

20. Zhang S.J. Adsorption kinetics of aromatic compounds on carbon nanotubes and activated carbons / S.J. Zhang, T. Shao, H.S. Kose [et al.] // *Env. Toxic. Chem.* – 2012. – Vol. 31, №1. – P. 79-85.
21. Gupta V.K. Synthesis of Carbon Nanotube-Metal Oxides Composites; Adsorption and Photodegradation / V.K. Gupta, T.A. Saleh // *Carbon Nanotubes - From Research to Applications*, Dr. Stefano Bianco (Ed.): InTech, 2011. – P. 295-312. – 358 p. ISBN 978-953-307-500-6.
22. Rao G.P. Sorption of divalent metal ions from aqueous solution by carbon nanotubes: A review / G.P. Rao, C. Lu, F.S. Su // *Separ. Purific. Technol.* – 2007. – Vol. 58, №1. – P. 224-231.
23. Cho H.H. Sorption of aqueous Zn[II] and Cd[II] by multiwall carbon nanotubes: The relative roles of oxygen-containing functional groups and graphenic carbon / H.H. Cho, K. Wepasnick, B.A. Smith [et al.] // *Langmuir*. – 2010. – Vol. 26, №2. – 967-981.
24. Rosenzweig S. Effect of acid and alcohol network forces within functionalized multiwall carbon nanotubes bundles on adsorption of copper(II) species / S. Rosenzweig, G.A. Sorial, E. Sahle-Demessie [et al.] // *Chemosphere*. – 2013. – Vol. 90, №2. – P. 395-402.
25. Srivastava S. Sorption of divalent metal ions from aqueous solution by oxidized carbon nanotubes and nanocages: A review / S. Srivastava // *Adv. Mat. Lett.* – 2013. – Vol. 4, №1. – P. 2-8.
26. Upadhyayula V.K.K. Application of carbon nanotube technology for removal of contaminants in drinking water: A review / V.K.K. Upadhyayula, Sh. Deng, M.C. Mitchell [et al.] // *Sci. Total Environ.* – 2009. – Vol. 408. – P. 1-13.
27. Upadhyayula V.K.K. Adsorption of *Bacillus subtilis* on single walled carbon nanotube aggregates, activated carbon and nanoceramTM / V.K.K. Upadhyayula, S. Deng, G.B. Smith [et al.] // *Water Res.* – 2009. – Vol. 43, №. P.1-9.
28. Ounaies Z. Electrical properties of single walled carbon nanotube reinforced polyimide composites / Z. Ounaies, C. Park, K.E. Wise [et al.] // *Compos. Sci. Technol.* – 2003. – Vol. 63. – P. 1637-1647.
29. Suzuki M. Applications of fiber adsorbents in water treatment / M. Suzuki // *Wat. Sci. Technol.* – 1991. – Vol. 23. – P. 1649-1658.

ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО

УДК 621.039.58:502/504

ОЦІНКА РИЗИКІВ РАДІОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ФУКУСІМСЬКОЇ КАТАСТРОФИ

Козлов І.І.

Одеський національний політехнічний університет
пр. Шевченка, 1, 65044, м.Одеса
i.i.kozlov@yandex.ua

Обґрунтовано необхідність після аварії на АЕС Fukushima, - Daiichi повернутися до необхідності переоцінки ризиків потенційно важких і довгострокових радіологічних наслідків масштабних катастрофічних подій. Представлено результати аналізу дій японської сторони і міжнародних організацій щодо пом'якшення і ліквідації наслідків цієї. Узагальнено оцінки радіаційних ризиків захворюваності серед ліквідаторів і населення на підставі моделей прогнозування міжнародною комісією з радіаційного захисту (МКРЗ) оцінки радіаційних ризиків з урахуванням даних по Чорнобильській АЕС. Спрогнозовано оцінки можливих віддалених радіологічних наслідків аварії на АЕС Fukushima - Daiichi. Одержані оцінки носять попередній характер і передбачають проведення подальшого моніторингу і аналізу розв'язання питань екологічної безпеки і усунення наслідків будь-яких аварій на АЕС. **Ключові слова:** аварія на АЕС Fukushima - Daiichi; Чорнобильська аварія, оцінка радіаційних ризиків, прогноз радіологічних наслідків.

Оценка рисков радиологических последствий Фукусимской катастрофы. Козлов И.И. Обоснована необходимость после аварии на АЭС Fukushima, - Daiichi вернуться к необходимости переоценки рисков потенциально тяжелых и долгосрочных радиологических последствий масштабных катастрофических событий. Представлены результаты анализа действий японской стороны и международных организаций по смягчению и ликвидации последствий этой. Обзор оценки радиационных рисков заболеваемости среди ликвидаторов и населения на основании моделей прогнозирования международной комиссией по радиационной защите (МКРЗ) оценки радиационных рисков с учетом данных по Чернобыльской АЭС. Спрогнозировано оценки возможных отдаленных радиологических последствий аварии на АЭС Fukushima - Daiichi. Полученные оценки носят предварительный характер и предусматривают проведение дальнейшего мониторинга и анализа решения вопросов экологической безопасности и устранения последствий любых аварий на АЭС. **Ключевые слова:** авария на АЭС Fukushima-Daiichi; Чернобыльская авария, оценка радиационных рисков, прогноз радиологических последствий.

Assessment of risks of radiological consequences of the Fukushima accident. Kozlov I. The necessity of following the accident at the nuclear power plant Fukushima, - Daiichi need to return to the reevaluation of risk of potentially severe and long-term radiological consequences of major catastrophic events. The results of analysis of actions of the Japanese side and international

organizations to mitigate and eliminate the consequences of this. Overview assess radiation risks of morbidity among liquidators and population forecasting models based International Commission on Radiological Protection (ICRP) estimates of radiation risks on the basis of data on Chernobyl. Remote predicted score possible radiological consequences of the accident at the nuclear power plant Fukushima - Daiichi. The resulting estimates are preliminary in nature and provide for further monitoring and analysis solution for ecological security and elimination of consequences of any accidents at nuclear power plants. **Keywords:** accident on the NPP Fukushima-Daiichi; Chernobyl accident, assessment of radiation risks, forecast of radiological consequences.

Більш ніж напіввіковий досвід розвитку світової атомної енергетики і експлуатації ядерних енергетичних установок (ЯЕУ) визначив ряд серйозних проблем, пов'язаних з важкими аваріями.

Важкі аварії (з неприпустимим ушкодженням ядерного палива) є наслідком позапроектних аварій з непередбаченими технічним проектом атомних станцій вихідними аварійними подіями і/або помилковими діями персоналу при управлінні аварійними процесами/відмовами систем, що забезпечують виконання необхідних (критичних) функцій безпеки.

У 1979 році сталася важка аварія на АЕС Три-Майл-Айленд, а в 1986 році - масштабна катастрофа на Чорнобильській АЕС, яка, окрім безпосередніх наслідків, серйозно відбилася на усій ядерній енергетиці в цілому. Вона змусила фахівців усього світу переоцінити проблему безпеки АЕС і замислитися про необхідність міжнародної співпраці в цілях підвищення безпеки АЕС.

Остання велика аварія на АЕС сталася у березні 2011 року в Японії, в префектурі Фукусима. Аварія на АЕС Fukushima - Daiichi сталася в результаті сильного землетрусу і цунамі, що послідували за ним.

Минуло понад трих років після аварії, впродовж яких світова ядерна спільнота активно займалася дослі-

дженням причин, наслідків і уроків великої аварії на АЕС Fukushima - Daiichi.

Питання аналізу головних причин, що призвели до важкої аварії на АЕС Fukushima - Daiichi, і наслідків радіаційного впливу на екологію довкілля знайшли своє відображення в роботах [1-4]. З перших днів аварії фахівці електроенергетичної компанії Tokyo Electric Power Company (TEPCO), управління по ядерній і промисловій безпеці (NISA), Токійського центру БАО АЕС, Міністерства охорони здоров'я, праці і соціального забезпечення Японії, а також експерти з МАГАТЕ почали контролювати рівні радіації біля АЕС Fukushima - Daiichi.

За даними TEPCO [3], максимальні потужності дози опромінення поза енергоблоками виявлені в період з 15 по 17 березня: локальні за часом спалахи від 3000 мкЗв/год 15 березня і більше 10000 мкЗв/год 16 березня, а також підвищені рівні потужності доз в окремих районах поблизу промайданчика після 19 березня - до 5000 мкЗв/год. Усього, за оцінками TEPCO, за один місяць, що минув після аварії (до 13 квітня 2011 р.) об'єм викиду в довкілля радіоактивного йоду-131 склав 10^5 ТБк, а цезію-137 - 10^4 ТБк. Ці дані співпадають з оцінками NISA. Крім того, на АЕС Fukushima - Daiichi накопичилося понад 105 тис. тон води, в якій вміст ра-

діонуклідів наблизився до 720 тис. ТБк.

Для порівняння: під час аварії на Чорнобильській АЕС сумарна активність речовин, що викинуті у довкілля, становила, за різними оцінками, до $14 \cdot 10^6$ ТБк, у тому числі $1,8 \cdot 10^6$ ТБк йоду-131, $0,085 \cdot 10^6$ ТБк цезію-137, $0,01 \cdot 10^6$ ТБк стронцію-90, $0,003 \cdot 10^6$ ТБк ізотопів плутонію.

Наведені дані свідчать про те, що аварія на АЕС Fukushima - Daiichi за своїми радіаційними наслідками не набагато відстає від чорнобильської: загальний об'єм радіаційного викиду з АЕС Fukushima - Daiichi за попередніми оцінками складає близько 15% від викиду Чорнобильської аварії за той же проміжок часу. За міжнародною шкалою INES, об'єднані в загальну подію, аварії на блоках № 1-4 АЕС Fukushima - Daiichi були кваліфіковані аналогічно Чорнобильській АЕС 7-м рівнем - "велика аварія".

У ситуації, що склалася внаслідок аварії на АЕС Fukushima - Daiichi дуже своєчасними виявилися заходи щодо зм'якшення і ліквідації наслідків аварії для екологічної безпеки і захисту населення. Серед них можна виділити такі:

1. У післяаварійний період виконана низка важливих організаційних заходів [2]. Компанія TEPCO - оператор АЕС Fukushima - Daiichi - перейшла під контроль японського уряду після одержання державних інвестицій в розмірі близько 13 млрд. дол. Зокрема, здійснюватиметься державний контроль, за ходом ліквідації наслідків, впритул до демонтажу реакторів, за проведенням дезактивації, виплатами компенсації тощо

Розроблений довгостроковий (на 40 років) багатоступінчастий план дій і заходів ("дорожня карта") щодо зняття з експлуатації аварійних енергоблоків АЕС Fukushima - Daiichi, який здійснюватиметься реорганізованою компанією TEPCO або, в перспективі, спеціалізованою організацією із залученням близько 400 компаній-партнерів.

Узагальнений план "дорожньої карти" наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. План "дорожньої карти"

Етап	Основні цілі етапу	Терміни виконання
0	Стабілізація "холодного" стану пошкодженого ядерного палива і значне зниження радіоактивного фону	$T_0 = 2012$ р.
1	Створення умов для початку видалення відпрацьованого палива зі сховища	$T_0 + 2$ роки
2	Вивезення палива і повна дезактивація усіх блоків; створення умов для видалення коріуму	$T_0 + 10$ років
3	Завершення видалення пошкодженого палива і повне виведення з експлуатації	$T_0 + 40$ років

Аналіз поточного стану промайданчика АЕС Fukushima - Daiichi дозволяє цілком обгрунтовано говорити про закінчення нульового етапу плану "дорожньої карти" вже через рік після великої аварії, в 2012 р. Виконання подальших етапів цілком реалістичне і за матеріально-технічним забезпеченням і термінами їх завершення.

2. Японська влада провела прямий моніторинг людей довкілля для

забезпечення оцінки доз і створила експертну групу для визначення і проведення обстеження здоров'я і оцінки впливу дози на жителів, включаючи тих, що живуть у зоні планової евакуації (Зона NW). Прямий моніторинг індивідуального опромінення і використання результатів моніторингу довели, змогли допомогти в досягненні реалістичної оцінки доз для підвищення довіри населення і визначення індивідуальних медичних програм. Японські інструкції щодо радіаційного захисту відповідають рекомендаціям, затвердженими Міжнародною комісією з радіаційного захисту в публікації ICRP - 60 (1990). Межі дози для працівників встановлені в показниках Ефективної Дози (ED) 100 mSv за 5 років з максимумом 50 mSv за рік, а для жінок 5 mSv за 3 місяці. Для аварійних ситуацій еталонні рівні індивідуальної дози використовуються прийнятніше, ніж межі. Спочатку еталонний рівень індивідуальної дози був встановлений 100 mSv. Після оцінки аварійної ситуації влада вирішила збільшити еталонний рівень для індивідуальної дози до 250 mSv Ефективної Дози для суми зовнішніх і внутрішніх опромінь під час аварійного періоду. Це повинно було дати можливість проводити необхідні дії зм'якшення спільно із захистом працівників. Оператор TEPCO встановив менший еталонний рівень (200 mSv), щоб гарантувати виконання певних завдань.

Встановлені процедури і організаційні заходи для контролю опромінення працівників на АЕС Fukushima - Daiichi і J - Village

представляються ефективними щодо забезпечення високого рівня захисту в контексті екстремальних труднощів (зони серйозного зараження і дуже високі рівні потужності дози).

3. Своєчасними і ефективними виявилися заходи протирадіаційного захисту населення і довкілля, зроблені японською владою:

- евакуація з 20-кілометрової зони (близько 200 тис. осіб) і повна профілактика населення;

- моніторинг заборони приймання питної води, молока, овочів і інших продуктів з 75-кілометрової зони біля станції, а також профілактичні заходи для фермерських господарств щодо захисту тварин від радіонуклідів;

- моніторинг заборони рибної ловлі та іншої господарської діяльності в морі на території в радіусі 40 км від станції;

- у короткі терміни (4 місяці з моменту початку аварії) побудована захисна стіна, що відділяє спорудження станції від моря, відвертання потрапляння радіоактивних продуктів (у тому числі "забрудненої" в процесі аварії охолоджувальної води) в морську акваторію, а також укриття пошкоджених будов.

Проведені раніше заходи та заходи, що проводяться нині, дозволяють суттєво понизити дозу опромінення населення і вірогідність виникнення онкологічних захворювань в майбутньому. Звичайно, нині ще передчасно говорити про об'єктивних кількісних оцінок; проте, виходячи з досвіду і аналізу даних з ліквідації Чорнобильської аварії, можна припустити, що внаслідок розроблених заходів, дозові

навантаження на населення знижені не менше ніж в 4 - 5 разів. Так, вимірювання вмісту радіоактивного йоду в організмі більше 1000 дітей (у віці до 15 років) з префектури Фукусіма, виконані в липні 2011 р., визначили середню дозу опромінення щитовидної залози 0,04 мкЗв/год, а максимальну - 0,1 мкЗв/год (встановлена в Японії норма 0,2 мкЗв/год); а в процесі розвитку аварії в радіусі близько 4 км від АЕС концентрація радіоактивних ізотопів йоду- 131 в три рази і більше перевищувала встановлені норми.

Слід зауважити, що несвоєчасно проведена йодна профілактика, заборона на споживання свіжого молока, молочних продуктів і деяких овочів, а також замовчування аварії, упродовж найбільш вирішальних для здійснення захисних заходів днів призвели до того, що під час Чорнобильської аварії на забруднених територіях у щитовидній залозі дітей і дорослих були сформовані біологічно значимі дози, що призвели до різкого збільшення частоти онкологічних захворювань. У цьому плані можна сказати, що сумний досвід Чорнобильської аварії щодо застосування захисних заходів, для населення Японії значною мірою був врахований.

Для оцінки можливих віддалених радіологічних наслідків Фукусимської аварії необхідно врахувати уроки Чорнобильської аварії і накопичену інформацію в галузі моделювання радіаційних ризиків, дозиметрії, наслідків дії радіації і громадської охорони здоров'я.

За даними ФГБУ МРНЦ Мінздравсоцразвитку Росії, дози опромінення, одержані ліквідаторами і населенням забруднених територій, становили [5]:

- ліквідатори- середня доза зовнішнього опромінення в 1980 р. 170 мЗв, середня доза за увесь період відновних робіт (1986-1990 рр.) - 100 мЗв;

- населення забруднених територій - при щільності забруднення ^{137}Cs менше 185 кБк/м² - 5 мЗв, при щільності більше 185 кБк/м² - 25 мЗв.

Оцінка величини надмірного відносного ризику (Excess Relative Risk) на 1 Гр (ERR/Гр) показала, що величина ERR/Гр була статистично значима на тимчасовому інтервалі перших 10 років після аварії на Чорнобильській АЕС (таблиця.2). Також слід підкреслити, що дозова залежність була виявлена у ліквідаторів, чий вік на момент опромінення перевищував 35 років.

Епідеміологічний аналіз радіаційних ризиків виявлення солідних раків у ліквідаторів (число ліквідаторів - 47141 людина, число виявлених за період спостереження з 1992 по 2008 рр. раків - 1634, середня доза зовнішнього опромінення - 107 мЗв) показав, що в діапазоні доз до 100 мЗв не виявлене підвищення частоти захворюваності солідними раками. Цей висновок відповідає висновками наукового комітету ООН з дії атомної радіації (НКДАР ООН) щодо відсутності радіаційних ризиків при дозах опромінення до 100 мЗв і має велике значення для забезпечення радіаційного захисту персоналу АЕС Fukushima - Daiichi.

Таблиця 2. Радіаційні ризики захворювання лейкозом серед ліквідаторів

Показник	Число випадків	Число людино-років	ERR/Гр	90% довірчий інтервал	P – value Статистична значимість результату
Усі випадки	111	1379580	0,44	-1,68; 2,56	>0,5
Період спостереження (p = 0,05)					
1986-1997	51	808018	4,98	0,59; 14,47	0,04
1998-2007	60	571562	-1,64	-2,55; 0,57	0,2
Вік при опроміненні, роки (p<0,001)					
[18-35]	50	631767	-1,56	-2,34; 0,88	0,25
[35-65]	61	747813	4,76	0,30 ; 11,65	0,05

Слід також підкреслити, що в діапазоні доз опромінення щитоподібної залози до 100 мЗв не отриманий статистично значимий відносний ризик захворюваності раком щитоподібної залози. Ці дозові межі також важливі для оптимізації радіаційного захисту дитячого населення після аварії на АЕС Fukushima - Daiichi.

Прогноз радіологічних наслідків аварії на АЕС Fukushima-daiichi проводився за математичними моделями згідно з Рекомендаціями Міжнародної комісії з радіаційного захисту (МКРЗ) від 2007 року (103 Публікація) [6]. Для аналізу адекватності цих моделей було проведено порівняння радіаційно-обумовленої захворюваності раком щитоподібної залози після аварії на Чорнобильській АЕС (фактичні дані НРЕР) і результати, отримані по моделі МКРЗ. Значення етіологічної долі за фактичними чорнобильськими даними (44,4%) і оцінка по моделі МКРЗ (35,9) знаходяться в задовільному рівні узгодженості [5].

Процедура прогнозування радіаційно-індукованої захворюваності наслідків аварії на АЕС Fukushima - Daiichi базується на

даних про чисельність і половікову структуру популяції, що піддалася радіаційному впливу, а також щодо дози цієї дії. Розраховувався довічний атрибутивний ризик, тобто вірогідність радіаційно-індукованого захворювання впродовж майбутнього життя. Для цього використовувалася комбінація моделей абсолютного і відносного ризику, дані щодо спонтанного захворювання, функція "дожиття". Дві останні характеристики істотно залежать від популяції.

Функція "дожиття" - це вірогідність, що людина, яка народилася (вік - 0 років), доживе до деякого віку. Для чоловіків ця вірогідність майже завжди менша, ніж для жінок. Функції "дожиття" можуть значно розрізнятися для різних популяцій. Наприклад, вірогідність того, що японський чоловік доживе до 81 року, рівна 0,5. Іншими словами, половина японських чоловіків доживе до цього віку. В Україні половина чоловіків доживає тільки до 64 років.

Дані про спонтанну онкологічну захворюваність жителів Японії були отримані з сайту National Cancer Center [5]. Захворюваність солідними

раками в Японії має яскраво виражений гендерний характер, особливо в старших вікових групах.

Математичні моделі радіаційного ризику, дані про спонтанну захворюваність і функцію "дожиття" дозволяють розрахувати коефіцієнти довічного атрибутивного ризику. Ці коефіцієнти залежать від статі і віку при опроміненні. Наприклад, якщо японський хлопчик у віці 1 року отримає дозу опромінення 10 мЗв, то вірогідність, що він впродовж майбутнього життя захворіє радіаційно-індукованим солідним раком, складає 150/10000 = 1,5%. Для японських жінок коефіцієнти довічного атрибутивного ризику приблизно в 1,5 разу більше, ніж для

чоловіків.

Рівні (دوزи) радіаційної дії являються найважливішою складовою даних, необхідних для коректного прогнозу. Оцінку річних доз зовнішнього опромінення надрукувало на своєму вебсайті японське Міністерство освіти, культури, спорту, науки і технологій (MEXT).

Отримані, з урахуванням даних MEXT та Інституту радіаційного захисту і ядерної безпеки (IRSN), прогнозовані оцінки радіологічних наслідків аварії на АЕС Fukushima - Daiichi на основі моделей МКРЗ дають такі результати (таблиця. 3) [5].

Таблиця 3. Прогноз радіаційно-індукованої захворюваності солідними раками серед населення, що мешкає на забруднених територіях (виключаючи 20-кілометрову зону)

Річна доза зовнішнього опромінення, мЗв	5-10	10-15	16-50	50-100	100-500
Населення, люд.	292000	43000	21100	3100	2200
Кількість радіаційно-індукованих солідних раків	150	39	48	16	45
Етіологічна доля, %	0,2	0,3	0,7	1,5	5,6

На територіях, де річна доза опромінення складе 5 - 10 мЗв, можна чекати 150 додаткових випадків солідних раків. Етіологічна доля радіаційно-індукованих солідних раків складе 0,2%. Найвища етіологічна доля - 5,6% - буде в найбільш забрудненій області.

Висновки

Уроки і досвід подолання катастрофічних екологічних наслідків Чорнобильської аварії значною мірою був врахований при ліквідації наслідків аварії на АЕС Fukushima -

Daiichi. Своєчасні і ефективні заходи радіаційного захисту населення і довкілля, зроблені японською владою, дозволили істотно понизити дозові навантаження на населення (не менше чим в 4 - 5 разів) і вірогідність виникнення онкологічних захворювань у майбутньому.

Аналіз накопиченої після аварії на ЧАЕС інформації в області дозиметрії і медичних наслідків дії радіації на населення забруднених територій і ліквідаторів показав передбачувану межу дози опромінення, за якою не одержаний статистично значимий ві-

дносний ризик спонтанних онкологічних захворювань.

Показано, що високий рівень верифікації математичних моделей прогнозу радіаційного ризику згідно з Рекомендаціями МКРЗ (103 Публікація) з урахуванням даних наслідків аварії на ЧАЕС, дозволяє провести на їх основі прогнозні

оцінки можливих віддалених радіологічних наслідків аварії на АЕС Fukushima - Daiichi.

Наведені оцінки ризиків радіологічних наслідків аварії на АЕС Fukushima - Daiichi носять попередній характер з огляду на неповноту основних дозиметричних і демографічних даних.

Література

1. Скалозубов В.И., Ключников А.А., Ващенко В.Н. Яровой С.С. Анализ причин и последствий аварии на АЭС Fukushima как фактор предотвращения тяжелых аварий в корпусных реакторах // НАН Украины, ИПБ АЭС НАНУ.- Чернобыль – 2012 г. – 280 с.
2. The Overview of OECD/NEA Benchmark Study of the Accident at the Fukushima-Daiichi Nuclear Power Station (BSAF) Project/Masanori Naiton, Fu the Fukushima-Daiichi Nuclear mihisa Nagase, Andrew Whites – The Institute of Applied Energy (JA), Japan Atomic Energy Agency (JAEA), OECD/NEA -6th European meeting on Severe Accident Research (ERMSAR - 2013). Avignon (France), Palats des Papes.- 2-4 October, 2013.
3. Авария на АЭС «Фукусима-1»: оперативный прогноз и оценка радиационных и радиологических последствий// Р. В. Арутюнян, О. А. Павловский, С. В. Панченко, С. Н. Красноперов, Е. Л. Серебряков // Труды ИБРАЭ РАН. Авария на АЭС «Фукусима-1»: опыт реагирования и уроки.- Вып.13. – 2013 г. – С.15-67.
4. Повышение экологической безопасности атомной энергетики Украины в постфукусимский период: монография / В.И. Скалозубов, В.Н. Ващенко, Т.В. Габлая, А.А. Гудима, Т.В. Герасименко, И.Л. Козлов; под ред. В.И. Скалозубова; НАН Украины, ИПБ АЭС НАНУ. – К.: «А.С.К.», 2013. -128 с.
5. Иванов В.К., Кашеев В.В., Чекин С.Ю. и др. Уроки Чернобыля и Фукусима: прогноз радиологических последствий. // Радиация и риск. -2011.- Т. 20.- № 3.- С. 6-15.
6. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 103 // Annals of the ICRP. 2007. V. 37 (2-4). Elsevier, 2007.

УДК 615.47:658.588.8 (045)

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БІОМЕДИЧНОЇ АПАРАТУРИ ЗА ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ

Кучеренко В.Л.

Національний авіаційний університет
просп. Космонавта Комарова, 1, 03680м. Київ
bikam_nau@mail.ru

Показано вплив іонізуючого випромінювання на навколишнє середовище. Проведено аналіз існуючої стратегії ремонту біомедичної апаратури. Визначено фактори, які впливають на рівень якості технологічного процесу ремонту біомедичної апаратури. Показано шляхи вдосконалення існуючої системи ремонту біомедичної апаратури. Для забезпечення необхідного рівня якості технологічного процесу ремонту біомедичної апаратури запропоновано структуру перспективної системи ремонту за фактичним технічним станом. **Ключові слова:** іонізуюче рентгенівське випромінювання, екологічна безпека, рівень якості, технічний стан, технологічний процес ремонту, експлуатація, біомедична апаратура.

Экологические аспекты эксплуатации биомедицинской аппаратуры по техническому состоянию. Кучеренко В.Л. Показано влияние ионизирующего излучения на окружающую среду. Проведен анализ существующей стратегии ремонта биомедицинской аппаратуры. Определены факторы, которые влияют на уровень качества технологического процесса ремонта биомедицинской аппаратуры. Показаны пути совершенствования существующей системы ремонта биомедицинской аппаратуры. Для обеспечения необходимого уровня качества технологического процесса ремонта биомедицинской аппаратуры предложена структура перспективной системы ремонта по фактическому техническому состоянию. **Ключевые слова:** ионизирующее рентгеновское излучение, экологическая безопасность, уровень качества, техническое состояние, технологический процесс ремонта, эксплуатация, биомедицинская аппаратура.

Ecological aspects of exploitation of biomedical apparatus after the technical state. Kucherenko V.L. Influence of ionizing radiation is shown on an environment. The analysis of existent strategy of repair of biomedical apparatus is conducted. Factors that influence on the level of quality of technological process of repair of biomedical apparatus are certain. The ways of perfection of the existent system of repair of biomedical apparatus are shown. For providing of necessary level of quality of technological process of repair of biomedical apparatus the structure of the perspective system of repair offers after the actual technical state. **Keywords:** the ionizing x-rayed radiation, ecological safety, level of quality, technical state, technological process of repair, exploitation, biomedical apparatus.

Сучасні досягнення науки і техніки в біомедикотехнічній галузі додали до природних електромагнітних полів новий екологічний фактор. Проблема взаємодії людини і електромагнітних випромінювань є актуальною. Постійно збільшується чисельність людей, які контактують з

надмірними рівнями енергії електромагнітних полів, одночасно збільшується захворюваність населення, яке проживає в зоні розповсюдження радіохвиль. Розвиток телекомунікаційних технологій, біомедичної апаратури для лікування та діагностики, доплерівських систем вимірювання