

УДК 628.58:621.039.58.76:504.064.3:574

С. Ю. Нечаєв✉

Державна установа “Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України”,

*Науково-дослідний інститут радіаційного захисту Академії технологічних наук України
вул. Мельникова, 53, м. Київ, 04050, Україна*

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ РОБІТ З ПЕРЕТВОРЕННЯ ОБ’ЄКТА “УКРИТТЯ” В ЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕЧНУ СИСТЕМУ

У статті представлено особливості забезпечення радіаційного захисту на етапі проектування робіт з перетворення об’єкта “Укриття” (ОУ) в екологічно безпечну систему. Інформацію надано на основі аналізу проектних і робочих документів стосовно перетворення ОУ в 2002–2015 рр. на відповідність вимогам санітарного законодавства України щодо радіаційно-гігієнічного регламентування. Визначено особливості радіаційних факторів на ОУ з урахуванням факту їх аварійного походження. Розглянуто та обґрунтовано необхідність оцінки впливу на радіаційний стан робочого середовища різних видів робіт і технологій. Описано загальні особливості формування доз опромінення персоналу при проведенні робіт на ОУ і вимоги до оцінок доз опромінення, що плануються. Розглянуто особливості застосування санітарного законодавства України в галузі радіаційно-гігієнічного регламентування стосовно виконання вимог НРБУ-97, НРБУ-97/Д-2000, ОСПЗРБУ-2005, СПОРО-85, СП АЕС-88 та інших нормативних документів санітарного законодавства в умовах проведення робіт на ОУ. На основі аналізу радіаційно-гігієнічних факторів ОУ визначено особливості вибору заходів із забезпечення індивідуального та колективного радіологічного захисту персоналу (вибір засобів індивідуального захисту й засобів захисту органів дихання, екранування, дезактивація, пилопригнічення, вентиляція, санітарно-пропускний режим, санітарні бар’єри, обсяг та види радіологічного контролю, встановлення проектних контрольних рівнів параметрів радіаційного стану, критерії вибору найбільш безпечних варіантів (технологій) виконання робіт).

Ключові слова: радіаційний захист, проектування робіт на ОУ, засоби колективного та індивідуального захисту, проектні дози опромінення персоналу.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2015. Вип. 20. С. 127–136.

✉ Нечаєв Станіслав Юрійович, e-mail: stas@rpi.kiev.ua

S. Yu. Nechaev✉

State Institution “National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine”, Melnykov str., 53, Kyiv, 04050, Ukraine

Research Institute for Radiation Protection of Academy of Technology of Ukraine

Melnikova str., 53, Kyiv, 04050, Ukraine

Maintenance of radiation protection at a drawing-board stage of the “Shelter” Object transformation into environmentally safe system

Special aspects of radiation protection maintenance at a drawing-board stage of the “Shelter” Object (ShO) transformation into environmentally safe system are shaped in the article. Information is provided on the basis of analysis of design plans and specifications both with project paperwork from activities at the ShO in 2002–2015 on accordance to requirements of the Ukrainian health legislation in the field of radiation hygiene regulations. Specific features of radiation factors at the ShO were identified accounting their emergency origination. Relevancy of assessment of a range of activity types and technologies impact on radiation situation in the operation environment was reviewed and substantiated. General characteristics of radiation exposure and resulting doses in personnel under the activity execution are provided followed by the requirements to estimates of anticipated radiation doses. Features and peculiarities of application of the Ukrainian health legislation in a field of radiation hygienic regulations are reviewed in a view of meeting the requirements of NRBU-97, NRBU-97/D-2000, OSPU-2005, SPORO-85, SP AES-88 and other health legislative regulatory documents under conditions of work at the ShO. By the virtue of analysis of radiation hygienic factors at the ShO the special aspects of choice of individual and collective radiological protection arrangements for personnel were identified, namely the individual protective gear and respiratory protection equipment, shielding, decontamination, dust suppression, ventilation, sanitary pass control, sanitary barriers, scope and types of radiological control, setting the design levels of radiological environment parameters, criteria for the most safe options (technologies) of work execution.

Key words: radiological protection, engineering of work at the ShO, individual protective gear and collective protective tools, scheduled doses of personnel exposure.

Problems of radiation medicine and radiobiology. 2015;20:127-136.

ВСТУП

Роботи з перетворення об'єкта “Укриття” (ОУ) в екологічно безпечну систему проводяться згідно з положеннями, законодавчими та регламентуючими документами України [1–4]. Основним з них є Закон України “Про загальні засади подальшої експлуатації і зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС та перетворення зруйнованого четвертого енергоблоку цієї АЕС на екологічно безпечну систему” № 309-XIV. 11.12.1998 р. [3].

Ключовим питанням безпечного виконання робіт на об'єкті “Укриття” є забезпечення радіаційного захисту персоналу.

За період 2002–2015 роки з метою оцінки проектно-діяльності з перетворення ОУ на відповідність вимогам санітарного законодавства у частині радіаційно-гігієнічного регламентування розглянуто понад 100 проектних документів різного рівня.

Розглядаючи прийнятність використання існуючої нормативної бази з радіаційної безпеки [5–10] стосовно запланованих робіт, необхідно зазначити, що ці роботи належать до нормальної практики, навіть,

INTRODUCTION

Operations on transformation of the “Shelter” Object (ShO) into environmentally safe system are conducted according to provisions, legislative, and regulative Ukrainian documents [1–4]. The Law of Ukraine “On fundamental principles of further exploitation and withdrawal from operation of the Chernobyl NPP and transformation of the ruined power unit of this power plant into environmentally safe system” # 309-XIV. 11.12.1998 [3] is fundamental here.

Radiological protection of personnel is a key issue of the safe work delivery at the “Shelter” Object.

Over 100 design documents of different levels were reviewed for the 2002–2015 period to estimate the correspondence of engineering activity on the ShO transformation to the requirements of health legislation in a part of radiation hygiene regulation.

Considering the acceptability of available legal framework in radiation protection [5–10] concerning the scheduled work it is worth noting that those operations are attributed to a normal prac-

враховуючи аварійне походження об'єкта “Укриття”. Відповідно, вимоги діючої нормативної бази використовують для нормальної практики в умовах запланованого опромінення, незважаючи на те, що роботи будуть виконуватися в ситуації існуючого опромінення [11].

ОСОБЛИВОСТІ ОБ'ЄКТА “УКРИТТЯ”, ЯК ДЖЕРЕЛА ОПРОМІНЕННЯ

При плануванні радіаційної безпеки слід враховувати такі особливості ОУ, як джерела опромінення:

- наявність відкритих джерел опромінення;
- стихійно створена радіаційна ситуація;
- недостатньо вивчені параметри радіаційного стану;
- можлива зміна радіаційного стану при виконанні робіт (як передбачена, так і не передбачена за рахунок утворення нових джерел опромінення);
- високі значення ПЕД;
- наявність радіоактивного забруднення повітря полідисперсними аерозолями невідомого типу системного надходження, що міститиме продукти розпаду урану (крім ізотопів йоду) й радіоактивні елементи трансуранового ряду;
- наявність високого вмісту паливного пилу в приміщеннях і на конструкціях ОУ [12].

Перелічені вище джерела опромінення персоналу постійно вивчаються. За результатами досліджень опубліковано низку робіт [12–15], результати досліджень дають можливість оцінити можливі дози внутрішнього опромінення, забезпечити вибір колективних та індивідуальних засобів захисту персоналу залежно від типу робіт, що виконуються. Для оцінки очікуваних доз внутрішнього опромінення також проводять допроектні дослідження щільності поверхневого радіоактивного забруднення на запланованих робочих місцях. Що стосується оцінок доз зовнішнього опромінення, дослідження потужності дози на робочих місцях проводять безпосередньо перед початком робіт. При цих же дослідженнях визначається наявність локальних джерел опромінення. В деяких випадках за відсутності достатніх даних і недоцільності проведення допроектних досліджень через високі дозозатрати проводиться математичне моделювання [16].

ОЦІНКИ ПРОГНОЗНИХ ДОЗ ОПРОМІНЕННЯ ПЕРСОНАЛУ

На етапі проектування робіт оцінюють індивідуальні ефективні дози поточного та потенційного опромінення [10, 17] персоналу.

even keeping in mind the emergency origin of the “Shelter” Object. As a consequence the requirements of regulatory framework in place are applied in a normal practice under the projected/scheduled irradiation despite operations will be handled under the existing exposure [11].

CHARACTERISTICS OF THE “SHELTER” OBJECT AS A SOURCE OF RADIATION

In radiation safety planning an account must be taken of the following characteristics of the ShO as a source of radiation:

- presence of the open radiation sources
- occurrence of radiation situation out of control
- under-investigated parameters of radiation situation/circumstances
- possible change of radiation situation under the handled operations (both predicted and unpredictable due to emerging of new radiation sources)
- high values of the exposure dose rate
- presence of air nuclear pollution by polydisperse aerosol with unknown type of material containing the uranium fission products (except for iodine isotopes) and transuranic radioactive elements
- high content of fuel dust in the ShO compartments and fabrics [12].

Sources of personnel irradiation listed above are continuously studied. A range of scientific papers was published [12–15]. Due to study results it is available to estimate possible doses of internal irradiation, provide selection of collective protective tools and individual protective gear for personnel depending on type of handled operations. The pre-project assay of surface contamination in the scheduled work areas is conducted to estimate the expected internal radiation doses. As for estimates of external radiation doses the measurement of dose rates in work areas are made just prior to work commencement. Local radiation sources, if any, are identified under these measurements too. Mathematical simulation is applied in some cases of no enough data and inexpediency of pre-project research because of high dose expense [16].

ESTIMATES OF PREDICTED RADIATION DOSE IN PERSONNEL

Individual effective doses of current and potential irradiation of personnel are estimated during the work planning and design [10, 17].

При оцінках доз внутрішнього опромінення мають бути враховані такі вхідні радіологічні й нерадіологічні параметри:

- > концентрація радіоактивних аерозолів у повітрі (при відсутності вихідних вимірів повітря для прогнозу часто використовують такі параметри, як щільність поверхневого радіоактивного забруднення, коефіцієнт дефляції та вид робіт (технологія визначає інтенсивність впливу на радіоактивно забруднені матеріали, конструкції);
- > радіонуклідний склад аерозолів;
- > тип системного надходження;
- > вид робіт [14, 15];
- > ступінь фізичного навантаження [10, 17];
- > коефіцієнт захисної ефективності засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) для робіт на ОУ. Значення цього коефіцієнта має бути не менше 20 [10, 17], зважаючи на вимоги щодо неперевищення в повітрі допустимих концентрацій радіонуклідів для персоналу категорії А згідно з НРБУ-97, ОСПОРБУ-2005, враховуючи полінуклідний склад чорнобильських аерозолів;
- > коефіцієнт збільшення трудозатрат залежно від типу ЗІЗОД, що використовуються (фільтруючі, протигазні, ізолюючі);
- > час виконання робіт.

Порядок розрахунку доз внутрішнього опромінення при плануванні та проектуванні робіт на ОУ викладені в [10, 17].

При оцінюванні доз зовнішнього опромінення мають бути враховані такі вхідні радіологічні та нерадіологічні параметри:

- > потужність дози зовнішнього опромінення;
- > енергія випромінювання;
- > геометрія опромінення (залежить від технології й дає можливість мінімізувати дозозатрати за рахунок вибору конкретної технології);
- > коефіцієнт збільшення трудозатрат залежно від типу ЗІЗОД, що використовуються, фільтруючі, протигазні, ізолюючі (залежно від типу ЗІЗОД, які використовуються, збільшується навантаження робіт, що виконуються і, як наслідок, час їх виконання);
- > час виконання робіт (враховується час на доступ до робочих місць, часто час і доза на доступ до робочого місця перевищує час і дозу періоду виконання робіт. На час виконання робіт впливає також непристосованість робочих місць, на відміну від запланованих робіт.)

When estimating the internal radiation doses an account must be taken of such incoming radiological and non-radiological parameters as:

- > air concentration of radioactive aerosols; in the absence of initial air measurements such parameters as intensity of surface deflation coefficient and type of work are usually used for the prediction (technology determines the intensity of impact on contaminated materials and constructions);
- > radionuclide content of aerosols
- > type of material
- > type of operations [14, 15]
- > physical load degree [10, 17]
- > coefficient of protective efficiency of individual respiratory protection equipment (IRPE) for the work at the ShO; value of this coefficient should be equal to or more than 20 [10, 17] considering the requirements of non-exceedance of radionuclide permissible concentration for the Category A personnel according to the NRBU-97 and OSPU-2005 keeping in mind polynuclide content of the Chernobyl fallout
- > coefficient of increase of working efforts depending on the used IRPE type (i.e. filtering, antigas, isolating)
- > time of work delivery.

Procedure of internal radiation dose calculation under planning and designing of operations at the ShO are stated in [10, 17].

When estimating the external radiation doses an account must be taken of such incoming radiological and non-radiological parameters as:

- > dose rate
- > energy
- > geometry of irradiation (depends on technology and makes it possible to minimize the dose costs at the expense of a certain technology choice)
- > coefficient of increase of applied working efforts depending on the used IRPE type i.e. filtering, antigas, isolating ones (depending on type of IRPE used the load of work performed is increasing and thereby the run-time is increasing too)
- > time of work delivery; time to access the workplace is considered; time and dose under an access to workplace often exceed time and dose during the work delivery; unaccommodated or unequipped workplaces as against a planned work often can impact on time of work delivery.

Порядок розрахунку доз зовнішнього опромінення при плануванні та проектуванні робіт на ОУ викладено в [10, 17].

При оцінках доз потенційного опромінення необхідно мати результати прогнозу реалізації критичних подій відповідно до вимог [6].

ВИБІР ЗАХОДІВ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛУ

Під час розгляду проектної документації на відповідність вимогам санітарного законодавства, насамперед, розглядаються оцінки очікуваних доз опромінення персоналу, й на підставі цих оцінок проводиться вибір і обґрунтування необхідних заходів радіаційного захисту персоналу, враховуючи протиаварійні заходи задля зниження вірогідності реалізації потенційного опромінення. Загалом, заходи радіаційного захисту враховують і вибір технології виконання робіт і навіть визначають рекомендації щодо вибору конкретних технічних рішень, що, в кінцевому підсумку, забезпечує належний рівень радіаційної безпеки. Також, слід наголосити, що обґрунтування радіаційної безпеки здійснюється для кожного конкретного виду робіт і робочих місць через стихійно створену радіаційну ситуацію на робочих місцях, яка суттєво відрізняється. Під час розгляду заходів з радіаційного контролю параметрів радіаційного стану проводиться оцінка відповідності зазначених заходів до вимог [5–10] і безпосередньо документів ДСП “Чорнобильська АЕС” (ЧАЕС), які узгоджені в органах держсанепідслужби України.

Оцінювання очікуваних доз опромінення дає змогу визначити необхідні заходи радіаційного захисту працюючих, які, насамперед, безпосередньо залежать від специфіки ОУ, як джерела випромінювання і стихійно створених виробничих факторів.

Так, наприклад, заходи з вентиляції робочих місць не проводяться через відсутність технічних можливостей, а також тому, що можуть призвести до додаткового радіоактивного забруднення суміжних робочих місць та навколишнього середовища. У цьому разі найбільш ефективним є пилозакріплення й пилопригнічення шляхом використання різних розчинів, а також попередня дезактивація робочих поверхонь.

Засоби з екранування робочих місць обґрунтовуються з метою запобігання дози, ймовірно, дози, що відвернута, яка має бути вище дози, отриманої при створенні екранування.

Procedure of external radiation dose calculation under planning and designing of operations at the ShO are stated in [10, 17].

Estimating the potential radiation doses it is necessary to have the predicted results of realization of critical events according to the requirements [6].

CHOICE OF PERSONNEL RADIATION PROTECTION MEASURES

Reviewing the project documentation in the light of agreement with requirements of health legislation the special priority is given to estimates of expected radiation doses in personnel. In virtue of latter the required measures of personnel radiological protection are selected and substantiated taking into account the accident-prevention arrangements for lowering of probability of potential irradiation. At large the arrangements on radiological protection include also a choice of performed work technology and even identify recommendations on selection of exact engineering solutions that all finally provide an appropriate level of radiation safety. The point to be emphasized is that radiation safety is substantiated for each specific type of work and workplaces because of randomly occurring essentially different radiation situation at workplaces. In a process of reviewing of measures on radiological control of radiation situation parameters they estimate the stated measures correspondence to requirements [5–10] and directly to the “Chernobyl NPP” documents not for public use negotiated in the bodies of Ukrainian Oversight Service for Sanitation and Epidemiology.

Estimation of expected radiation doses affords to specify the required arrangements on radiological protection of workers depending first of all on specificity of the ShO as a radiation source and randomly created industrial factors.

For instance the measures on providing of ventilation at a workplace are not applied because of no technical capability and also because they can lead to extra radiological contamination of both adjacent workplaces and environment. In this case the dust catching and suppression through application of diverse special solutions and preliminary workplace decontamination are most effective.

Tools on workplace shielding are substantiated to avoid a dose that is probably avoided and is to be exceeding the dose received under the shielding creation.

У рамках забезпечення радіаційної безпеки плануються також заходи щодо запобігання розповсюдженню радіоактивного забруднення згідно з вимогами ОСПОРБУ-2005. Поряд зі стаціонарними санпропускниками і саншлюзами використовуються тимчасові саншлюзи й санітарні бар'єри, які розділяють зони виконання робіт, виділені відповідно до [7].

Окремим питанням стає забезпечення радіаційної безпеки при поводженні з РАВ, які неминуче утворюються під час виконання будь-яких робіт на ОУ. Безпека при поводженні з РАВ має відповідати вимогам [5–10]. Застарілі документи [8, 9] продовжують діяти в санітарно-епідеміологічній нормативній базі, але використовуються лише ті вимоги, які не протирічать більш сучасній нормативній базі [5–7]. В рамках проектів приділяється увага безпеці поводження з РАВ під час збору, первинної характеристики та видалення РАВ з робочих місць, а також технології виробництва робіт, що супроводжуються найменшим утворенням відходів.

Дуже важливим заходом радіаційної безпеки є забезпечення контролю радіаційних параметрів виробничого середовища, його об'єми (обсяги) та різновиди мають відповідати вимогам [7, 9, 10] з урахуванням специфіки ОУ та не погіршення якості контролю через стихійно створені робочі місця. Широко застосовуються персональні пробовідбірники повітря та імпактори для контролю радіаційних параметрів повітряного середовища безпосередньо в зоні дихання працівника, індивідуальні термомюнесцентні, електронні дозиметри та радіометри для контролю зовнішнього випромінювання.

Згідно з вимогами [5, 7, 10] встановлюються контрольні рівні (КР) параметрів радіаційного стану на робочих місцях. Особливістю встановлення проектних КР для робіт на ОУ є врахування можливої зміни радіаційних факторів завдяки впливу на забруднені матеріали та конструкції.

Контроль індивідуальних ефективних доз внутрішнього опромінення персоналу забезпечуються біофізичними методами відповідно до вимог методичних документів [10, 18]. Опис біофізичного контролю та підсумки його реалізації в період виконання робіт з ПОМ представлені в роботах [12, 19]. Контроль доз зовнішнього опромінення проводиться відповідно до положень, викладених у методичних рекомендаціях [20], підсумки його проведення описані в окремих роботах, наприклад в [21].

Arrangements on avoiding of radiological contamination spread according to the OSPU-2005 are planned within framework of radiation safety providing. Along with fixed decontamination stations and cleaning airlock rooms the temporal cleaning rooms and sanitary barriers are used to separate the zones of work delivery set according to [7].

Providing of radiation safety in handling of radioactive wastes (RW) inevitably appearing during any work delivery at the ShO is a separate issue. Safety in RW handling is to meet the requirements [5–10]. Outdated documents [8, 9] continue to be effective in sanitation and epidemiological regulatory framework, however only the requirements are used being compatible with more advanced regulatory framework [5–7]. Within project framework a weight is given to the safety of RW handling during its collection, primary characterization and elimination from workplaces, and also to the issues of technology of work delivery providing the lowest waste production.

Providing the control of radiological parameters in working environment is an important arrangement in radiation safety. Its extent (scope) and variants are to meet the requirements [7, 9, 10] with due consideration of ShO specificity and no worsening of control quality because of randomly appearing workplaces. Personal air samplers (i.e. sampling devices) and impactors are widely used to monitor the radiological parameters of aerial environment actually in the zone of worker's breathing. Individual termoluminescent and electronic dosimeters and radiometers are used to keep the external irradiation in check.

According to the requirements [5, 7, 10] the control levels (CL) of radiological status parameters are set at workplaces. Account of possible change of radiation factors owing to impact on contaminated materials and components is an aspect of project CL establishing for operations at the ShO.

Control of individual effective internal radiation doses is provided in personnel by means of biophysical methods according to requirements of the guidance documents [10, 18]. Description of biophysical control and results of its implementation in a period of work delivery are presented in papers [12, 19]. Control of external radiation doses is conducted according to provisions stated in the recommended practice guideline [20]. Results of its conduction are described in some works, e.g. in [21].

ТРАКТУВАННЯ ПРИНЦИПІВ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ СТОСОВНО ВИКОНАННЯ ПРОЕКТІВ ЩОДО ПЕРЕТВОРЕННЯ ОУ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

У статті [12] викладено трактування принципів радіаційного захисту стосовно виконання проектів щодо перетворення ОУ.

Принцип виправданості – будь-яка практична діяльність не може вважатися виправданою, якщо досягнута цією діяльністю користь не перевищує ту шкоду, яку вона спричинює. Для ОУ це означає, що:

- а) на ОУ виправдані тільки ті роботи, для яких доведено, що вони супроводжуються зниженням радіаційного ризику для населення та навколишнього середовища;
- б) виправдані також ті роботи, які забезпечують стабілізацію створеного стану на ОУ, тобто знижують (запобігають) ймовірність аварійної ситуації, що означає зниження ризику аварійного опромінення населення.

Принцип неперевищення, вимагає, щоб рівні опромінення від усіх видів практичної діяльності, що підлягають регулюванню, не перевищували встановлені межі доз. Для ОУ цей принцип реалізується у таких конкретних формах:

- а) усі роботи на ОУ проводяться в режимі нормальної практики, а дози опромінення персоналу лімітуються регламентами першої групи (НРБУ-97) [5];
- б) неприпустимо планування аварійного опромінення персоналу;
- в) опромінення населення обмежується значенням дозової межі, рівної $1 \text{ мЗв}\cdot\text{рік}^{-1}$ [5].

Принцип оптимізації – рівні індивідуальних доз і/або кількість опромінених осіб від кожного джерела опромінення мають бути настільки низькими, наскільки це можливо залежно від економічних та соціальних факторів.

При плануванні будь-яких робіт (поміж ними й будівельних) дози для персоналу та населення мають бути оптимізовані.

Розглядаючи забезпечення принципів радіаційного захисту, слід зазначити, що матеріали статті насамперед присвячені виконанню принципу неперевищення. Принцип виправданості, дотриманий на етапі створення плану здійснення заходів на об'єкті “Укриття”, оскільки роботи направлені на перетворення об'єкта “Укриття” в екологічно безпечну систему й, відповідно, спрямовані на зниження радіаційного ризику для населення та навколишнього середовища, а також на стабілізацію

HANDLING OF RADIATION PROTECTION PRINCIPLES TOWARDS EXECUTION OF PROJECTS ON TRANSFORMATION OF THE SHO AND SPECIAL ASPECTS OF THEIR IMPLEMENTATION

Handling of radiation protection principles towards execution of projects on transformation of the ShO is set out in paper [12].

Principle of justifiability means that any practical activity can't be regarded as justified if a benefit reached with this activity is not exceeding a harm caused just by it. With regard to the ShO it means that:

- a) only such operations at the ShO are justified that are proven as coming amid by radiation risk decrease to population and environment
- b) such activities are also justified that provide stabilization of the achieved status at the ShO i.e. decrease (avoid) probability of emergency that means the decrease of risk of population accidental exposure.

According to principle of non-exceedance the irradiation levels from all types of practical activity being subject to regulation are not to exceed the established dose limits. With regard to the ShU this principle is implemented in such exact ways as:

- a) all operations at the ShO are conducted in a normal practice conditions with personnel radiation doses being limited by the first-group regulations (NRBU-97) [5]
- b) planning of accidental exposure of personnel is prohibitive
- c) population exposure is limited by dose threshold value of $1 \text{ mSv}\cdot\text{year}^{-1}$ [5].

Principle of optimization means that individual dose levels and/or number of persons exposed by each radiation source are to be as low as possible depending on economical and social factors.

When planning any operations (with construction activities among them) the doses in personnel and population are to be optimized.

Considering the provision of radiation protection principles it should be noted that article material nothing if not is devoted to observance of the non-exceedance principle. Principle of justifiability is followed at the stage of developing of implementation plan of measures at the ShO as operations are directed on transformation of the ShO into environmentally safe system and are consequently focused on radiation risk decrease for population and environment and also on stabilization

створеної ситуації на ОУ, тим самим знижуючи (запобігаючи) ймовірність аварійної ситуації, що означає пониження ризику аварійного опромінення населення.

Принцип оптимізації стосовно до робіт з перетворення об'єкта "Укриття" в екологічно безпечну систему складно реалізувати в повному обсязі, через те, що в Україні відсутня відповідна нормативно-правова база з цього питання. Існуючою практикою виконання принципу оптимізації при плануванні робіт є вибір найменш дозозатратного варіанту виконання робіт і якісні методи оптимізації.

ВИСНОВОК

На підставі багаторічного досвіду вивчення різної проектної документації робіт з перетворення об'єкта "Укриття" на екологічно безпечну систему, а також аналізу практичної реалізації заходів з радіаційного захисту наведено особливості планування радіаційного захисту персоналу, що працює на ОУ (рекомендації повною мірою стосуються як робіт, які проводяться безпосередньо всередині ОУ, так і на пром-майданчику і локальній зоні).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Постанова Кабінету Міністрів України "Про заходи по перетворенню об'єкту "Укриття" в екологічно безпечну систему" від 28.12.96 № 1561 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.zakon-i-normativ.info/index.php/component/lica/?href=0&view=text&base=1&id=419786&menu=109391>. – (відкр. 20.08.2015).
2. Верховна Рада України. Про ратифікацію Угоди про грант (Проекту ядерної безпеки Чорнобильської АЕС) між Європейським банком реконструкції та розвитку як Розпорядником коштів, наданих згідно з Грантом з Рахунку ядерної безпеки, Урядом України та Чорнобильською АЕС / Верховна Рада України : Закон України від 18.03.1997 р. № 147/97-ВР // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1997. – № 19. – Ст. 134.
3. Верховна Рада України. Про загальні засади подальшої експлуатації і зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС та перетворення зруйнованого четвертого енергоблоку цієї АЕС на екологічно безпечну систему / Верховна Рада України : Закон від 11.12.1998 № 309-XIV // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1999. – № 4. – Ст. 33.
4. Верховна Рада України. Про внесення змін до деяких законів України у зв'язку із закриттям Чорнобильської АЕС / Верховна Рада України : Закон України від 26.04.2001 р. № 2398-III // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2001. № 27. – Ст. 133.
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) : Державні гігієнічні нормативи. ДГН 6.6.1.-6.5.001-98. – К. : [б. в.], 1998. – 135 с.
6. Норми радіаційної безпеки України доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення (НРБУ-97/Д-2000) : Дер-

of achieved situation at the ShO. Thereby probability of emergency situation is decreased (avoided) meaning a decreased risk of accidental population exposure.

Principle of optimization towards operations on the ShO transformation into environmentally safe system is difficult to implement in full because of no respective regulatory and legal framework available in this issue in Ukraine. Selection of the least dose expensive variant of work delivery and high-quality optimization methods is a contemporary practice of the optimization principle implementation.

CONCLUSION

By virtue of multiannual experience of reviewing the various project documentation on operations of transformation of the "Shelter" Object into environmentally safe system and through the analysis of translation into action of radiation protection measures the special aspects are described concerning the radiation protection planning for personnel working at the ShO. Recommendations to a full extent deal with operations directly conducted at the ShO, on the industrial site, and in a local zone.

REFERENCES

1. Council of Ministers of Ukraine. [On measures to transform the "Shelter" into an ecologically safe system]. Regulation. No. 1561 (Dec 28 1996) [Internet]. Available from: <http://www.zakon-i-normativ.info/index.php/component/lica/?href=0&view=text&base=1&id=419786&menu=109391>. (Aug 20 2015). Ukrainian.
2. Verkhovna Rada of Ukraine. [On Ratification of the grant (Project Nuclear Safety Chernobyl NPP) between the European Bank for Reconstruction and Development as Administrator of funds provided under the Grant Nuclear Safety Account, the Government of Ukraine and Chernobyl]. The Law of Ukraine. No. 147/97-VR (Mar 18, 1997). Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VWR). 1997;(19):Stat. 134. Ukrainian.
3. Verkhovna Rada of Ukraine. [On general principles of future operation and decommissioning of Chernobyl NPP and transformation of the destroyed fourth Unit of this NPP into ecologically safe system]. The Law of Ukraine. No. 309-XIV (Dec 11, 1998). Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VWR). 1999;(4): Stat. 33. Ukrainian.
4. Verkhovna Rada of Ukraine. [On amendments to some laws of Ukraine due to the closure of the Chernobyl nuclear power plant]. The Law of Ukraine. No. 2398-III (Apr 26, 2001). Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VWR). 2001;(27):Stat. 133. Ukrainian.
5. [Radiation Safety Standards of Ukraine (NRBU-97). State hygiene standards]. DHN 6.6.1.-6.5.001-98. Kyiv; 1998. 135 p. Ukrainian.

- жавні гігієнічні нормативи. ДГН 6.6.1.-6.5.061-2000. – К. : [б. в.], 2000. – 84 с.
7. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности Украины (ОСПЗРБУ-2005) : Государственные гигиенические нормативы. ДСП 6.177-2005-09-02. – К. : [б. в.], 2005. – 127 с.
8. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-85). СанПин 42-129-11-3938-85. – М. : [б. и.], 1985.- 54 с.
9. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций. СП АС-88. – М. : [б. и.], 1988. – 132 с.
10. Санитарные правила радиационной безопасности при выполнении и проектировании работ на ОУ (СПРБ-ОУ). СТП 3.014-2004. – М. : [б. и.], 2004.
11. Труды МКРЗ. Публикация 103 МКРЗ. Рекомендации 2007 года Международной Комиссии по Радиационной защите : пер. с англ. / под общей ред. М. Ф. Киселёва, Н. К. Шандалы. – М. : Изд. ООО ПКФ “Алана”, 2009. – 343 с. – ISBN 978-5-9900350-6-5.
12. Обеспечение радиационной безопасности при работах по преобразованию объекта “Укрытие” в экологически безопасную систему. Биофизический контроль доз внутреннего облучения персонала / С. Ю. Нечаев, И. А. Лихтарев, В. Б. Берковский [и др.] // Радиационная гигиена. – 2009. – Т. 2, № 1. – С. 32–35.
13. Анализ безопасности при выполнении работ по проекту стабилизации балок Б1 и Б2 : отчет о НИР / Объект “Укрытие” Чернобыльской АЭС. – К., 1999. – 23 с. – Инв. № 532 от 25.12.
14. Aerosol monitoring during work inside the “Object Shelter”: Analysis of dispersion and concentration for different work types / P. Aryasov, S. Nechaev, N. Tsygankov, A. Dmitrienko // Journal of Alloys and Compounds. – 2007. – Vol. 444. – P. 483–485.
15. Aryasov P. Aerosol monitoring using personal impactors during works inside the Object Shelter / P. Aryasov, S. Nechaev, N. Tsygankov // Health Physic. – 2006. – Vol. 90, No. 6. – P. 144–145.
16. Chumak V. Assessment of effective dose with personal dosimeters: Account of the effect of anisotropy of work place fields / V. Chumak, E. Bakhanova // Radiat. Meas. – 2008. – Vol. 43. – P. 655–658.
17. Порядок расчета доз текущего и потенциального облучения персонала при планировании и проектировании работ на ОУ : методические рекомендации. – К. : МОЗ Украины ; Комитет по вопросам гигиенического регламентирования, 2004. – 35 с.
18. Индивидуальный дозиметрический контроль внутреннего облучения персонала, привлекаемого к работам на объекте “Укрытие” : инструктивно-методические указания. – К. : МОЗ Украины ; ГКЯР Украины ; НКРЗ Украины, 2007. – 167 с.
19. Забезпечення біофізичного контролю доз внутрішнього опромінення під час робіт з перетворення об’єкта “Укриття” на екологічно безпечну систему. Підсумки за період 2004-2012 роки / С. Ю. Нечаєв, І. А. Ліхтарьов, В. О. Сушко [та ін.] // Довкілля та здоров’я. – 2013. – № 1 – С. 39–42.
20. Методика визначення ефективної дози зовнішнього опромінування : звіт про НДР / ДСП “Чернобыльська АЕС”. – К., 2002. – 23 с. – Инв. № 107.
6. [Radiation Safety Standards of Ukraine. Supplements: Radiation protection from potential exposure (NRBU-97/D-2000). State hygiene standards. DHN 6.6.1.-6.5.061-2000]. Kyiv; 2000. 84 p. Ukrainian.
7. [Basic sanitary rules for radiation protection of Ukraine (OSPZRBU-2005). State sanitary rules]. State hygiene standards. DSP 6.177-2005-09-02. Kyiv; 2005. 127 p. Ukrainian.
8. [Sanitary rules of Radioactive Waste Management (SPORO-85)]. SanPin 42-129-11-3938-85. Moscow; 1985. 54 p. Russian.
9. [Sanitary rules of design and operation of nuclear power stations]. SP AS-88. Moscow; 1988. 132 p. Russian.
10. [Sanitary rules of radiation safety during the execution and design of works at the Shelter]. (SPRB-OU). STP 3.014-2004. Moscow; 2004. Russian.
11. Kiselev MF, Shandala NK, editors. [Annals of ICRP. Publication 103 ICRP. Recommendations of the International Commission Radiation Protection of 2007]. Moscow: PKF “Alan”; 2009. 343 p. ISBN 978-5-9900350-6-5. Russian.
12. Nechaev SYu, Likhtariov IA, Berkovsky VB, Kovgan LN, Bonchuk YuV, Ratia GG, et al. [Radiation safety at work on the transformation of the “Shelter” into an ecologically safe system. Biophysical monitoring internal exposure doses of personnel]. Radiatsionnaia gigiena. 2009;2(1):32-35. Russian.
13. Object “Shelter” of the Chornobyl NPP. [Analysis of the security of the work on the project of stabilization of beams B1 and B2]. Final report. Kyiv; 1999 Dec 25. 23 p. Report No. 532. Russian.
14. Aryasov P, Nechaev S, Tsygankov N, Dmitrienko A. Aerosol monitoring during work inside the “Object Shelter”: Analysis of dispersion and concentration for different work types. Journal of Alloys and Compounds. 2007;444:483-5.
15. Aryasov P, Nechaev S, Tsygankov N. Aerosol monitoring using personal impactors during works inside the Object Shelter. Health Physic. 2006;90(6):144-5.
16. Chumak V, Bakhanova E. Assessment of effective dose with personal dosimeters: Account of the effect of anisotropy of work place fields. Radiat. Meas. 2008;43:655-8.
17. [The procedure for calculating doses of current and potential exposure of the personnel in the planning and design work on the Shelter: guidelines]. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine, Committee for hygienic regulation; 2004. 35 p. Russian.
18. [Individual monitoring of internal exposure of personnel involved in the work on the object “Shelter”: instructions and guidelines]. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine, State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine, National Commission for Radiation Protection of Ukraine; 2007. 167 p. Russian.
19. Nechaev SYu, Likhtarov IA, Sushko VO, Kovgan LM, Bonchuk YuV, Ratia GG, et al. [Ensuring of biophysical monitoring of internal exposure during work on transformation of the object “Shelter” into an ecologically safe system. Summary for the period 2004-2012]. Environment & Health. 2013;1(64):39-42. Ukrainian.

21. Радіаційно-гігієнічне забезпечення робіт на об'єкті "Укриття" / С. Ю. Нечаєв, В. Г. Бебешко, І. А. Ліхтарьов [та ін.] // Медичні наслідки Чорнобильської катастрофи: 1986-2011 : монографія / за ред. А. М. Сердюка, В. Г. Бебешка, Д. А. Базики. – Тернопіль : ТДМУ, Укрмедкнига, 2011. – С. 1023-1032. – ISBN 978-966-673-174-9.
20. SSE "Chornobyl NPP". [Method of determining the effective dose of external exposure]. Final report. Kyiv; 2002. 23 p. Report No. 107.
21. Nechaiev SYu, Likhtarov IA, Sushko VO, Kovgan LM, Bonchuk YuV, Ratia GG, et al. [Radiation-hygienic support work at the object "Shelter"]. In: Serdiuk AM, Bebeshko VG, Bazyka DA, editors. [Medical consequences of the Chornobyl catastrophe: 1986-2011]. Ternopil: TDMU, Ukrmedknyha; 2011. p. 1023-1032. ISBN 978-966-673-174-9. Ukrainian.

Стаття надійшла до редакції 20.08.2015

Received: 20.08.2015