

УДК 621.039.76:616-001.28

В. В. Чумак¹✉, Н. П. Деняченко¹, В. М. Волоський¹, О. В. Баханова¹, О. Є. Чумак²,
Т. В. Трескунова¹, О. С. Зіміна³

¹Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України», вул. Мельникова, 53, м. Київ, 04050, Україна

²Науково-дослідний інститут радіаційного захисту Академії технологічних наук України, вул. Мельникова, 53, а/с 52, м. Київ, 04050, Україна

³Державна інспекція ядерного регулювання України, 9/11, вул. Арсенальна, м. Київ, 01011, Україна

ВИМОГИ ДО ІНДИВІДУАЛЬНОГО ДОЗИМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПРОФЕСІЙНОГО ОПРОМІНЕННЯ: СВІТОВИЙ ДОСВІД ТА УКРАЇНСЬКІ РЕАЛІЇ

Стаття містить аналіз та узагальнення світового й вітчизняного досвіду і нормативних вимог стосовно організації та проведення дозиметричного контролю професійного опромінення (персонал категорії А), наповнення національних дозових реєстрів. Показано, що з практичних міркувань є цілком виправданим впровадження суцільного індивідуального дозиметричного контролю усього персоналу категорії А, незалежно від очікуваної дози опромінення. Завдання створення та функціонування національного дозового реєстру не повинно зводитись лише до механічного збору та накопичення даних негарантованої якості. Натомість, складовими системи контролю та обліку доз має стати програма контролю якості та науково-методичний центр, які мають забезпечувати якість і достовірність даних про дози професійного опромінення. Набір даних повинен містити, окрім власне записів про дози, інформацію про методики, що використовувались, характеристики умов праці, відомості про стан здоров'я працюючих. Інформаційна інфраструктура та політика захисту даних повинні будуватись відповідно до загальнодержавних підходів під егідою Державного агентства з питань електронного урядування України.

Ключові слова: доза, професійне опромінення, персонал категорії А, реєстр, контроль якості, дані, іонізуюче випромінювання.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2018. Вип. 23. С. 61–81. doi: 10.33145/2304-8336-2018-23-61-81.

V. V. Chumak¹✉, N. P. Deniachenko¹, V. M. Voloskyi¹, O. V. Bakhanova¹, O. Ye. Chumak²,
T. V. Treskunova¹, O. S. Zimina³

¹State Institution «National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», 53 Melnykova str., Kyiv, 04050, Ukraine

²Ukrainian Radiation Protection Institute of the Academy of Technological Sciences of Ukraine, 53 Melnykova str., PO Box 52, Kyiv, 04050, Ukraine

³State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine, 9/11 Arsenalna str., Kyiv, 01011, Ukraine

THE REQUIREMENTS FOR INDIVIDUAL MONITORING OF OCCUPATIONAL EXPOSURE: INTERNATIONAL EXPERIENCE AND UKRAINIAN REALITIES

The article includes analysis and generalizations about international and national experience as well as regulatory requirements for the organization and performance of occupational monitoring for radiation exposure (category A personnel), filling of the national dose registries. It is shown that for practical reasons it is justifiable to provide universal individual monitoring of category A personnel, regardless of the expected dose of radiation. The establishment and

✉ Чумак Вадим Віталійович, e-mail: chumak@leed1.kiev.ua

functioning the national dose registry should not be limited to the mechanical collection and accumulation of data of non-guaranteed quality. Instead, both a quality management program and a scientific and methodological center should become components of the dose monitoring and registration system ensuring the quality and reliability of data on occupational exposure. Besides the dose records, the data sets should include information about methods used, work conditions, employees' health status. Information exchange infrastructure and data protection policies should be built in accordance with national approaches under the auspices of the State Agency for E-Governance in Ukraine.

Key words: dose, occupational exposure, category A personnel, registry, quality control, data, ionizing radiation.

Problems of radiation medicine and radiobiology. 2018;23:61-81. doi: 10.33145/2304-8336-2018-23-61-81.

ВСТУП

Радіаційні технології посідають особливе місце у сучасному світі. Окрім надзвичайного розмаїття способів використання радіоактивних речовин, генераторів випромінювання, ядерної енергії (медицина, промисловість, наука, військова справа), визначальним є те, що вплив цих технологій спричиняє додаткове опромінення осіб, які мають професійний контакт з джерелами іонізуючого випромінювання (ДІВ), проте, як величина, так і шляхи такого опромінення є надзвичайно відмінними. За очевидно неповними даними НКДАР ООН [1] в усьому світі професійний контакт з іонізуючим випромінюванням мають понад 23 млн осіб. Розподіл за галузями використання, наведений на рисунку 1 [1], має значні відмінності між різними країнами та регіонами, однак за числом осіб, що зазнають професійного опромінення, глобально з великим відривом лідирує медицина, на другому місці – технології паливно-енергетичного циклу (видобуток і переробка уранових руд, збагачення урану та виготовлення ядерного палива, виробництво атомної енергії, поводження з радіоактивними відходами). Наша країна у цьому сенсі не є винятком: в Україні працюють 15 енергоблоків на 4 діючих АЕС, відбувається перетворення на екологічно безпечну систему унікального об'єкту «Укриття» з новим безпечним конфайнментом Чорнобильської АЕС, що перебуває на стадії зняття з експлуатації, радіаційні технології, зокрема, найсучасніші широко використовуються в медицині; за станом на 2017 рік зареєстровано 23 854 джерела іонізуючого випромінювання, з яких 8 719 – радіонуклідні джерела [2].

Відтак, для оцінки можливої шкоди здоров'ю працюючих та їхніх нащадків, оптимізації і вдосконалення радіаційних технологій, поліпшення радіаційного захисту при професійному опроміненні особливе значення має контроль доз професійного опромінення, конкретніше – дозиметричний контроль персоналу. Ця галузь прикладної науки отримала значний поштовх під час реалізації військових атомних програм у середині 1940-х років, досягнувши стану зрілості до кінця 1950-х років [3], але відтоді ніколи не припиняла свого розвитку та поступу.

INTRODUCTION

Radiation technologies occupy a special place in today's world. There is a huge variety in utilization of radioactive substances, radiation generators, nuclear energy (medicine, industry, science, military). The crucial factor of these technologies is that occupational exposure of personnel working with ionizing radiation can come from many sources, however, magnitude and pathways of such exposure are quite different. According to UNSCEAR [1], more than 23 million people have professional contact with ionizing radiation around the world, and these numbers could be incomplete. The distribution of personnel by types of activities, shown in Figure 1 [1], can differ significantly depending on countries and regions, but the largest number of employees qualified as professionals come from medicine, the next field is fuel and energy cycle (mining and processing of uranium ores, uranium enrichment and nuclear fuel fabrication, nuclear power generation, and radioactive waste management). In this sense, Ukraine is not exceptional: it has 15 power units in 4 operating NPPs, it transforms a unique «Shelter» Object into an environmentally safe system with the New Safe Confinement of the Chernobyl nuclear power plant, which is at the stage of decommissioning, the most modern radiation technologies, in particular are widely used in medicine. By 2017, 23,854 sources of ionizing radiation have been registered, including 8,719 radionuclide sources [2].

Therefore, to assess the possible health detriment in workers and in their descendants, to optimize and to develop radiation technologies, to improve occupational radiation protection it is necessary to control doses of professional exposure, more specifically, to perform radiation monitoring of personnel. This field of applied science had received a significant implementation boost due to military nuclear programs in the mid-1940th, reaching maturity by the end of the 1950th [3]. However, it never stopped developing and progressing since that time.

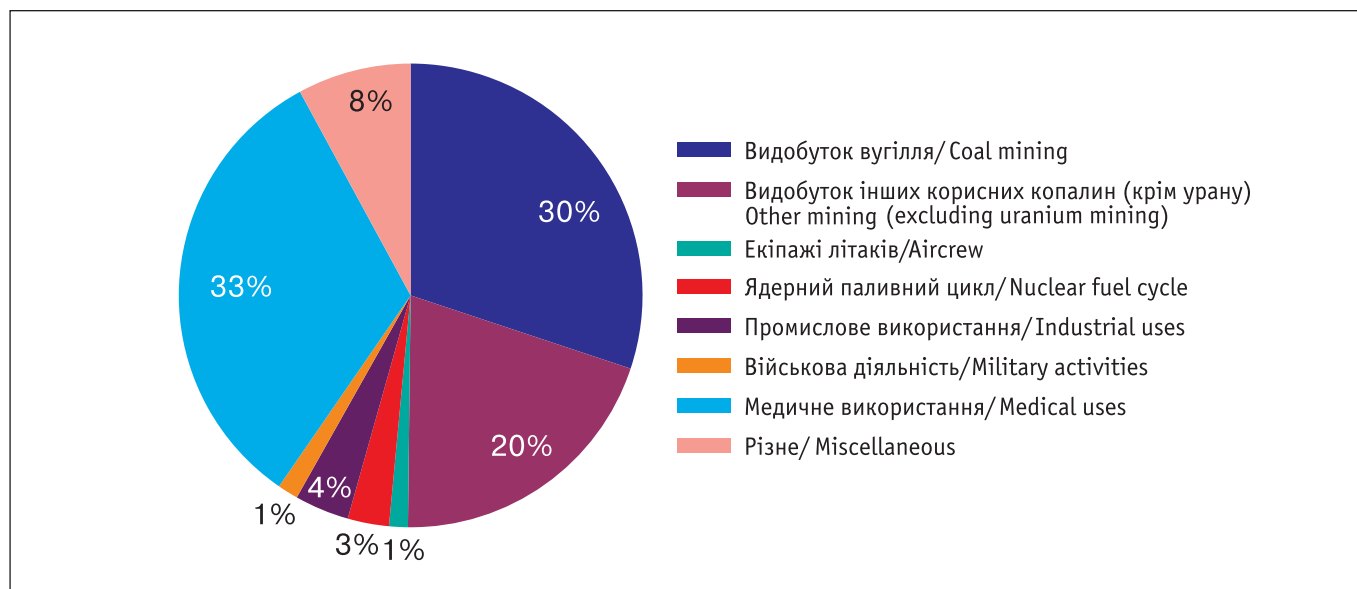


Рисунок 1. Розподіл осіб, що зазнали опромінення на робочих місцях за видами діяльності згідно з даними опитування НКДАР [1]

Figure 1. Personnel exposed at workplaces distributed by types of activities according to UNSCEAR [1]

Якщо говорити про способи дозиметричного контролю при професійному опроміненні, традиційно розрізняють індивідуальний дозиметричний контроль (ІДК) та контроль опромінення за результатами моніторингу робочих місць. Перший спосіб забезпечує більш точні оцінки доз, які отримують представники персоналу; водночас, він вимагає здійснення вимірювань показників, які характеризують опромінення конкретної особи – результатів визначення дози зовнішнього опромінення за допомогою індивідуального дозиметра, визначення вмісту радіоактивних речовин методом ЛВЛ-моніторингу або контролю надходження чи екскреції для оцінки доз внутрішнього опромінення [4, 5]. Другий (моніторинг робочих місць) спосіб полягає у контролі неперевищення похідних рівнів (потужність дози чи концентрація радіоактивних речовин у робочій зоні) та дає можливість досить грубо оцінювати дози професійного опромінення. Такий розподіл знайшов відображення і в українських гігієнічних нормативах [6, 7], а саме: пропонується застосування окремих видів контролю залежно від характеру роботи та очікуваних рівнів опромінення персоналу (за нормальних і аварійних умов опромінення).

Слід відзначити, що діючі норми й правила не відрізняються деталізацією, встановлюючи лише імперативні вимоги до проведення контролю, які, на наше переконання, слід розглядати як мінімальні, узгоджуючи практику їх застосування з наявними ризиками, технічними можливостями та, загалом, практичними міркуваннями стосовно радіаційного захисту і дозиметричного контролю. Ця стаття є

Traditionally, in monitoring of occupational exposure there is differentiation between the individual dosimetric monitoring (IDM) and workplace monitoring approaches. The first approach provides more accurate estimates of the doses received by workers. At the same time, it requires monitoring of parameters of irradiation of a particular person: either doses of external exposure measured with an individual dosimeter or burden of radioactive substances by the whole-body counting or control of retention or excretion rates to assess the doses of internal exposure [4, 5]. The second approach (workplace monitoring) is to control the non-exceeding of the derived levels (either dose rate or concentration of radioactive substances in the working area). It allows rough estimation of the doses of occupational exposure. The Ukrainian hygiene standards [6, 7] suggest application these specific types of monitoring depending on type of the work as well as the expected levels of personnel exposure (under normal and emergency exposure conditions).

It should be noted that the existing standards and rules are not detailed, setting only imperative requirements for control. These norms and rules should be considered as minimal and their application should be harmonized with existing risks, technical means and, in general, practical considerations regarding radiation protection and radiation monitoring. This paper attempts to generalize

спробою узагальнити світовий досвід дозиметричного контролю професійного опромінення і сформулювати основні вимоги до оптимальної системи контролю та обліку індивідуальних доз в Україні.

Мінімальні вимоги до обсягів індивідуального дозиметричного контролю професійного опромінення

Міжнародні рекомендації [8, 9] та правила радіаційної безпеки [10] встановлюють обов'язковість проведення індивідуального дозиметричного контролю для персоналу категорії А¹⁾, тобто тих осіб з числа персоналу, річні дози яких можуть перевищувати 6 мЗв для опромінення всього тіла, 15 мЗв для опромінення кришталика ока чи 150 мЗв для шкіри або кінцівок. Для решти персоналу індивідуальний дозиметричний контроль вимагається, принаймні, в обсягах, достатніх для підтвердження коректності віднесення особи до категорії А.

Вимоги вітчизняних нормативів дещо відмінні й передбачають проведення обов'язкового індивідуального дозиметричного контролю для осіб, дози яких за нормальних та аварійних умов експлуатації можуть перевищувати 10 мЗв на рік, а також поширюють обов'язковий ІДК на окремі категорії працюючих [7]:

- ІДК на АЕС є обов'язковим для всіх осіб, що відвідують зону строгого режиму;
- ІДК зовнішнього локального та загального опромінення з використанням індивідуальних дозиметрів повинен проводитись для жінок дітородного віку (до 45 років), які належать до категорії А, незалежно від очікуваної дози опромінення;
- в обов'язковому порядку ІДК повинен проводитись для всіх категорій медичного персоналу, діяльність якого пов'язана з використанням закритих і відкритих

the world experience of radiation monitoring of occupational exposure and to formulate the basic requirements for an optimal system for monitoring and registration of individual doses in Ukraine.

Minimum requirements for coverage of occupationally exposed personnel by individual dosimetric monitoring

International recommendations [8, 9] and radiation safety standards [10] establish obligatory individual dosimetric monitoring for the category A personnel¹⁾. This category includes workers whose annual doses may exceed 6 mSv for the whole body, 15 mSv for eye lens and 150 mSv for either skin or extremities. For the rest of staff, dosimetric monitoring is required only to confirm the correctness of assigning a person in the category A.

The requirements of the Ukrainian standards are somewhat different: individual dosimetric monitoring is obligatory for workers whose doses may exceed 10 mSv per year under normal or emergency conditions of operation. Besides, these standards establish obligatory IDM for certain categories of employees [7]:

- IDM at NPPs is obligatory for all persons who visit the controlled area;
- IDM of both local and general external exposure should be performed with individual dosimeters for female workers category A of childbearing age (up to 45 years) regardless of the expected dose of exposure;
- IDM is obligatory for all categories of health-care professionals using either open or sealed IRS²⁾. In fact, according to OSPU-2005 [7],

¹⁾Слід зазначити, що розподіл працюючих на категорії у вітчизняній та міжнародній нормативній базі суттєво відрізняється: якщо у міжнародній класифікації використовується дозовий критерій (див. визначення категорії А у тексті), то у вітчизняних гігієнічних нормативах до категорії А належать усі особи, що мають безпосередній контакт з ДІВ, а категорія В складається з осіб, робота яких не пов'язана з використанням ДІВ, однак через розташування їхніх робочих місць вони можуть отримувати додаткове опромінення.

¹⁾It should be emphasized that the division of personnel into categories differs significantly between the Ukrainian and international regulations: while the international classification uses a dose criterion (see definition of the category A in the text above), the Ukrainian hygiene standards include into the category A all employees whose work involves direct contact with ionizing radiation sources (IRS). The category B consists of persons whose work is not related to use of IRS, but who may receive additional exposure because of the location of their workplaces.

²⁾Згідно з п. 1.5 ОСПУ-2005 [7] «Джерела іонізуючого випромінювання» (далі – ДІВ) у рамках будь-якої практичної діяльності, на яку поширюються вимоги Правил, до ДІВ включають радіоактивні речовини та пристрої, які містять радіоактивні речовини, або пристрої, що створюють випромінювання, включаючи споживчу продукцію, закриті джерела, відкриті джерела, генератори випромінювання, включаючи пересувне радіографічне обладнання».

²⁾According to Section 1.5 of the Basic sanitary rules of radiation safety of Ukraine OSPU-2005 [7], «Ionizing radiation sources» (IRS), in the course of any practical activity to which the requirements of this Regulation are applied, include radioactive substances, devices containing radioactive substances, devices producing radiation, including consumer products, closed sources, open sources, radiation generators, including mobile radiography equipment».

ДІВ²). Фактично, згідно з ОСПУ-2005, ІДК є обов'язковим для всього медичного персоналу категорії А.

Крім того, нещодавно прийняті Державні СанПіН «Гігієнічні вимоги до влаштування та експлуатації рентгенівських кабінетів і проведення рентгенологічних процедур» [11] визначають, що протягом першого року експлуатації рентгеностоматологічних апаратів адміністрація повинна забезпечити проведення індивідуального дозиметричного контролю медичних працівників, які безпосередньо проводять рентгенологічні процедури, для підтвердження даних про відсутність перевищення дози 1 мЗв/рік.

В інших випадках ІДК не є обов'язковим і допускається здійснювати дозиметричний контроль персоналу через регулярний моніторинг радіаційно-гігієнічних параметрів на робочих місцях, у приміщеннях, на промайданчику тощо.

Проте на практиці часто виявляється зручнішим здійснювати суцільний ІДК для усього персоналу замість того, щоб запроваджувати досить громіздку програму радіаційного контролю робочих місць для оцінки доз окремих груп персоналу, які формально не підпадають під дію наведених вище вимог.

Іншим міркуванням на користь достовірного визначення саме індивідуальних доз опромінення персоналу є те, що невизначеність величини дози, яку отримує конкретна особа, залишає простір для можливих спекуляцій стосовно рівня опромінення та ймовірної шкоди для здоров'я, а також судових позовів для відшкодування шкоди, заподіяної впливом іонізуючого випромінювання (ст. 20 Закону України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» [12]). Згідно зі ст. 21 Закону, відшкодування шкоди, заподіяної внаслідок впливу іонізуючого випромінювання, забезпечується за рахунок коштів юридичних та фізичних осіб, у результаті практичної діяльності яких сталося перевищення ліміту дози. Слід мати на увазі, що право на подання позову про відшкодування ядерної шкоди, заподіяної життю і здоров'ю особи, не обмежується строком давності (ст. 76 Закону України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» [13]).

Слід відзначити, що такі міркування давно преважують у світі при ухваленні рішення стосовно вибору індивідуального контролю як методу контролю доз професійного опромінення. У розвинених країнах давно є усталеною практика, коли індивідуальні дозиметри видаються всім особам, які працюють з ДІВ чи мають навіть тимчасовий контакт з ДІВ (табл. 1). Наслідком такого підходу є те, що досить значну (від 50 до 90 %) частку виміряних значень доз

IDM is mandatory for all category A medical personnel.

In addition, the recently adopted State Sanitary Rules and Regulation «The hygienic requirements for the installation and operation of X-ray rooms of X-ray procedures» [11], requires that administration should ensure the individual dosimetric monitoring of medical workers during the first year of operation of X-ray devices in dental practice to confirm not exceeding the dose limit of 1 mSv / year.

In other cases, the IDM is not obligatory and it is allowed performing the dosimetry monitoring of personnel through regular control of the radiation and hygienic parameters at workplaces, in premises, at the industrial site, etc.

However, total IDM coverage of the personnel could be more practical than a rather bulky program of workplace radiation monitoring for assessment of the doses of selected staff groups which formally do not meet the above requirements.

One more reason in favour of using reliable individual dose measurements for assessment of personnel exposure is their lower uncertainty. It would help to avoid possible speculation on levels of individual doses as well as lawsuits for compensation of damages caused by exposure to ionizing radiation (Article 20 of the Law of Ukraine «On Protection of the Person from the Influence of Ionizing Radiation» [12]). According to Art. 21 of the Law, compensation for damage caused by the exposure to ionizing radiation is provided at the expense of legal entities and individuals whose practical activity resulted in exceeding the dose limit. In fact, the right to seek compensation for nuclear damage caused to life and health of the injured person is imprescriptible (Article 76 of the Law of Ukraine «On the Use of Nuclear Energy and Radiation Safety» [13]).

It should be noted, that for a long time these considerations had prevailed in the world practice trending toward the choice of individual monitoring as a method of controlling the doses of professional exposure. It is a well-established practice in developed countries that individual dosimeters are provided to all persons working with ionizing radiation sources (IRS) or have even a temporary contact with IRS (Table 1).

становлять дози, які нижчі за рівень реєстрації або навіть не перевищують регіональне значення природного радіаційного фону. Такий результат вважається цілком прийнятним і свідчить про високий рівень радіаційного захисту при професійному опроміненні. Включення до когорти осіб, для яких здійснюється ІДК, таких професійних груп, як стоматологи, ветеринари тощо, призводить до значного збільшення числа осіб, для яких отримують та збирають дані про дози професійного опромінення. Водночас, таке збільшення числа осіб, які перебувають на ІДК, вважається цілком економічно та соціально виправданим.

Розглядаючи питання про доцільність проведення ІДК, беруть до уваги те, що дозиметричний контроль через моніторинг робочих місць також вимагає неабияких зусиль і матеріальних ресурсів: такий контроль повинен проводитись регулярно за заздалегідь визначеною програмою (контрольні точки, періодичність та види вимірювань) з використанням відповідним чином відкаліброваних і метрологічно повірених приладів силами спеціально навченого та атестованого персоналу. На практиці це означає, що у підсумку витрати на ІДК, який зазвичай здійснюється силами незалежної лабораторії (у міжнародній термінології – «постачальник технічних послуг»), виявляються меншими від витрат на організацію та проведення контролю методом моніторингу робочих місць. Таке міркування є тим більше вирішальним, якщо йдеться про альтернативу у вигляді змішаної системи контролю, коли частина персоналу підпадає під дію вимоги здійснювати ІДК, а для решти працюючих можна обмежуватись моніторингом робочих місць – очевидно, нерациональний варіант з огляду на подвоєння зусиль для отримання того ж самого результату.

Зазначене є ще більш справедливим для контролю внутрішнього опромінення, оскільки вимірювання похідних рівнів (концентрацій радіоактивних речовин та їхньої фізико-хімічної форми) є нетривіальним з технічної точки зору завданням, відтак, простішим рішенням є організувати індивідуальний контроль. При оцінці вірогідних обсягів ІДК внутрішнього опромінення слід враховувати, що практично будь-яке використання радіаційних технологій неминує супроводжуватись зовнішнім випромінюванням, натомість внутрішнє опромінення можливе лише на робочих місцях, де існують шляхи надходження радіонуклідів до організму людини (відкриті ДІВ). Відтак, контролю внутрішнього опромінення потребує відносна меншість персоналу категорії А – залежно від умов праці та наявних ДІВ і ймовірних шляхів їх надходження.

This results in significant (from 50 to 90%) share of doses below the registration level or even below the local natural radiation background among all measured dose values. However, this result is considered to be acceptable and it indicates a high level of radiation protection in occupational exposure. Inclusion of such professional groups as dentists or veterinarians into the cohort of monitored workers increases the number of persons requiring collecting information on doses of professional exposure. At the same time, such an increase is accepted as economically and socially justified.

Considering practicability of the universal IDM, it should be noted that dosimetric monitoring by means of workplace monitoring also requires substantial efforts and resources. Such monitoring should be carried out regularly according to a predetermined program (including control points, periodicity and types of measurements) with appropriately calibrated and metrologically verified devices by specially trained and certified personnel. In practice, the cost of IDM, which is usually carried out by an independent laboratory (in international terminology, by a «technical support organizations»), is less than the cost of organizing the workplace monitoring method. This reasoning is even more decisive, when it refers to an alternative mixed control system, with part of the staff required to be covered by mandatory IDM, and the rest of personnel may be covered by monitoring of workplaces. Obviously, this is the least practical option resulting in doubling of efforts to obtain the same result.

This is even more reasonable for monitoring internal exposure, since measurements of derived levels (concentrations of radioactive substances and their physical or chemical form) are non-trivial from a technical point of view, therefore, it is easier to organize individual monitoring. Estimating probable coverage of IDM we should take into account that any use of radiation technology is inevitably accompanied by external radiation. At the same time, internal exposure occurs only at those workplaces where there are pathways by which radionuclides can be inhaled (open IRS). Therefore, internal radiation control is required for relatively low number of category A personnel depending on working conditions, concerned IRS and possible intake pathways.

Наведені вище міркування та багаторічний успішний досвід передових країн вплинули на підходи до визначення необхідних обсягів ІДК, які впроваджують країни, що перебувають на стадії становлення системи контролю та обліку доз професійного опромінення. У таблиці 2 наведені дані країн-учасниць регіонального проекту МАГАТЕ RER/9/140 «Посилення захисту радіаційних працівників та моніторингу професійного опромінення» [14]. Із таблиці виходить, що значна кількість країн середнього рівня соціально-економічного розвитку зробили вибір на користь здійснення суцільного ІДК незалежно від очікуваної дози опромінення. Контроль персоналу виключно категорії А проводять лише 4 із 16 країн, очевидно з різних причин.

В українських реаліях до суто економічних чи соціальних аргументів додаються міркування ефективності радіаційного захисту працюючих. Справа в тому, що всеохоплююча та досить ефективна система санітарно-епідеміологічного нагляду, яка забезпечувала дотримання усіх трьох принципів радіаційного захисту (виправданість, не перевищення, оптимізація) була останніми роками зруйнована, повністю елімінувавши поточний санітарно-епідеміологічний нагляд та суттєво трансформувалася попереджувальний нагляд. Поруч із незадовільним рівнем освіченості персоналу категорії А з питань радіаційного захисту і, взагалі, безпеки та ризиків, які несуть з собою радіаційні технології, це призвело до парадоксального результату: індивідуальний дозиметричний контроль залишається чи не останнім захисним бар'єром та засобом оцінки ефективності радіаційного захисту й джерелом даних для оптимізації радіаційних технологій. Останнє можливо реалізувати лише за наявності загальнодержавної системи обліку індивідуальних доз (Система) включно з національним дозовим реєстром (Реєстр), яка дасть змогу вивчати тенденції та порівнювати рівні опромінення персоналу різних підрозділів, що використовують аналогічні технології, але можуть відрізнятися ефективністю радіаційного захисту. Таким чином, в українських умовах найбільш раціональним є запровадження суцільного ІДК зовнішнього опромінення для всього персоналу категорії А незалежно від очікуваних рівнів опромінення чи технологій, що використовуються. Практичний та соціоекономічний ефект від впровадження такого підходу буде, без сумніву, позитивним.

The above consideration as well as the successful experiences of developed countries have determined approaches to estimation of the required coverage of IDM in the countries that are establishing their systems of monitoring and registration of doses of occupational exposure. Table 2 shows the data of the countries participating in the IAEA regional project RER/9/140 «Strengthening Protection of Radiation Workers and Occupational Exposure Monitoring» [14]. As can be seen from the table, a significant number of countries of medium level of socio-economic development have opted for the implementation of universal IDM, regardless of the expected dose of exposure. 4 out of 16 countries perform radiation monitoring of category A personnel only, apparently for various reasons.

In Ukrainian realities, purely economic or social considerations are accompanied by the arguments of the effectiveness of radiation protection for personnel. The point is that the comprehensive and effective system of sanitary and epidemiological surveillance, which ensured compliance with all general principles of radiation protection (justification, optimization, limitation), has been dismantled in recent years, eliminating a current on-going sanitary-hygienic surveillance and significantly transforming preventive supervision. The inadequate level of training of the category A personnel in radiation protection, dangers and risks of radiation technologies have led to a paradoxical result: individual dosimetric monitoring remains almost the last protective barrier and the tool of evaluation of the effectiveness of radiation protection as well as the source of data for radiation technologies optimization. It is possible to implement the latter only if there is a nationwide system of registration of individual doses (System) with the national dose registry (Registry). It will allow studying trends and comparing exposure levels of personnel from different departments that use similar technologies, but may differ in the effectiveness of radiation protection. Thus, under Ukrainian conditions, the most rational is to implement total/universal IDM of the external exposure for all category A personnel, regardless of the expected levels of exposure or technologies used. The practical and socioeconomic effects of implementing such an approach will be undoubtedly positive.

Таблиця 1
Показники професійного опромінення в окремих європейських країнах

Table 1
Characteristics of occupationally exposed professionals in selected European countries

№ п/п	Країна	Населення на 2015 р., млн осіб	Кількість осіб, що зазнають професійного опромінення (персоналу), абс. число	Кількість персоналу на 1 млн населення	Середня доза персоналу, мЗв	Відсоток персоналу, дози якого не перевищують рівня реєстрації (порогу чутильності дозиметра), %	Відсоток персоналу, дози якого не перевищують 1 мЗв на рік, %	Рік
#	Country	Population in 2015, million persons	Exposed personnel, abs. number	Number of personnel per 1 million population	Average occupational dose, mSv	Share of personnel below registration level, %	Share of personnel with annual dose below 1 mSv, %	Year
1	Бельгія / Belgium	11,32	38 594	3 408	0,28	59	90	2013
2	Болгарія / Bulgaria	7,19	12 133	1 688	0,25	67	94	2014
3	Чехія / Czech Republic	10,64	20 778	1 952	0,63	61	86	2014
4	Фінляндія / Finland	5,48	14 738	2 691	0,84	59	74	2017
5	Франція / France	66,55	392 577	5 899	0,26	72	92	2016
6	Німеччина / Germany	80,85	409 709	5 067	0,27	78	90	2016
7	Греція / Greece	10,78	13 304	1 235	0,31	71	87	2016
8	Ірландія / Ireland	4,89	8 570	1 752	0,03	97	99	2013
9	Литва / Lithuania	2,88	6 309	2 187	0,27	68	94	2016
10	Словенія / Slovenia	1,98	7 534	3 799	0,31	70	94	2017
11	Іспанія / Spain	48,15	107 335	2 229	0,15	81	96	2016
12	Швеція / Sweden	9,80	26 399	2 693	немає даних / no data	81	93	2017
13	Швейцарія / Switzerland	8,12	95 389	11 751	0,05	93	99	2017
14	Нідерланди / Netherlands	16,95	47 719	2 816	0,82	53	68	2015

Таблиця 2
Характеристики національних дозових реєстрів країн, порівняних з Україною за рівнем соціально-економічного розвитку

Table 2

Characteristics of the national dose registries of the countries with the socio-economic status comparable with Ukraine

№ п/п	Країна	Рік створення реєстру	Кількість персоналу, що зазнає професійного опромінення, абс. число	Хто підлягає внесенню в реєстр	Дата першого регламентуючого документа	Періодичність передачі доз (місяці)	Тривалість періоду моніторингу (місяці)	Періодичність акредитації дозиметричної служби для участі у реєстрі	На основі яких міжнародних стандартів
#	Country	Year of registry creation	The number of personnel exposed to occupational exposure, abs. number	Who is to be entered into the register	Date of the first regulating document	Frequency of dose transfer	Duration of the monitoring period (months)	Periodicity of accredited service for participation in the register	Based on international standards
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Білорусь Belarus	2005	11000	Категорії А та В* Categories A and B*	1998	Раз на рік Once a year	Немає даних No data	3 роки 3 years	ISO/IEC 17025
2	Боснія і Герцеговина Bosnia and Herzegovina	Немає реєстру No registry	2510	Категорії А та В Categories A and B	Немає даних No data	30 днів після зчитування 30 days after readout	1	3 роки 3 years	ISO/IEC 17025
3	Хорватія Croatia	1998	5900	Категорія А Category A	Немає даних No data	30 днів після зчитування 30 days after readout	1	5 років 5 years	ISO/IEC 17025
4	Естонія Estonia	1999	1496	Категорія А Category A	1999	Немає даних No data	1; 3; 4; 6	Немає даних No data	ISO/IEC 17025
5	Румунія Romania	2013	Немає даних No data	Категорія А Category A	Немає даних No data	30 днів після зчитування 30 days after readout	1	3 роки 3 years	ISO 17025, IEC 62387, ISO 4037, ISO 8529, ISO 14146
6	Сербія Serbia	Немає реєстру No registry	Немає даних No data	Категорії А та В Categories A and B	2009	Немає даних No data	1; 3	5 років 5 years	ISO 17025, IEC 62387-1, ISO 20553, ISO 14146
7	Грузія Georgia	Немає даних No data	Немає даних No data	Категорії А та В Categories A and B	2005	Раз на рік Once a year	Немає даних No data	Необмежений період дії ліцензії Unlimited validity of the license	Немає даних No data
8	Греція Greece	1970	13304	Категорії А та В Categories A and B	Немає даних No data	В кінці кожного місяця At the end of each month	1	Немає даних No data	Немає даних No data
9	Угорщина Hungary	2013	16744	Категорії А та В Categories A and B	1965	Кожні 2 місяці Every 2 months	2	Немає даних No data	Немає даних No data
10	Латвія Latvia	2004	Близько 3000 About 3000	Категорії А та В Categories A and B	Немає даних No data	Раз на квартал Quarterly	3	Раз на 2 роки Every 2 years	ISO/IEC 17025

Примітка. *Згідно з директивою Євратом 059/2013: Категорія А – персонал, з дозою понад 6 мЗв на рік, Категорія В – решта персоналу.
Note. *According to the directive Euratom 059/2013: Category A – personnel with dose over 6 mSv per annum, Category B – other personnel.

**Таблиця 2 (продовження)
Table 2 (continued)**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	Литва Lithuania	1999	Близько 8 400 About 8 400	Немає даних No data	Немає даних No data	Немає даних No data	1; 4	Необмежений термін, але кожен рік recalіровка, кожні 3 роки перевірка, кожні 5 років – інтеркалібрування Unlimited term, but every year recalibration, every 3 years verification, every 5 years – intercalibration	ISO/IEC 17025
12	Киргизстан Kyrgyzstan	Немає реєстру No registry	Немає даних No data	Категорії А та В Categories A and B	Немає даних No data	Немає даних No data	Немає даних No data	Немає даних No data	Немає даних No data
13	Чорногорія Montenegro	2012	650	Немає даних No data	2006	Раз на квартал Quarterly	Немає даних No data	Немає даних No data	ISO/IEC 17025
14	Туреччина Turkey	2013	40 000	Категорії А та В Categories A and B	2011	10 днів після зчитування 10 days after readout	2	Щорічні аудити дозиметричних служб Annual audits of dosimetric services	ISO/IEC 17025, IEC 61526, EN62387, ISO GUM
15	Албанія Albania	Немає реєстру, але є архів з дозами за 2008–2016 рр. No registry, but there is a dose archive for 2008–2016	600	Категорія А Category A	2011	Немає даних No data	2	Немає даних No data	Немає даних No data
16	Вірменія Armenia	Немає реєстру No registry	Немає даних No data	Категорії А та В Categories A and B	Немає даних No data	Немає даних No data	1; 4	Немає даних No data	Немає даних No data

Вимоги до номенклатури дозиметричних величин, що контролюються

Досить очевидною вимогою, на якій повсякчас наголошують міжнародні стандарти та рекомендації, є забезпечення відповідності між шляхами і видами опромінення, які впливають на конкретну особу, та видами (способами) контролю. У випадку контролю зовнішнього опромінення, робочий діапазон енергій і доз, а також номенклатура вимірюваних величин повинні відповідати умовам роботи та радіаційним полям на робочих місцях. Наприклад, якщо через особливості технології та наявне радіаційне поле на робочому місці працюючий зазнає опромінення нейтронами, для забезпечення ІДК недостатньо вимірювати лише дози гамма-випромінювання.

Більш поширеним прикладом подібної хибки є намагання вимірювати дози м'якого рентгеновського опромінення дозиметрами, пристосованими і каліброваними для вимірювання жорсткого гамма-випромінювання. Результати Першого національного інтеркалібрування лабораторій ІДК (2014 рік) [15] свідчать про те, що найбільш поширені в нашій країні ТЛД-дозиметри мають суттєві обмеження стосовно енергетичних і кутових залежностей відгуку, а відтак – ефективності контролю фотонного випромінювання [16]. Таким чином, при розробці програм моніторингу необхідно обов'язково заздалегідь оцінювати набір шкідливих чинників (внутрішнє чи зовнішнє опромінення, бета-, нейтронне чи м'яке фотонне), наприклад, під час паспортизації робочих місць. Потім, на підставі такої оцінки слід визначати необхідні види і обсяги контролю й отримувати послуги ІДК лише від лабораторій-постачальників технічних послуг, які спроможні здійснювати необхідні вимірювання.

Закордонний досвід свідчить, що окремі види вимірювань буває недоцільно впроваджувати локально (через невеликі обсяги та технічну складність чи високу вартість технології) – у таких випадках здійснення необхідних вимірювань делегується профільним лабораторіям, навіть закордонним. Як приклад, можна навести контроль гамма/нейтронного випромінювання в Нідерландах, коли дозиметри фотонного випромінювання (гамма- і рентгеновського) зчитуються у місцевих лабораторіях, а детектори нейтронного випромінювання (товстошарові ядерні емульсії) відсилаються для аналізу в лабораторію у Великобританії.

Окремим аспектом цієї проблеми є використання подвійної дозиметрії для контролю ефективної дози працівників, які використовують захисні обладунки (фартухи, коміри), що забезпечують часткове екранування тіла. У таких умовах рекомендовано здій-

Requirements for the system of monitored dosimetric quantities

An obvious requirement, emphasized by international standards and recommendations, is to ensure consistency between paths and types of exposure that affect the individual and the types (methods) of control. In case of external exposure monitoring, the operating range of energies and doses, as well as the range of measured values, must be consistent with the working conditions and radiation fields at the workplace. For example, if an employee is exposed to neutron radiation because of the technology and due to the workplace radiation field may contain neutrons, it is not enough to measure the doses of gamma radiation only to provide adequate IDM.

A more common example of such a shortcoming is the attempt to measure doses of soft X-ray radiation with dosimeters designed and calibrated to measure high-energy gamma radiation. The results of the First National intercomparison of IDM laboratories [15] indicate that the most common type of thermoluminescent dosimeters (TLD) have significant limitations in terms of energy and angular response, and therefore in efficiency of photon registration [16]. Thus, while developing of monitoring programs it is necessary to evaluate the types of a hazard (either internal or external irradiation, beta, neutron or photon) beforehand, for example, during the workplace certification. Based on this evaluation the necessary type and coverage of IDM should be determined as well as the range of technical service providers that are capable to perform the required measurements.

Foreign experience shows that certain types of measurements can not be implemented locally (due to small volumes and technical complexity or high cost of technology). In such cases, the necessary measurements could be delegated to appropriate laboratories, even be ordered abroad. For example, in the Netherlands, local laboratories read the dosimeters to monitor photon (gamma and X-ray) radiation, but to monitor neutron radiation they send nuclear track detectors (nuclear emulsion plates with a thick emulsion layer) to the UK for analysis.

A separate aspect of this problem is using double dosimetry to monitor the effective dose of workers who wear protective clothing (aprons, collars) that provide partial shielding of the body. Under such conditions, it is recommended to use several

снювати контроль кількома дозиметрами (під та над фартухом), а оцінку ефективної дози здійснювати через застосування певного дозового алгоритму [17]. Відповідно, при наявності показань для подвійної дозиметрії слід обов'язково використовувати цей метод контролю.

Вимоги до контролю якості дозиметричних вимірювань

Очевидно, лише внесення до Національного дозового реєстру даних (результатів визначення індивідуальних доз) гарантованої якості та відомої точності має практичний сенс. У протилежному випадку, коли до реєстру потраплятимуть дані різної, подекуди, сумнівної якості, підважується достовірність усього масиву даних, а вся трудомістка діяльність із створення та наповнення реєстру опиниться під знаком запитання.

Проблематика забезпечення високої якості вимірювань індивідуальних доз є досить багатогранною і не обмежується лише метрологічною перевіркою основного вимірювального обладнання, як це хибно трактується у вітчизняній практиці. Це питання ретельно відпрацьоване за кордоном і знайшло відображення у низці міжнародних стандартів [18, 19, 20]. Серед факторів, що впливають на кінцеву якість та надійність результатів ІДК слід відзначити організацію робочих процесів у лабораторії, справність і коректне функціонування засобів вимірювання та допоміжного обладнання, надійність постачальника обладнання, процедури реагування на виявлені відхилення і багато інших. Загалом, контроль якості – це окрема галузь прикладної науки й практичної діяльності, тому у застосуванні до ІДК професійного опромінення зупинимось на деяких практичних аспектах.

Лабораторії (дозиметричні служби), які мають намір здійснювати вимірювання та оцінку індивідуальних доз повинні відповідати вимогам профільного стандарту ISO 17025:2017 [19], зокрема, мати чітко прописану політику якості. Крім того, якість вимірювань необхідно періодично (не рідше одного разу на два роки) підтверджувати через участь у так званих, «сліпих тестах» – оголошених (участь у міжнародних інтеркалібруваннях [15, 21, 22]) та неоголошених (наприклад, методом «фіктивного клієнта»). Досвід участі окремих українських лабораторій у міжнародних інтеркалібруваннях МАГАТЕ (1996–2005) та ЄВРАДОЗ (2008–2018), а також результати Першого національного інтеркалібрування лабораторій ІДК України (2014) свідчить про надзвичайно високу ефективність цього засобу для підвищення якості

dosimeters (under and over the apron) and to assess the effective dose by application of a special dose algorithm [17]. Accordingly, under certain circumstances, if there are indications for double dosimetry, it is mandatory to use this method of effective dose estimation.

Quality assurance and quality control in dosimetry measurements

It is obvious, that the benefit of the National Dose Registry could be derived only from recording of individual dose measurements of assured quality and known accuracy. Otherwise, filling the Registry with data of variable, sometimes of dubious, quality could prejudice the reliability of the entire data set, and thus all time-consuming activity on registry creating and data entry.

The problem of quality assurance of individual dose measurements is quite complex and it is not limited only to the problem of metrological calibration of the main measuring instruments, as it is misinterpreted often in domestic practice. This question is thoroughly worked out in other countries and is described in series of international standards [18, 19, 20]. The factors that affect the final quality and reliability of IDM results include: work process organization in the laboratory, proper performance and correct functioning of the basic and auxiliary equipment, reliability of the equipment's manufacturer, respond to review finding and corrective actions, etc. In general, quality assurance is a specific area of practical activity, so let us consider some practical aspects related to occupational IDM.

To provide adequate individual dose measurements the laboratories and dosimetric services are to comply with requirements of the core ISO standard 17025: 2017 [19], in particular, they are to have a clearly documented quality system. In addition, the quality of measurements must be verified periodically (at least biennially) through the participation in the so called «blind tests»: both declared ones, like participations in international intercomparisons [15, 21, 22], and non-declared ones, such as dummy customer type. The participation of Ukrainian laboratories in several international intercomparisons organized by IAEA (1996–2005) and EURADOS (2008–2018), as well as the results of the First national intercomparison of IDM laboratories in Ukraine (2014), indicates extremely high efficiency of these tools for improving the performance quality of dosimetric services as well

роботи дозиметричних служб та результатів визначення індивідуальних доз. Іншим уроком цих заходів є те, що здійснення заходів контролю якості має бути постійним, а займатися цим повинні групи фахівців, для яких це є основним видом діяльності. Відтак, створення і функціонування Системи має супроводжуватись розробкою та реалізацією єдиної програми якості, а лабораторії, які претендують на участь у Системі (постачання дозиметричних даних для внесення до Національного дозового реєстру), повинні демонструвати відповідність вимогам стандартів, зокрема, при контролі доз зовнішнього опромінення – критеріям стандарту ISO 14146:2000 [20]. Відповідно, ця вимога є однією з ключових у переліку кваліфікаційних критеріїв лабораторій – учасниць Системи, але наразі в Україні вона не прописана у нормативних документах, а відтак – не є обов'язковою до виконання.

Кваліфікаційні вимоги до дозиметричних лабораторій-постачальників технічних послуг та система акредитації для участі у Єдиній державній системі контролю та обліку індивідуальних доз

Слід відзначити, що вимоги до лабораторій – учасниць Системи не обмежуються означеними вище питаннями контролю якості.

Вивчення закордонного досвіду та існуючих нормативних документів-аналогів показало, що зазвичай вимоги стосуються таких аспектів функціонування дозиметричної служби та здійснення нею ІДК професійного опромінення (персонал категорії А):

- загальні вимоги;
- вимоги до якості вимірювань;
- вимоги до надійності функціонування служб;
- вимоги до номенклатури дозиметричних величин та методів визначення доз;
- вимоги до визначення та повторного визначення доз;
- вимоги до взаємодії з роботодавцями та працівниками;
- вимоги до взаємодії з державним (національним) дозовим реєстром;
- вимоги щодо здійснення ІДК у випадку радіаційної аварії;
- вимоги до оцінки доз у нестандартних ситуаціях.

Проект нормативного документа «Вимоги до служб індивідуального дозиметричного контролю (кваліфікаційні вимоги)» [23], який було розроблено

as for ensuring the results of individual dose measurements. Another lesson of these actions is that the operation of quality system should be permanent, and there should be a special quality management group responsible for the quality system implementation. Therefore, the development and operation of the System should be accompanied by establishing and maintaining a uniform quality program, and the dosimetry laboratories which are applying to be included to the System (and planning to deliver IDM data to the National Dose Registry) should demonstrate compliance with the requirements of standards, in particular, in case of external exposure monitoring, with requirements of the ISO standard 14146: 2000 [20]. Accordingly, this requirement is one of the key in the list of qualification criteria for laboratories participating in the System, but it is not included currently into the Ukrainian national standards, and therefore, is not mandatory.

Qualification requirements for dosimetry laboratories providing technical service and accreditation system of participation in the United System for Monitoring and Registration of Individual Doses

It should be noted that the requirements for laboratories participating in the System are not limited to the above-mentioned quality management issues.

The study of existing systems worldwide and similar regulations showed that, as a rule, the requirements related to such aspects of the dosimetry service operation and occupational dosimetry monitoring (the category A staff) fall into the following categories:

- general requirements;
- requirements for the quality of measurements;
- requirements for the reliability of services;
- requirements for the set of dosimetric quantities and to the methods of dose assessment;
- requirements for dose estimation and repeated estimation of doses;
- requirements for interaction with employers and employees;
- requirements for interaction with the state (national) dose registry;
- requirements for IDM in emergency exposure situation;
- requirements for dose assessment in non-standard conditions.

A draft regulation «Requirements for individual dose monitoring services (qualification requirements)» [23], which was developed in the framework

у рамках «Загальнодержавної соціальної програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014–2018 роки» відображає усі перелічені вище аспекти оцінювання кваліфікації. Для зручності практичного використання Вимоги сформульовано у вигляді нумерованого списку із такою структурою: «вимога» – «критерії виконання» – «тлумачення, коментарі та нормативні посилання (там, де є у цьому потреба)». Перелік та зміст кваліфікаційних вимог базуються на нормативно-правових, науково-методичних документах і практичному досвіді України, ЄС та інших країн і міжнародних організацій.

Цей нормативний документ визначатиме мінімальний набір кваліфікаційних вимог і критеріїв їх виконання, яким мають задовольняти служби та лабораторії індивідуального дозиметричного контролю (ІДК), що здійснюють поточний контроль доз професійного опромінення персоналу категорії А і мають на меті включення до Єдиної державної системи контролю та обліку індивідуальних доз України як елементів Системи.

Слід наголосити на тому, що наразі на відміну від розвинених країн ані такого ключового документа, ані процедури оцінювання відповідності лабораторії / дозиметричної служби цим критеріям в Україні не існує. Оскільки, на переконання авторів, започаткування Системи без наявності згаданих вище критеріїв і процедури неможливе, їх затвердження є завданням першочергової важливості. Впровадження об'єктивної процедури надання повноважень здійснювати ІДК професійного опромінення на підставі відповідності чітко визначеним і недвозначним кваліфікаційним критеріям гарантуватиме ефективне функціонування Системи та наповнення Національного дозового реєстру даними високої якості та надійності.

Вимоги до повноти та обсягів даних, що мають зберігатись у Національному дозовому реєстрі

Важливим питанням є визначення складу та обсягів даних, що мають зберігатись у Національному дозовому реєстрі. Мінімальний склад даних, які стосуються професійного опромінення персоналу, наводиться у низці міжнародних рекомендацій [8, 9].

У найбільш загальному вигляді цей перелік викладено у Додатку Х Директиви Євратом 2013/059 [10]. Згідно з цими вимогами, дані національного дозового реєстру повинні містити, принаймні, таку інформацію:

➤ ідентифікаційні дані працюючого (прізвище, ім'я, стать, дату народження, громадянство та унікальний ідентифікаційний номер);

of the «National Social Program of the Improvement of the Safety, Occupational Health and Work Environment for 2014–2018», includes all above-mentioned aspects of qualifications assessment. For practical reasons, the Requirements are given in the form of a numbered list of the following template: «a requirement» – «performance criteria» – «interpretation, commentary and references to regulations (where necessary)». The list and essence of qualification requirements are based on existing legal and regulatory frameworks, scientific and methodological documents as well as practice of Ukraine, the EU and other countries and international organizations.

This regulation will determine the minimum set of qualification requirements and the criteria for their implementation for the services and laboratories of individual dosimetric monitoring providing occupational individual dosimetry monitoring for Category A personnel to meet to be included into the United System for Monitoring and Registration of Individual Doses.

It should be emphasized that currently, unlike in the developed countries, neither such a key document nor the procedures for assessing the compliance of a laboratory / dosimetric service with these criteria are in place in Ukraine. Since, the System cannot be developed without these criteria and procedures, their approval is a matter of critical importance. Introduction of an objective procedure for assessment of compliance with IDM operational requirements based on clearly defined and unequivocal qualification criteria will ensure the effective operation of the System as well as will provide the National Dose Registry with reliable data of high quality.

Requirements for completeness and scope of data to be stored in the National Dose Registry

An important issue is to specify the composition and scope of data to be stored in the National Dose Registry. The minimum set of data related to occupational exposure is given in international recommendations [8, 9].

In the most general form, this specification is presented in Annex X of the Council Directive 2013/59/Euratom [10]. According to these requirements, the national dose registry data shall include the following information:

➤ data on the worker's identity (surname, first name, sex, date of birth, nationality, and unique identification number);

- дані медичного спостереження працюючого;
- установчі дані роботодавця (повна назва, адреса, ідентифікаційний код – у нашому випадку код ЄДРПОУ – Єдиного державного реєстру підприємств та організацій України);
- відомості про роботу особи (назва, адреса та ідентифікаційний код підприємства, дати початку та завершення індивідуального дозиметричного контролю особи, приналежність особи до Категорії А чи В – див. ¹⁾ на с. 64);
- результати ІДК, які повинні включати офіційний дозовий запис (рік, ефективна доза, у разі нерівномірного опромінення – еквівалентні дози окремих частин тіла чи органів, для внутрішнього опромінення – очікувану дозу від надходження у поточному році);
- крім того, мають бути сформульовані додаткові вимоги до складу даних, що стосуються залученого (підрядного) персоналу: інформація про стан здоров'я та допуск до роботи, період виконання підрядних робіт, оцінки доз, отриманих під час виконання підрядних робіт.

Водночас, багатий міжнародний досвід та практичні міркування свідчать, що цей мінімальний перелік має бути дещо розширений.

По-перше, йдеться про обов'язкову передачу до Національного дозового реєстру результатів за підсумками кожного періоду моніторингу (а не сумарних доз за певний період, наприклад, за календарний рік). Ці дані мають включати, залежно від умов праці та шляхів опромінення, результати оцінки доз зовнішнього опромінення, в тому числі там, де це потрібно:

- еквівалент індивідуальної дози для сильно проникаючого випромінювання, $H_p(10)$;
- еквівалент індивідуальної дози для слабо проникаючого випромінювання, $H_p(0,07)$;
- інші дозові величини, у разі необхідності, наприклад, $H_p(0,07)$, отриманого з дозиметрів для кінцівок, $H_p(3)$ для кришталіка ока, значення ефективної дози при використанні декількох дозиметрів (наприклад, для подвійної дозиметрії у разі використання свинцевого фартуха), значення дози, розраховані шляхом моделювання (наприклад, дози, отримані членами екіпажів повітряних суден від космічного випромінювання);
- результати оцінки доз внутрішнього опромінення і методи оцінки:
 - очікувана ефективна доза, $E(50)$;
 - значення вимірюваної величини (наприклад, утримання або добове значення екскреції) і деталі моделей, що використовуються для оцінки. Запис, де прийнят-

- data on the medical surveillance of the worker;
- data on the employer (full name, address and identification number, in our case the ID set by EDRPOU, i.e. the National State Registry of Enterprises and Organizations of Ukraine)
- data on the employment of the worker (the name, address, and unique identification number of the employer, the starting date of individual monitoring; and where available, the end date, the category of the worker – A or B, see ¹⁾ p. 64)
- the results of the IDM which shall include the official dose record (year; effective dose; in case of non-uniform exposure, equivalent doses in different parts of the body; and in case of an intake of radionuclides, the committed effective dose for current year);
- in addition, the requirements for data on outside workers to be formulated: medical classification and information on any restriction, the period covered by the activity, an estimate of any effective dose received by the outside worker (for the period covered by the activity).

At the same time, the rich international experience and practical considerations indicate that this minimal data set should be somewhat extended.

First, there should be a mandatory data transfer at the end of each monitoring period (not only the total doses for a certain period, for example, per calendar year) to the National Dose Registry. Depending on the working conditions and pathways of exposure, these individual monitoring data should include the assessment of external exposure, where appropriate:

- personal dose equivalent for high penetrating radiation, $H_p(10)$;
- personal dose equivalent for low penetrating radiation, $H_p(0,07)$;
- other dosimetric quantities, when necessary, for example, $H_p(0,07)$, measured by extremity dosimeters, $H_p(3)$ for eye lens, effective dose values estimated by multiple dosimeters (for example, by double dosimetry in case of use of protective lead aprons), dose values calculated by models (for example, for air crew members' exposure to cosmic radiation);
- results of assessment of internal exposure and the methods of assessment:
 - committed effective dose, $E(50)$;
 - values of the measured quantity (for example, retention or excretion rate values) as well as model parameters used for estimation; where necessary,

но, має включати результати вимірювань за допомогою лічильників усього тіла, легень та/або щитоподібної залози й оцінені значення очікуваної ефективної дози; - у разі необхідності (наприклад, у випадку підвищеного опромінення), очікувану еквівалентну дозу в найбільш опроміненій тканині чи органі, $H(50)$.

Невизначеності вимірних і розрахункових значень також мають надаватися до Реєстру разом з відомостями про спосіб оцінки такої невизначеності.

По-друге, для забезпечення методичної єдності даних, що вносяться до Національного дозового реєстру, та можливості переоцінки даних про дози у майбутньому (наприклад, у разі вдосконалення методик та підходів до оцінки доз), до реєстру повинні передаватися інші релевантні дані, зокрема – про типи вимірювального обладнання, відповідні калібрувальні коефіцієнти та алгоритми оцінки доз, методики дозиметричного контролю та інтерпретації первинних результатів, відомості про метрологічне забезпечення (метрологічну простежуваність), підсумки контролю якості тощо.

По-третє, оцінені дози, які заміщають відсутні значення, артефакти або сурогати, наприклад, у випадку втрати або пошкодження дозиметрів, або зразків повинні передаватися до реєстру із відповідними позначками про природу таких даних та зберігатись у такий спосіб, щоб їх було можливо однозначно виокремити із загального масиву даних.

Окремим компонентом даних Національного дозового реєстру є інформація про умови праці та класифікацію працюючих. Ці дані мають містити більш детальну характеристику як роботодавця (наприклад, види джерел та радіаційних технологій, що використовуються), так і кожного працюючого (спеціальність згідно з класифікатором, види джерел, з якими він/вона має контакт, стаж роботи та зміну видів робіт тощо).

Перелічені вище дані мають бути придатними для переоцінки дози в подальшому. Усі дозові записи повинні мати узгодженість полів даних для того, щоб забезпечити реконструкцію результатів в будь-який більш віддалений час. Вони мають полегшувати зв'язування з іншими необхідними записами (наприклад, зв'язок з даними моніторингу робочого місця чи з іншими реєстрами).

Забезпечення цих розширених вимог дасть можливість повною мірою реалізувати потенціал, закладений у загальнодержавному дозовому реєстрі: аналіз тенденцій та закономірностей, оптимізацію радіаційного захисту та технологій, зробить дані реєстру придатними для використання у радіаційно-епідеміологічних та медичних дослідженнях.

the results of whole body counter measurements should be recorded, estimations of lung, thyroid or effective doses;

- where necessary (for example, in case of enhanced exposure), committed dose equivalents in the most exposed tissues or organs, $H(50)$.

The uncertainty of the measured and estimated values should also be included to the Registry along with information on how they are estimated.

Second, in order to ensure the methodological uniformity of data included into the National Dose Registry and to keep the possibility for dose reassessment in the future (for example, with improved methods and approaches to dose assessment), other relevant data should be transferred to the Registry: in particular, on type of equipment, calibration coefficients and dose estimation algorithms, methods of dosimetry monitoring and interpretation of primary results, information on metrological support (metrological traceability), results of quality control, etc.

Third, doses estimates replacing missing values, artifacts or surrogates, for example, if the dosimeter was lost or damaged, should be transferred to the Registry with appropriate labels on the nature of these data and stored in such a way that they can be uniquely identified (separated) from common arrays of data.

A separate component of the data of the National Dose Registry is information on working conditions and the category of workers. This data should include detailed description of the employer (for example, the types of sources and radiation technologies used) and of each employee (occupation according to the classifier, types of sources he / she is contacting with, work experience and change of types of work, etc.)

The above-mentioned data should be suitable for future dose reassessment. All dose records should demonstrate consistency of the data fields, in order to ensure the reconstruction of the results in any distant time. They should facilitate linking with other required records (for example, linking workplace monitoring data or other registries).

Providing of these advanced requirements will enable full operation and unveil the potential of the national dose registry: analysis of trends and patterns, optimization of radiation protection and technologies, making the registry data suitable for use in radiation-epidemiological and medical researches.

Окремим аспектом використання даних Національного дозового реєстру може стати оцінка індивідуальних атрибутивних ризиків [24] та прогноз несприятливих наслідків професійного опромінення на індивідуальному та груповому рівнях.

З технічної точки зору накопичення та зберігання усієї повноти означеної вище інформації не становить проблеми, однак налагодження збору необхідних даних потребуватиме значних організаційно-методичних зусиль, зокрема – практичне тестування та оптимізацію форматів і способів передачі даних. Усе це – завдання для спільної роботи дозиметристів-практиків, регуляторів, фахівців з обробки даних.

Вимоги до інформаційної інфраструктури та захисту даних

Вивчення досвіду функціонування національних дозових реєстрів, деякі з яких мають більш як піввіковий досвід діяльності [14], свідчить про те, що при створенні Державного дозового реєстру в Україні є сенс скористатись тим, що це створення відбувається «з чистого аркушу», тобто немає потреби впроваджувати заздалегідь застарілі технічні рішення на кшталт передачі даних до реєстру на фізичних носіях даних із використанням текстових файлів у форматі ASCII. Натомість, створення останніми роками захищених протоколів передачі даних, широкий доступ до мережі Інтернету, принципів авторизації доступу та гарантування правдивості даних (використання блокчейн технологій), відкриває широкі можливості для забезпечення надзвичайної функціональності усієї системи нарівні із відносною простотою її реалізації сучасними програмними та апаратними засобами. Такі засоби дадуть змогу створити багатоплатформне³⁾ ІТ середовище, яке поєднуватиме у собі різномірні розподілені ресурси та елементи інформаційної інфраструктури: сервери, сховища даних, стаціонарні термінали доступу, мобільні додатки тощо.

Надзвичайно важливим аспектом створення і функціонування Системи та Реєстру є інформаційна безпека й гарантування захисту даних. Це питання на сьогодні в Україні вичерпно регламентоване, позаяк проблемам захисту персональних даних присвячено профільний Закон України [25], а у більш широкому контексті – Загальний регламент захисту даних ЄС [26] – норма прямої дії, яку було введено у дію в травні 2018 року. У контексті специфічних аспектів, пов'язаних зі збором та зберіганням даних про індивідуальні

A special application of the data of the National Dose Registry could be the assessment of attributive individual risks [24] and possible adverse effects of occupational exposure at individual and group levels.

From the technical point of view, the accumulation and storage of all the scope of information is not a problem, but developing collection of necessary data will require significant organizational and methodological efforts, in particular, testing and optimization of formats and methods of data transfer. This task needs joint work of dosimetry-practitioners, regulators, data processing specialists, etc.

Requirements for information infrastructure and data protection

Experience of the functioning of national dose registries (for some of them – for more than half a century [14]) shows that in case of the State Dose Registry in Ukraine, it makes sense to take advantage of its creation «from scratch», when there is no need in implementation of outdated solutions like data transfer by physical data carriers using ASCII files. Instead, use of modern secured data protocols, Internet access, access authorization and data integrity (the use of blockchain technology) offers a wide range of opportunities to ensure the extraordinary functionality of the whole system, along with the relative simplicity of its implementation with modern software and hardware. Such tools enable developing of a multi-platform³⁾ IT environment that combines heterogeneous distributed resources and elements of the information infrastructure: servers, data storage, stationary access terminals, mobile applications, etc.

An extremely important aspect of the establishment and operation of the System and the Registry is information security and data protection. This issue is now fully regulated in Ukraine: personal data protection issues are covered by the Law of Ukraine [25], and, in the broader context, by the EU General Data Protection Regulation [26], which has been enacted in May 2018 and has direct legal effect. The collection and storage of data on individual doses has certain features.

³⁾Багатоплатформність – це здатність системи працювати під управлінням різних операційних систем та на різній матеріальній частині.

³⁾Ability of the system to operate under the control of various operating systems and that different material parts.

доз, слід відзначити, що захист персональних дозиметричних даних має певні особливості. Наприклад, на дані дозиметричного моніторингу не повинно поширюватись базове «право на забуття», тобто знищення даних на вимогу особи-суб'єкта цих даних. В цілому ж виконання вимог означеного законодавства є комплексною проблемою, розв'язання якої вимагає спільних зусиль фахівців у галузях права, інформатики, фізичного захисту, кібербезпеки та дозиметрії.

На переконання авторів, розробку ІТ складової Системи та Реєстру, забезпечення захисту даних необхідно здійснювати у рамках загальнодержавної політики та під егідою Державного агентства з питань електронного урядування України як центрального органу виконавчої влади, компетентного у цих питаннях.

ВИСНОВКИ

Вивчення та узагальнення світового досвіду в галузі контролю та обліку доз професійного опромінення у застосуванні до вітчизняних реалій дало можливість зробити такі практичні висновки та рекомендації:

1. Є цілком обґрунтованим та економічно виправданим запровадження суцільного індивідуального дозиметричного контролю усіх осіб, що віднесені до персоналу категорії А, незалежно від очікуваних рівнів опромінення.
2. При визначенні видів та методів контролю обов'язково повинні враховуватись шляхи та види опромінення, впливу яких зазнає кожна особа. Таку оцінку факторів можна здійснювати у рамках паспортизації робочих місць, а засоби (методи, прилади) ІДК мають охоплювати усі релевантні шляхи та види опромінення.
3. Лише ті лабораторії (служби) ІДК, що підтвердили свою компетентність, можуть створювати та постачати дані про індивідуальні дози до Національного дозового реєстру. Оцінку та визнання компетентності необхідно здійснювати на підставі чітко сформульованих кваліфікаційних критеріїв.
4. Набір даних, які слід накопичувати у Національному дозовому реєстрі не повинен обмежуватись лише записами про дозу, але й містити усі релевантні дані, що дасть можливість здійснювати майбутню переоцінку доз (у разі потреби), вивчати тенденції та закономірності (аналітичний блок), обґрунтовувати величину радіаційних ризиків та виконувати наукові дослідження й розробки з використанням наявних даних (медичні дані, персональні дані, необхідні для оцінки індивідуальних атрибутивних ризиків тощо).

For example, the basic «right to be forgotten» (i.e. the right for individuals to have their personal data erased by their request) should not be applied to the data of dosimetric monitoring. In general, the fulfillment of the legislation requirements is a complex problem, which requires the joint efforts of specialists in law, computer science, physical protection, cybersecurity and dosimetry areas.

The development of the IT component of the System and the Registry and implementation of data protection solutions must be carried out within the framework of national policy and under the auspices of the State Agency for E-Governance of Ukraine as the central executive body competent in these areas.

CONCLUSIONS

Application of the international experience of monitoring and registration of doses of occupational exposure to domestic realities gave an opportunity to make the following practical conclusions and recommendations:

1. It is reasonable and economically justifiable to introduce a total individual dosimetric monitoring of all workers classified as category A, regardless of the expected levels of their exposure (in the meaning of Ukrainian legislation).
2. While determining the types and methods of monitoring, it is mandatory to take into account working conditions and pathways of exposure of each individual. Assessment of operation conditions can be carried out within the certification of workplaces, and the IDM means (methods, devices) should cover all relevant paths and types of exposure.
3. Only those IDM labs (services) that have proved their competence may feed the data on individual doses to the National Dose Registry. Assessment and recognition of competencies must be carried out on the basis of well-defined qualification criteria.
4. The set of data to be accumulated in the National Dose Registry should not be limited to dose records, but also should contain all relevant data that will enable future reassessment of doses (if necessary), to study trends and patterns (analytical unit), to justify values of radiation risks, and to perform research and development using available data (medical data, personal data necessary for assessing individual attributional risks, etc.).

5. Ключовою ланкою Єдиної державної системи контролю та обліку індивідуальних доз в Україні повинна стати постійно діюча програма контролю якості, яка включала б в себе проведення регулярних «сліпих тестів», контроль метрологічної простежуваності та методичної єдності відповідних вимірювань.

6. При створенні інформаційної складової та інтерфейсів обміну/доступу даних необхідно скористатись сучасними можливостями та технологіями: захищені IP-протоколи, веб-інтерфейси доступу, хмарне зберігання даних, блокчейн технології тощо.

7. Інформаційна інфраструктура Системи та Національного дозового реєстру повинна розбудовуватись на єдиних загальнодержавних принципах та засадах, визначених профільним центральним органом виконавчої влади – Державним агентством з питань електронного урядування України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Sources and effects of ionizing radiation: United Nations scientific committee on the effects of atomic radiation: UNSCEAR 2008 report to the General assembly with scientific annexes / United Nations. New York: United Nations, 2010.
2. Доповідь про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні у 2017 році / Державна інспекція ядерного регулювання України. Київ, 2017. 81 с.
3. Радиационная дозиметрия / ред. Д. Хайн., Г. Браунелл. Москва: Иностранная литература, 1958. 758 с.
4. Иванов В. И. Курс дозиметрии: учебник для вузов. Москва: Энергоатомиздат, 1988. 400 с.
5. L'Annunziata M. F. Handbook of radioactivity analysis. Amsterdam: Academic Press, 2012. 162 p.
6. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи ДГН 6.6.1.-6.5.001-98 / Міністерство охорони здоров'я, Комітет з питань гігієнічного регламентування; Національна комісія з радіаційного захисту населення України. Видання офіційне, Київ, 2003. 127 с.
7. Про затвердження державних санітарних правил «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України: Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 02 лютого 2005 р. № 54 (zareєстровано Мін'юстом 20.05.2005 за № 552/10832). URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05> (дата звернення: 02.07.2018).
8. Radiation protection and safety of radiation sources: International Basic Safety Standards / Series No. GSR Part 3. STI/PUB/1578 (ISBN:978-92-0-135310-8) Vienna: IAEA, 2014. 436 p. URL:http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf (дата звернення: 26.06.2018).
9. Occupational Radiation Protection: General Safety Guide No. GSG-7: IAEA safety standards series, STI/PUB/1785 Vienna: International Atomic Energy Agency; 2018. 360 p. ISBN 978-92-0-102917-1.

5. A key element of the United System for Monitoring and Registration of Individual Doses in Ukraine should be a permanent quality management program, which includes regular blind tests, controls of metrological traceability and methodological uniformity of the measurements.

6. While developing information content and interfaces for data access, one needs to take advantage of modern technologies: secure IP protocols, web interfaces, cloud storage of data, blockchain technology, etc.

7. The information infrastructure of the System and the National Dose Registry shall be based on the common principles and approaches defined by the central executive body, the State Agency for E-Governance of Ukraine.

REFERENCES

1. UNSCEAR 2008 Report. Sources and effects of ionizing radiation. Scientific Annexes A and B. Annex B: Exposures of the public and workers from various sources of radiation. New York: United Nations, 2010. 463 p.
2. [Report on the situation with nuclear and radiation safety in Ukraine in 2017] Derzhavna inspektsiia yadernoho rehuliuвання Ukrainy. Kyiv; 2017. 81 p. Ukrainian.
3. Khain D, Braunell H., editors. [Radiation dosimetry]. Moskva: Inostrannaia literatura; 1958. 758 p. Russian.
4. Ivanov VI. [The course of dosimetry: a textbook for universities]. Moskva: Energoatomizdat; 1988. 400 p. Russian.
5. 'Annunziata MF. Handbook of radioactivity analysis. Amsterdam: Academic Press, 2012; 162 p.
6. [Norms of Radiation Safety of Ukraine (NRSU-97): State Hygiene Standards DHN 6.6.1.-6.5.001-98]. Ministerstvo okhorony zdorov'ia, Komitet z pytan hiiienichnoho rehlamentuвання; Natsionalna komisiia z radiatsiinoho zakhystu naseleння Ukrainy. Kyiv; 2003. 127 p. Ukrainian.
7. [On approval of state sanitary rules «Basic sanitary rules of radiation safety of Ukraine». Order of the Ministry of Health of Ukraine No 54 ((Feb 2, 2005)]. Available from: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05>. Ukrainian.
8. Radiation protection and safety of radiation sources: International Basic Safety Standards/Series No. GSR Part 3. STI/PUB/1578 (ISBN:978-92-0-135310-8). Vienna: IAEA; 2014. 436 p. Available from: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf.
9. Occupational Radiation Protection: General Safety Guide No. GSG-7: IAEA safety standards series, STI/PUB/1785 Vienna: International Atomic Energy Agency; 2018. 360 p. ISBN 978-92-0-102917-1.

10. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. / Official Journal of the European Union 17.1.2014, L 13, p. 73. URL : <http://data.europa.eu/eli/dir/2013/59/oj> (дата звернення: 02.07.2018).
11. Про внесення змін до Державних санітарних правил і норм «Гігієнічні вимоги до влаштування та експлуатації рентгенівських кабінетів і проведення рентгенологічних процедур»: від 22.09.2017 р. № 1126. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z1269-17> (дата звернення: 29.06.2018).
12. Про захист людини від впливу іонізуючих випромінювань: Закон України від 14.01.1998 р. № 15/98-ВР. Дата оновлення 29.09.2013. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/15/98-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 29.06.2018).
13. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку: Закон України від 8.02.1995 р. №39/95-вр. Дата оновлення 18.12.2017. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/39/95-%D0%B2%D1%80/page> (дата звернення: 29.06.2018).
14. Робочі матеріали регіонального проекту МАГATE RER/9/140 «Посилення захисту радіаційних працівників та моніторингу професійного опромінення».
15. Результати першого національного інтеркалібрування лабораторій індивідуального дозиметричного контролю в Україні: Інформаційний лист про нововведення в галузі радіаційної безпеки персоналу категорії А / В. В. Чумак, В. М. Волоський, А. О. Моргун та ін.; Держатомрегулювання України, НАМН України. Київ, 2014. URL: http://nrcrm.gov.ua/downloads/infolist_1.pdf (дата звернення: 29.06.2018).
16. Chumak V., Deniachenko N., Volosky V. Energy and angular dependences of common types of personal dosimeters in the mirror of the First national intercomparison of individual dosimetric monitoring laboratories in Ukraine / *Probl. Radiac. Med. Radiobiol.* 2015. Vol. 20. P. 257–268
17. Методичний підхід до розробки алгоритмів подвійної дозиметрії та його застосування для інтервенційних кардіологів / А. О. Моргун, В. В. Чумак, О. В. Баханова, В. М. Волоський, С. М. Фуркало, О. А. Власенко, П. А. Гиндич, О. Г. Бородінчик, Н. П. Деняченко. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*: зб. наук. праць. Київ : ДІА, 2013. Вип.18. С. 127–132.
18. ДСТУ ISO 9000:2015. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2015, IDT). [Чинний від 2015-12-31]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 45 с.
19. ДСТУ ISO/IEC 17025:2017. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (ISO/IEC 17025:2017, IDT). [Чинний від 2018-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017.
20. ISO 14146:2000 Radiological protection. Criteria and performance limits for the periodic evaluation of processors of personal dosimeters for X and gamma radiation. Geneva : ISO, 2000. 5 p.
21. Current status of individual dosimetric monitoring in Ukraine / V. Chumak, N. Deniachenko, O. Makarovska, L-C. Mihailescu, A. Prykhodko, V. Voloskyi, et al. *Radiat Protect Dosimetry.* 2016. V.170(1–4). P. 117–121.
10. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. Official Journal of the European Union. 2014;57:1-73. Available from: <http://data.europa.eu/eli/dir/2013/59/oj>
11. [On amendments to the State Sanitary Rules and to the Regulation «The hygienic requirements for the installation and operation of X-ray rooms and X-ray procedures». Order of the Ministry of Health of Ukraine No 1126 (Sept 22, 2017)]. Available from: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z1269-17>. Ukrainian.
12. [On protection of the person from influence of ionizing radiation]. The Law of Ukraine of 1998. Publ. L. No. 15/98-VR (Jan 14, 1998). Data onovlennia (Sept 29, 2013). Available from: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/15/98-%D0%B2%D1%80>. Ukrainian.
13. [On the Use of Nuclear Energy and Radiation Safety]. The Law of Ukraine of 1995. Publ. L. No. 39/95-VR (Feb 8, 1995). Data onovlennia (Dec 18, 2017). Available from: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/39/95-%D0%B2%D1%80/page>. Ukrainian.
14. RER/9/140 Strengthening Protection of Radiation Workers and Occupational Exposure Monitoring. Working materials of IAEA technical cooperation project.
15. Chumak W, Volosky VM, Morgun AO, Bakhanova OV, Deniachenko NP. [Results of the first national intercomparison of laboratories of individual dosimetric monitoring in Ukraine: A circular on innovations in radiation safety of category A personnel]. Derzhatomrehuliuvannia Ukrainy, NAMN Ukrainy. Kyiv, 2014. Available from: http://nrcrm.gov.ua/downloads/infolist_1.pdf. Ukrainian.
16. Chumak V, Deniachenko N, Volosky V. Energy and angular dependences of common types of personal dosimeters in the mirror of the First national intercomparison of individual dosimetric monitoring laboratories in Ukraine. *Probl Radiac Med Radiobiol.* 2015;20:257-68.
17. Morgun AO, Chumak W, Bakhanova OV, Volosky VM, Furkalo SM, Vlasenko OA, et al. [Methodological approach to developing of double dosimetry algorithms and its application in the interventional cardiology]. *Probl Radiac Med Radiobiol.* 2013;18:127-32. Ukrainian.
18. International Organization for Standardization. Quality management systems - fundamentals and vocabulary. 4th ed. Geneva: International Organization for Standardization; 2015. 45 p. ISO 9000:2015.
19. International Organization for Standardization. International Electrotechnical Commission. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. 3th ed. Geneva: International Organization for Standardization; 2017. ISO/IEC 17025:2017, IDT.
20. International Organization for Standardization. ISO 14146:2000 Radiological protection. Criteria and performance lim-

22. EURADOS intercomparisons for individual monitoring services: Results of the 2012 whole body intercomparison/ H. Stadtmann, A. McWhan, M. Figel, W. Dobrzynska, T. W. M. Grimbergen, A. M. Romero; *Radiat. Meas.* 2014. Vol. 71. P. 416–420.
23. Баханова О. В., Волоський В. М., Деняченко Н. П., Чумак В. В. Вимоги до служб індивідуального дозиметричного контролю (кваліфікаційні вимоги), редакція 1, проект. URL: http://nrcrm.gov.ua/downloads/2018/doc_project_new.pdf (дата звернення: 24.09.2018).
24. АРМИР: система оптимизации радиологической защиты персонала: монография / В. К. Иванов, А. М. Корело, А. П. Панфилов, С. В. Райков. Москва : Перо, 2014. 302 с.
25. Про захист персональних даних: Закон України від 1.06.2010 № 2297-VI. Дата оновлення: 30.01.2018. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2297-17/page> (дата звернення: 9.07.2018).
26. General Data Protection Regulation, GDPR:Regulation (EU) 2016/679of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679> (Last accessed: 09.07.2018).
- its for the periodic evaluation of processors of personal dosimeters for X and gamma radiation. Geneva: International Organization for Standardization; 2000. 5 p. ISO 14146:2000
21. Chumak V, Deniachenko N, Makarovska O, Mihailescu L-C, Prykhodko A, Voloskyi V, et al. Current status of individual dosimetric monitoring in Ukraine. *Radiat Protect Dosimetry.* 2016;170(1-4):117-21.
22. Stadtmann H, McWhan A, Figel M, Dobrzynska W, Grimbergen TWM, Romero AM. EURADOS intercomparisons for individual monitoring services: Results of the 2012 whole body intercomparison. *Radiat Measur.* 2014;71:416-20.
23. Bakhanova OV, Volosky VM, Deniachenko NP, Chumak W. [Draft Requirements for the services of individual dosimetry monitoring (qualification requirements), first version]. Available from: http://nrcrm.gov.ua/downloads/2018/doc_project_new.pdf. Ukrainian.
24. Ivanov VK, Korelo AM, Panfilov AP, Raikov SV. [ARMIR: system for the optimization of radiological protection of personnel]. Moskva: Pero; 2014. 302 p. Russian.
25. [On protection of personal data]. The Law of Ukraine of 2010. Publ. L. No. 22/97-VI (Jun 6, 2010). Data onovlennia (Jan 30 2018). Available from: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2297-17/page>. Ukrainian.
26. General Data Protection Regulation, GDPR:Regulation (EU) 2016/679of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679>.

Стаття надійшла до редакції 18.07.2018

Received: 18.07.2018