

Щодо можливості захоронення на місці об'єктів ближньої зони ЧАЕС

- **Паскевич Сергій Анатолійович**, канд. біол. наук
Інститут проблем безпеки атомних електростанцій Національної академії наук України,
м. Чорнобиль, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8937-5866>
- **Ольховик Юрій Олександрович**, д-р техн. наук
Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України», м. Київ, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5653-2370>

Розглянуто гіпотетичну можливість застосування практики захоронення на місці для об'єктів Чорнобильської зони відчуження – енергоблоків 1 – 3 Чорнобильської АЕС (ЧАЕС), що знімаються з експлуатації; об'єкта «Укриття», а також пунктів захоронення радіоактивних відходів (ПЗРВ) «III-я Черга ЧАЕС» і «Підлісний». Зроблено висновок, що за 300 років ці об'єкти не досягнуть рівня безпеки, достатнього для звільнення від регуляторного контролю. Захоронення на місці реакторних установок енергоблоків 1 – 3 ЧАЕС призводить до потенційної небезпеки, що пов'язана, зокрема, із наявністю великої кількості опроміненого реакторного графіту. Зазначено, що згадані об'єкти у разі захоронення на місці мають бути під контролем тисячі років, що унеможливує їх звільнення від регулюючого контролю. Формування штучних бар'єрів із бетону і насипної глини не забезпечить ізоляцію радіонуклідів, і передусім радіовуглецю, від навколишнього середовища.

Розглянуто можливі природні фактори, дія яких упродовж часу, необхідного для розпаду радіонуклідів до прийняттого рівня, може призвести до руйнації поверхневих сховищ для захоронення на місці об'єктів ближньої зони ЧАЕС. Такими факторами визначено вірогідну реабілітацію річкової долини річки Прип'ять; сейсмічний вплив унаслідок сильних землетрусів у зоні Вранча (Румунія), так і вплив місцевого сейсмічного осередку; уразливість поверхневих об'єктів захоронення до впливу циклічних кліматичних змін. Зроблено висновок щодо неможливості доведення безпеки поверхневого захоронення на майданчику ЧАЕС на період десятків тисяч років, оскільки прояв низки зовнішніх факторів носить імовірнісний характер.

Ключові слова: автореабілітація, захоронення на місці, кліматичні зміни, поверхневі сховища, радіовуглець, сейсмічний вплив, ЧАЕС.

© Паскевич С. А., Ольховик Ю. О., 2020

Останнім часом, з огляду на реалізований у США проєкт зняття з експлуатації важководних реакторів на майданчику Саванна-Рівер [1] і зняття з експлуатації в РФ промислового уран-графітового реактора ЗИ-2 на майданчику «Северного химического комбината» [2], в Україні формується думка щодо можливості застосування стратегії захоронення на місці енергоблоків ЧАЕС, включно з об'єктом «Укриття» [3]. Щоправда, автори останньої публікації [3] підкреслюють, що практика захоронення на місці для згаданих об'єктів може бути застосована лише через 100–200 років, водночас висловлюють упевненість, що у найближчій перспективі зазначений варіант захо-

нення може стати актуальним для поставарійних поверхневих сховищ радіоактивних відходів (ПВВ) «III-я Черга ЧАЕС» і «Підлісний» [3].

Згідно з положеннями Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ) захоронення на місці має передбачати створення інженерних бар'єрів, які забезпечують ненадходження радіонуклідів у навколишнє середовище протягом часу, поки радіоактивність не знизиться до рівня, що дозволяє звільнити об'єкт від регуляторного контролю. Той факт, що радіоактивний матеріал залишиться на місці, означає, що об'єкт з часом буде визначений як поверхневе сховище з відповідним рівнем забезпечення безпеки [4].

Але створення сховища для захоронення РАВ має на меті не тільки мінімізацію впливу на персонал та населення як на сучасному етапі, так і в майбутньому, а й також зниження до мінімуму необхідності технічного обслуговування сховища на етапі після його закриття. Наявність значної кількості високоактивних відходів у ПЗРВ «Підлісний» ($\approx 2,6 \cdot 10^{15}$ Бк) та ПЗРВ «III-я Черга ЧАЕС» ($3,4 \cdot 10^{14}$ Бк) дають підстави для висновку, що навіть за 300 років ці об'єкти не досягнуть рівня безпеки, достатнього для звільнення від регуляторного контролю. Теж саме можна із впевненістю стверджувати щодо об'єкта «Укриття», навіть після вилучення з нього паливомісних матеріалів. Захоронення на місці реакторних установок енергоблоків 1 – 3 ЧАЕС унеможлиблюється потенційною небезпекою через наявність великої кількості опроміненого реакторного графіту та, відповідно, можливість додаткового опромінення населення внаслідок виходу довгоживучого С-14 зі сховища (це питання розглянуто в [5]).

Зауважимо, що радіовуглець (С-14) – ефективний чинник, через спричинення ним хромосомних порушень і виникнення трансмутаційних ефектів. Наявність чорнобильського радіовуглецю (С-14) в довіллі призведе до помітного збільшення перетворень С-14 → N-14, що веде до накопичення дефектів у структурі ДНК і, як наслідок, спотворення генетичної інформації. Відповідно до моделі старіння ймовірність природної смерті пропорційна числу специфічних дефектів, що виникають на рівні ДНК. Радіовуглець (С-14) є найбільш ймовірним фактором виникнення таких дефектів [6].

Отже, зазначені об'єкти у разі захоронення на місці мають бути під контролем навіть не сотні, а тисячі років.

Саме неможливість звільнення від регулюючого контролю вищезгаданих об'єктів слугує аргументом проти застосування практики захоронення на місці як для зняття з експлуатації енергоблоків із реакторами РБМК, так і ПЗРВ «Підлісний» та «III-я Черга ЧАЕС».

Створення під час захоронення на місці промислового уран-графітового реактора ЭИ-2 на «Северном химическом комбинате» додаткових інженерних бар'єрів полягало в заповненні підреакторних приміщень бетоном і решти приміщень нижче рівня землі – сумішшю на основі глини [2]. Зважаючи на критерії економічності, простої реалізації і середньострокової ефективності такі заходи забезпечення безпеки є оптимальним рішенням, але тільки на перший погляд. Бетонний бар'єр під впливом факторів навколишнього середовища буде руйнуватися, оскільки гідросилікати кальцію, які складають основу цементних виробів, є хімічно нестійкими сполуками і під час довготривалого контакту з водою, яка інфільтрується,

руйнується внаслідок вилуговування компонентів. Навіть якщо час існування бетонного бар'єру складатиме 1 – 2 тисячі років, це суттєво не вплине на активність довгоіснуючих радіонуклідів (Pu, Np, U, C-14 та інші), які містяться в РАВ. Створення штучних екранів із місцевої глини над об'єктами захоронення не забезпечить у довгостроковій перспективі ізоляцію відходів від проникнення з часом природної води метеоропадів. Так, руйнація об'єктів, розташованих на поверхні й захоронених на місці РАВ, і міграція з них радіонуклідів у довкілля є лише справою часу.

Крім того, під час розгляду можливості застосування технологій захоронення на місці для об'єктів на майданчику ЧАЕС не врахований вірогідний і потужний механізм руйнації через близькість до русла річки Прип'ять.

Поліська фізико-географічна провінція відрізняється одноманітністю геолого-геоморфологічних умов розвитку руслових деформацій. Переважання пухких алювіальних і озерно-алювіальних відкладень, а також рівнинний рельєф сприяють тут широкому поширенню вільно меандруючих русел у добре розроблених річкових долинах. Прип'ять є головною водною артерією регіону, де розташована ЧАЕС, і характеризується відносною одноманітністю прояву руслових процесів і характером будови долини: коефіцієнт звивистості становить 2,1 – 2,8. Особливо чітко простежується на Прип'яті вільне меандрування – швидкість зсуву (розмиву) бровок увігнутих берегів складає до 10 – 18 м у рік, що характерно для широких річкових долин [7].

Долина Прип'яті широка, слабо виражена в сучасному рельєфі, й борти долини полого переходять у прилеглу озерно-алювіальну терасу, на техногенно перетворених ґрунтах якої розташований промисловий майданчик ЧАЕС.

У процесі будівництва залізниці в 1925 році й особливо під час будівництва та в процесі масштабних заходів 1986 – 1991 років русло Прип'яті на ділянці «Кошарівка – Чорнобиль» зазнало значних техногенних перетворень. Найбільший вплив на формування техногенного обліку річки здійснили створення Прип'ятського затону, постійні днопоглиблювальні роботи, створення штучного спрямленого русла і затоплення старого русла для утворення водойми-охолоджувача, налив лівобережної дамби. Вражаючи різницю між природним і техногенним станом ріки демонструє порівняння топографічних карт 1868 та 1986 років.

Річку Прип'ять включно з руслом, заплавою і першою надзаплавною терасою потрібно розглядати як самостійну геосистему, яка, в разі відсутності техногенного впливу, спроможна до автореабілітації й, відповідно, до відновлення свого природного стану.

На цей час природні процеси трансформації антропогенізованих ландшафтів Чорнобильської зони відчуження в самодостатні природні комплекси, що супроводжується, наприклад, докорінною зміною режиму зволоження, збільшенням біорізноманіття, є наочним прикладом значимості та впливу природних чинників у довготривалій перспективі [8].

Наразі, коли техногенний тиск на річку послаб, все більше проявляються природні притаманні Полісся процеси автореабілітації річкової долини, які з часом, за умови невтручання людини, здатні відновити історичний вигляд Прип'яті з властивими їй деформаціями русла.

Процеси, які визначають екзодинамічні режими річкової долини і прилеглих територій, поділяють на три категорії: 1 – процеси, які протікають у межах річкової заплави; 2 – процеси, які протікають у межах надзаплавних терас, 3 – техногенні процеси [9].

Кожний із зазначених процесів з часом може призвести до негативного впливу на техногенний рельєф, який утворився на майданчику ЧАЕС унаслідок будівництва станції та масштабних робіт з ліквідації аварії в 1986 році. Для першої надзаплавної тераси характерні процеси заболочування, дефляції, ерозії тимчасових водних потоків, гравітаційні процеси, зокрема, розвиток зсувних процесів. Відповідно, впливу зазнають і гіпотетичні сховища РАВ, якими стануть об'єкти, що будуть захоронені на місці. Процесами, які активізують перетворення рельєфу на майданчику, можуть стати руслові деформації із розмивом правого берега; процеси гравітаційної групи: зміщення відкладень під впливом сили тяжіння, особливо в разі створення високих глиняних курганів над будівлями енергоблоків.

Недооціненим у контексті вірогідності прояву природним фактором, здатним негативно вплинути на об'єкти поводження з РАВ, розташовані в ближній зоні (на відстані не більше 5 км) ЧАЕС, є сейсмічна дія. Розташування ЧАЕС безпосередньо в межах потужної розломної зони доведено дослідженнями геофізиків на початку двохтисячних років. Вплив пов'язано як з сильними землетрусами в зоні Вранча (Румунія), які час від часу стрясають всю Україну, так і з впливом місцевого сейсмічного осередку на перетині Південно-Прип'ятського і Тетерівського розломів. Саме з останнім пов'язують 4 чіткі землетруси магнітудою до 1,6 бала у Чорнобильській зоні відчуження в 1996 році [10] (Рисунок 1).

Новим, у контексті аналізу довготривалих загроз для безпечного функціонування захоронень на місці, є очевидні зміни кліматичних умов. Уже зараз у колі фахівців порушуються питання щодо доцільності перегляду норм, які регламентують захоронення РАВ. На думку експертної спільноти, зміни клімату неминуче призведуть до зміни інтенсивності та частоти опадів, збільшення мак-

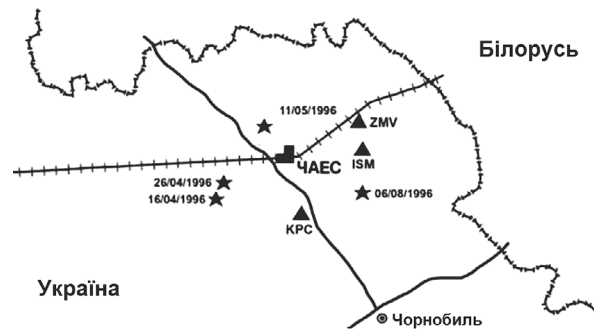


Рисунок 1 – Положення епіцентрів землетрусів, зареєстрованих тимчасовою мережею сейсмічних станцій Національної академії наук України [10]

симальної швидкості вітру. Підвищення температури, а з цим і збільшення кількості опадів може призвести до інтенсифікації геоморфологічних процесів, що сприятиме збільшенню кількості землетрусів. На цей час, наприклад, у Великобританії вже розглядають зміну клімату як складовий чинник, який несе ризики для безпечного поводження з відпрацьованим ядерним паливом, на що прямо вказується в Заяві про національну політику в атомній енергетиці [11].

Кліматичні зміни мають бути враховані під час ухвалення рішень щодо захоронення на місці, хоча б з огляду на те, що процеси радіаційного розпаду, деградації матриць інкорпорованих РАВ, строки функціонування захисних бар'єрів у часовому відношенні відповідні до динаміки змін клімату, про які ми маємо уяву на прикладі досліджень змін клімату в минулому. Інші дослідники зазначають про необхідність враховувати довготривалі зміни клімату під час аналізу безпеки захоронень РАВ у глибоких геологічних формаціях [12], де також наголошується на необхідності врахування впливу глобальних змін клімату на інтенсивність зміни геоморфологічних характеристик.

Врахування змін клімату під час створення сховищ для захоронення РАВ вимагається чинними нормативними документами України, зокрема [13]. Водночас надання прогнозних оцінок змін клімату та наслідків таких змін (зледеніння, зміни напрямків руху підземних вод тощо) для використання цих оцінок в аналізі безпеки сховища протягом десятків тисяч років ще не є вирішеним. Ризики безпечного захоронення РАВ унаслідок глобальних змін клімату, на цей час мало вивчені та ще потребують детального дослідження й осмислення.

Проблеми безпеки об'єктів, які знаходяться в ближній зоні та на промисловому майданчику ЧАЕС і для яких розглядається можливість/доцільність захоронення на місці, подібні до проблем, пов'язаних із захороненням довгоіснуючих та високоактивних РАВ у глибоких геологічних

формаціях. Утім ці питання мають значно більшу актуальність, з огляду на необхідність ухвалення рішень найближчим часом щодо остаточної стратегії поводження з цими об'єктами. В разі вибору сценарію захоронення на місці, ризику, спричинені зміною клімату, посилюються, стають більш значущими внаслідок більшої вразливості поверхневих об'єктів до впливу зовнішніх факторів. Зміни клімату є циклічним явищем. Для розгляду можливих впливів клімату на безпеку захоронень важливо взяти враховувати цикли, які відбуваються кожні 10 – 100 тисяч років, пов'язані з виникненням обледенень планети [14]. Саме ці зміни призводять до кардинальних змін геоморфології ландшафтів і, ймовірно, можуть у майбутньому призвести до руйнування поверхневих захоронень довгоіснуючих та високоактивних РАВ.

Висновки

Ухвалення рішення про захоронення на місці будь-якого об'єкта поводження з РАВ на майданчику ЧАЕС потребує створення й експлуатації протягом тисячоліть систем контролю безпеки і проведення постійного радіаційного моніторингу довкілля. Крім того, постійного контролю та управління вимагатиме гідрологічний режим річки Прип'ять. Витрати, пов'язані із зазначеними заходами, набагато перевищать ту ефемерну середньострокову вигоду, на яку розраховують прибічники захоронення «на місці».

Перспектива застосування варіанта захоронення «на місці» для об'єктів Чорнобильської зони відчуження, які містять довгоіснуючі РАВ, потребує обґрунтування безпеки на період десятків тисяч років і більше. В контексті оцінки довготривалої безпеки всі події, які не суперечать законам природи, повинні розглядатися як можливі і мають враховуватись під час розробки рішень щодо поводження з довгоіснуючими та високоактивними РАВ ЧАЕС та об'єкта «Укриття».

Список використаної літератури

1. Belencan H. Experience with In-Situ Decommissioning as a Remediation End Point. International Atomic Energy Agency International Experts' Meeting on Decommissioning and Remediation After a Nuclear Accident 28 January – 1 February, Vienna, Austria. URL: <http://www-pub.iaea.org/iaea-meetings/IEM4/29Jan/Belencan.pdf>.
2. Измestьев А. М., Коляревский С. Г., Селеев И. Н., Юшицин К. В. Бесполостное заполнение пустот в реакторном пространстве при выводе из эксплуатации

ПУГР. *Безопасность ядерных технологий и окружающей среды*. 2012. № 2. URL: <http://www.atomic-energy.ru/technology/47198>.

3. Стельмах Д. А., Кучинський В. К., Платоненко А. М. Захоронення на місці як варіант зняття з експлуатації об'єктів Чорнобильської АЕС. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2016. №1(69). С. 57 – 63. doi:10.32918/nrs.2016.1(69).09.

4. IAEA Safety Reports Series. Decommissioning strategies for facilities using radioactive material. No. 50. Vienna: IAEA, 2007. URL: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1281_web.pdf.

5. Ольховик Ю. О. Щодо поводження з реакторним графітом Чорнобильської АЕС. *Ядерна енергетика та довкілля*. 2019. № 3(15). С. 66 – 73. doi:10.31717/2311-8253.19.3.8.

6. Тихонов М. Н., Рылов М. И. Дозообразующие радионуклиды. Часть 3. URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3105>.

7. Шныпаркова Ж. В. Закономерности проявления русловых процессов на территории Западно-Белорусской и Полесской физико-географических провинций. *Вестник БГУ*. 2007. Сер. 2. № 1, С.115-120.

8. Шестопалов В. М., Иванов Ю. О., Паскевич С. А. та ін. Автореабілітаційні процеси в екосистемах Чорнобильської зони відчуження. МНСУ, 2001. 250 с.

9. Мележ Т. А., Павловский А. И. Инженерно-геологическая оценка экзодинамических режимов долины реки Припять и прилегающих территорий. *Вестник БГУ*, 2015. Серия: Геология. № 3. С.122–124.

10. Старостенко В. І., Кендзера О. В., Омельченко В. Д. та інші. Сейсмологічні дослідження для безпеки ЧАЕС. URL: <http://www.nbu.gov.ua/books/2006/chernobyl/svi.pdf>.

11. Department of Energy and Climate Change. National Policy Statement for Nuclear Power Generation (EN-6). Volume I of II. Presented to Parliament by the Secretary of State for Energy and Climate Change pursuant to section 5(9) of the Planning Act 2008. July 2011. ISBN: 9780108510823. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/47859/2009-nps-for-nuclear-volumel.pdf.

12. Ковалев О. В., Мозер С. П., Тхориков И. Ю. Комплексный метод оценки механического состояния горных пород в окрестности хранилищ радиоактивных отходов. *Записки Горного института*. 2012. т. 199. С. 30–34. ISSN 0135-3500.

13. Вимоги до структури та змісту звіту з аналізу безпеки поверхневих та приповерхневих сховищ для захоронення радіоактивних відходів. Затвердж. наказом Державної інспекції ядерного регулювання України від 02.12.2019 р. № 520, зареєстр. в М-ві юстиції України 21.01.2020 р. за № 64/34347. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0064-20?find=1&text=%D0%BA%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%82#w1_1.

14. TR-99-05. Impact of long-term climate change on a deep geological repository for spent nuclear fuel. Technical Report. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. May 2001. ISSN 1404-0344. URL: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/32/056/32056059.pdf?r=1&r=1.

References

1. Belencan, H. Experience with in-situ decommissioning as a remediation end point. Retrieved from: <http://www-pub.iaea.org/iaea-meetings/IEM4/29Jan/Belencan.pdf>.
2. Izmestiev, A., Koliarevsky S., Selev I., Yushitsin K. (2012). Cavity-free filling of voids in the reactor space during the decommissioning of the PUGR. *Nuclear Technology and Environmental safety*, 2. Retrieved from: <http://www.atomic-energy.ru/technology/47198>.
3. Stelmakh, D., Kuchinsky, V., Platonenko, A. (2016). In-situ disposal as an option for decommissioning of Chernobyl facilities. *Nuclear and Radiation Safety*. 1(69), 57-63. doi:10.32918/nrs.2016.1(69).09.
4. International Atomic Energy Agency (2007). Decommissioning strategies for facilities using radioactive material, IAEA Safety Reports Series No. 50. Retrieved from: http://www-pub.iaea.org/MTC/publications/PDF/Pub1281_web.pdf.
5. Olkhovik, Yu. (2019). Chernobyl reactor graphite treatment. *Nuclear Energy and Environment*, 3(15), 66-73. doi: 10.31717/2311-8253.19.3.8.
6. Tikhonov, M., Rylov, M. Dose-forming radionuclides. Part 3. Retrieved from: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3105>.
7. Shnyarkova, Zh. (2007). Patterns of channel processes in the West Belarusian and Polissia physical-geographical provinces. *Bulletin of BSU*, 2(1), 115-120.
8. Shestopalov, V., Frantsevich, L., Balashov, L., Bondarenko, G., Gaychenko, V., Ivanov, Yu., Kashparov, V., Arkhipov, A., Bublyas, V., Voitsekhovich, O., Davidchuk, V., Dolin, V., Kononenko, L., Sadolko, I., Suschik, Yu., Shevchenko, O., Shramenko, I., Panasyuk, M., Paskevich, S. (2001). Auto remediation processes in ecosystems of Chernobyl exclusion zone. Ministry of Emergencies, 250.
9. Melezh, T., Pavlovsky, A. (2015). Engineering and geological assessment of exodynamic regimes of the Pripjat river valley and adjacent territories. *Bulletin of BSU. Geology*, (3), 122-124.
10. Starostenko, V., Kendzer, O., Omelchenko, V., Verbitsky, S., Verbitsky, Yu., Amashukeli, T., Lisovy, Yu., Rozhok, N. (2006). Seismological Chernobyl safety research. Retrieved from: <http://www.nbu.gov.ua/books/2006/chernobyl/svi.pdf>.
11. Department of Energy and Climate Change. National Policy Statement for Nuclear Power Generation (EN-6), Volume I of II Presented to Parliament by the Secretary of State for Energy and Climate Change pursuant to section 5(9) of the Planning Act 2008. ISBN: 9780108510823. Retrieved from: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/47859/2009-nps-for-nuclear-volumel.pdf.
12. Kovaliov, O., Moser, S., Tkhorikov, I. (2012). A comprehensive method for assessing the mechanical condition of rocks in the vicinity of radioactive waste storage facilities. *Notes of the Mining Institute*, (99), 30-34. ISSN 0135-3500
13. Requirements for the structure and content of the safety analysis report for the surface and near-surface storage

of radioactive waste. Approved by the Order of the State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine. 02 December 2019 No. 520. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0064-20?find=1&text=%D0%BA%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%82#w1_1.

14. Impact of long-term climate change on a deep geological repository for spent nuclear fuel. Technical Report. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. ISSN 1404-0344. Retrieved from: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/32/056/32056059.pdf?r=1&r=1.

On In-Situ Disposal of ChNPP Facilities

Paskevych S.¹, Olkhovik Yu.²

¹Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plant, National Academy of Sciences of Ukraine, Chernobyl, Ukraine

²State Institution «Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine

The paper considers the possibility of applying in-situ disposal practice for Chernobyl exclusion zone facilities, in particular: ChNPP-1-3 that are under decommissioning, Shelter, RWDS ChNPP Stage III and RWDS Pidlisny. It was concluded that these facilities would not reach safety level over the next 300 years sufficient for clearance from regulatory control. In-situ disposal of ChNPP-1-3 would lead to a potential hazard related to a large amount of irradiated reactor graphite. Artificial barriers of concrete and bulk clay will not provide isolation of radionuclides, primarily radiocarbon, from the environment.

The paper considers possible natural factors, the effect of which for the time required for the decay of radionuclides to acceptable level, can lead to destruction of surface storage facilities on ChNPP site. Such factors are as follows: probable transformation of Pripjat river valley; seismic influence related to both strong earthquakes in the Vrancea Zone (Romania) and the influence of local seismic centre. It raises issues connected with considering climate change, duration of and change in climate cycles for safety justification of in-situ disposal practices for ChNPP facilities. It was concluded that at this time it is impossible, to prove safety of surface burial on ChNPP site for the period of tens of thousands of years, since a number of external factors have probabilistic nature.

Keywords: Chernobyl NPP, in-situ disposal, surface storage facilities, radiocarbon, auto remediation, seismic impact, climate change.

Отримано 20.02.2020.