \text{доб/т U}$, а в активній зоні реакторів на швидких нейтронах — до $100 \text{ МВт} \cdot \text{доб/т U}$. Через це на переробку потрапляють матеріали зі значно більшою радіоактивністю.

Збільшення вигорання призводить до значного зменшення обсягу відпрацьованого ядерного палива (ВЯП) на одиницю виробленої електроенергії. Відповідно, зменшується об'єм сховища для захоплення, а паливні збірки будуть генерувати більше тепла від розпаду. Ще одна перевага збільшення глибини вигорання полягає в тому, що ізотопний склад для вилучення плутонію робить його менш придатним для використання в ядерних вибухових пристроях.

При збільшенні вигорання частка ^{239}Pu знижується, а частка ^{238}Pu зростає. Вміст Pu^{238} понад 6 % робить плутоній непридатним для виготовлення зброї.

Ядерна зброя — зброя масового ураження вибухової дії, яка заснована на використанні внутрішньої енергії ядер, що виділяється під час ланцюгових реакцій поділу важких ядер деяких ізотопів урану та плутонію. Або при термоядерних реакціях синтезу легких ядер — ізотопів водню — дейтерію та тритію у більш важкі, наприклад ядра ізотопу гелію.

Підприємства для виробництва ядерної зброї завжди розміщувалися в містах з особливим режимом доступу — так званих закритих містах, наприклад [1]:

Арзамас-16 (м. Кремльовськ, Нижньогородська обл.) — розробка та виготовлення ядерних зарядів;

Златоуст-36 (Челябінська обл.) — серійне виготовлення ядерних боеголовки та балістичних ракет;

Красноярськ-26 (м. Залізнодорожськ) — підземний комплекс для виробництва збройного плутонію;

Красноярськ-45 — серійне виробництво ракет для підводних човнів та космічних апаратів для розвідувальних цілей;

Єкатеринбург-44 — серійне виготовлення ядерних боеприпасів;

Томськ-7 (м. Северськ) — збагачення урану та виробництво збройного плутонію;

Челябінськ-65 (м. Озерськ) — переробка ВЯП, виробництво збройного плутонію;

Челябінськ-70 (м. Снежинськ) — Всеросійський науково-дослідний інститут технічної фізики, розробка та конструювання ядерних зарядів.

Розробка ядерної зброї, створення і розвиток ядерної індустрії здійснювалися Міністерством середнього машинобудування, згодом — Мінатомом. Було створено сотні підприємств та науково-дослідних організацій.

До основних кластерів галузі ядерної індустрії СРСР (РФ) належать:

полігони для випробувань ядерної зброї;

науково-дослідницькі та учбові атомні центри;

установи з дослідницькими реакторами;

підприємства уранової металургії;

підприємства з виготовлення ядерного палива, отримання високозбагаченого урану та збройного плутонію;

промислові реактори;

підприємства атомної енергетики;

підприємства з видобування та переробки уранової руди;

суднобудівні та судноремонтні заводи атомного флоту;

бази атомних підводних човнів Північного та Тихоокеанського флотів;

місця складування та зберігання балістичних ракет;

місця розташування знятих з експлуатації кораблів військово-морського флоту (ВМФ) та цивільних кораблів з ядерними енергетичними установками;

райони скидання в моря РАВ та судових ядерних реакторів.

Демонтаж ядерних боезарядів здійснюється на заводах, на яких вони раніше виготовлялися: Єкатеринбург-44, Пенза-19 та Златоуст-36.

Вплив на довкілля підприємств ядерного паливного циклу

Під час використання ядерної енергії утворюються РАВ. Єдиним методом знешкодження РАВ є їх тривала ізоляція від біосфери на період, необхідний для розпаду радіонуклідів до безпечних рівнів.

У результаті багаторічної діяльності ядерної індустрії радіоактивно забруднено величезні території. РАВ скидали і продовжують скидати у поверхневі во-

дойми, в тому числі до басейнів Азовського та Чорного морів, арктичних морів, Каспійського моря та морів Тихого океану. Зафіксовані випадки скидання в моря ядерних реакторів, активних зон реакторних установок атомних підводних човнів (АПЧ) та суден з ядерними енергетичними установками. Зареєстровано випадки виникнення несанкціонованих СЛР.

З огляду на обмежений обсяг статті наведемо лише окремі приклади впливу на довкілля підприємств ядерного паливного циклу [1].

Сибірський хімічний комбінат (СХК, м. Сєверськ, Томськ-7). Комбінат є найбільшим у світі підприємством з виробництва збройного плутонію. На СХК функціонують заводи: реакторний, субліматний, радіохімічний, хіміко-металургійний та завод з розділення ізотопів. На цьому підприємстві, яке розташоване за 15 км від м. Томська, траплялися аварії; наведемо відомості лише про деякі з них:

18.04.1961 р. — вибух обладнання з викидом радіоактивності у довкілля;

30.01.1963 р. — СЛР протягом 10 год, переопромінення персоналу;

13.12.1963 р. — СЛР протягом 18 год;

у 1963 р. при захороненні високоактивних рідких РАВ внаслідок інтенсивного тепловиділення (СЛР) відбувся викид рідини із забрудненням території;

з середини 70-х років високоактивні рідкі РАВ, що закачувалися під землю, вийшли за межі майданчика підприємства;

06.04.1993 р. — вибухом зруйновано технологічне обладнання та декілька будівель з викидом аерозолів у довкілля. Забруднено близько 100 км² у північно-східному напрямку.

За період існування СХК відбулося 16 аварійних ситуацій та інцидентів, у 5 випадках виникали СЛР.

Загальна активність високоактивних рідких РАВ, закачаних під землю, перевищує мільярд кюрі. При цьому подільні матеріали інтенсивно сорбуються вміщуючими породами та накопичуються поблизу свердловин. Як відомо, вода є уповільнювачем нейтронів, і це створює загрозу накопичення критичної маси, необхідної для виникнення СЛР.

На території комбінату розміщено сховища рідких та твердих РАВ. У відкритих басейнах знаходиться $4,6 \times 10^{18}$ Бк, а в підземні пласти закачано $1,5 \times 10^{19}$ Бк рідких РАВ. За 12 км від підземного полігону знаходиться міський водозабір м. Томська. Після зупинки у 1992 р. двох прямоточних військово-промислових реакторів спостерігається зниження радіоактивного забруднення річкової води.

На СХК зберігається понад 23 тис. контейнерів із «подільними матеріалами», що надходять з військових частин у зв'язку зі «скороченням кількості ядерних боеголовки». Таке скорочення відбувається внаслідок розпаду ²⁴¹Pu (період напіврозпаду — 14,4 року) в плутонієвих зарядах, унаслідок чого накопичується «отруйний» ²⁴¹Am.

Красноярський гірничо-хімічний комбінат (КГХК, м. Залізнодорожськ, Красноярськ-26). Комплекс виробництва матеріалів для ядерної зброї знаходиться під землею на глибині 250–300 м. На ГХК функціонували реакторне виробництво (три реактори для напрацювання плутонію), радіохімічний завод з переробки ВЯП, ізотопно-хімічний завод та сховище ВЯП АЕС з реакторами ВВЕР-1000.

Підземне захоронення рідких РАВ здійснюється на полігоні «Северний», розташованому на правому березі р. Єнісей за 60 км від м. Красноярська. У спостережних свердловинах відзначалися випадки термоаномалій.

З метою конверсії військового комплексу для ГХК та зменшення забруднення Арктичного басейну планувалося закриття реакторного та радіохімічного виробництв і створення заводу з переробки ВЯП реакторів ВВЕР-1000 (РТ-2) потужністю 1500 т/рік.

Виробниче об'єднання (ВО) «Маяк» (м. Озерськ, Челябінськ-40, 65). ВО «Маяк» був першим в СРСР підприємством з виробництва урану та плутонію для військових цілей. На промисловому ядерному реакторі (завод А) здійснювалося опромінення природної суміші ²³⁸U і ²³⁵U, в результаті якого утворюється ²³⁹Pu. На радіохімічному заводі Б відбувався процес розділення радіонуклідів та виділення плутонію з опромінених уранових блоків. На хіміко-металургійному заводі В здійснювалося остаточне очищення ²³⁹Pu від продуктів поділу урану, отримання та обробка металевих плутонію. На заводі В також було виготовлено деталі з високочистого плутонію для першої радянської атомної бомби, яку було підірвано 29.08.1949 р. на Семіпалатинському полігоні.

В різні роки до складу комбінату входили: уран-графітові реактори для напрацювання збройного плутонію — А, АІ, АВ, АВ-1, АВ-2, ОК-180 та важководний реактор «Руслан». Для отримання тритію використовувався уран-графітовий реактор АІ. Реактор АВ слугував також для напрацювання ізотопів та очищення гелію-3. Працювали також експериментальні реактори ОК-190 і ЛФ-2 «Людмила».

На ВО «Маяк» працює радіохімічний завод РТ-1, на якому переробляється ВЯП.

Аварії та інциденти

Перший період експлуатації реакторів супроводжувався низкою аварій, пов'язаних із руйнуванням опромінених уранових блоків.

Вже в першу добу роботи реактора А внаслідок перегрівання відбулося спікання уранових блоків з графітом із викидом радіонуклідів. Реактор було зупинено, і протягом 10 діб, до 30.06.1948 р., проводилося видалення залишків. 25.07.1948 р. знову відбулося спікання блоків, наслідки якого ліквідовували на працюючому реакторі, що призвело до забруднення приміщень, викиду радіонуклідів у довкілля та переопромінення персоналу.

Протягом року розпочалося руйнування труб та намокання графітової кладки. Реактор було зупинено для проведення капітального ремонту. В умовах гострого дефіциту урану було вирішено вилучити та зберегти опромінені блоки. Для робіт з вилучення високоактивних блоків з реактора було залучено увесь персонал об'єкта. З реактора було вилучено 39 тис. уранових блоків, після чого залиту водою графітову кладку висушили, встановили нові канали та завантажили уранові блоки. Ці операції супроводжувалися значним переопроміненням персоналу та радіоактивним забрудненням приміщень і довкілля.

Подібних випадків було багато й надалі. Так, під час «зависання» уранових блоків, що спеклися зі стінками труб, іноді відбувалися обривання труб, і високоактивні уранові блоки залишалися без охолодження в графітовій кладці. Їх видалення супроводжувалося опроміненням персоналу значними дозами та потраплянням радіонуклідів у довкілля. Аварійні ситуації виникали як на самому реакторі А, так і під час перевезення опромінених блоків на радіохімічний завод Б та хіміко-металургійний завод В. Через виникнення критичних мас плутонію на заводі В відбувалися СЛР.

На хіміко-металургійному заводі завершувався технологічний цикл виготовлення «основи» ядерного заряду. Активним матеріалом слугував плутоній. Один з типів заряду мав вигляд порожньої кулі, яка складалася з двох половинок із зовнішнім діаметром 80–90 мм. Маса активного матеріалу разом з ініціатором становила 763–1060 г. Між половинками знаходилася діафрагма із золота товщиною 0,1 мм.

Пізніше було побудовано другий радіохімічний завод, реконструйовано та розширено завод В. Запрацював завод радіоактивних ізотопів (1955 р.). На базі

першого радіохімічного заводу було введено в експлуатацію (1976 р.) завод з переробки ВЯП реакторів ВВЕР-440, БН-350, БН-600, дослідницьких реакторів, атомних підводних човнів та транспортних реакторних установок надводного флоту.

Радіаційне забруднення територій Південного Уралу:

1946–1956 рр. — рідкі РАВ, зокрема високоактивні, скидали у відкриту річкову систему (76 млн м³, активністю до 3 млн Кі), було опромінено 124 тис. осіб;

аварія 1957 р., відома як Киштимська (м. Киштим) — вибух ємності з високоактивними рідкими РАВ, у результаті чого в довкілля було викинуто 20 млн Кі, які поширилися територією Челябінської, Свердловської та Тюменської областей. При цьому відбулося радіоактивне забруднення місцевості, яке має назву Східно-Уральський радіоактивний слід. Забруднено 23 тис. км² території, опромінено 272 тис. осіб.

1967 р. — вітрове перенесення радіоактивного пилу з берегів оз. Карачай (відкрите сховище рідких РАВ). Загальна активність викиду становила 600 Кі на території 2700 км², зокрема на території 63 населених пунктів з населенням 41,5 тис. осіб.

На початковому етапі існування підприємства рідкі РАВ скидали в річкову систему Теча–Ісеть–Тобол. Згодом було створено каскад поверхневих водойм. У результаті було радіаційно забруднено не лише поверхневі, а й підземні води. У скидах рідких РАВ присутні як продукти поділу, так і ізотопи плутонію.

Аварії та інциденти:

29.09.1957 р. — вибух сховища високоактивних рідких РАВ,

15.03.1953 р. — СЛР, переопромінення персоналу;

13.10.1954 р. — розрив технологічного обладнання з руйнуванням приміщень

21.04.1957 р. — СЛР, переопромінення персоналу;

02.10.1958 р. — СЛР, переопромінення персоналу;

28.07.1959 р. — розрив технологічного обладнання;

05.12.1960 р. — СЛР, переопромінення персоналу;

07.09.1962 р. — СЛР;

16.12.1965 р. — СЛР протягом 14 год;

10.12.1968 р. — СЛР, переопромінення персоналу.

Вибухи обладнання на ядерно- та радіоактивно небезпечних об'єктах зареєстровано: 26.02.1962 р., 11.02.1976 р., 02.10.1984 р., 16.11.1990 р., 17.07.1993 р.

Захоронення рідких РАВ у РФ здійснюється на полігонах Сибірського хімічного комбінату, Красноярського гірничо-хімічного комбінату та Науково-дослідного інституту атомних реакторів (м. Дмитров-

град). Водночас в Україні захоронення рідких РАВ законодавчо заборонено. Радіоактивні відходи можуть бути захоронені лише у твердому стані із забезпеченням їх вибухової, пожежної та ядерної безпеки [4].

Затоплення РАВ у морях. У 1965–1988 рр. було проведено затоплення суднових ядерних реакторів криголама «Ленін» та АПЧ, у тому числі з ядерним паливом, у Карському морі поблизу архіпелагу Нова Земля. Загальна активність цих РАВ оцінюється у $3,7 \times 10^{16}$ Бк. Як правило, координати, вид та активність таких затоплених об'єктів залишаються таємницею. І лише з часом відкриваються подробиці. Так, в результаті міжнародної експедиції у 1992 р. було виявлено місця затоплення двох відсіків АПЧ з реакторами та ядерним паливом у бухті Абросимова, АПЧ з паливом у затоці Степового, а також реакторної збірки з ядерним паливом криголама «Ленін». Також РАВ затоплювалися в баржах, ліхтерах і танкерах.

Крім того, в Японському морі у 1971 та 1979 рр. було затоплено 4 ядерні реактори АПЧ без ядерного палива загальною активністю 10^{14} Бк.

Усі ці дії було здійснено зі свідомим порушенням вимог Лондонської конвенції 1972 р. «Про запобігання забрудненню моря скидами відходів та інших матеріалів».

Унаслідок аварії на АПЧ у бухті Чажма (Далекий Схід, Японське море) у 1985 р. відбувся викид активності приблизно 5 млн Кі з переопроміненням персоналу та опроміненням населення.

18.01.1970 р. — завод «Красне Сормово» (м. Горький), будівництво АПЧ К-320 — СЛР протягом 13 с, переопромінення персоналу, опромінення населення, кількість постраждалих перевищила 1000 осіб.

04.07.1961 р. — аварія на реакторі АПЧ К-19 з балістичними ракетами, переопромінення персоналу, 9 загиблих. Утилізацію АПЧ проведено на заводі «Нерпа». Контейнер з атомним реактором було знайдено 02.09.2021 р. у затоці Абросимова.

Зрозуміло, що цей перелік не є вичерпним.

Ядерні випробування. Такі випробування були обов'язковим етапом у розробленні технології ядерних зарядів. Підтримання надійності наявних ядерних арсеналів також вимагало періодичного проведення випробувань.

На полігоні «Нова Земля» було проведено 132 ядерні та термоядерні вибухи, зокрема 87 атмосферні, 3 підводні та 42 підземні, загальною потужністю у тротиловому еквіваленті 273 млн т.

На Семіпалатинському полігоні (Казахстан) з 1949 по 1989 рр. було проведено 464 вибухи — у тому

числі в період 1949-1962 рр., до підписання у 1963 р. Договору про заборону випробувань ядерної зброї в атмосфері, космічному просторі й під водою, — 124 (30 наземних і 94 в атмосфері та космосі). Після цього було проведено ще близько 340 підземних ядерних вибухів.

Кількість проведених так званих «мирних» ядерних вибухів оцінюється у 124. На території України було проведено два таких «мирних» ядерних вибухи: у Харківській та Донецькій областях. Перший відбувся поблизу с. Хрестище на Харківщині 09.07.1972 р., за офіційною версією — з метою гасіння факелу на газовому родовищі, однак безрезультатно: факел горів ще цілий рік. Другий вибух відбувся 16.09.1979 р. на шахті «Юнком», яка розташована в декількох кілометрах від м. Єнакієво, також безрезультатно. З часом вдалося з'ясувати, що ядерні випробування на Донеччині було проведено Міністерством за військовою програмою з метою оцінки впливу на довкілля в умовах густонаселеного регіону. Розробником програми досліджень наслідків цих випробувань був ВНДПІ промтехнологій (м. Москва).

Після катастрофи на Чорнобильській АЕС перших постраждалих було направлено до 6-ї Клінічної лікарні м. Москви, там же містився ВНЦ радіаційної медицини. Неочікуваним, але закономірним виявився факт, що перші ліквідатори аварії на Чорнобильській АЕС становили лише незначну частину пацієнтів. Клініка була переповнена хворими на гостру променеву хворобу з підприємств ядерно-паливного циклу, військово-морського флоту та суден з ядерними енергетичними установками. Іронією історії є те, що приблизно з 2014 р. ця клініка покинута: на території, де розміщено близько 30 корпусів, не залишилося ані лікарів, ані пацієнтів, попри близькість до Центру ядерних досліджень ім. І. В. Курчатова.

Висновки

Враховуючи викладене та сучасний стан ядерної енергетики України, можна зробити такі висновки.

Україна має розвинену ядерну енергетику, значний науковий, технічний та ресурсний потенціал для подальшого розвитку.

Наявність ядерної зброї не гарантує безумовної переваги над іншими країнами (РФ, КНДР, Ізраїль). Ми впевнені, що Україна, підтримуючи існуючий міжнародний режим гарантій щодо нерозповсюдження, не буде намагатися створювати власну ядерну зброю, адже саме для її створення і потрібен

замкнутий ядерно-паливний цикл. Ядерних реакторів, які працюють на змішаному уран-плутонієвому паливі, у нас немає, як і планів щодо їх використання. Як відомо, найбільш «брудним» елементом закритого паливного циклу є радіохімічна переробка ВЯП.

На наш погляд, розвиток ядерної енергетики України має й надалі базуватися на відкритому паливному циклі. Цей висновок базується також на тому, що природні уранові ресурси доступні за прийнятними цінами для забезпечення відкритого циклу принаймні до кінця століття [7]. Це дає відкритому паливному циклу чіткі економічні переваги зі стійкістю до нерозповсюдження.

Переважає більшість катастрофічних наслідків діяльності ядерного комплексу СРСР (РФ) пов'язана з невіршенням (ігноруванням) проблем поводження з радіоактивними відходами та забезпечення їх ізоляції. В Україні створена система централізованих сховищ для захоронення РАВ та зберігання відпрацьованого палива протягом багатьох десятиліть до їх геологічного захоронення. Це має бути невід'ємною частиною стратегії розширення використання ядерної енергії.

Пряме захоронення ВЯП є логічним завершенням відкритого ядерно-паливного циклу і є законодавчо врегульованим Об'єднаною конвенцією поводження з ядерним паливом та РАВ (ст. 10), що дозволяє це робити. На сьогодні світовою науковою спільнотою визнано, що єдиним середовищем, яке забезпечує надійну тривалу ізоляцію високоактивних та довгоіснуючих відходів, у тому числі ВЯП, є глибокі геологічні формації [3].

Примітка. Уся наведена інформація отримана з відкритих джерел.

Список використаної літератури

1. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами» № 255/95-ВР від 30.06.1995 р. // Відомості Верховної Ради України. – 1995. – № 27. – Ст. 198.
2. MIT releases study on nuclear energy's future // MIT News : official website. – June 29, 2003. – Available at: <https://news.mit.edu/2003/nuclear>.
3. Закон України «Про ратифікацію Об'єднаної конвенції про безпеку поводження з відпрацьованим паливом та про безпеку поводження з радіоактивними відходами» від 20.04.2000 № 1688-III.
4. Kruglov A. K. The History of the Soviet Atomic Industry / A. K. Kruglov. – Boca Raton : CRC Press, 2002. – 288 p.

5. Josephson P. R. Red Atom: Russia's Nuclear Power Program from Stalin to Today / P. R. Josephson. – Pittsburgh : University of Pittsburgh Press, 2005. – 360 p.
6. Schmid S. D. Producing Power: The Pre-Chernobyl History of the Soviet Nuclear Industry / S. D. Schmid. – Cambridge, MA : MIT Press, 2015. – 320 p.
7. Bruno A. The Soviet Nuclear Archipelago: A Historical Geography of Atomic-Powered Communism / A. Bruno. – Budapest : Central European University Press, 2022. – Available at: <https://www.jstor.org/stable/10.7829/jj.4032516>.
8. Thomas S. Economic and Safety Pressures on Nuclear Power: A Comparison of Russia and Ukraine Since the Break-up of the Soviet Union / S. Thomas // Energy Policy. – 1999. – Vol. 27. – No. 13. – P. 745–767. – doi.org/10.1016/S0301-4215(99)00074-9.

P. O. Korchahin¹, V. I. Kholosha²

¹ JSC "Kyiv Research and Design Institute Enerhoproekt", 4, Beresteyskyi Ave, Kyiv, 01135, Ukraine

² Ukrainian Nuclear Society (NGO), Office 1211, 6, Stepan Bandera Ave, Kyiv, 04073, Ukraine

Some Aspects of the Nuclear Industry of the USSR (Russian Federation): Conclusions for Ukraine

The issue of nuclear non-proliferation has become increasingly important due to the efforts of certain states to acquire nuclear weapons capabilities. Under these circumstances, Ukraine continues to support the international nuclear non-proliferation regime established by the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT) and its safeguards system. The decision not to develop a closed fuel cycle enables Ukraine to pursue nuclear power development within the framework of an open fuel cycle, including the option of direct disposal of spent nuclear fuel (SNF). A number of countries support the direct disposal of SNF because this approach limits the separation and accumulation of fissile materials that could potentially be used for military purposes. In contrast, some states continue to develop spent fuel reprocessing technologies, which create the possibility of recovering such materials. This study analyzes the environmental consequences of the activities of the Soviet nuclear industry, including major accidents, radioactive contamination events, and the impacts

of nuclear weapons testing. The results demonstrate the significant environmental risks associated with several stages of the nuclear fuel cycle, particularly those involving the production, reprocessing, and management of nuclear materials and radioactive waste. Based on this analysis, the study argues that the further development of Ukraine's nuclear power sector should continue to rely on an open fuel cycle without spent fuel reprocessing. Such an approach offers advantages in terms of environmental protection, radioactive waste management, and compliance with international non-proliferation obligations. The availability of natural uranium resources and the absence of plans to deploy mixed uranium-plutonium (MOX) fuel technologies further support this strategy. The study also highlights that many of the most severe environmental consequences of the Soviet nuclear complex were associated with inadequate radioactive waste management practices. Ukraine has established centralized facilities for radioactive waste disposal and long-term spent fuel storage, which should remain an essential component of future nuclear energy development. Direct disposal of SNF, as provided for by the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, represents a logical endpoint of the open fuel cycle. Deep geological formations are currently recognized as the only reliable long-term option for the isolation of high-level and long-lived radioactive waste, including spent nuclear fuel intended for direct disposal.

Keywords: Nuclear weapons, closed fuel cycle, spent nuclear fuel reprocessing, nuclear weapons testing.

References

1. Law of Ukraine "On Radioactive Waste Management" no. 255/95-VR, dated June 30, 1995. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy, vol. 27, art. 198. (in Ukr.)
2. MIT releases study on nuclear energy's future. *MIT News*, June 29, 2003. Available at: <https://news.mit.edu/2003/nuclear>.
3. Law of Ukraine "On Ratification of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management", no. 1688-III, dated April 20, 2000. (in Ukr.)
4. Kruglov A. K. (2002). *The History of the Soviet Atomic Industry*. Boca Raton: CRC Press. 288 p.
5. Josephson P. R. (2005). *Red Atom: Russia's Nuclear Power Program from Stalin to Today*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press. 360 p.
6. Schmid S. D. (2015). *Producing Power: The Pre-Chernobyl History of the Soviet Nuclear Industry*. Cambridge, MA: MIT Press. 320 p.
7. Bruno A. (2022). *The Soviet Nuclear Archipelago: A Historical Geography of Atomic-Powered Communism*. Budapest: Central European University Press. Available at: <https://www.jstor.org/stable/10.7829/jj.4032516>
8. Thomas S. (1999). Economic and Safety Pressures on Nuclear Power: A Comparison of Russia and Ukraine Since the Break-up of the Soviet Union. *Energy Policy*, vol. 27 (13), pp. 745–767. doi.org/10.1016/S0301-4215(99)00074-9.

Надійшла / Received 17.05.2025

Рекомендована до друку / Accepted 20.05.2025