

УДК 613:614.7:504.054:614.876

А. Б. Білоник✉, В. О. Бузунов, В. В. Василенко, В. О. Пікта

*Державна установа “Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України”, вул. Мельникова, 53, м. Київ, 04050, Україна**Державний заклад “Центральна санітарно-епідеміологічна станція Міністерства охорони здоров’я України”, вул. Ярославська, 41, м. Київ, 04071, Україна*

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ РАДІАЦІЙНО-ГІГІЄНИЧНОГО МОНІТОРИНГУ НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ

Мета дослідження. Забезпечення ефективного радіаційно-гігієнічного контролю та захисту населення від іонізуючого опромінення на пізньому етапі аварії на Чорнобильській АЕС в умовах здійсненого реформування галузі.

Матеріали і методи дослідження. На території України радіаційно-гігієнічний моніторинг (РГМ) здійснюється в рамках державного санітарно-епідеміологічного нагляду силами 158 радіологічних підрозділів СЕС. Структура цих підрозділів організована з урахуванням територіального поділу, наявності об’єктів радіологічного контролю та наслідків аварії на ЧАЕС. Сьогодні вона складається з підрозділів районного, міського, обласного рівнів, Центральних СЕС АР Крим та на транспорті. У 2012-2013 рр. проведено реорганізацію та реформування Держсанепідслужби України, що не завжди позитивно відбилося на здійсненні РГМ.

Результати і висновки. Проведений аналіз організації радіаційно-гігієнічного нагляду та захисту населення радіоактивно забруднених територій, ефективності його функціонування дозволив визначити та запропонувати шляхи удосконалення діючої системи РГМ на радіоактивно забруднених територіях України внаслідок аварії на ЧАЕС. Для покращення та оптимізації проведення РГМ на радіоактивно забруднених територіях життєво необхідно відновлення діяльності радіологічних підрозділів (відділів, відділень, груп або лабораторій) у структурі Держсанепідслужби, створення, належним чином узгоджених та затверджених, методичних рекомендацій по здійсненню РГМ на цих територіях

Ключові слова: радіаційно-гігієнічний моніторинг, Держсанепідслужба, радіоактивно забруднені території, питома активність.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2013. Вип. 18. С. 31–37.

А. В. Bilonyk✉, V. O. Buzunov, V. V. Vasylenko, V. O. Pikta

*State Institution “National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine”, Melnykov str., 53, Kyiv, 04050, Ukraine**State institution “Sanitary & Epidemiological Centre of Ministry of Health of Ukraine”, Yaroslavskaya street, 41, Kyiv, 04071, Ukraine*

Way to improve the radiation hygienic monitoring on contaminated territories

Study objective. To provide an effective radiation hygienic inspection and population protection from ionizing radiation in the late period after the Chornobyl NPP (ChNPP) accident within reforming of the state sanitary & epidemiological supervision services.

Materials and methods. The radiation hygienic monitoring (RHM) is performed in Ukraine within the scope of state sanitary & epidemiologic supervision by 158 radiological subdivisions of the sanitary & epidemiological station (SES).

✉ Білоник Андрій Богданович, e-mail: bilonyk_a@rambler.ru

© Білоник А. В., Бузунов В. О., Василенко В. В., Пікта В. О., 2013

The structure of these subdivisions has been created taking into account the territorial regional bounds, a presence of radiological supervision services and ChNPP accident consequences. Nowadays it consists of regional, district, municipal subdivisions, central SESs of Crimea autonomous republic and transport subdivision. In 2012–2013 the State Sanitary & Epidemiological Service of Ukraine had been reformed and reorganized and then in several cases it wasn't optimal for RHM performance.

Results and conclusions. The fulfilled analysis of radiation hygienic supervision and protection of population of contaminated regions and efficiency analysis of that supervision and protection allowed to find out and to propose some methods to improve the actual radiation hygienic supervision monitoring system on contaminated Ukrainian areas after the ChNPP accident. It is essential to restore the radiological subdivision (departments, units, labs or groups) work in the State sanitary & epidemiology service structure and to design coordinated and approved methodical recommendations to implement the RHM on contaminated areas to improve and optimize the RHM performance there.

Key words: radiation hygiene monitoring, State sanitary & epidemiological service, contaminated areas, specific activity.

Problems of radiation medicine and radiobiology. 2013;18:31–37.

Аварія на Чорнобильській атомній електростанції (АЕС) призвела до опромінення значної частини території України. Так, території 12 областей зазнали радіоактивного забруднення, 74 райони потребують контролю внутрішнього та зовнішнього дозового навантаження населення.

На сьогодні радіаційний стан на Україні зумовлений як наслідками аварії на ЧАЕС, так і наявністю великої кількості об'єктів, що використовують радіоактивні речовини та джерела іонізуючих випромінювань (ДІВ).

Зокрема: діють 4 АЕС (Південноукраїнська, Рівненська, Хмельницька, Запорізька), на яких працюють 14 атомних реакторів; 2 дослідницьких ядерних реактори (м. Київ, м. Севастополь); близько 9 тисяч установ та організацій, що експлуатують та використовують радіоактивні речовини та ДІВ; 6 міжобласних спеціалізованих комбінатів (Київ, Харків, Одеса, Львів, Дніпропетровськ, Донецьк); підприємства уранодобувної та переробної промисловості.

Щорічно виконуються сотні тисяч рентгенодіагностичних та флюорографічних досліджень, десятки тисяч радіологічних досліджень та курсів променевого лікування. Таким чином, додаткового впливу іонізуючого випромінювання зазнає значна частина населення України.

Відповідно до ст. 39 Закону України “Про забезпечення санітарного і епідемічного благополуччя населення”, основним завданням органів державної санітарно-епідеміологічної служби є контроль за дотриманням юридичними і фізичними особами вимог санітарного законодавства з метою попередження, виявлення, зменшення або усунення шкідливої дії небезпечних чинників на здоров'я людей [1].

Chornobyl Nuclear Power Plant (NPP) accident caused the radiation exposure of population of a large part of Ukraine. The territory of 12 administrative districts was contaminated, and population of 74 regions require now the supervision for internal and external radiation dose burden.

Nowadays the radiation situation in Ukraine is the result of both ChNPP accident consequences and the activities of many industrial units and other enterprises that use radioactive materials and ionizing radiation sources (IRS).

So there are four NPP in Ukraine (Pivdennoukrainska, Rivnenska, Khmelnytska, Zaporizska) where 14 nuclear reactors are in function, there are 2 more research reactors (Kyiv, Sevastopol), about 9 thousands institutions dealing with radioactive materials and IRS, 6 interregional special enterprises (Kyiv, Kharkiv, Odessa, Lviv, Dnipropetrovsk, Donetsk), and finally – the uranium-mining and processing industry.

Several hundred thousands of X-ray diagnostic and fluorography procedures, dozen thousands of radiological examinations and courses of radiation therapy are carried out yearly. Thus, a considerable part of Ukrainian population is exposed to additional ionizing radiation.

Accordingly to article #39 of the Law of Ukraine “About sanitary and epidemiology welfare for population” the main task of the state sanitary & epidemiology service bodies is the inspective/regulatory control on juridical and physical persons for an adherence to the letter of sanitary laws in order to prevent, reveal, reduce or eliminate the dangerous factor influence on health [1].

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Забезпечення ефективного радіаційно-гігієнічного контролю та захисту населення від іонізуючого опромінення на пізньому етапі аварії на Чорнобильській АЕС (ЧАЕС) в умовах здійсненого реформування галузі.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення поставленої мети у рамках даного дослідження було необхідно вивчити організацію радіаційно-гігієнічного нагляду та захисту населення радіоактивно забруднених територій, провести аналіз ефективності його функціонування, вивчити систему радіаційно-гігієнічного моніторингу (РГМ) в Україні. Були застосовані аналітичні, санітарно-гігієнічні, радіологічні методи дослідження.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

З метою одержання інформації, необхідної для прийняття рішень по забезпеченню радіаційного захисту персоналу і населення, введено моніторинг опромінення осіб, що працюють з радіоактивними речовинами та джерелами іонізуючих випромінювань, населення та територій, які зазнали радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС.

Відповідно до Публікації 43 МКРЗ “Принципи моніторингу в радіаційному захисті населення”, моніторинг – це вимірювання випромінювання або концентрації нукліда з метою оцінки (або контролю) впливу зовнішнього опромінювання, або радіоактивної речовини. Програма моніторингу включає вид і частоту вимірювань, методи вимірювань, відбір проб і подальший лабораторний аналіз, методи статистичної обробки, методи отримання, інтерпретації і реєстрації даних. Завершальною частиною моніторингу може бути розрахунок доз опромінювання для окремих осіб або груп населення і порівняння отриманих результатів з нормативами, що діють [2].

В Україні радіологічний моніторинг навколишнього середовища здійснюють національні органи – Міністерство охорони здоров'я і Міністерство охорони навколишнього середовища, а також Держкомітет з гідрометеорології. Крім того, ведеться відомчий радіологічний моніторинг в районі розміщення об'єктів, які є джерелами радіаційно-небезпечних викидів і скидів в навколишнє середовище (наприклад, АЕС).

На території України РГМ здійснюється в рамках державного санітарно-епідеміологічного нагляду силами 158 радіологічних підрозділів СЕС. Структуру цих підрозділів організовано з урахуванням тери-

STUDY OBJECTIVE

To provide an effective radiation hygienic inspection and population protection from ionizing radiation in late period after the Chornobyl NPP (ChNPP) accident when the state sanitary & epidemiological supervision services are under reforming.

MATERIALS AND METHODS

Study of the structure of radiation hygienic supervision and protection of population in the contaminated areas was essential to attain the objective in the scope of this work. The radiation hygiene monitoring (RHM) system in Ukraine was reviewed along with and analysis of its efficiency. The analytical, sanitary & hygienic, and radiological research methods were applied.

RESULTS AND DISCUSSION

The radiation monitoring of persons having occupational contact with radioactive materials and IRS and of residents in the regions contaminated after the ChNPP accident was conducted in order to collect the information required to make a decisions concerning radiation protection of population and staff.

According to the ICRP Publication 43 “Principles of Monitoring for the Radiation Protection of the Public” monitoring is an assay of radiation exposure or radionuclide concentration to estimate the influence of external exposure or radioactive material. Monitoring program includes measurement type and frequency, measurements methods, sampling with following lab analysis, statistical calculation methods, and the ways of data receiving, interpretation and registration. Dose calculation for some persons or cohorts and results comparison with actual reference levels is possible in the final part of monitoring [2].

The environmental radiological monitoring in Ukraine is under supervision of the national regulators i.e. ministry of public health, ministry of environmental protection, and State committee of hydrometeorology. Moreover, there is also a departmental radiological monitoring applied in the sites of located objects/units being sources of hazardous radiation releases into the environment (for instance, NPP).

The RHM in Ukraine is carried out in the scope of the State sanitary & epidemiologic supervision by 158 radiological subdivisions of SES. The structure of these subdivisions was organized taking into acco-

торіального поділу, наявності об'єктів радіологічного контролю та наслідків аварії на ЧАЕС. Сьогодні вона складається з підрозділів районного, міського, обласного рівнів, Центральних санітарно-епідеміологічних станцій (СЕС) АР Крим та на транспорті. Організація та координація діяльності покладена на Центральну СЕС Міністерства охорони здоров'я (МОЗ) України та Державну санітарно-епідеміологічну службу МОЗ України. Структуру радіологічних підрозділів представлено на рисунку 1. Кадрове забезпечення в радіологічних підрозділах представлено в таблиці 1.

unt the administrative division, presence of radiological supervision services, and ChNPP accident consequences. Now it includes several regional, municipal, and district subdivisions, central Sanitary & Epidemiological Station (SES) of Autonomic Republic of Crimea and the transport subdivision. The Central SES of the Ministry of Health (MH) and the State sanitary & epidemiological services of the MH of Ukraine are responsible for organization and coordination functions. The radiological units' structure is illustrated on Figure 1. Staff composition of radiological units is presented in Table 1.

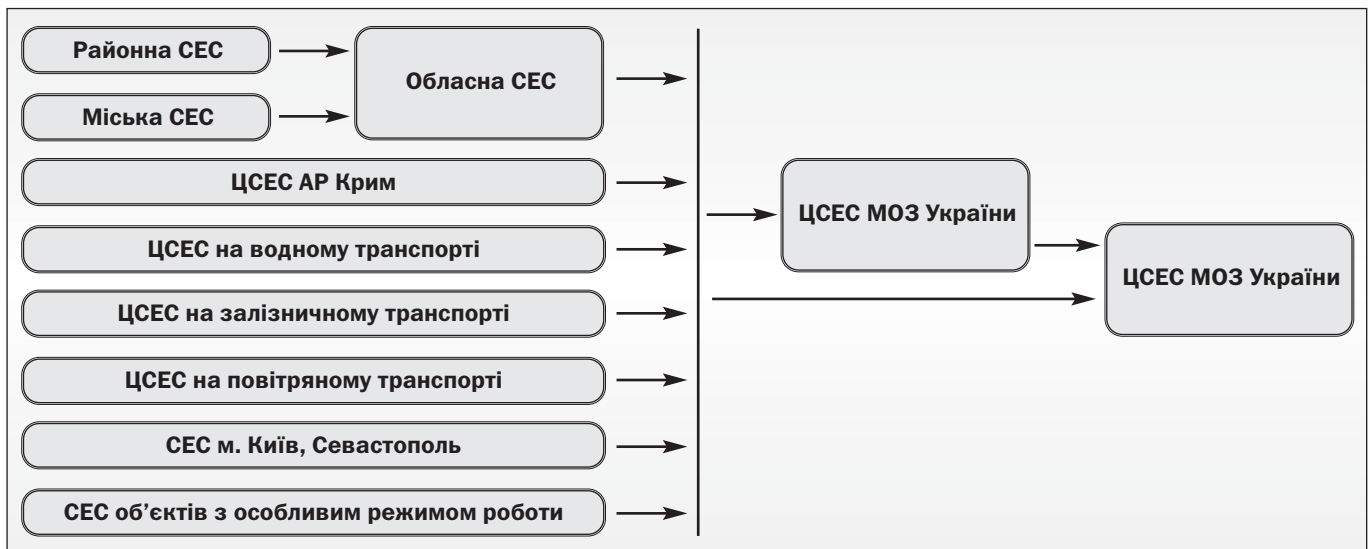


Рисунок 1. Структура радіологічних підрозділів СЕС
Figure 1. Structure of the SES radiological subdivisions

Таблиця 1
Кадрове забезпечення в радіологічних підрозділах

Table 1
Staff composition of radiological subdivisions

	Кількість посад відповідно до штатного нормативу Number of positions according to staff standards	Кількість зайнятих посад Number of occupied positions	В т. ч. на радіоактивно забруднених територіях Including ones on contaminated areas
Лікар Physician	96	76	24
Лікар-лаборант Physician-analyst	35	29	11
Лаборант Laboratory assistant	56	48	17
Технік-дозиметрист Engineer-dosimetrist	59	47	14

На початковому етапі основним завданням РГМ був моніторинг радіоактивності навколишнього середовища в зв'язку з необхідністю оцінки стану

The survey of environmental contamination with estimation of radiation safety for public because of nuclear weapons tests consequences

радіаційної безпеки населення, що пов'язана з наслідками випробування ядерної зброї. В подальшому до цього приєднався моніторинг радіаційно-небезпечних промислових об'єктів (АЕС, радіохімічні підприємства, уранові копальні та ін.), а також виробничого середовища на підприємствах, де використовувались джерела іонізуючого випромінювання (промисловість та медицина).

Після Чорнобильської катастрофи роль РГМ значно зросла, оскільки серйозним завданням стало визначення доз опромінення різних контингентів населення, які постраждали внаслідок опромінення (учасники ліквідації наслідків аварії (УЛНА), евакуйоване населення, мешканці радіоактивно забруднених територій).

На сучасному етапі розпочався новий етап розвитку РГМ, пов'язаний з необхідністю оцінки природної компоненти опромінення населення, оскільки вона є визначальною в загальній дозі опромінення людини.

Згідно з "Комплексною програмою здійснення державного санітарного нагляду в галузі радіаційної безпеки України", в об'єм РГМ, що здійснює Держсанепідслужба, входять контроль гамма-фону території та в приміщеннях, дози опромінення персоналу та пацієнтів рентгенівських та радіологічних відділень лікувальних закладів, контроль рівнів радіоактивності харчових продуктів та питної води з подальшим розрахунком доз опромінення населення.

В останні роки до об'єму контролю додалися будівельні матеріали та сировина, ^{222}Rn в приміщеннях, а також природна радіоактивність виробничого середовища.

Для здійснення радіаційного моніторингу довкілля та продуктів харчування на підконтрольній території створюються пункти постійного радіаційного контролю (ППРК), які розміщуються в декількох населених пунктах. У разі наявності в області об'єктів ядерної енергетики один з ППРК обов'язково розміщується в 30-км зоні АЕС. За наявності в області населених пунктів, розміщених в зонах радіоактивного забруднення в результаті Чорнобильської катастрофи, в кожній зоні створюється ППРК.

Взірці для досліджень відбираються з періодичністю і в об'ємах, встановлених МОЗ України диференційовано для забруднених і незабруднених територій. Дослідженню підлягають харчові продукти і вода, а також об'єкти навколишнього середовища.

Задля можливості розрахунку доз, що отримує населення за рахунок продуктів харчування, перелік

was the main task at the beginning of radiation hygienic monitoring. Later the hazardous industrial radiation objects (NPPs, radiochemical plants, uranium mining etc.) were added to monitoring objects list. All the workrooms at factories and institutions where IRS had been used (industry and healthcare) were covered by monitoring.

The importance of RHM considerably increased after the ChNPP catastrophe because the task of radiation dose evaluation of different public cohorts exposed to irradiation i.e. accident consequences liquidation participants (ACLP), evacuees, and residents from contaminated areas became essential.

The new stage of RHM development is launched now because of the need to assess the natural public irradiation component being a significant contributor to the total irradiation dose.

According to the "Integrated program of the State sanitary supervision implementation in the sphere of radiation safety of Ukraine" the scope of RHM performed by The State sanitary & epidemiological services includes gamma-ray background level measurement on territory and in rooms, radiation doses checkup in personnel and patients at the X-ray and radiological treatment departments, radioactivity levels checkup in foodstuffs and potable water followed by population radiation dose calculation.

Last years the raw and construction materials, ^{222}Rn in rooms and buildings, and also the natural radioactivity close to factories have been added to inspection object list.

The process of permanent radiation control posts (PRCP) creating was launches for environment radiation and food monitoring in the supervised regions. They are placed in several settlements. One PRCP is to be present in 30-km zone around NPP if there is any such a nuclear energy object in the given district. An PRCP is to be created in each zone of contamination after the ChNPP accident if any settlements are situated there.

Samples are collected in amounts and time periods according to the orders of the Ministry of Health of Ukraine being performed separately for contaminated and non-contaminated areas. The foodstuffs, water, and other environment items are subject to sampling.

For evaluation of public radiation doses due to food intake the range of sampled foodstuffs is to

відібраних для дослідження харчових продуктів повинен відповідати раціону харчування населення даного регіону. Кількість продуктів, що споживає населення, можна отримати в регіональних управліннях статистики, для дітей – шляхом вивчення раціонів харчування в школах-інтернатах та дитячих дошкільних закладах.

З об'єктів навколишнього середовища дослідженню підлягають вода відкритих водойм і рівні гамма-фону в повітрі.

У всіх харчових продуктах визначається вміст ^{90}Sr і ^{137}Cs , а в підземних джерелах питного водопостачання крім цього – природних радіонуклідів, відповідно до п.8.6.4 Норм радіаційної безпеки України 1997 р. У будматеріалах визначаються природні радіонукліди.

На основі результатів дослідження щорічно розраховуються дози опромінення, що отримує населення за рахунок усіх чинників опромінення.

Відповідно до наказу МОЗ України № 137 від 20.03.06. результати моніторингу у вигляді звіту представляються двічі на рік в МОЗ України.

Оскільки аліментарний фактор є домінуючим у формуванні дози внутрішнього опромінення організму, ці заходи базуються на радіаційно-гігієнічному моніторингу довкілля:

- > визначення доз внутрішнього опромінення за даними прямого вимірювання ^{137}Cs в організмі людини;
- > контроль вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді.

Перший з даних напрямків реалізується силами лабораторії лічильників випромінювання людини (ЛВЛ) Державної установи “Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України” (далі – ННЦРМ).

Так, у післяаварійні роки проводяться масові вимірювання рівнів внутрішнього опромінення населення, що постраждало від аварії на ЧАЕС, лічильниками випромінювання людини. Результати вимірювань свідчать, що динаміка доз внутрішнього опромінення нестабільна. Значення доз змінювались у діапазоні $0,01-2,0 \text{ мЗв}\cdot\text{рік}^{-1}$. До 1992 року завдяки проведенню профілактичних заходів практично у всіх районах України зареєстровано систематичне зниження вмісту інкорпорованого ^{137}Cs (до 35 % на рік). В останні роки відзначається певна стабілізація доз внутрішнього опромінення від ^{137}Cs практично у всіх регіонах [3].

Другий напрямок, а саме контроль вмісту радіонуклідів у продуктах харчування та питній воді, належить до компетенції Держсанепідслужби, а саме її

correspond the typical food ration of regional population. The data on amount of foodstuffs consumed by population can be available at statistic departments of the regional administrations. For children this information can be received through ration study at schools and kindergartens.

Water storage open reservoirs and air gamma background levels must be analyzed among the environment objects.

All foodstuffs are checked for ^{90}Sr and ^{137}Cs content, and underground potable water sources are also tested for the natural radionuclides according to item 8.6.4 of Radiation Safety Standards of Ukraine issued in 1997. The construction materials are checked for the natural radionuclides content.

Public irradiation doses from all radiation sources are calculated yearly based on research results.

Accordingly to the order # 137 dated 20 March of 2006 and issued by the MH of Ukraine the monitoring results must be reported to the MH twice a year.

As an alimentary factor is dominating within internal irradiation dose formation these measures are based on radiation hygienic monitoring of the environment:

- > internal irradiation dose evaluation using data of direct ^{137}Cs measurements in human body;
- > checking up on ^{137}Cs and ^{90}Sr content in foodstuffs and potable water.

The first of mentioned above activities is held by the Laboratory of individual dosimetry control (IDC) of State institution “National Research Centre for Radiation Medicine of the National Medical Sciences Academy of Ukraine” (NRCRM of NMSA).

The wide-scale internal irradiation measurements with a whole body counters (WBC) application are carried within postaccident period in population survived after the ChNPP accident. The received results demonstrate an unsteady nature of internal radiation doses. The dose values are within range of $0.01-2.0 \text{ mSv}\cdot\text{year}^{-1}$. Up to 1992 owing to preventive measures the incorporated ^{137}Cs content was systematically reduced (up to 35% per year) almost in all regions of Ukraine. And some stabilization of ^{137}Cs internal irradiation doses is observed last years virtually in all regions [3].

The second kind of activities, namely the radionuclide content control in foodstuffs and potable water is under State sanitary & epidemiology serv-

радіологічних підрозділів. До останнього часу вони були єдиною ланкою із забезпечення контролю і нагляду за забезпеченням радіаційної безпеки та інформування населення про радіаційну ситуацію на місцях.

У зв'язку з реформуванням галузі у 2012–2013 рр. на даний час із типової структури органів Держсанепідслужби радіологічні підрозділи, відповідальні за здійснення РГМ, вилучено. Стало неможливим проведення систематичного радіаційного контролю та забезпечення виконання норм радіаційної безпеки і законодавства загалом. Розбалансовано налагоджені протягом багатьох років системи РГМ на радіоактивно забруднених територіях.

ВИСНОВКИ

Для покращення та оптимізації проведення РГМ на радіоактивно забруднених територіях життєво необхідно виконання двох завдань:

- 1) відновлення діяльності радіологічних підрозділів (відділів, відділень, груп або лабораторій) у структурі Держсанепідслужби.
- 2) створення належним чином узгоджених та затверджених методичних рекомендацій по здійсненню РГМ на радіоактивно забруднених територіях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення" // ВВР. – 1994. – № 27. – Ст. 218.
2. Принципы мониторинга в радиационной защите населения: Публикации МКРЗ 40, 43 / под ред. А. А. Моисеева и Р. М. Алексахина ; пер. с англ. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 80 с.
3. Вивчення особливостей формування доз внутрішнього опромінення населення РЗТ у віддалений період аварії на ЧАЕС, обумовлених надходженням ^{137}Cs , ^{90}Sr (на прикладі Київської області) / В. В. Василенко, М. Я. Циганков, С. Ю. Нечаєв [та ін.] // 25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього : зб. доповідей міжнар. конф., (Київ, 20–22 квіт. 2011 р.). Висновки і рекомендації. – Ч. 1. – К. : КІМ, 2011. – С. 320–323.

ice authority, specifically of its radiology subdivisions. Till now they have been the only service providing control and supervision of radiation protection, and providing information on local radiation situation to population.

The radiological service subdivisions been responsible for RHM were extracted after the reform of this state sector in 2012–2013. Thus, systematic radiation control and compliance with the radiation safety standards, and as consequence the compliance with the laws in a whole have become impossible. The approved for years working system of RHM on contaminated areas has become unbalanced.

CONCLUSIONS

To improve and optimize the execution of RHM on the contaminated territories it is vitally important to:

- 1) restore the radiological subdivision (departments, units, labs or groups) work within the State sanitary & epidemiology service structure.
- 2) design the brought into line in a proper way and approved guidelines on RHM implementation in contaminated areas.

REFERENCES

1. [The Law of Ukraine. On ensuring sanitary and epidemiological welfare]. Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine. 1994 Jul 05;27. Art. 218. Ukrainian.
2. Moiseev AA, Aleksakhin RM, editors. [ICRP Publication 43: Principles of Monitoring for the Radiation Protection of the Public, 40, 43]. M.: Energoatomizdat; 1987. 80 p. Russian.
3. Vasylenko W, Tsigankov MY, Nechaev SY, Pikta VO, Zadorozhna GM. [Study of peculiarities of the formation of internal exposure caused by ^{137}Cs , ^{90}Sr intake of the RCT population in the remote period of Chernobyl accident (for example, Kyiv region)]. In: International Conference Twenty-five Years after Chernobyl Accident. Safety for the Future: Reports proceeding. Conclusions and recommendations; 2011 Apr 20–22; Kyiv, Ukraine. Kyiv: KIM Publ. Chapter 1. p. 320–23. Ukrainian.

Стаття надійшла до редакції 16.09.2013

Received: 16.09.2013