

Л. І. Павловський, Д. В. Городецький, А. О. Сізов, А. О. Холодюк

*Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, Чорнобиль*

**ОЦІНКА РАДІАЦІЙНИХ ВПЛИВІВ  
НА КОМПОНЕНТИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА  
ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ МАЙДАНЧИКА ДЛЯ БУДІВНИЦТВА  
ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО СХОВИЩА ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА (ЦСВЯП)**

Надано прогностичну оцінку радіаційних впливів на повітряне середовище, ґрунтовий покрив, персонал, який знаходиться в селітебній зоні і персонал суміжних з ЦСВЯП підприємств унаслідок виконання робіт із підготовки майданчика для будівництва ЦСВЯП на території чорнобильської зони відчуження. Показано, що радіаційні впливи на компоненти навколишнього середовища не призведуть до перевищення контрольних рівнів показників радіаційної безпеки.

*Ключові слова:* ЦСВЯП, радіаційна безпека, чорнобильська зона відчуження.

**Вступ**

ЦСВЯП призначено для тривалого зберігання (не менше 100 років) відпрацьованого ядерного палива реакторів ВВЕР АЕС України і буде побудовано на території зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення (ЗВіЗБ(О)В).

Будівництво ЦСВЯП розпочнеться з підготовки будівельного майданчика, що включає в себе такі роботи: видалення деревної рослинності, видалення верхнього (органічного) 20-см шару ґрунту, остаточне вирівнювання (планування) поверхні ділянки.

З огляду на високий рівень техногенного (аварійного) радіоактивного забруднення майданчика будівництва ЦСВЯП роботи з його підготовки будуть супроводжуватись певними додатковими (у відношенні до початкового рівня забруднення) радіаційними впливами на персонал будівельників і навколишнє середовище. У зв'язку з цим виникає необхідність прогнозу динаміки параметрів радіаційної обстановки для забезпечення належного рівня радіаційної безпеки під час виконання робіт, а також для оцінки додаткових радіаційних впливів на навколишнє середовище.

**Об'єкти та методи****Характеристика ділянки**

Майданчик будівництва ЦСВЯП знаходиться в південно-західному секторі 10-км радіаційно-режимної зони на території ЗВіЗБ(О)В і має такі географічні координати: 51°19'30" пн. ш. і 29°56'40" сх.д.

Відстань від майданчика ЦСВЯП до найближчої (південно-західної) межі ЗВіЗБ(О)В і м. Чорнобиль становить 12 і 20 км відповідно. За проектом, майданчик ЦСВЯП матиме загальну санітарно-захисну зону (СЗЗ) з діючим підпри-

ємством – комплексом виробництв «Вектор», найменша відстань до якого становить 160 м.

**Розрахунки утворення та розповсюдження радіоактивних аерозолів (пилу)**

Для розрахунку прогностичних значень радіаційних впливів під час виконання робіт на майданчику будівництва ЦСВЯП було прийнято такі консервативні параметри радіаційної обстановки і характеру виконання робіт [1]:

площа, на якій будуть виконуватись роботи по переміщенню ґрунту, – 18000 м<sup>2</sup>;  
шар ґрунту, який буде зніматись, – 20 см;  
тривалість виконання робіт – 8 год (протягом робочої зміни);

сумарна питома активність ґрунту – 1,9 Бк/г.

Кількість пилу, що буде утворюватись під час виконання робіт, розраховувалась за формулою (з оцінкою достовірності даних А<sup>1</sup>) [2]

$$E = k \cdot 0,016 \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}, \quad (1)$$

де  $E$  – кількість пилу, що буде утворюватись, кг/г;  $k$  – коефіцієнт, що враховує розмір часток, од.;  $U$  – середня швидкість потоку повітря, м/с;  $M$  – максимальна відносна вологість пилу, за якої він лишається сипучим, %.

<sup>1</sup> А – Розроблено тільки по тестових даних рейтингу А, узятих з багатьох випадково вибраних підприємств для населення промислових районів. Категорія джерела є достатньо визначеною для того, щоб варіабельність у категорії вихідного населення можна було мінімізувати.

Під час розрахунків для вказаних вище величин консервативно застосовувались такі значення [2]:  $k = 0,74$ ,  $U = 3,3$  м/с,  $M = 3,4$  %. Указані параметри ґрунту бралися з розрахунку на максимально шкідливі наслідки.

Активності  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  та альфа-активних ТУЕ (трансуранові елементи) у ґрунті на місці робіт приймалися згідно з їхнім вкладом у питому активність середньопаливного складу радіоактивного пилу об'єкта «Укриття» [3]. При цьому враховувалось, що під час виконання робіт буде застосовуватись такий протирадіаційний захід, як пилопригнічення (коефіцієнт ефективності 0,01 [4]).

Для розрахунків радіаційних впливів на навколишнє середовище, унаслідок викиду радіоактивних аерозолів (пилу), застосовувалась модель розповсюдження домішок в атмосфері за Гауссом. Дисперсія в даній моделі визначається за формулами Сміта - Хоскера [5].

### Аналіз отриманих даних

#### Радіаційні впливи на повітряне середовище

Аналіз отриманих розрахункових значень об'ємної активності радіонуклідів у повітрі показує, що внаслідок робіт із переміщення ґрунту їхня максимальна величина буде спостерігатися безпосередньо в місці виконання робіт на майданчику ЦСВЯП (рис. 1) і становитиме ( $\text{Бк}/\text{м}^3$ ):  $^{137}\text{Cs}$  – не більше  $2,4 \cdot 10^{-4}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  – не більше  $2 \cdot 10^{-4}$ , альфа-активні ТУЕ – не більше  $9,7 \cdot 10^{-5}$ .

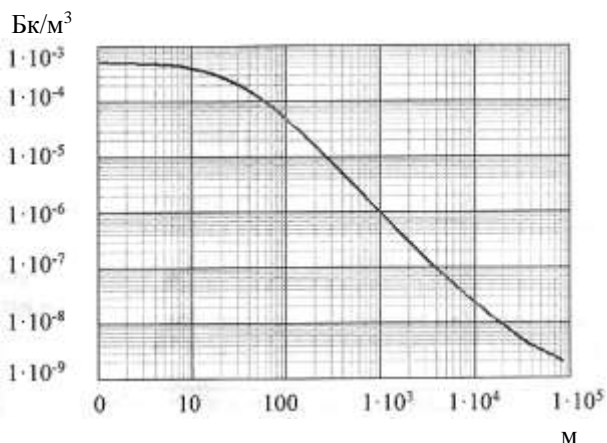


Рис. 1. Залежність додаткової сумарної об'ємної активності повітря ( $\text{Бк}/\text{м}^3$ ) від відстані (м) до місця виконання робіт.

При цьому вказані максимальні прогнозовані значення об'ємної активності радіонуклідів у повітрі не призведуть до перевищення встановлених контрольних рівнів (КР) для території 10-км зони ЧАЕС (табл. 1).

Враховуючи те, що середньорічна активність  $^{137}\text{Cs}$  в повітрі на території найближчих пунктів спостереження (АСКРО «Буряківка» і «Чистога-

лівка») становить від  $1,0 \cdot 10^{-4}$  до  $1,4 \cdot 10^{-4}$   $\text{Бк}/\text{м}^3$  [7], то додаткові радіаційні впливи на повітряне середовище внаслідок виконання робіт із переміщення ґрунту, що мають епізодичний характер, не призведуть до перевищення КР і є прийнятними.

Таблиця 1. Максимальне прогнозоване значення додаткової величини об'ємної активності повітря внаслідок підготовчих робіт на майданчику будівництва ЦСВЯП

Радіонуклід	Об'ємна активність нукліда у повітрі, $\text{Бк}/\text{м}^3$	
	Прогнозоване значення	КР для 10-км зони [6]
$^{137}\text{Cs}$	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$
$^{90}\text{Sr}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$
ТУЕ	$9,7 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$

#### Радіаційні впливи на ґрунтовий покрив

Аналіз прогнозних даних по розповсюдженню радіоактивних аерозолів (пилу) показує, що під час виконання робіт із підготовки майданчика, максимально можлива величина збільшення щільності поверхневого забруднення ґрунту за рахунок осадження радіоактивних аерозолів на суміжних територіях не перевищить таких значень ( $\text{Бк}/\text{м}^2$ ):  $^{137}\text{Cs}$  – не більше 0,06,  $^{90}\text{Sr}$  – не більше 0,05, альфа-активні ТУЕ – не більше 0,03.

Зазначені вище максимуми додаткової щільності поверхневого забруднення будуть спостерігатися безпосередньо в місці виконання робіт на майданчику ЦСВЯП (рис. 2), тобто в межах його СЗЗ, яка знаходиться в I радіаційно-режимній зоні на території ЗВіЗБ(О)В.

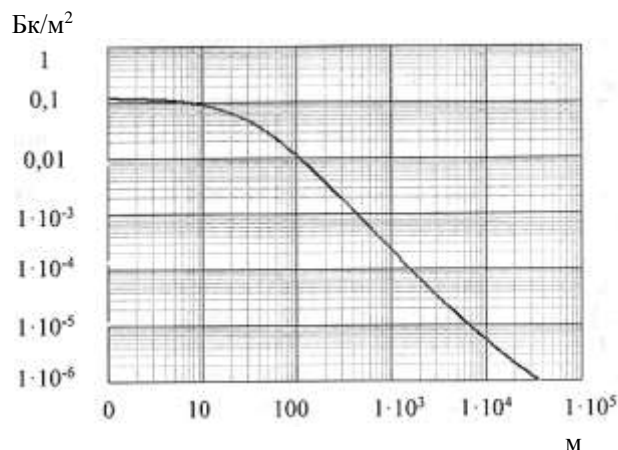


Рис. 2. Залежність додаткової щільності сумарного поверхневого забруднення ґрунту ( $\text{Бк}/\text{м}^2$ ) від відстані (м) до місця виконання робіт.

Існуючий діапазон щільності забруднення ґрунтового покриву  $^{137}\text{Cs}$  ближньої зони впливу ЦСВЯП становить від 80 до 320  $\text{кБк}/\text{м}^2$ ,  $^{90}\text{Sr}$  - від 40 до 80  $\text{кБк}/\text{м}^2$ , альфа-активних ТУЕ – від 1 до

400 кБк/м<sup>2</sup> [8, 9]. Консервативний підхід, що застосовується, при порівнянні максимальних значень додаткового поверхневого забруднення з найменшими значеннями діапазону існуючого забруднення ґрунтового покриву показує, що воно становитиме від 0,125 до 3,0 % від існуючого забруднення, що слід вважати несуттєвим впливом.

#### Радіаційні впливи на персонал, який знаходиться в селітебній зоні (м. Чорнобиль)

Додатковий радіаційний вплив на персонал на території м. Чорнобиль (селітебна зона) виявляється головним чином за рахунок додаткової дози внутрішнього опромінення внаслідок надходження радіоактивних аерозолів викиду до організму людини інгаляційним шляхом.

Таблиця 2. Прогнозні значення об'ємної активності повітря на території селітебної зони (м. Чорнобиль) унаслідок виконання робіт із підготовки майданчика будівництва ЦСВЯП

Радіонуклід	Об'ємна активність повітря, Бк/м <sup>3</sup>	
	Прогнозне значення	Середньорічний КР для м. Чорнобиль [6]
<sup>137</sup> Cs	$4,6 \cdot 10^{-9}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$
<sup>90</sup> Sr	$3,8 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$
ТУЕ	$1,8 \cdot 10^{-9}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$

Аналіз прогнозних значень додаткової об'ємної активності повітря (табл. 2) показує, що вони, приблизно, на чотири порядки величини менші за величини КР, що встановлені для селітебної зони на території ЗВіЗБ(О)В.

Відповідно до зазначеного вище розрахункова доза внутрішнього опромінення персоналу в селітебній зоні, унаслідок робіт на майданчику ЦСВЯП, не перевищить величину  $2,4 \cdot 10^{-11}$  мкЗв (рис. 3), що значно менше величини КР = 0,7 мЗв/рік, встановленого для персоналу II підгрупи (персонал, який постійно працює в зоні відчуження) [6].

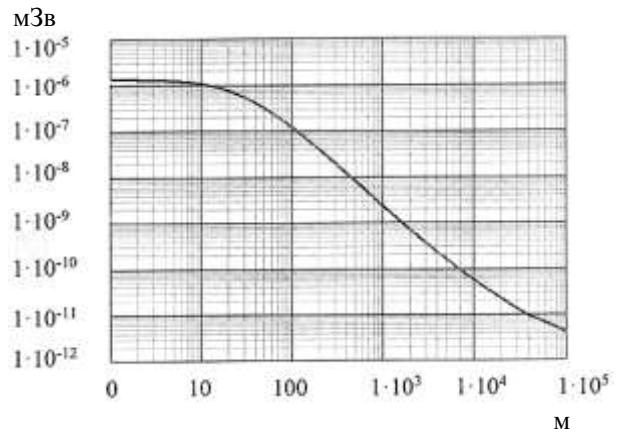


Рис. 3. Додаткова доза (мЗв) внутрішнього опромінення персоналу на території ЗВіЗБ(О)В залежно від відстані (м) до майданчика ЦСВЯП.

#### Радіаційні впливи на персонал суміжних підприємств

Аналіз залежності додаткової дози внутрішнього опромінення персоналу від відстані до майданчика ЦСВЯП показує, що внаслідок виконання робіт із переміщення ґрунту доза опромінення персоналу комплексу виробництв «Вектор» не перевищить  $1,9 \cdot 10^{-8}$  мкЗв (див. рис. 3), що також значно менше величини КР = 0,7 мЗв/рік, встановленого для персоналу II підгрупи (персонал, який постійно працює в зоні відчуження) [6]. Відповідно радіаційний вплив на персонал суміжних підприємств є несуттєвим.

#### Висновки

За даними прогнозу, додаткові радіаційні впливи внаслідок виконання робіт із підготовки майданчика будівництва ЦСВЯП не приведуть до перевищення встановлених КР радіоактивного забруднення компонентів навколишнього середовища на території ЗВіЗБ(О)В та за її межами.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Строительство* централизованного хранилища отработавшего ядерного топлива реакторов ВВЭР АЭС Украины. Т. 16. Проект подготовительных работ. Ч. 1. Пояснительная записка. 571402.201.016-ППР01. - К.: КИЭП, 2014. - 232 с.
2. *Emissions Factors & AP 42. Compilation of Air Pollutant Emission Factors / Fifth Edition.* - 1995. - Vol. 1.
3. *Отчет* о состоянии безопасности объекта «Укрытие». Т. 1. SIP-P-PM-22-460-SAR-124-05. - ГСП ЧАЭС, 2008. - 436 с.
4. *Рабочий проект* по стабилизационным мероприятиям. План управления ALARA. SIP K 03 01 000 AMP 001 04. - ГСП ЧАЭС, 2003. - 96 с.
5. *Гусев Н.Г., Беляев Н.А.* Радиоактивные выбросы в биосфере. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 254 с.
6. *Основні контрольні рівні, рівні звільнення та рівні щодо радіоактивного забруднення об'єктів зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення.* - К., 2008. - 11 с.
7. *Кіресев С.І., Демянович В.О., Смірнова К.І. та ін.* Радіаційний стан території зони відчуження у 2012 році // Проблеми чорнобильської зони відчуження. - 2013. - Вип. 11. - С. 18 - 37.
8. *ОВОС.* Т. 3. ТЭОИ ХОЯТ реакторов ВВЭР АЭС Украины. - КИЭП, 2004. - 317 с.
9. *Атлас карт* Чорнобильської зони відчуження. - К., 1997.

**Л. И. Павловский, Д. В. Городецкий, А. А. Сизов, А. А. Холодюк**

*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль*

**ОЦЕНКА РАДИАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КОМПОНЕНТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПЛОЩАДКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА  
ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ХРАНИЛИЩА ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА (ЦХОЯТ)**

Представлена прогнозная оценка радиационных воздействий на воздушную среду, почвенный покров, персонал, который находится в селитебной зоне, персонал смежных с ЦХОЯТ предприятий в результате выполнения работ по подготовке площадки для строительства ЦХОЯТ на территории чернобыльской зоны отчуждения. Показано, что радиационные воздействия на компоненты окружающей среды не приведут к превышению контрольных уровней показателей радиационной безопасности.

*Ключевые слова:* ЦХОЯТ, радиационная безопасность, чернобыльская зона отчуждения.

**L. I. Pavlovsky, D. V. Gorodetsky, A. A. Sizov, A. A. Kholodyuk**

*Institute for Safety Problems of NPP, National Academy of Sciences of Ukraine, Chornobyl*

**ASSESSMENT OF RADIATION IMPACT ON THE ENVIRONMENT COMPONENTS  
WHILE PREPARING FOR CONSTRUCTION SITE  
OF CENTRALIZED STORAGE FACILITY FOR SPENT NUCLEAR FUEL (CSSNF)**

Predictive assessment of radiation impacts on the air environment, soil cover, staff, which is located in a residential area, staff of an adjacent to the CSSNF enterprises as a result of work to prepare the site for construction of CSSNF at the Chornobyl Exclusion Zone is presented. It is shown that radiation effects on components of the environment will not result in exceeding the reference levels of radiation safety.

*Keywords:* CSSNF, radiation safety, the Chornobyl exclusion zone.

REFERENCES

1. *Building a centralized repository for spent nuclear fuel from VVER nuclear power plants in Ukraine. Vol. 16. Project preparatory works. P. 1. Explanatory note. 571402.201.016-PPR01. - Kyiv: KIEP, 2014. - 232 p. (Rus)*
2. *Emissions Factors & AP 42. Compilation of Air Pollutant Emission Factors / Fifth Edition. - 1995. - Vol. 1.*
3. *"Shelter" object safety status report. Vol. 1. SIP-P-PM-22-460-SAR-124-05. - ChNPP, 2008. - 436 p. (Rus)*
4. *Working project for stabilization measures. Management Plan of ALARA. SIP K 03 01 000 AMP 001 04. - ChNPP, 2003. - 96 p. (Rus)*
5. *Gusev N.G., Belyaev N.A. Radioactive emissions into biosphere. - Moskva: Energoatomizdat, 1991. - 254 p.*
6. *Main reference levels, exemption levels and levels of radioactive contamination on objects exclusion zone and zone of unconditional (obligatory) resettlement. - Kyiv, 2008. - 11 p. (Ukr)*
7. *Kireyev S.I., Demyanovych V.A., Smirnov K.I. et al. Radiation Exclusion Zone in 2012 // Problems of Chornobyl exclusion zone. - 2013. - Iss. 11. - P. 18 - 37. (Ukr)*
8. *EIA. Vol. 3. FSI SSNF reactors VVER NNP of Ukraine. - Kyiv: KIEP, 2004. - 317 p. (Rus)*
9. *Book of maps of Chernobyl exclusion zone. - Kyiv, 1997. (Ukr)*

Надійшла 14.12.2015

Received 14.12.2015