

**ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ
ТА ЙОГО ВПЛИВ НА НАСЕЛЕННЯ****Т. Є. КОМІСОВА**, кандидат біологічних наук, професор,<http://orcid.org/0000-0003-3959-8575>**М. С. ГОНЧАРЕНКО**, доктор біологічних наук, професор,<https://orcid.org/0000-0002-8205-1236>*Харківський національний педагогічний університет імені Г.С.Сковороди*E-mail: kaf-anatomy-physiology@hnpu.edu.ua**Н. А. СЛІПЦОВА**, асистент, <http://orcid.org/0000-0002-4041-5396>*Донецький національний медичний університет*E-mail: apteka111888111@gmail.com[https://doi.org/10.31548/dopovidi3\(103\).2023.002](https://doi.org/10.31548/dopovidi3(103).2023.002)

Анотація. *Усі джерела іонізуючого випромінювання (ДІВ) опромінення людини поділяють на природні та індустріальні. Природні джерела випромінювання є основними джерелами опромінення людини. Вони включають космічні промені та випромінювання природних радіонуклідів, що містяться в земній корі та атмосфері. Серед радіонуклідів природного походження найбільше значення має калій-40 і радіонукліди, що виникають за розпаду природного радіоактивного урану-238 і торію-232. Присутні в земній корі калій, уран і торій, розпадаючись стають джерелами випромінювання і формують фонове зовнішнє опромінення людини, а надходячи в організм з повітрям, водою, їжею - внутрішнє фонове опромінення. Ситуація в Україні типова для більшості країн світу, хоча рівні опромінення населення природними джерелами децю вищі за середньосвітові. До індустріальних джерел відносяться джерела як природного походження, так і створених людиною, якщо вони цілеспрямовано використовуються у виробничій, науковій, медичній та інших сферах людської діяльності з метою одержання певної користі. Опромінення людини індустріальними джерелами може відбуватись в умовах виробництва (професійне опромінення робітників) та в середовищі проживання. За нормальних умов експлуатації штучні джерела опромінення є повністю контрольованими, а опромінення від них - передбачуваним. Серед всіх індустріальних джерел опромінення населення планети на першому місці за величиною дози знаходяться рентгенодіагностичні процедури. Окреме місце займає опромінення населення та персоналу внаслідок радіаційних аварій. У світі щорічно відбуваються десятки радіаційних аварій, що супроводжуються опроміненням невеликої кількості людей. У деяких випадках індивідуальні дози опромінення перевищували декілька Зівертів і навіть призводили до загибелі людей. Найважчою радіаційною аварією за кількістю людей, що зазнали аварійного опромінення, є Чорнобильська. Рівні опромінення значної частини населення України техногенно-підсилені джерелами природного походження*

Комісова Т. Є., Гончаренко М. С., Сліпцова Н. А.

зумовлено певними геологічними характеристиками територій. Забезпечення радіаційної безпеки і протирадіаційного захисту має бути пріоритетом при застосуванні джерел іонізуючого випромінювання на практиці.

Ключові слова: іонізуюче випромінювання, природні радіонукліди, уран, торій

Актуальність. Незважаючи на те, що радіоактивність та іонізуюче випромінювання були відкриті людиною порівняно недавно – наприкінці 19-го сторіччя, на сьогоднішній день як особливості біологічної дії іонізуючого випромінювання, так і джерела та рівні опромінювання людини вивчені досить добре. Дослідження цього чинника, що розпочалося лише після відкриття радіоактивності А. Беккерелем в 1896 році, значно інтенсифікувалося в середині двадцятого сторіччя у зв'язку із розвитком військових та мирних радіаційно-ядерних технологій. Але, не зважаючи на це, на сьогодні накопичено величезну кількість наукових даних про джерела випромінювання, їх розподіл та поведінку в навколишньому середовищі, вплив іонізуючого випромінювання на біологічні структури. Джерела іонізуючого випромінювання широко застосовуються людиною в техніці, медицині, наукових дослідженнях. Експерти стверджують що ризики впливу іонізуючого випромінювання на сьогодні людині відомі більше ніж про будь-які інші чинники фізичної

чи хімічної природи (доповідь МАГАТЕ).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Про радіаційну небезпеку та підвищення ризику для здоров'я людей свідчить значна кількість публікацій за останні 50 років [15, 20, 21]. Особливої актуальності ця проблема набуває через чверть століття після Чорнобильської катастрофи, що зумовлено як значною кількістю постраждалих в Україні (понад 3,5 млн. осіб зазнали впливу комплексу негативних поставарійних факторів), так і зростанням серед них захворюваності на злоякісні новоутворення. З огляду літературних даних представлені теоретичні та практичні дані щодо виявлення пошкоджень генетичного матеріалу в осіб, які зазнали впливу іонізуючого випромінювання з використанням сучасних методів обстеження [22]. Аналізуються механізми розвитку генетичних ушкоджень як основи канцерогенезу у опромінених у різних дозах осіб. В залежності від поглинутої дози випромінювання та індивідуальних особливостей організму викликані зміни можуть носити зворотній або незворотній характер. Тривалий вплив доз, що

Комісова Т. Є., Гончаренко М. С., Сліпцова Н. А. перевищують гранично допустимі рівні, може викликати незворотні зміни в окремих органах або у всьому організмі, виразитися в хронічній формі променевої хвороби. Основними шляхами надходження радіоактивних речовин до організму є: дихальні шляхи, шкіра і кишково-шлунковий тракт [24].

З впровадженням нових будівельних і оздоблювальних матеріалів в практику будівництва і реставрації питання їхньої безпеки для навколишнього середовища і для людини стає як ніколи актуальним. Велика кількість будівельних матеріалів мають власний радіаційний фон.

Більш високою радіоактивністю відрізнялися будматеріали, які виготовлені з гранітів [23]. Високим вмістом природних радіонуклідів характеризуються також будівельні матеріали із вторинної сировини: глина, шлами, інше. За результатами гамма-спектрометричних аналізів у деяких будівельних матеріалах (брущатка гранітна, відсів та щебінь) за рахунок природних радіонуклідів Аеф досягала нормативного показника для використання у житловому будівництві 370 Бк/кг.

Мета досліджень – аналіз наукової літератури щодо вивчення джерел опромінювання людини, рівнів опромінювання населення України на сьогодні, а також мета даної роботи полягає в розробці єдиних методологічних принципів

радіоекологічного (радіаційного) моніторингу, як складової державного моніторингу навколишнього середовища; в обґрунтуванні нових репрезентативних територіальних одиниць та системи параметрів, які б визначали бар'єрні здатності Чорнобильської зони відчуження та територій навколо інших радіаційно небезпечних об'єктів, що дозволяло б вирішувати більш широкий, ніж за нинішньої системи радіонуклідів, спектр задач та далекоглядні стратегічні завдання.

Матеріали і методи дослідження. Основним джерелом матеріалів аналізу були Норми радіаційної безпеки України, Державні гігієнічні нормативи. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ - 97), затверджені постановою Головного санітарного лікаря України від 01 грудня 1997 року № 62 (далі – Норми), є основним документом, що встановлює систему радіаційно-гігієнічних регламентів для забезпечення прийнятих рівнів опромінення, як для окремої людини, так і суспільства. Розрахунки ефективних доз опромінення населення проводилися за математичними моделями МКРЗ та дозовими коефіцієнтами НКДАР ООН [7].

Результати дослідження та їх обговорення. Природні джерела випромінювання є основними джерелами опромінення людини.

Комісова Т. Є., Гончаренко М. С., Сліпцова Н. А.
Вони включають космічні промені та випромінювання природних радіонуклідів, що містяться в земній корі та атмосфері.

Космічні промені надходять на Землю з Всесвіту та з Сонця. Інтенсивність їх надходження зростає в період так званих сонячних спалахів. Цей вид випромінювання є скрізь на Землі, а його інтенсивність вище на Північному та Південному полюсі, а також зростає з висотою над рівнем моря за рахунок зменшення шару атмосфери, що захищає від надходження космічних променів.

Радіація земного походження визначається вмістом природних радіонуклідів у тій або іншій ділянці земної кори.

Серед радіонуклідів природного походження найбільше значення має калій-40 і радіонукліди, що виникають при розпаді природного радіоактивного урану-238 і торію-232.

На планеті існує три ізотопи калію: стабільні калій-39 (93,08 %) і калій-41 (6,91 %), і радіоактивний калій-40 (0,01 %) із періодом напіврозпаду близько 1,3 млрд. років. Наведені співвідношення ізотопів зберігаються повсюди, де є присутнім калій, а він є присутнім скрізь. Типовий вміст радіоактивного калію-40 у ґрунтах планети становить від 20 до 1000 Бк на кілограм.

Калій є важливим і необхідним елементом усіх біологічних структур на планеті, у тому числі і людини.

Разом із стабільним калієм в організм надходить і радіоактивний калій-40 (в середньому в тілі людини міститься до більше 4000 Бк цього радіонукліду), що створює певну невід'ємну або неминучу дозу опромінення. Проте, намагатися зменшити (контролювати) цю дозу можливо лише обмеживши споживання калію, що не тільки неможливо, але і безглуздо.

Природний радіоактивний уран-238, що має період напіврозпаду 4,47 мільярда років, природний радіоактивний торій-232, що розпадається із періодом напіврозпаду 4,1 млрд. років, є родоначальниками цілого сімейства радіоактивних елементів із різними періодами напіврозпаду.

Типовий вміст урану-238 у верхньому шарі ґрунту на планеті лежить у діапазоні 10-50 Бк на кілограм. Приблизно такий же вміст і торію-232.

У тілі людини середній вміст урану-238, що надходить в організм переважно з водою, становить близько 1 Бк, а торію-232 на порядок менше.

Присутні в земній корі калій, уран і торій, розпадаючись стають джерелами випромінювання і формують фонове зовнішнє опромінення людини, а надходячи в організм з повітрям, водою, їжею – внутрішнє фонове опромінення. Величина так званого природного фону не скрізь однакова і залежить від

Комісова Т. Є., Гончаренко М. С., Сліпцова Н. А. багатьох причин: вмісту радіонуклідів у ґрунті, висоти над рівнем моря, тощо [1]. Важливо зазначити, що природні джерела, що створюють природний радіаційний фон, не є контрольованими з точки зору можливості та доцільності зниження доз опромінення від них.

У ланцюгу урану-238 є радіоактивний газ радон-222 із періодом піврозпаду 3,8 доби, а в ланцюгу розпаду торію-232 – радон-220, або торон із періодом піврозпаду 54,5 секунди. Саме цей радіоактивний природний газ є основним джерелом опромінення населення планети. Виділяючись із ґрунтів, радон потрапляє в атмосферу і, перемішуючись у ній, створює деяку незначну дозу опромінення людини за рахунок надходження його до легень у процесі дихання. У будинках, особливо в підвальних приміщеннях та на перших поверхах, може накопичуватись радон, а його вміст може зрости в десятки і навіть сотні разів, і відповідно, зростатимуть додаткові дози опромінення бронхолегеневої системи людини.

У природі багато джерел природного іонізуючого випромінювання. Радіацію породжують радіоактивні ізотопи різних елементів з яких складаються мінерали та гірські породи, головними є калієм - 40 та вуглець - 14. Велика кількість радіонуклідів можуть накопичуватись в організмах на тривалий час [8]. Біологічна дія

випромінювання залежить від розміру дози, що впливає за проміжок одиниці часу. Мінеральна будівельна сировина (щебінь, пісок, глина) в окремих місцях може містити підвищену кількість природних радіонуклідів. Побудований з такої сировини будинок може призводити до додаткового опромінення людей, що знаходяться в ньому.

У цілому, населення планети опромінюється найбільшими дозами від джерел природного походження. За даними Наукового комітету з дії атомної радіації (НКДАР ООН), середня ефективна доза опромінення жителів планети джерелами природного походження становить 2,4 мЗв на рік (табл.) [2].

У деяких регіонах земної кулі опромінення населення природними джерелами може суттєво перевищувати середні значення у світі (штат Керала і Тамілант в Індії, штати Еспіріту-Санту, Ріо-де-Жанейро в Бразилії, район міста Рамсер в Ірані, ряд районів в Італії, Франції).

Ситуація в Україні типова для більшості країн світу, хоча рівні опромінення населення природними джерелами дещо вищі за середньосвітові. Наприклад, серед країн Європи найбільші рівні опромінення природними джерелами в Фінляндії та Швеції - більше 7 мЗв. Найменші рівні характерні для острівних країн, таких як Великобританія (менше 2 мЗв).

Середні річні індивідуальні ефективні дози опромінення дорослого населення світу від природних джерел іонізуючого випромінювання (НКДА АР, 2000)

Компонента опромінення	Річна ефективна доза, (мЗв)
Космічне випромінювання	0,38(2,0)
Космогенні радіонукліди	0,01
Зовнішнє опромінення	0,46(4,3)
Внутрішнє опромінення за винятком радону	0,23 (0,6)
Внутрішнє опромінення від радону та	1,2(10) 0,07(0,1) 0,005(0,1)
Сумарна доза	2,4

Примітка. У дужках наведені дані для територій із підвищеними рівнями природного опромінення.

Фонове опромінення населення України становить близько 0,65 мЗв у рік, тобто 11,5 % від сумарної дози опромінення – 6 мЗв на рік.

Керована компонента доза становить близько 5,4 мЗв у рік. Найбільший внесок у цю частину дози дає радон-222 (64 %) і торон (19 %). Хоча оцінки рівнів опромінення тороном носять попередній характер, очевидно, що радон є основним джерелом опромінення середньостатистичного жителя України [5].

До індустріальних джерел відносяться джерела як природного походження, так і створених людиною, якщо вони цілеспрямовано використовуються у виробничій, науковій, медичній та інших сферах людської діяльності. Це і джерела, що використовуються для рентгенодіагностичних і радіотерапевтичних процедур у медицині, усі технології ядерного

паливного циклу (видобуток і збагачення урану, використання його на атомних станціях, операції з відпрацьованим ядерним паливом, захоронення радіоактивних відходів), джерела, що використовуються в промисловості (гамма-дефектоскопи, технології стерилізації, тощо). До цієї групи джерел можна віднести і радіонукліди, що випали на поверхню землі внаслідок випробувань ядерної зброї (так звані глобальні випадіння).

Опромінення людини індустріальними джерелами може відбуватись в умовах виробництва (професійне опромінення робітників) та в середовищі проживання. За нормальних умов експлуатації штучні джерела опромінення є повністю контрольованими, а опромінення від них – передбачуваним.

Характерною особливістю індустріальних джерел є те, що їх використання в народному господарстві, в більшості випадків, не

Комісова Т. Є., Гончаренко М. С., Сліпцова Н. А. обумовлює значні дози опромінення як персоналу і тим більше населення за нормальних умов їх експлуатації. Проте, у випадку виникнення радіаційних аварій із такими джерелами, можуть виникати додаткові джерела аварійного опромінення людини, як від забруднення навколишнього середовища радіонуклідами із зруйнованого реактора. У випадку аварій людина може зазнавати опромінення в досить значних дозах, що можуть обумовлювати виникнення важких наслідків для здоров'я і навіть призвести до смерті. Саме тому вимоги щодо контролю за використанням індустриальних джерел випромінювання є досить жорсткими.

Серед всіх індустриальних джерел опромінення населення планети на першому місці за величиною дози знаходяться рентгенодіагностичні процедури. У середньому всім країнам світу ефективна доза опромінення населення становить близько 1 мЗв на рік. В Україні в останні роки величина цієї дози зменшилася з 1,2 до 0,5 мЗв у рік, що пов'язано зі зменшенням кількості діагностичних процедур через погіршення економічної ситуації в країні й, отже, доступності медичної допомоги.

Дози опромінення переважної частини персоналу діючих в Україні атомних станцій становить від 1 до 5 мЗв на рік при нормативі - 20 мЗв на

рік [15, 16, 17, 18]. Опромінення населення внаслідок діяльності атомних електростанцій за нормальних безаварійних умов експлуатації є дуже незначним. Це десяти або соті долі мЗв на рік, тобто в десятки-сотні разів менше встановленого нормативу – 1 мЗв на рік.

Ще одним джерелом опромінення, про яке можна згадати лише в історичному контексті, є радіоактивне забруднення навколишнього середовища внаслідок випробувань ядерної зброї [13, 14]. Нині середня річна ефективна доза опромінення жителів Північної півкулі не перевищує декількох мікрозівертів.

Окреме місце займає опромінення населення та персоналу внаслідок радіаційних аварій. У світі щорічно відбуваються десятки радіаційних аварій, що супроводжуються опроміненням невеликої кількості людей. У деяких випадках індивідуальні дози опромінення перевищували декілька Зівертів і навіть призводили до загибелі людей. У більшості випадків зареєстрованих радіаційних аварій дози опромінення населення були незначними. Серед найбільших (за кількістю опромінених осіб) аварій, що відбулися до 1986 року, можна відмітити Киштимську аварію (Урал, Росія), Увіндскельську аварію (Велика Британія), Три Майл Айлендську аварію.

Комісова Т. Є., Гончаренко М. С., Сліпцова Н. А.

Найважчою радіаційною аварією за кількістю людей, що зазнали аварійного опромінення, є Чорнобильська АЕС. Безумовно, саме опромінення населення внаслідок Чорнобильської аварії та медичні наслідки, пов'язані із цим опроміненням, цікавило і цікавить як фахівців, так і громадськість. Огляду цієї проблеми можна присвятити не одну монографію. Тому в даній роботі зупинимось лише на основних, найбільш важливих характеристиках джерел опромінення населення України, що виникли внаслідок Чорнобильської аварії [19, 20, 21].

Чорнобильська аварія є найбільшою та безпрецедентною за своїми характеристиками та наслідками аварією.

Головними за значимістю серед них були:

а) безпрецедентний за масштабами аварійний викид радіоактивних речовин в навколишнє середовище, що продовжувався протягом двох тижнів;

б) пролонгований в часі високо-температурний викид радіоактивних речовин відбувався за умов аерометеорологічної ситуації, яка весь час змінювалася, що призвело до складного просторово-часового розподілу переміщення радіоактивних хмар, суттєвих міжрадіонуклідних сепарацій, і, як наслідок, до надзвичайної гетерогенності ("мозаїчності") радіоактивного забруднення

територій, що утворилася внаслідок "чорнобильських" радіоактивних випадінь;

в) радіоактивне забруднення територій з різноманітними ландшафтногрунтовими характеристиками призвело до утворення на території Українсько-Білоруського Полісся специфічних радіоекологічних провінцій, що характеризуються надзвичайно високими значеннями коефіцієнту переходу радіоцезію в екологічному ланцюгу від ґрунту до людини, і як наслідок, вкрай високий ризик виробництва радіоактивно забрудненої м'ясо-молочної продукції;

г) дуже складне за фізичними та просторово-часовими характеристиками джерело аварійного опромінення великих контингентів людей, що зазнали та зазнають опромінення: ліквідатори наслідків аварії, населення, яке було евакуйоване з території так званої "30-км зони", населення, яке постійно проживає на радіоактивно-забруднених територіях, та діти, що зазнали опромінення щитовидної залози радіонуклідами йоду [4].

На сьогодні дози опромінення різних контингентів осіб, що зазнали та зазнають опромінення внаслідок аварії на ЧАЕС оцінено досить точно та надійно [11, 12].

Так, середні дози опромінення критичної групи ліквідаторів (осіб, які брали участь у ліквідації аварії

Комісова Т. Є., Гончаренко М. С., Сліпцова Н. А. протягом 1986-87 рр.) оцінюються на рівні 160 мЗв при логарифмічно нормальному розподілі індивідуальних доз опромінення. У наступні роки дози опромінення "ліквідаторів", як правило, не перевищували межу дози, встановленої для персоналу (50 мЗв).

Серед осіб, евакуйованих із м. Прип'ять, 98,58 % населення отримало до моменту евакуації дозу зовнішнього опромінення, меншу 0,05 Гр, а дозовий поріг виникнення нестохастичних ефектів – 0,5 Гр не було перевищено. Що стосується жителів 30-км зони, то в дозовому інтервалі від 0 до 0,05 Гр знаходиться 86,17 % евакуйованих, і лише декілька сотих відсотка населення могли отримати дозу, що перевищувала 0,5 Гр. Дози внутрішнього (переважно – інгаляційного шляху надходження радіонуклідів) опромінення в цілому оцінено на рівні доз зовнішнього опромінення, і лише в окремих випадках, коли евакуацію було проведено, через 10-15 днів після аварії ці дози можуть в 2-4 рази перевищувати дози зовнішнього опромінення.

Дози опромінення населення в результаті аварії на ЧАЕС значно різняться по територіях, що зазнали забруднення [4, 5, 6] але скрізь найбільші індивідуальні дози опромінення були отримані в ранній післяаварійний період (у перші місяці протягом року після аварії).

Розраховано, що більше 40 % чорнобильської "дози за життя", тобто дози, що має отримати населення радіоактивно забруднених територій України протягом 70 років після аварії, було отримано протягом першого після аварії року, а протягом наступних 10 років було отримано близько 70%, дози за життя".

У той же час не варто забувати про те, що на територіях де дозові навантаження і на сьогодні залишаються порівняно високими, залишається необхідність в застосуванні певних профілактичних заходів. Так, відомо, що більше ніж 90 % дози формується на сьогодні за рахунок внутрішнього опромінення внаслідок споживання продуктів харчування місцевого виробництва (молока, картоплі, м'яса), а в лісистій місцевості – переважна частина дози формується за рахунок споживання лісових грибів та ягід [9, 10]. Отже, в таких місцевостях не слід зневажати простими рекомендаціями щодо кулінарної обробки продуктів харчування, особливо грибів. Слід зважити, чи варто взагалі включати гриби до раціону, особливо дітей.

Висновки і перспективи.

Таким чином, підсумовуючи викладене, можна зазначити, що сучасну радіоекологічну ситуацію в Україні характеризує, принаймні, три головні особливості:

1. Рівні опромінення значної частини населення України техногенно-підсиленими джерелами

Комісова Т. Є., Гончаренко М. С., Сліпцова Н. А. природного походження, зокрема радоном, у повітрі житлових приміщень є вдвічі-втричі вищими, ніж у середньому у світі. Це зумовлено певними геологічними характеристиками територій.

2. Значна частина населення України зазнала і зазнає додаткового опромінення внаслідок аварії на ЧАЕС. І хоча більшу частину дози опромінення вже отримано і на більшості постраждалих територій чорнобильське опромінення вже стало несуттєвим, можливі медичні наслідки цього опромінення є предметом масштабних досліджень, які все ще далекі від отримання остаточних висновків.

Список використаних джерел

1. Sources and effects of ionizing radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic

Radiation UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly with Scientific Annexes). United Nations. New York: p. 922.

2. Sources and effects of ionizing radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly with Scientific Annexes). United Nations. New York: (I): Sources. p. 654.

3. Загальнодозиметрична паспортизація населених пунктів України, які зазнали радіоактивного забруднення після Чорнобильської аварії. Узагальнені дані за 2001-2004 рр. ЗБІРКА 10: МОЗ України. Київ. стор. 62.

4. Ліхтаров І.А., Ковган Л.М. (2001). Нові досягнення у філософії радіологічного захисту та Чорнобильського досвіду. Радіаційна безпека в Україні: Бюлетень НКРЗУ: (Т. 1-4). С. 86-97.

5. Лось І.П., Войцехович О.В., Шепелевич К.І. (2001) Радіація і вода:

3. Україна володіє досить потужними радіаційно-ядерними технологіями. Це і видобуток уранових руд, і виробництво електричної енергії на атомних станціях, і утилізація радіоактивних відходів. І хоча, як зазначалось, у режимі нормальної експлуатації індустриальні джерела не створюють значимих рівнів опромінення населення, потенційна небезпека опромінення внаслідок аварій існує. Тому забезпечення радіаційної безпеки і протирадіаційного захисту є актуальною і має бути пріоритетом при застосуванні джерел іонізуючого випромінювання на практиці.

Досвід забезпечення радіологічного захисту в управлінні якістю води після аварії на Чорнобильській АЕС. Київ: Науковий центр радіаційної медицини АМН України, Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут: с. 104.

6. Бузунова В.А., Ліхтарова І.А. (1999) Медичні наслідки аварії на Чорнобильській атомній станції. Київ. «МЕДЕКОЛ» МНИЦББО-ЕКОС: №1 315 с.

7. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97); Державні гігієнічні нормативи. Київ. Відділ поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України: с. 121.

8. Ковальський В.П. Мороз Д.В., Євтеєва В.В. Радіоактивність будівельних матеріалів. Прикладні науковотехнічні дослідження: матеріали III міжнародної науково-практичної конференції (м. Івано-Франківськ 3-5 квітня 2019 р.). Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2019. С. 162-170.

9. Науменко А.С., Макаруч О.В., Костенко О.В. Радіологічний стан сільськогосподарських угідь українського

Комісова Т. Є., Гончаренко М. С., Сліпцова Н. А. полісся. Агроекологічний журнал. 2016. Т. 1, № 1. С. 107–111.

10. Хоменко І.М., Поліщук С.В. Оцінка впливу споживання продуктів харчування місцевого виробництва на формування дози внутрішнього опромінення у віддалений період після Чорнобильської катастрофи. Довкілля та здоров'я. 2014. № 2. С. 57–61.

11. Тридцять років Чорнобильської катастрофи: радіологічні та медичні наслідки: Національна доповідь України. Київ, 2016. 177 с.

12. Прістер Б.С. та ін. Проблеми безпеки атомної енергетики. Уроки Чорнобиля: монографія. Чорнобиль: Інст проблем безпеки АЕС. 2016. 355 с.

13. Готовність і реагування в випадку ядерної чи радіологічної аварійної ситуації. Норми безпеки МАГАТЕ: STI/PUB/1708. Відень, 2016. 160 с.

14. Поярков В. Основні знання про ядерну небезпеку: уроки Чорнобиля і Фукусіми. Дата публікації: 06 березня 2017 р. URL: <http://dazv.gov.ua/noviniqtaqmedia/periodichniqvidannyaq/dazv/osnovniqznannyaqproqyadernojiqnebezpekiqurokiqchornobilyaqiq/fukusimiqviktorkpoyarkov.html>.

15. Павленко Т.О., Аксьонов М.В., Шабуніна Н.Д. та ін. Оцінка вмісту природних радіонуклідів в індустріальних залишках підприємств. Довкілля та здоров'я. 2015. № 1. С. 21–24

16. ICRP Publication. Recommendation of the International Commission on Radiobiological Protection. (Рекомендація Міжнародної Комісія з радіобіологічного захисту) Ann. ICRP. 2007. Vol. 37 (2-4).

17. Про захист людини від впливу іонізуючих випромінювань: Закон України від 14.01.1998 р. № 5/98ВР. Дата оновлення 29.09.2013. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/15/98%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 29.06.2018).

18. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку: Закон України від 8.02.1995 р. №39/95вр. Дата оновлення 18.12.2017. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/39/95%D>

0%D1%80/page (да та звернення: 29.06.2018).

19. Чорнобиль. Документи Оперативної групи ЦК КПУ (1986–1988) / упоряд. О.В.Бажан, О.Г. Бажан, Г.В. Боряк, С.І. Власенко. Київ: Інст історії України НАН України, Центральний державний архів громадських об'єднань України, 2017. 830 с.

20. Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи: Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791%D0%B0q12#Text>.

21. Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи. Національна доповідь України. Київ: КІМ. 2011. 356 с.

22. Ткаченко М.М., Любарєць Т.Ф. Генетичні наслідки віддалених стохастичних ефектів іонізуючого випромінювання. Фізіологічний журнал. 2012 researchgate.net

23. Вікторова Є.М., Ковальський В.П. Джерела природного іонізуючого випромінювання. 2021 - ir.lib.vntu.edu.ua

24. Ткаченко Р.Д. Еколого-біологічні аспекти впливу іонізуючого випромінювання на людину. 2012 repository.kpi.kharkov.ua

References

1. Sources and effects of ionizing radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly with Scientific Annexes). United Nations. New York: p. 922.

2. Sources and effects of ionizing radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly with Scientific Annexes). United Nations. New York: (I): Sources. p. 654.

3. Zahalnodozymetrychna pasportyzatsiia naselenykh punktiv Ukrainy, yaki zaznaly radioaktyvnoho zabrudnennia pislia Chornobylskoi avarii. Uzhahalneni dani za 2001-2004 rr. ZBIRKA 10: MOZ Ukrainy. Kyiv. stor. 62.

4. Likhtarov I.A., Kovhan L.M. (2001). Novi dosiahnennia u filosofii radiolohichnoho zakhystu ta Chornobylskoho dosvidu.

Комісова Т. Є., Гончаренко М. С., Сліпцова Н. А.

Radiatsiina bezpeka v Ukraini: Biuleten NKRZU: (T. 1-4). S. 86-97.

5. Los I.P., Voitsekhovych O.V., Shepelevych K.I. (2001) Radiatsiia i voda: Dosvid zabezpechennia radiolohichnoho zakhystu v upravlinni yakistiu vody pislia avarii na Chornobylskii AES. Kyiv: Naukovyi tsentr radiatsiinoi medytsyny AMN Ukrainy, Ukrainskyi naukovo-doslidnyi hidrometeorolohichnyi instytut: s. 104.

6. Buzunova V.A., Likhtarova I.A. (1999) Medychni naslidky avarii na Chornobylskii atomnii stantsii. Kyiv. «MEDEKOL» MNYTsBO-EKOS: №1 315.

7. Normy radiatsiinoi bezpeky Ukrainy (NRBU-97); Derzhavni hihienichni normatyvy. Kyiv. Viddil polihrafii Ukrainskoho tsentru derzhsanepidnahliadu MOZ Ukrainy: 121.

Zahalnodozymetrychna pasportyzatsiia naselenykh punktiv Ukrainy, yaki zaznaly radioaktyvnogo zabrudnennia pislia Chornobylskoi avarii. Uzahalneni dani za 2001-2004 rr. Zbirka 10: MOZ Ukrainy. Kyiv. 62.

4. Likhtarov I.A., Kovhan L.M. (2001). Novi dosiahnennia u filosofii radiolohichnoho zakhystu ta Chornobylskoho dosvidu. Radiatsiina bezpeka v Ukraini: Biuleten NKRZU: (T. 1-4). S. 86-97.

5. Los I.P., Voitsekhovych O.V., Shepelevych K.I. (2001) Radiatsiia i voda: Dosvid zabezpechennia radiolohichnoho zakhystu v upravlinni yakistiu vody pislia avarii na Chornobylskii AES. Kyiv: Naukovyi tsentr radiatsiinoi medytsyny AMN Ukrainy, Ukrainskyi naukovo-doslidnyi hidrometeorolohichnyi instytut: 104 s.

6. Buzunova V.A., Likhtarova I.A. (1999) Medychni naslidky avarii na Chornobylskii atomnii stantsii. Kyiv. «MEDEKOL» MNYTsBO-EKOS: №.1 315 s.

7. Normy radiatsiinoi bezpeky Ukrainy (NRBU-97); Derzhavni hihienichni normatyvy. Kyiv. Viddil polihrafii Ukrainskoho tsentru derzhsanepidnahliadu MOZ Ukrainy: 121.

8. Kovalskyi V.P. Moroz D.V., Yevteieva V.V. (2019). Radioaktyvnist budivelnykh materialiv. Prykladni naukovotekhnichni doslidzhennia: materialy III mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (m. Ivano-

Frankivsk 3-5 kvitnia 2019 r.). Ivano-Frankivsk: Symfoniia forte, 162-170.

9. Naumenko A.S., Makarchuk O.V., Kostenko O.V. (2016). Radiolohichni stan silskohospodarskykh uhid ukrainskoho polissia. Ahroekolohichni zhurnal. 1(1). P. 107–111.

10. Khomenko I.M., Polishchuk S.V. (2014). Otsinka vplyvu spozhyvannia produktiv kharchuvannia mistsevoho vyrobnytstva na formuvannia dozy vnutrishnoho oprominennia u viddalenyi period pislia Chornobylskoi katastrofy. Dovkillia ta zdorovia. 2. P. 57–61.

11. (2016). Trydtsiat rokiv Chornobylskoi katastrofy: radiolohichni ta medychni naslidky: Natsionalna dopovid Ukrainy. Kyiv, 177.

12. Prister B.S. ta in. (2016). Problemy bezpeky atomnoi enerhetyky. Uroky Chornobylia: monohrafiia. Chornobyl: Int problem bezpeky AES. 355.

13. Hotovnist i reahuvannia v vypadku yadernoi chy radiolohichnoi avariinoi situatsii. Normy bezpeky MAHATE: STI/PUB/1708. Viden, 2016. 160 s.

14. Poiarkov V. Osnovni znannia pro yadernu nebezpeku: uroky Chornobylia i Fukusimy. Data publikatsii: 06 bereznia 2017 r. URL: <http://dazv.gov.ua/noviniqtaqmedia/peri odichniqvidannyaq dazv/osnovniqznannyaqproqyadernojiqnebezp ekiqurokiqchornobilyaqiq fukusimiqviktorgpoyarkov.html>.

15. Pavlenko T.O., Aksonov M.V., Shabunina N.D. ta in. (2015). Otsinka vmistu pryrodnykh radionuklidiv v industrialnykh zalyshkakh pidpriemstv. Dovkillia ta zdorovia. № 1. S. 21-24

16. (2007). ICRP Publication. Recommendation of the International Commission on Radiobiological Protection. (Rekomendatsiia Mizhnarodnoi Komisiia z radiobiolohichnoho zakhystu) Ann. ICRP. Vol. 37 (2-4).

17. Pro zakhyst liudyny vid vplyvu ionizuiuchykh vyprominiuvan: Zakon Ukrainy vid 14.01.1998 r. № 5/98VR. Data onovlennia 29.09.2013.

URL:<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/15/98%D0%B2%D1%80> (data zvernennia: 29.06.2018).

Комісова Т. Є., Гончаренко М. С., Сліпцова Н. А.

18. Pro vykorystannia yadernoi enerhii ta radiatsiinu bezpeku: Zakon Ukrainy vid 8.02.1995 r. №39/95vr. Data onovlennia 18.12.2017. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/39/95%D0%B2%D1%80/page> (da ta zvernennia: 29.06.2018).

19. (2017). Chornobyl. Dokumenty Operativnoi hrupy TsK KPU (1986–1988) / uporiad. O.V.Bazhan, O.H. Bazhan, H.V. Boriak, S.I. Vlasenko. Kyiv: Int istorii Ukrainy NAN Ukrainy, Tsentralnyi derzhavnyi arkhiv hromadskykh obiednan Ukrainy, 830.

20. Pro pravovyi rezhym terytorii, shcho zazнала radioaktyvnoho zabrunennia vnaslidok Chornobylskoi katastrofy: Zakon Ukrainy.

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791%D0%B0q12#Text>.

21. (2011). Dvadtsiat piat rokiv Chornobylskoi katastrofy. Natsionalna dopovid Ukrainy. Kyiv: KIM. 356 s.

22. Tkachenko M.M., Liubarets T.F. (2012). Henetychni naslidky viddalenykh stokhastychnykh efektiv ionizuiuchoho vyprominiuvannia. Fiziologichnyi zhurnal. researchgate.net

23. Viktorova Ye.M., Kovalskyi V.P. (2021). Dzherela pryrodnoho ionizuiuchoho vyprominiuvannia. ir.lib.vntu.edu.ua

24. Tkachenko R.D. (2012). Ekoloho-biologichni aspekty vplyvu ionizuiuchoho vyprominiuvannia na liudynu. repository.kpi.kharkov.ua

MAIN SOURCES OF IONIZING RADIATION AND ITS IMPACT ON THE POPULATION

T. Komisova, M. Honcharenko, N. Sliptsova

Abstract. All sources of ionizing radiation (IR) of human exposure are divided into natural and industrial. Natural sources of radiation are the main sources of human exposure. They include cosmic rays and radiation from natural radionuclides contained in the Earth's crust and atmosphere. Among radionuclides of natural origin, potassium-40 and radionuclides arising from the decay of natural radioactive uranium-238 and thorium-232 are the most important. Potassium, uranium, and thorium present in the earth crust, when disintegrating, become sources of radiation and form the background external radiation of a person, and entering the body with air, water, and food - internal background radiation. The situation in Ukraine is typical for most countries of the world, although the levels of population exposure from natural sources are somewhat higher than the world average. Industrial sources include sources of both natural origin and those created by man, if they are purposefully used in industrial, scientific, medical and other spheres of human activity with the aim of obtaining a certain benefit. Human exposure to industrial sources can occur in production conditions (professional exposure of workers) and in the living environment. Under normal operating conditions, artificial radiation sources are fully controllable, and exposure from them is predictable. Among all industrial sources of radiation of the planet population, X-ray diagnostic procedures rank first in terms of dose. A special place is occupied by the exposure of the population and personnel as a result of radiation accidents. Dozens of radiation accidents occur every year in the world, accompanied by the exposure of a small number of people. In some cases, individual radiation doses exceeded several Sieverts and even led to the death of people. The worst radiation accident in terms of the number of people exposed to accidental radiation is Chernobyl. The levels of exposure of a significant part of the population of Ukraine by man-made and enhanced sources of natural origin are

Комісова Т. Є., Гончаренко М. С., Сліпцова Н. А.

determined by certain geological characteristics of the territories. Ensuring radiation safety and anti-radiation protection should be a priority when using sources of ionizing radiation in practice.

Key words: *ionizing radiation, natural radionuclides, uranium, thorium*