

УДК 614.8.086.52:613.648.4:628.4.047:546.296:614.876

Т. О. Павленко✉, М. В. Аксьонов, М. А. Фризюк

Державна установа «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва, НАМН України»,
вул. Попудренка, 50, м. Київ, 02094, Україна

ВМІСТ ПРИРОДНИХ РАДІОНУКЛІДІВ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВІДХОДАХ ВИДОБУВНОЇ ТА ПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

Мета: оцінити вміст природних радіонуклідів (ПРН) у промислових відходах і визначити, які галузі національної промисловості підпадають під регуляторний контроль.

Об'єкт і методи. Відбір зразків та їх аналіз проведено за єдиними протоколами. Всього досліджено 250 зразків. Для вимірювань вмісту природних радіонуклідів (ПРН) використовували гамма-спектрометричну систему ORTEC (США) з напівпровідниковим детектором з високочистого германію (HPGe). Розрахункова мінімальна детектована активність для часу вимірювання 3600 с склала 0,5 Бк/кг для ^{226}Ra і ^{232}Th та 1,5 Бк/кг для ^{40}K .

Результати. Обстежено 32 підприємства (250 зразків) різних галузей видобутку та переробки корисних копалин. Встановлено радіонуклідний склад відходів залізрудних підприємств, підприємств кольорової металургії та нафтогазової індустрії. Встановлено, що середній вміст ПРН у відходах залізрудних підприємств варіює для ^{210}Pb від 70 до 96 Бк/кг, ^{226}Ra – від 14 до 45 Бк/кг, ^{40}K – від 21 до 350 Бк/кг, ^{232}Th – від 5 до 26 Бк/кг і ^{238}U – від 19 до 48 Бк/кг. Визначено, що в металургійній промисловості вміст ПРН у відходах нижче рівня звільнення від регуляторного контролю. Середні концентрації окремих радіонуклідів не перевищують 10–20 Бк/кг. Максимальні активності ПРН зафіксовані у нафтовидобувній промисловості. Встановлено, що середні концентрації ПРН у зразках шлаків можуть відрізнятися в три рази. Середні активності ПРН склали 8440 Бк/кг для ^{226}Ra , 28 600 Бк/кг – для ^{232}Th , 11 000 Бк/кг – для ^{210}Pb . Встановлено, що вміст ПРН у відкладеннях труб лежить в діапазоні для ^{210}Pb від 3 до 11 кБк/кг, ^{226}Ra – від 2,9 до 8,4 кБк/кг, ^{232}Th – від 0,8 до 2,8 кБк/кг, ^{238}U – від 0,18 до 6,9 кБк/кг.

Висновки. Дослідження концентрацій природних радіонуклідів у відходах виявили необхідність запровадження регуляторного контролю і нафтопереробної промисловостей.

Ключові слова: природні радіонукліди, відходи, шлами, відкладення труб, рівні звільнення.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2019. Вип. 24. С. 121–130. doi: 10.33145/2304-8336-2019-24-121-130

✉ Павленко Тетяна Олександрівна, e-mail: tpavlenko@ukr.net

T. Pavlenko✉, N. Aksenov, M. Fryziuk

State Institution «O. M. Marzheiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», 50 Popudrenko str., Kyiv, 02094, Ukraine

THE CONTENT OF NATURAL RADIONUCLIDES IN TECHNOLOGICAL RESIDUES OF UKRAINIAN INDUSTRIES

Objective: to assess the naturally occurring radioactive materials (NORM) content in industrial waste in Ukraine and assess which industries should be a subject for the regulatory oversight.

Methods. Sampling and analysis followed the same procedure in all cases. 250 samples were taken in total. High-resolution gamma spectrometry system ORTEK (US) with the high-purity germanium semiconductor detector (HPGe) were used for sample measurements. AMERSHAM (Germany) standard source was used for calibration of the gamma spectrometer. The estimated minimum detected activity for the measurement time of 3600 s was 0.5 Bq/kg for Thorium-232, and Radium-226 and 1.5 Bq/kg for Potassium-40.

Results. Industries with the potential NORM content in their waste were approached in this research. 32 enterprises were the subject for investigation. It has been established average content of NORM in waste iron ore enterprises varies from 210 to 100 Bq/kg, ^{226}Ra – from 14 to 45 Bq/kg, ^{40}K – from 21 to 350 Bq/kg, ^{232}Th – from 5 to 26 Bq/kg and ^{238}U – from 19 to 48 Bq/kg. It was determined the content of NORM in waste is lower than the exemption levels. The average concentration of individual radionuclides does not exceed 10–20 Bq/kg. The assessment of the NORM average activity concentration in sludge and waste samples from different spots of the industrial site estimated that values may differ as much as 3 times, with average activity of 8,440 Bq/kg for ^{226}Ra , 28,600 Bq/kg for ^{232}Th , 11,000 Bq/kg for ^{210}Pb . The NORM level in pipe sediments and silts of oil exceed the established exemption levels and range as follows: ^{210}Pb 3–11 kBq/kg, ^{226}Ra 2.9–8.4 kBq/kg, ^{232}Th 0.8–2.8 kBq/kg, ^{226}U 0.18–6.9 kBq/kg.

Conclusion. Monitoring of the NORM levels in wastes has identified the need to establish regulatory control and oversight of the oil industry in the country.

Key words: natural radioactivity, waste, sludge, pipe sediments, exemption level.

Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2019;24:121-130. doi: 10.33145/2304-8336-2019-24-121-130

ВСТУП

Видобуток і переробка корисних копалин, а також нафти та газу можуть генерувати великі обсяги залишків з підвищеним вмістом природних радіонуклідів (ПРН) (усталена назва англійською мовою – Naturally Occurring Radioactive Material (NORM)). Такі відходи (рудні хвости, плавильні шлаки та шлами), які спочатку були частиною технологічної руди, можуть містити значні активності урану-238 (^{238}U), торію-232 (^{232}Th), радію-226 (^{226}Ra) та продуктів їх розпаду [1–8].

У лютому 2015 року Кабінет Міністрів України затвердив план виконання Директиви Ради 2013/59/Євроатом [9–10]. Регулювання промислових відходів, що містять ПРН, є однією з вимог Директиви, яка буде введена в Україні.

Понад 45 % території України розташовано на Українському кристалічному щиті, гірським породам якого притаманний підвищений вміст ПРН уранового ряду (рис. 1) [1]. Тому майже всі гірничо-збагачувальні підприємства України, а саме підприємства

INTRODUCTION

The mining and processing of metal ore minerals and oil may generate large volumes of NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) wastes. These wastes include ore tailings, smelter slag and sludge, some of which contain elevated concentrations of uranium (^{238}U), thorium (^{232}Th), radium (^{226}Ra) and their decay products that were originally part of the process feed ore [1–8].

In February 2015 the Cabinet of Ministers of Ukraine approved the implementation plan of the Council Directive 2013/59/Euratom [9–10]. Regulation of industrial waste containing NORM is one of the Directive requirements to be introduced in Ukraine.

It should be noted that more than 45 % of the Ukrainian territory is situated on the Crystalline Shield with high level of natural radioactivity (Fig. 1) [1]. Almost all Ukrainian mining and processing industries are located in the crystalline shield, name-

✉ Tetiana O. Pavlenko, e-mail: tpavlenko@ukr.net

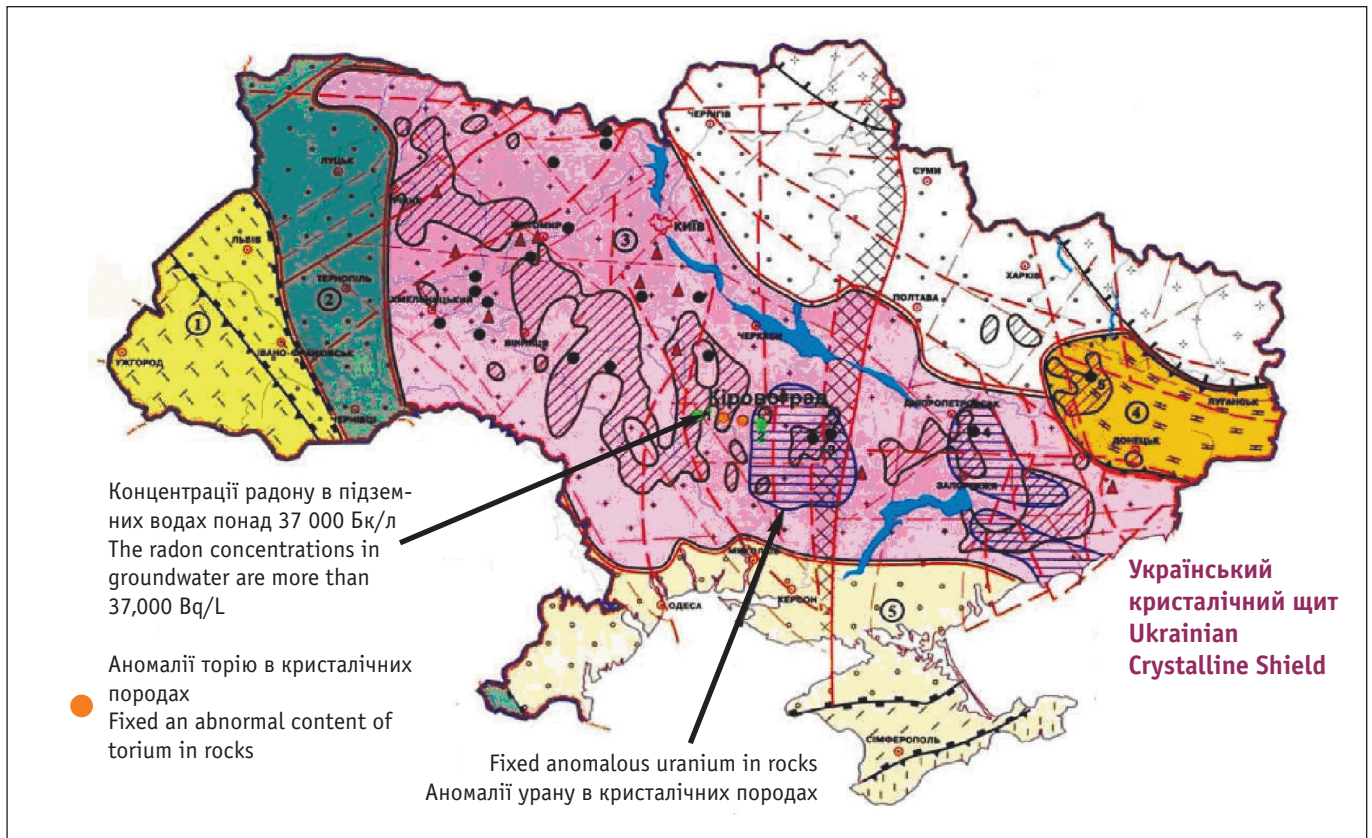


Рисунок 1. Геологічна структура України [1]

Figure 1. Geological structure of Ukraine [1]

з видобутку і переробки нафти та газу, кольорових і рідкісноземельних металів, залізної руди потрапляють у групу ризику щодо вмісту ПРН.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Оцінка вмісту природних радіонуклідів в промислових відходах і визначення галузей національної промисловості, які підпадають під регуляторний контроль.

ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У дослідження були включені підприємства видобувної і переробної промисловості, технологічні залишки яких можуть потенційно містити високі концентрації ПРН. Всього було обстежено 32 підприємства і відібрано близько 250 зразків. Відбір зразків і визначення вмісту ПРН проводили за однаковою процедурою у всіх випадках.

Відбір зразків проводили представники підприємств під наглядом інспекторів Державної інспекції ядерного регулювання України. Для кожного зразка заповнювали протокол, який містив інформацію про підприємство, його адресу, дату відбору зразка і його тип, координати відбору зразка. Зразки відбирали випадковим чином на території хвос-

ly: oil and gas extraction, oil and gas processing, mining of non-ferrous metals, non-ferrous metal extraction industry, iron ore extraction industry.

OBJECTIVE

This research work had a purpose to assess the NORM content in industrial waste in Ukraine and assess which industries should be a subject for the regulatory oversight.

METHODS

Industries with the potential NORM content in their waste were approached in this research. The 32 industrial enterprises were the subject for investigation and about 250 samples were taken in total. Sampling and assay of the NORM content followed the same procedure in all cases.

Sampling was done by the industry representatives under supervision of inspectors of the State Nuclear Regulatory Inspectorate. The inspectors filled in sampling protocols. The protocol contains information on the enterprise, its contact information, type of sample, date, and sampling coordinates. The waste samples were randomly

тосховищ або в сепараторах шламів на території промислових підприємств. Кожен зразок являв собою об'єднаний зразок з 5 точкових зразків, відібраних методом «конверта» по кутах і в центрі вибраної ділянки.

Метод вимірювання

Для вимірювання зразків використовували гамма-спектрометричну систему високої роздільної здатності ORTEK (США) з напівпровідниковим детектором з високочистого германію (HPGe), встановленим у сталевому захисті товщиною 20 см, і багатоканальним аналізатором з емулятором програмного забезпечення. Діапазон вимірювання енергій гамма-випромінювання становить від 50 кеВ до 3000 кеВ.

Калібровку гамма-спектрометра проводили за допомогою радіонуклідного джерела спеціального призначення типу AMERSHAM № BE 261 (Німеччина) з певним набором радіонуклідів відомої активності, яке знаходиться у стандартному контейнері типу Марінеллі, активним об'ємом 1 л і густиною 1 г/см³. Роздільна енергетична здатність складала 2,5 кеВ для гамма-лінії ⁶⁰Co 1,33 МеВ.

Розрахункова мінімальна детектована активність для часу вимірювання 3600 с складала 0,5 Бк/кг для ²²⁶Ra і ²³²Th та 1,5 Бк/кг — для ⁴⁰K.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Залізорудні підприємства

В роботі були досліджені відходи двох комбінатів, що видобувають залізну руду, геологорозвідувальні майданчики та 6 прилеглих шахт.

Встановлено, що на першому підприємстві внесок ²¹⁰Pb складає більше 40 % від загальної концентрації радіонуклідів з максимальною активністю 96 Бк/кг. Вмісти ²²⁶Ra, ⁴⁰K і ²³⁸U майже не відрізняються і становлять 14 Бк/кг, 21 Бк/кг і 19 Бк/кг, відповідно. Максимальна концентрація ²³²Th склала 5 Бк/кг, ²³⁵U — 1 Бк/кг.

Визначено, що активність відходів другого залізорудного підприємства (4 шахти) визначається в основному ⁴⁰K — 68 % (максимальна концентрація 499 Бк/кг) та ²¹⁰Pb — 17 % (108 Бк/кг). Внесок інших радіонуклідів склав: 0,2 % — ²³⁵U, 6,4 % — ²²⁶Ra з максимальними активностями ²²⁶Ra 45 Бк/кг (шахта № 3), 26 Бк/кг — ²³²Th (шахта № 6), ²³⁸U — 43 Бк/кг (шахта № 4) і ²³⁵U — 1,5 Бк/кг (шахта № 6).

Встановлено також, що концентрація радіонуклідів у відходах відрізняється залежно від року виробництва. Проте вміст ПРН в жодній з вибірок не перевищує

taken in tailing sites or sludge separators on industry enterprises. Each sample was a combined sample from 5 spot samples selected by the method of «envelope» at the corners and the center of the study site.

Measurements

High-resolution gamma spectrometry system ORTEK (US) with a high-purity germanium semiconductor detector (HPGe) and multi-channel analyzer with software emulator were used for sample measurements. The thickness of the steel protection system was 20 cm. The range of gamma radiation energy measurements ranged from 50 keV to 3000 keV.

The gamma spectrometer calibration was carried out using the radionuclide source of AMERSHAM No. IE 261 (Germany) with a certain set of known radionuclides activity in the standard Marinelli container of 1 l capacity and the density of 1 g/cm³. The range of gamma radiation energy measurements ranged from 50 keV to 3000 keV. Resolving power was 2.5 keV for the gamma line ⁶⁰Co 1.33 MeV.

The estimated minimum detected activity for the measurement time of 3600 s was 0.5 Bq/kg for ²³²Th, and ²²⁶Ra and 1.5 Bq/kg for ⁴⁰K.

RESULTS AND DISCUSSION

The iron ore extraction industry

Wastes of two iron ore extraction combines, including prospecting sites and 6 adhering mines were investigated.

It was established that ²¹⁰Pb makes over 40 % of the total activity concentration in all samples from the first combine, with maximum activity 96 Bq/kg. Activity concentration of ²²⁶Ra, ⁴⁰K and ²³⁸U do not differ much among samples making 14 Bq/kg, 21 Bq/kg, and 19 Bq/kg, correspondingly. Maximum ²³²Th concentration was 5 Bq/kg, and for ²³⁵U — 1 Bq/kg.

It was established that the waste activity of the second iron ore enterprise (4 mines) was mainly as follows: 68 % — ⁴⁰K (max activity concentration 499 Bq/kg); 17 % — ²¹⁰Pb (108 Bq/kg). Contribution of the other radionuclides was 0.2 % of ²³⁵U, and 6.4 % of ²²⁶Ra with max activity of ²²⁶Ra 45 Bq/kg (mine № 3), and 26 Bq/kg of ²³²Th (mine № 6), ²³⁸U — 43 Bq/kg (mine № 4) and ²³⁵U — 1.5 Bq/kg (mine № 6).

It was also established that radionuclide concentration in waste differs depending on the production year. Nevertheless, none of the sample

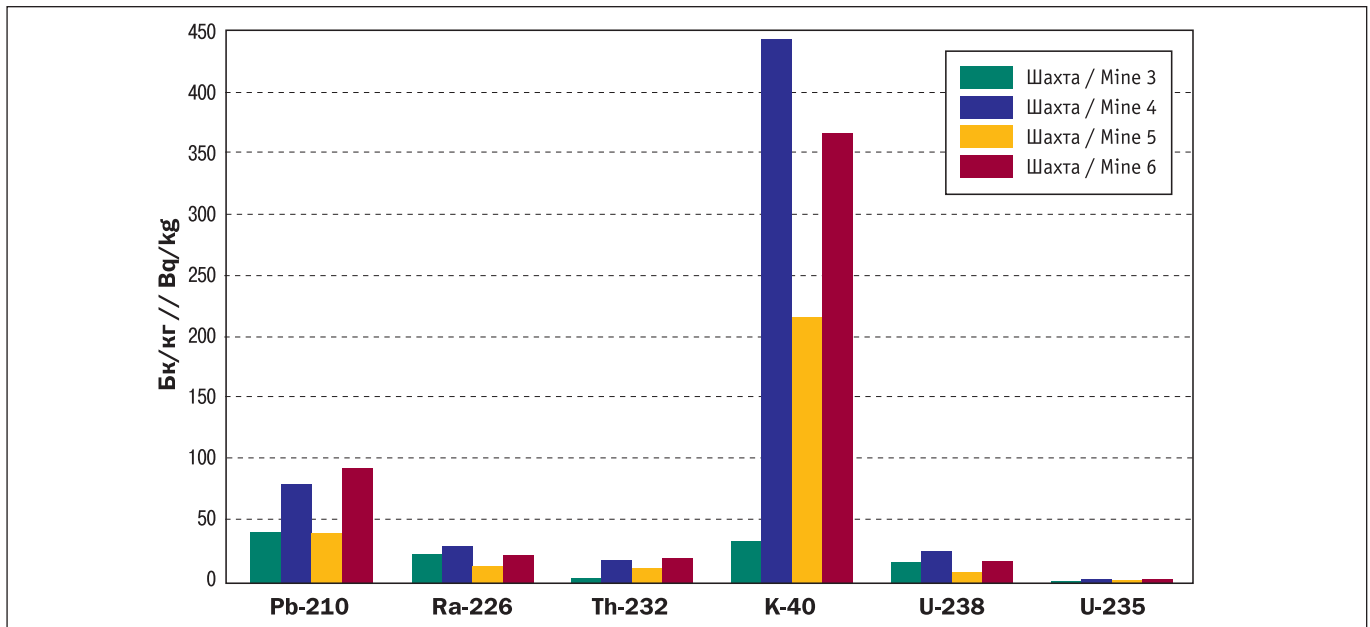


Рисунок 2. Середній вміст ПРН в залишках шахт № 3 – № 6 від підприємства № 2 в Україні

Figure 2. Average NORM activity concentration in residues of mines № 3 – № 6 from enterprise № 2 in Ukraine

вав встановлених Директивою Ради 2013/59/Євратом рівнів звільнення від регуляторного контролю [9].

Проведено порівняльний аналіз вмісту радіонуклідів у гірничих відвалах (рис. 2). Встановлено, що концентрація ^{40}K варіює у широкому діапазоні у всіх партіях зразків і може відрізнятися від 6 до 13 разів для різних шахт. Інші концентрації радіонуклідів змінюються в 2–3 рази за винятком ^{232}Th , концентрація якого може відрізнятися в 10 разів. Це, ймовірно, можна пояснити геологічними характеристиками гірничих блоків.

На рис. 3 представлена середня концентрація активності всіх ПРН у відходах обох досліджених комбінатів.

Таким чином, на підґрунті результатів досліджень і їх аналізу було встановлено, що відходи залізорудних підприємств не підпадають під регуляторний контроль відповідно до вимог міжнародних стандартів радіаційної безпеки та Директиви 2013/59/Євратом [2, 9].

Відповідно до встановлених рівнів звільнення, активність ПРН повинна бути менше 1 кБк/кг для продуктів розпаду ^{238}U та ^{232}Th і менше 10 кБк/кг – для ^{40}K [9].

Для першого підприємства сумарна максимальна виміряна концентрація радіонуклідів ланцюга розпаду урану в 10 разів нижче рівня звільнення і в 500 разів вона менша для ^{40}K . Для другого підприємства максимальні концентрації радіонуклідів ланцюга розпаду урану були у 10 разів менші за рівень звільнення і у 20 разів – для ^{40}K .

exceeded the established exemption levels of the Council Directive 2013/59/Euratom [9].

Comparative analysis of the radionuclide content in mining tails was performed (Fig. 2) in the frames of this work. ^{40}K concentration varies most in all samples, and could differ as much as 6 to 13 times in the samples from different mines. Other nuclide concentrations vary 2–3 times between samples, except for ^{232}Th which concentration could differ as much as 10 times. This could probably be explained by geological characteristics of the mining blocks.

Figure 3 represents average activity concentration of all NORM nuclides on wastes for both investigated enterprise combines.

Based on the sample measurements and analysis it was established that the waste of these enterprises are not subjects for the regulatory control according the BSS definition (Council Directive 2013/59/Euratom and IAEA GSR Part 3) [2, 9].

According to the established exemption levels the NORM activity should be less then 1 kBq/kg for ^{238}U and ^{232}Th decay chain products, and less than 10 kBq/kg for ^{40}K correspondingly [9].

For the first enterprise combine the maximum measured activity concentration of uranium decay chain was 10 times lower the exemption level, and 500 times lower for the ^{40}K exemption level. For the second enterprise combine the maximum activity concentration of the uranium decay chain nuclides were 10 times lower the exemption level and 20 times lower the exemption level for ^{40}K .

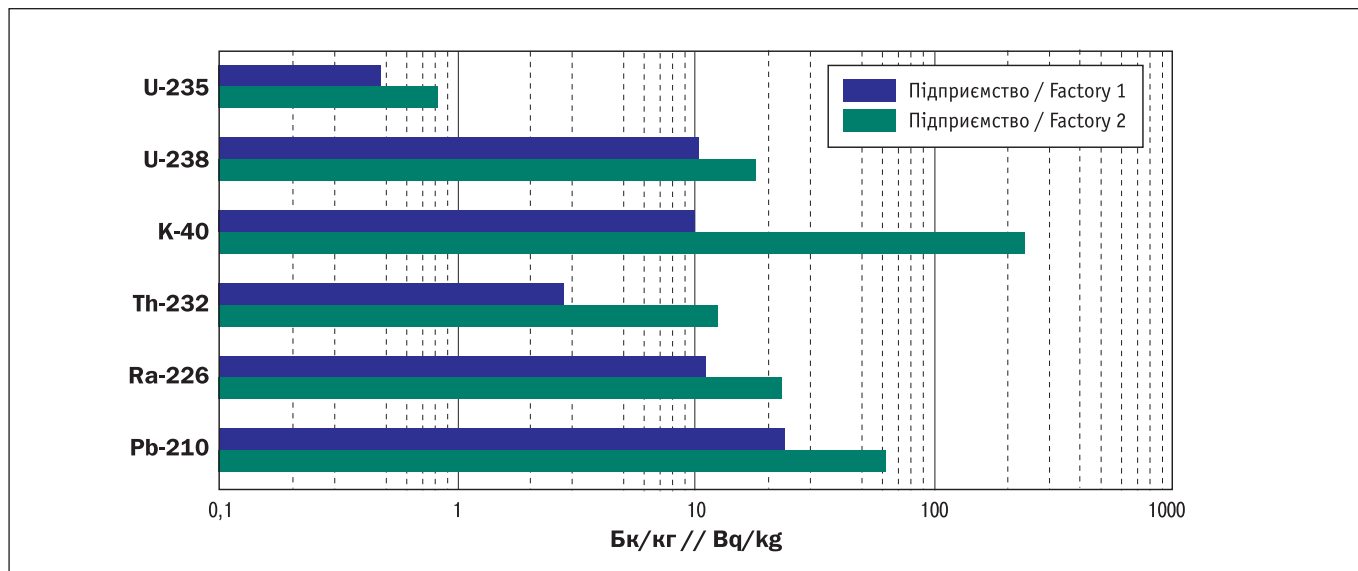


Рисунок 3. Середній вміст ПРН у відходах підприємств з видобування залізної руди № 1 і № 2 в Україні
Figure 3. Average NORM activity concentration in waste of iron ore mining enterprise combine № 1 and № 2 in Ukraine

Природні радіонукліди у відходах металургійних комбінатів

У металургійній промисловості України використовуються як місцеві залізні руди, так і металобрухт. До відповідних промислових комплексів можуть входити шахти, кар'єри, заводи з переробки залізної руди тощо. Концентрація ПРН у відходах чавуноливарної промисловості залежить від застосовуваних технологій і процесів, оскільки концентрація ПРН у сировині є постійною. Вміст ПРН в українських залізних рудних мінералах досить низький, але в процесі переробки він концентрується у відходах.

Середній вміст ПРН у відходах металургійної промисловості України представлений на рис. 4.

NORM level in waste of the metallurgical industry

The iron cast industry of Ukraine uses both local iron ore minerals as well as metal scrap in production processes. The industrial complexes may include mines, quarries, iron ore processing facilities. The NORM concentration in the waste of the iron cast industry depends on the applied technology and processes, as NORM concentration in raw materials is constant and does not vary much along the area. The NORM content in the Ukrainian iron ore minerals is rather low, but in the cause of processing it would concentrate in wastes.

Average concentration of the NORM throughout the iron cast industry of Ukraine is presented

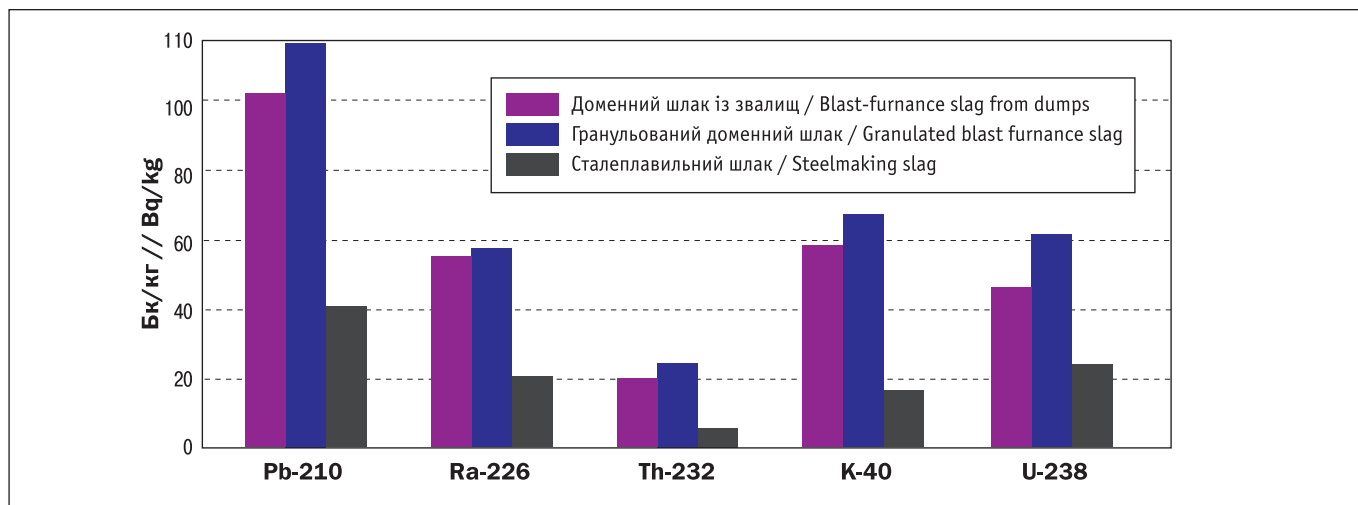


Рисунок 4. Середній вміст ПРН у зразках відходів металургійної промисловості України
Figure 4. Average NORM activity concentration in waste samples of the metallurgical industry in Ukraine

Всього було досліджено чотири підприємства. Очевидно, що всі виміряні концентрації ПРН менші за рівні звільнення Директив 2013/59/Євратом [9].

Природні радіонукліди у відходах підприємств кольорових металів

В роботі було досліджено 7 підприємств кольорової промисловості, серед них глиноземний завод, завод з виробництва титану, феросплавний комбінат, а також підприємства, що виробляють мінеральні добрива. Усереднені активності ПРН у відходах цих підприємств представлені на рис. 5.

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що дані підприємства не підпадають під регуляторний контроль, оскільки активність всіх зразків значно нижче рівнів звільнення.

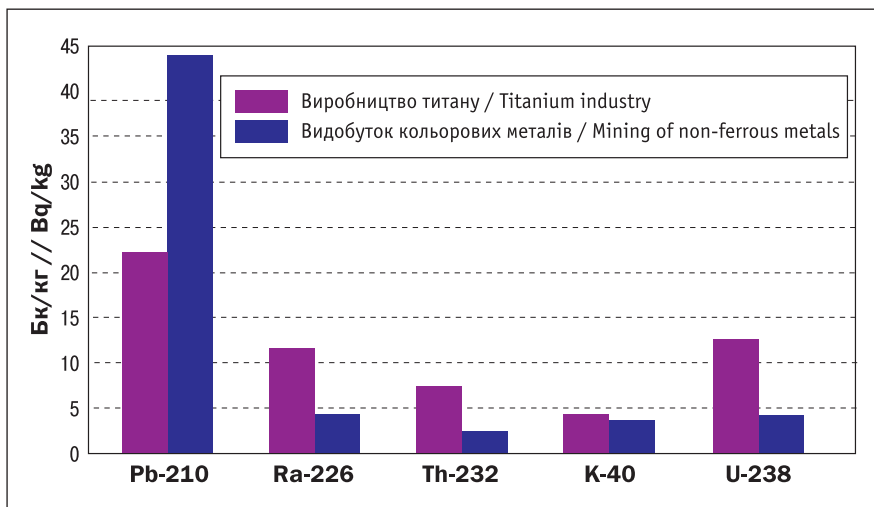


Рисунок 5. Середній вміст ПРН у відходах кольорової металургії України

Figure 5. Average NORM activity concentration in waste of non-ferrous metal industry of Ukraine

Рівень природних радіонуклідів у трубних відкладеннях і шламах нафтовидобувної промисловості

У рамках дослідження були обстежені 6 нафтовидобувних і нафтопереробних підприємств, одне з яких було обрано для детального дослідження, включаючи гамма-картографування промислового майданчика, дослідження плям розливу нафти та робочих місць з потенційно підвищеною небезпекою. Великі рівні гамма-випромінювання були виявлені на розливах нафти, навколо бочок, на сховищах труб та інвентарних майданчиках. Кілька зразків ґрунту на розливах нафти, трубних відкладень і шлаків були досліджені більш детально [11]. Для решти 5 підприємств були взяті лише зразки відходів та відкладень труб. Результати цієї роботи представлені на рис. 6.

За порівняльною оцінкою середніх концентрацій ПРН за масивом даних щодо шлаків і відходів з різних місць промислового майданчика визначено, що значення можуть відрізнятися в 3 рази, при се-

in Fig. 4. In total four enterprises were investigated. Obviously, all measured activity concentrations are lower than the exemption levels of the Council Directive 2013/59/Euratom [9].

NORM activity in waste of non-ferrous metal industry

Seven non-ferrous industry enterprises were investigated in this research programme. These include alumina refinery, titan production facility, ferroalloy combine, as well as mineral fertilize production combines. The averaged NORM activities in the wastes generated in these combines are presented in Fig. 5.

The results obtained allow to conclude that the investigated industry does not fall under the regulatory control requirement as all the samples were measured significantly below the exemption levels.

NORM level in pipe sediments and silts of oil extraction industry

Six oil mining and refinery enterprises were investigated in frames of this research. While one enterprise was chosen for detailed investigation including gamma mapping of the industrial site. Oil spill spots and work places with elevated hazards were identified. High levels of gamma radiation were identified at oil spills, around barrels, at pipe storage and inventory sites. Several soil samples were taken at oil spills, pipe sediments and silts of oil [11]. For the remaining 5 enterprises only samples of waste and pipe sediments were taken. The results of this work are presented in Figure 6.

The assessment of the NORM average activity concentration in sludge and waste samples from different spots of the industrial site estimated that values may differ as much as 3 times, with average

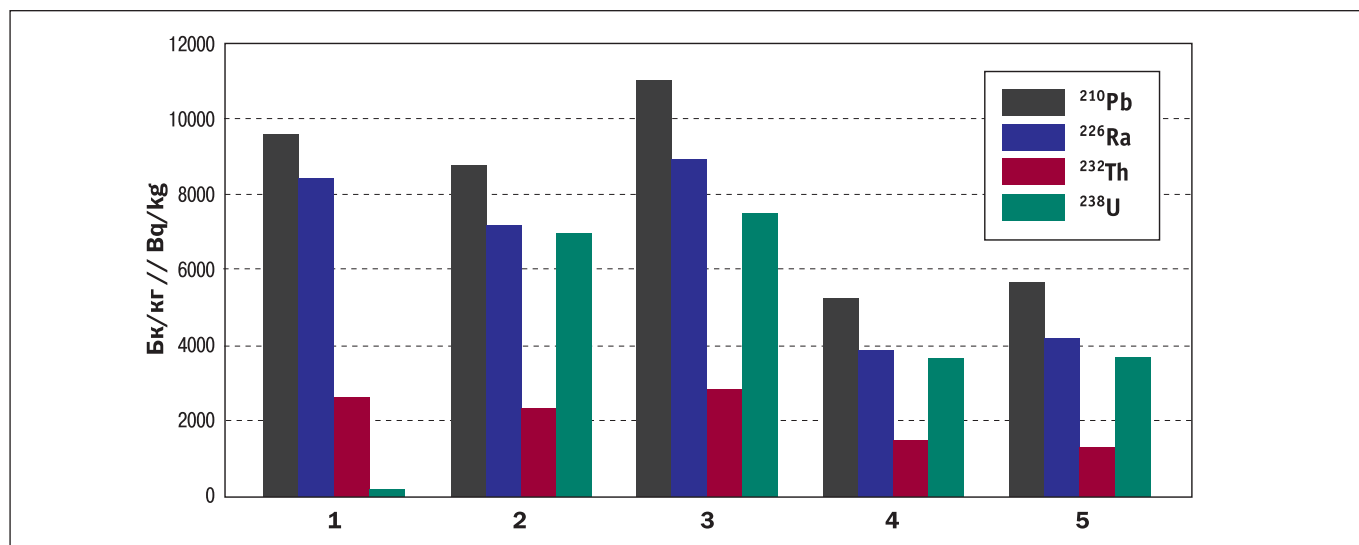


Рисунок 6. Середній вміст ПРН у відходах нафтовидобувної промисловості України

Figure 6. Average NORM activity concentration in the oil extraction industry waste in Ukraine

редній активності 8440 Бк/кг для ^{226}Ra , 28 600 Бк/кг — для ^{232}Th , 11 000 Бк/кг — для ^{210}Pb .

activity of 8,440 Bq/kg for ^{226}Ra , 28,600 Bq/kg — for ^{232}Th , 11,000 Bq/kg — for ^{210}Pb .

Природні радіонукліди у відходах переробки нафти

Нафтопереробна промисловість України складається з декількох великих компаній і близько сотні невеликих. За програмою досліджень було обстежено кілька великих промислових об'єктів та взяті зразки зі шламових ставків. Варто зауважити, що ці ділянки експлуатуються вже більше 50 років, внаслідок чого накопичено значну кількість відходів. На рис. 7 представлена середня концентрація ПРН у відходах нафтопереробної промисловості України.

Аналіз результатів вимірювань показав, що усереднені концентрації ПРН за відібраними зразками складають для ^{210}Pb 6737 Бк/кг, ^{226}Ra — 5444 Бк/кг, ^{232}Th — 1742 Бк/кг та ^{238}U — 4620 Бк/кг.

Аналіз даних підтвердив, що всі нафтовидобувні та нафтопереробні промислові об'єкти України підпадають під регуляторний контроль, а концентрації ПРН значно перевищують рівні звільнення.

ВИСНОВКИ

1. Дослідження концентрацій ПРН у відходах підтвердили необхідність запровадження регуляторного контролю нафтовидобувної та нафтопереробної промисловості. Встановлено, що вміст ПРН у відкладеннях труб і шламах знаходиться в діапазоні для ^{210}Pb від 3 до 11 кБк/кг, ^{226}Ra — від 2,9 до 8,4 кБк/кг, ^{232}Th — від 0,8 до 2,8 кБк/кг, ^{238}U — від 0,18 до 6,9 кБк/кг.
2. Нормативні документи мають стосуватися безпечного поводження з технологічним обладнанням, за-

NORM in waste of the Oil processing

Oil refinery industry of Ukraine consists of several major combines and about 100 minor ones. In the cause of the research programme several major industrial sites were investigated and samples taken from the tail ponds. It is worth mentioning that the sites have been in operation for over 50 years and significant amounts of wastes have accumulated as a result. Figure 7 presents average NORM activity concentration in the waste of oil processing industry of Ukraine.

The analysis of the sample measurements resulted in the following average activities throughout the industry: ^{210}Pb 6,737 Bq/kg, ^{226}Ra — 5,444 Bq/kg, ^{232}Th — 1,742 Bq/kg and ^{238}U — 4,620 Bq/kg.

It is thus established that all oil extraction and processing industrial sites of Ukraine fall under the regulatory control requirements established by the EC in terms of the radioactive waste containing NORM.

CONCLUSIONS

1. Monitoring of the NORM levels in wastes has identified the need to establish regulatory control and oversight of the oil industry in the country. The NORM level in pipe sediments and silts of oil exceed the established exemption levels and range as follows: ^{210}Pb 3–11 kBq/kg, ^{226}Ra 2.9–8,4 kBq/kg, ^{232}Th 0.8–2.8 kBq/kg, ^{238}U 0.18–6.9 kBq/kg.
2. For the regulatory control purposes a package of regulatory documents must be developed for

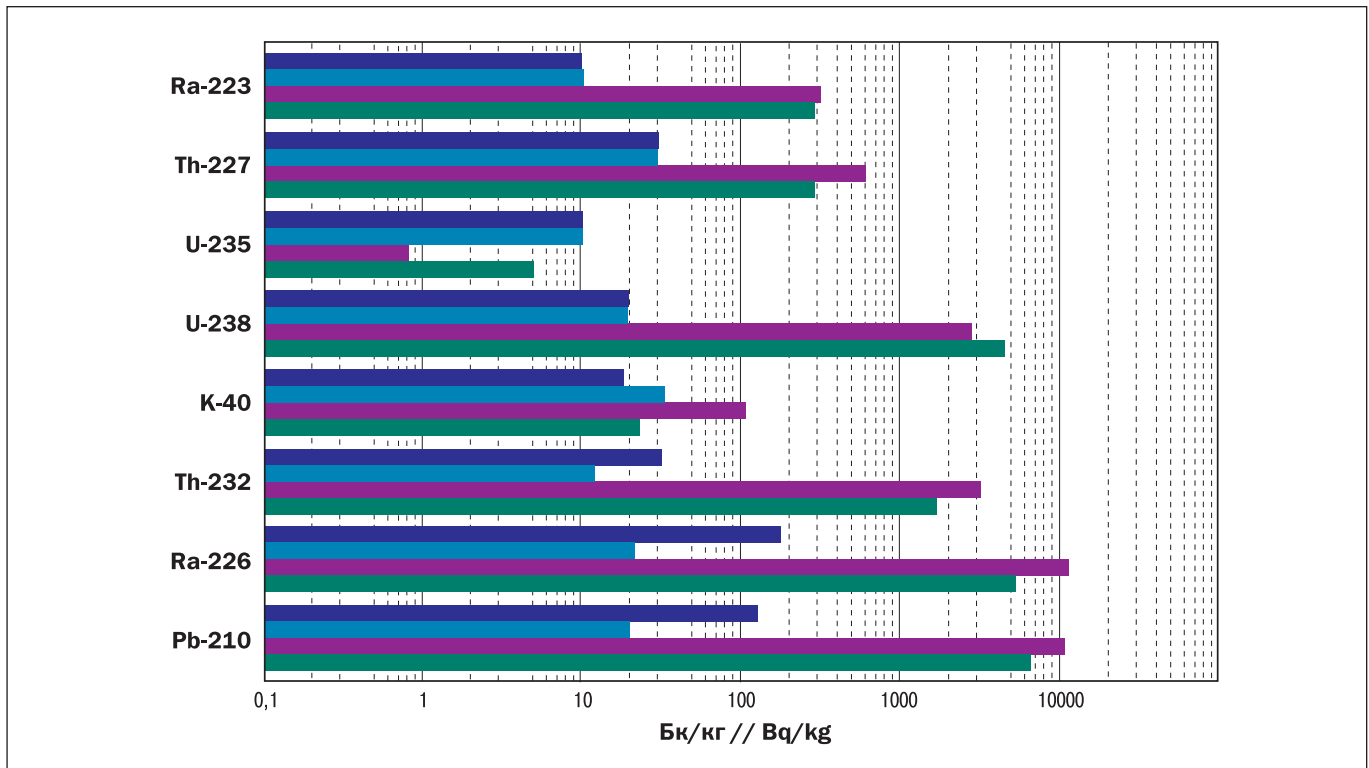


Рисунок 7. Середній вміст ПРН у відходах нафтопереробної промисловості

Figure 7. Average NORM activity concentration in waste of oil processing industry

брудним радіонуклідами природного походження, шламами тощо.

3. Доцільно продовжити дослідження вмісту ПРН у відходах нафтовидобувної та нафтопереробної промисловості.

contaminated technological equipment, waste, so on.

3. Further investigation and analysis of the NORM concentration in oil extraction and processing industry would be needed.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Павленко Т. О. Радіаційно-гігієнічна оцінка доз опромінення населення України від техногенно-підсилених джерел природного походження : дис. ... д-ра біол.наук. спеціальність 14.02.01 - гігієна та професійна патологія. Київ : Державна установа «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва АМН України», 2010. 253 р.
2. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. Vienna : IAEA, 2014. 436 p. (General Safety Requirements ; No. GSR Part 3).
3. Governmental, legal and regulatory framework for safety : general safety requirements / IAEA. Vienna : IAEA, 2010. 40 p. (Safety Standards Series ; No. GSR Part 1).
4. Effects of radiation on the environment. In: *United Nations Scientific Committee on the Effects of atomic radiation. source and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2000. Report to the General Assembly with scientific annex*. New York : UN, 2000. P. 84–156.
5. Naturally Occurring Radioactive Material (NORM VI) : Proceedings of the Sixth International Symposium on Naturally Occurring Radioactive Material (Marrakesh, Morocco, 22-26 March 2010). Vienna : IAEA, 2011. 560 p.
6. Hilton J., Birky B., Moussaid M. Comprehensive extraction: a key requirement for social licensing of NORM industries? In: *Naturally*

REFERENCES

1. Pavlenko TO. [Radiation and hygiene assessment of exposure of the Ukrainian population from the technologically enhanced naturally occurring radioactive materials (TENORM)] [dissertation]. Kyiv, State Institution «The Marzeev Institute of Hygiene and Medical Ecology of the Academy of Medical Sciences of Ukraine»; 2010. 253 p. Ukrainian.
2. International Atomic Energy Agency. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. Vienna : IAEA; 2014. 436 p. (General Safety Requirements ; No. GSR Part 3).
3. International Atomic Energy Agency. Governmental, legal and regulatory framework for safety: general safety requirements. Vienna : IAEA; 2010. 40 p. (Safety Standards Series ; No. GSR Part 1).
4. Effects of radiation on the environment. In: *United Nations Scientific Committee on the Effects of atomic radiation. source and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2000. Report to the General Assembly with scientific annex*. New York : UN; 2000. p. 84-156.
5. Naturally Occurring Radioactive Material (NORM VI). In: *Proceedings of the Sixth International Symposium on Naturally*

- Occurring Radioactive Material (NORM VII) : Proceedings of the 7th International Symposium on Naturally Occurring Radioactive Material (Beijing, China, 22-26 April 2013)*. Vienna : IAEA, 2015. P. 129–141.
7. Fan Z. Towards a sustainable solution to NORM residue management safety. In: *Naturally Occurring Radioactive Material (NORM VII) : Proceedings of the 7th International Symposium on Naturally Occurring Radioactive Material (Beijing, China, 22-26 April 2013)*. Vienna : IAEA, 2015. P. 569–574.
 8. Pires do Rio M., Amaral E., Fernandes H., Rochedo E. Environmental radiological impact associated with non-uranium mining industries: a proposal for screening criteria. *J. Environ. Radioact.* 2002. No. 59 (1). P. 1–17.
 9. 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. Vol. 57, L13. 73 p.
 10. The Cabinet of Ministers of Ukraine Ordinance: Approval of the SNRIU implementation plan of some EU legislation acts, 18.02.2015, N 110-p. URL : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/110-2015-%D1%80>.
 11. NORM assessment at gas and oil fields in Ukraine / T. Pavlenko, M. Aksyonov, O. German, M. Friziuk, E. Fedorenko, A. Mikhajlenko. *Energy, Environmental and Structural Engineering Series N 25: Latest trends in energy, environment and development*. Salerno : WSEAS Press, 2014. P. 213–216.
- Occurring Radioactive Material; 2010 22-26 March; Marrakesh, Morocco. Vienna: IAEA; 2011. 560 p.
 6. Hilton J, Birky B, Moussaid M. Comprehensive Extraction: A Key Requirement for Social Licensing of NORM Industries? In: *Naturally Occurring Radioactive Material (NORM VII) : Proceedings of the 7th International Symposium on Naturally Occurring Radioactive Material; 2013 Apr 22-26; Beijing, China*. Vienna: IAEA; 2015. p. 129-41.
 7. Fan Z. Towards a Sustainable Solution to NORM Residue Management Safety. In: *Naturally Occurring Radioactive Material (NORM VII): Proceedings of the 7th International Symposium on Naturally Occurring Radioactive Material; 2013 Apr 22-26; Beijing, China*. Vienna: IAEA; 2015. p. 569-74.
 8. Pires do Rio M, Amaral E, Fernandes H, Rochedo E. Environmental radiological impact associated with non-uranium mining industries: a proposal for screening criteria. *J Environ Radioact.* 2002;59(1):1-17.
 9. 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(L13). 73 p.
 10. The Cabinet of Ministers of Ukraine Ordinance: Approval of the SNRIU implementation plan of some EU legislation acts, 18.02.2015, N 110-p. Available from: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/110-2015-%D1%80>.
 11. Pavlenko T, Aksyonov M, German O, Friziuk M, Fedorenko E, Mikhajlenko A. NORM assessment at gas and oil fields in Ukraine. In: *Energy, environmental and structural engineering. Series N 25: Latest trends in energy, environment and development*. Salerno: WSEAS Press; 2014. p. 213-6.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Павленко Тетяна Олександрівна – доктор біологічних наук, професор, завідувач лабораторії радіаційного захисту ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»

Аксьонов Микола Васильович – кандидат біологічних наук, провідний науковий співробітник лабораторії радіаційного захисту ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»,

Фризиук Мирослава Анатоліївна – кандидат біологічних наук, провідний науковий співробітник лабораторії радіаційного захисту ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України».

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Tetiana O. Pavlenko – Prof., Head of Radiation Protection Laboratory of State Institution «O. M. Marzieiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»

Nikolay V. Aksenov – PhD, Leading Researcher of Radiation Protection lab of State Institution «O. M. Marzieiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»

Myroslava A. Fryziuk – PhD, Leading Researcher of Radiation Protection lab of State Institution «O. M. Marzieiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»

Стаття надійшла до редакції 19.02.2019

Received: 19.02.2019