

УДК: 616-01/-099+616.441-008.63+614.876

Д. Є. Афанасьєв✉, О. В. Камінський, О. В. Копилова, І. Г. Чикалова, І. М. Муравйова,
К. О. Ваколюк, О. В. Пронін, О. О. Самойлов, Т. О. Белінгіо, О. В. Тепла, Л. В. Рожківська,
І. В. Улянченко, К. В. Грищенко, Л. О. Цвет, Н. С. Домбровська

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

МЕДИЧНА ДОПОМОГА ДИТЯЧОМУ НАСЕЛЕННЮ ПРИ РАДІАЦІЙНИХ ПОДІЯХ НА ПЕРШИХ ЕТАПАХ

Метою статті є аналіз даних наукової літератури та наявних рекомендацій щодо надання працівниками охорони здоров'я допомоги дитячому населенню при подіях, які пов'язані з ризиком радіаційного впливу. За останні шістдесят років відбулося кілька масштабних радіаційних подій, у ході яких постраждала велика кількість дитячого населення – атомні бомбардування японських міст Хіросіма і Нагасакі, аварія на Чорнобильській атомній електростанції, опромінення джерелом ^{137}Cs , неутілізованим при закритті госпіталю у Бразилії тощо. Проведені відповідні дослідження зробили очевидними незрівнянно більш значні ураження і порушення стану здоров'я дітей, порівняно з іншими групами населення, в усіх тих випадках. У свою чергу, аналіз обставин і особливостей кількох позаштатних ситуацій або інцидентів на підприємствах атомної промисловості за кілька десятиліть показав високу імовірність надходження при цьому радіоактивних матеріалів у навколишнє середовище. Особливої уваги заслуговує серйозно оцінювана в останні роки небезпека тероризму з використанням джерел іонізуючих випромінювань, внаслідок чого ураження дітей також вважається неминучим.

Ключові слова: іонізуюче випромінювання, опромінення населення, Чорнобильська катастрофа, охорона здоров'я дітей, радіаційна медицина.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2016. Вип. 21. С. 21–44.

D. E. Afanasyev✉, O. V. Kaminskyi, O. V. Kopylova, I. G. Chikalova, I. M. Muraveva,
K. O. Vakoluk, O. V. Pronin, O. O. Samoylov, T. O. Belingio, O. V. Tepla, L. V. Rozhkovska,
I. V. Ylyanchenko, K. V. Gryshchenko, L. O. Tsvet, N. S. Dombrovska

State Institution “National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine”, Melnykov str., 53, Kyiv, 04050, Ukraine

Initial healthcare to pediatric population under the radiation events

The **objective** of this paper is to analyze the data from scientific literature and available recommendations for health professionals on healthcare providing to pediatric population in the events associated with risk of radiation exposure. Over the past sixty years there were several large-scale radiological events with a large number of children affected, namely the atomic bombing of Hiroshima and Nagasaki, accident at the Chornobyl nuclear power plant, contact to ^{137}Cs radiation source unutilized at the hospital shutdown in Brazil etc. Further research has crystallized injuries and health disorders in the survived children in all cases being much more significant vs. other populations. Analysis of circumstances and features of a number of emergency situations or incidents in the nuclear industry for several decades has shown a high probability of radioactive materials release into the environment. The danger of terrorism with the use of ionizing radiation sources resulting in a considered inevitable hazard to the children is estimated as serious in recent years and deserves an especial mention here.

Key words: ionizing radiation exposure of the population, the Chornobyl disaster, the health of children, radiation medicine.

Problems of radiation medicine and radiobiology. 2016;21:21-44.

✉ Афанасьєв Дмитро Євгенович, e-mail: otradny@gmail.com

ВСТУП

Надзвичайні ситуації, при яких існує навіть мінімальний ризик радіаційного впливу на населення, повинні негайно супроводжуватися активним і адекватним реагуванням шляхом забезпечення лаконічного і коректного інформування, визначення плану евакуації і його здійснення, профілактичного застосування препаратів йоду (у випадку, якщо радіоактивний йод є дозоформуючим агентом), а також надання медичної допомоги потерпілим [1]. Медикаментозна профілактика і надання лікувально-діагностичної допомоги при цьому є сферою відповідальності системи охорони здоров'я [2, 3]. Крім того, у початковий період після інциденту — в умовах можливої адміністративної плутанини і неретральності негайної евакуації — співробітники системи охорони здоров'я можуть надавати населенню рекомендації з тимчасових заходів захисту за місцем проживання. Серед останніх — максимально можлива герметизація жител, використання бутильованої питної води і консервованих продуктів харчування [4]. Значення таких дій не можна недооцінювати, оскільки, наприклад, коефіцієнт екранування (відношення дози опромінення, одержуваної всередині приміщення, до такої на відкритому просторі) для γ -випромінювання радіоактивної хмари складає 0,9 для дерев'яних будівель, 0,6 — для їхніх підвальних приміщень, 0,4 — для підвалів кам'яних будівель і 0,2 — для великих промислових або адміністративних будинків [5].

Допомога, що надається людям, які зазнали радіаційного впливу, повинна залежати від виду і величини того впливу, а також наявності супутніх уражень/травм та/або порушень стану здоров'я (в тому числі, не пов'язаних з поточними подіями). Однак, за будь-яких обставин, необхідне проведення всіх або ж максимально можливого обсягу необхідних заходів вже на початковому етапі, а саме — припинення подальшого надходження радіоактивних речовин до організму, деконтамінація, догоспітальна допомога, медичне сортування на етапах евакуації поза зоною забруднення [6].

Дитяче населення характеризується особливостями сприйнятливості до зовнішніх впливів і обумовленою цим періодом життя незрілістю і недосконалістю захисних механізмів організму. Так, у зв'язку з відносно високими величинами хвилинного об'єму дихання, діти більшою мірою зазнають впливу радіоактивних газів і аерозолів, як, наприклад, при аварійних викидах на підприємствах атомної промисловості. Особливості типового поведіння дітей — активні ігри поза житловими приміщеннями, зокрема, з іграшками безпосередньо на поверхні землі — обумовлюють інтен-

INTRODUCTION

Any emergencies with even minimal risk of public irradiation should be immediately followed by intensive and adequate response through the neat and correct provision of information, statement of evacuation plan and its implementation, preventive administration of stable iodine preparations in case of radioactive iodine being a dose-forming agent, and health care providing to the survivors [1]. Drug prevention and the provision of diagnostic and curative aid in this case are under the responsibility of the health care system [2, 3]. In addition, in the initial period after the incident — in a possible administrative confusion and unreality of immediate evacuation — the staff of health care system can provide people with advice on interim measures of radiation protection in the community and habitation. Among the latter there are maximum possible sealing of dwellings and use of bottled drinking water and canned food [4]. The value of such actions should not be underestimated because, for example, the screening rate (the ratio of radiation doses received inside of house and in open air) for γ -radiation radioactive cloud is 0.9 for wooden buildings, 0.6 — for their basements, 0.4 — for basement stone buildings and 0.2 — for large industrial or administrative buildings [5].

Assistance provided to the people who have experienced a radiation exposure should depend on the type and magnitude of the impact and presence of associated lesions/injuries and/or disorders of health status (including those not related to the current events). However, in any case, it is necessary to apply all or as much as possible of the required measures at an early stage — namely, termination of the further incorporation of radioactive substances in people, decontamination, pre-hospital care, and triage at the stages of evacuation outside a contamination zone [6].

Children population is characterized by the features of susceptibility to external influences with resulting immaturity and imperfection of defense mechanisms of the body in this period of life. Thus, due to a relatively high respiratory minute volume the children are more exposed to radioactive gases and aerosols, e.g. after the emergency releases and fallout in nuclear industry enterprises. Features of typical behavior of children, namely the active games outside the living quarters, particularly with toys directly on the ground result in an

сивний контакт із приземним шаром атмосфери, де у випадку радіаційних інцидентів утвориться висока концентрація радіоактивних речовин. Значна частина молочних продуктів у раціоні харчування дітей, особливо, немовлят, поряд із власне грудним вигодовуванням, обумовлюють ризик інтенсивного надходження в дитячий організм певних радіонуклідів (насамперед, ізотопів радіоактивного йоду), які, як правило, у високих концентраціях з'являються у грудному молоці і відповідних продуктах харчування після надходження до навколишнього середовища [7].

ВАРІАНТИ РАДІАЦІЙНИХ ПОДІЙ

Аварійне опромінення завжди пов'язане з діяльністю людини і класифікується на навмисне і ненавмисне. Ненавмисне опромінення може бути наслідком аварій на атомних електростанціях (АЕС) (як це було на АЕС Три-Майл-Айленд і в Чорнобилі) або на інших підприємствах ядерного циклу, випадкової детонації ядерних боєприпасів, неврахованих витоків радіоактивних відходів зі сховищ або при їх транспортуванні, а також халатного поводження з джерелами іонізуючих випромінювань. Загрозу навмисного опромінення несуть військові конфлікти і терористична діяльність — застосування ядерних боєприпасів, їх підриви терористами на місцях штатного збереження, навмисні ушкодження устаткування підприємств ядерної промисловості та сховищ ядерних відходів, а також розсіювання або розпилення радіоактивних матеріалів (шляхом підриву їх звичайними боєприпасами — «брудна бомба»), забруднення ними водопровідної води, контамінації місцевості при русі транспортного засобу з радіовідходами тощо [8–10].

Розпилення радіоактивних матеріалів або забруднення джерел питного водопостачання терористами за допомогою спеціальних пристосувань розглядається в даний час як найбільш ймовірна і значна загроза [11]. Причому доступ зловмисників до радіоактивних матеріалів цілком реальний — у лабораторіях вищих навчальних закладів і радіологічних (радіотерапевтичних) відділеннях профільних або багатопрофільних медичних центрів [12, 13]. При цьому, розпилення 1 Кі активності в межах декількох житлових кварталів є достатнім для того, щоб виникла необхідність примусової евакуації населення і закриття зараженої зони на невизначений термін [6, 14]. Крім того, починаючи з 1990-х років, вважається реальним виготовлення терористичними групами ядерних боєприпасів обмеженої потужності (менше 10 кілотон тротилового еквіваленту), для чого потрібні невеликі кількості плутонію або високозбагаченого урану [15]. Існує також теоретична мож-

intense contact with the surface layer of the atmosphere, where in case of radiation incidents a high concentration of radioactive substances occurs. A large amount of dairy products in the diet of children, especially infants, along with breastfeeding, promote the risk of intense incorporation of certain radionuclides (primarily the isotopes of radioactive iodine), which usually appear in high concentrations in breast milk and respective food products after the environmental release and fall-out [7].

VARIANTS OF RADIATION EVENTS

Emergency exposure is always associated with human activities and is categorized on intentional and unintentional. Inadvertent exposure can result from accidents at nuclear power plants (NPPs) (as it was on Three Mile Island or Chernobyl ones) or other enterprises of the nuclear cycle, accidental detonation of nuclear weapons, unaccounted leaks of radioactive waste from storage or during their transportation, and negligent handling of sources of ionizing radiation. Military conflicts and terrorist activities carry a threat of deliberate exposure with the use of nuclear weapons and their destruct by terrorists at depots or warehouses, intentional damage to enterprises of nuclear industry or storage of nuclear wastes, and also the scattering or dispersion of radioactive materials (their explosive demolition by the conventional munitions i.e. the «dirty bomb»), contamination by them of water, and contamination of ground when driving a vehicle with radioactive wastes etc. [8–10].

Dispersion of radioactive material using special devices or contamination of drinking water sources by terrorists are currently considered as the most likely and significant threats [11]. Notably the attackers' access to radioactive materials is real, namely in laboratories of universities and radiology (radiotherapy) offices or specialized multidisciplinary medical centers [12, 13]. Thus, the dispersion 1 Ci activity within a few residential areas is enough to emerge the need of forced evacuation and closure of contaminated area for an indefinite period [6, 14]. In addition, since 1990, it is considered real to assemble the nuclear weapons of limited power (less than 10 kiloton TNT equivalent) by terrorist groups, which requires small amounts of plutonium or highly enriched uranium [15]. There is also a theoretical possibility of theft with criminal intent of nuclear

ливість розкрадання зі злочинним наміром артилерійських ядерних боєприпасів (через їхню компактність), які перебували на озброєнні, принаймні, у часи «холодної війни». Абсолютний мінімум масового характеру атомного вибухового пристрою визначається мінімальною критичною масою, достатньою для помітного енергетичного виходу. Критична маса для плутонію в α -фазі складає 10,5 кг, ще 20–25% маси потрібно для забезпечення значного за потужністю вибуху, разом – 13,5 кг. Відбивач з берилію може зменшити необхідну кількість плутонію, але для цього необхідне створення ефективної імпульсійної системи, що також збільшує загальну масу. Так що дійсний абсолютний мінімум для маси ядерного заряду – 10–15 кг [12].

Спектр продуктів ядерних аварій і речовин, що можуть фігурувати при інших радіаційних подіях, досить великий. Характеристика найбільш значущих для здоров'я населення радіонуклідів представлена в табл. 1 [16 із змін.].

artillery shells (because of their compactness) that were in service at least at the time of the «Cold War.» The absolute minimum of weight of a nuclear explosive device depends on the minimum critical mass sufficient for a significant energy output. The critical mass of plutonium in α -phase is 10.5 kg, another 20–25 % of the mass is required to ensure a significant capacity for the blast, total – 13.5 kg. Reflector of beryllium can reduce the necessary amount of plutonium, but it is necessary to create an effective implosive system, which also increases the total weight. So true absolute minimum weight for nuclear charge is 10–15 kg [12].

The spectrum of products of nuclear accidents and substances that may appear in other radiological events is wide enough. Description of radionuclides that are most significant for public health is presented in Table 1 [adapted from 16].

Таблиця 1

Найважливіші радіоактивні продукти, що утворюються при ядерних аваріях і інцидентах

Table 1

The most critical radioactive materials produced in nuclear accidents or emergencies

Хімічні елементи Chemical elements	Хімічні символи і найбільш значущі ізотопи Chemical symbols and crucial isotopes	Джерело Source or origin	Вид випромінювання Radiation type	Респіраторна абсорбція Respiratory absorption	ЖКТ-абсорбція Gastrointestinal absorption	Радіотоксичність (органи-мішені) Radiotoxicity (target organs)
Америцій Americium	^{241}Am	ЯЗ NWD	α	75%	Мінімальна	Скелет, печінка, кістковий мозок Skeletal, liver deposition, bone marrow
Цезій Cesium	$^{134,137}\text{Cs}$	МН, АЕС MF, NPP	β , γ	Повна	Повна	Опромінення всього тіла Whole body irradiation
Кобальт Cobalt	^{60}Co	МН, ХП MF, FI	β , γ	Висока	<5%	Опромінення всього тіла Whole body irradiation
Йод Iodine	$^{131}\text{I}^*$	ЯЗ, АЕС NWD, NPP	β , γ	Висока	Висока	Ураження/руйнування щитовидної залози, рак Thyroid ablation, cancer
Фосфор Phosphorus	^{32}P	МН MF	β	Висока	Висока	Клітини з високою мітотичною активністю Rapidly dividing cells
Плутоній Plutonium	$^{238-241}\text{Pu}$	РВ, ЯЗ NW, NWD	α , γ	Висока	Мінімальна	Легені, кістки, печінка Lung, bone, liver
Стронцій Strontium	$^{90,90}\text{Sr}$	ЯЗ, АЕС NWD, NPP	β , γ	Обмежена	Помірна	Кістки Bone

Примітки. ЯЗ – застосування ядерної зброї, МН – устаткування медичного і наукового призначення, РВ – радіоактивні відходи, АЕС – атомні електростанції, ХП – харчова промисловість (устаткування стерилізації харчових продуктів).

* Типово наявними бувають декілька радіонуклідів йоду, у тому числі ^{132}I і ^{133}I , однак ^{131}I при цьому присутній у найбільших кількостях і є найбільш клінічно значущим ізотопом.

Notes. NWD – nuclear weapon detonation; DTPA – diethylenetriaminepentaacetic acid, EDTA – edetic acid (ethylene-dinitrillo tetraacetic acid), MF – medical and research facilities, FI – food irradiation facilities, NW – nuclear reactor waste sties, NPP – nuclear power plants.

* There are numerous radioiodines, including ^{132}I and ^{133}I . However, ^{131}I is the most prevalent and clinically important radioisotope.

В умовах аварійних ситуацій з надходженням радіоактивних матеріалів до навколишнього середовища необхідні раннє оповіщення населення і швидке реагування з метою вживання заходів із запобігання або обмеження тяжкості променевого впливу. Такі заходи включають евакуацію, укриття населення і контроль харчових продуктів. Оптимальний варіант реагування нерідко буде поєднувати використання всіх цих контрзаходів [17]. Виконання необхідних дій при цьому проводиться за участю працівників охорони здоров'я територіальних медичних закладів.

Рівні та обсяги заходів і дій працівників охорони здоров'я в умовах радіаційних подій наведені в табл. 2.

ЗАХОДИ НА ДОГОСПІТАЛЬНОМУ ЕТАПІ

Евакуація

Евакуація означає термінове переміщення населення з територій, на яких прогнозується або вже відбувся вплив радіоактивних продуктів, що надійшли в навколишнє середовище в результаті радіаційної події. Евакуація найбільш ефективна як захисний захід за умови проведення до проходження радіоактивної хмари над відповідною територією та/або по-

In terms of emergency and/or accident with releases of radioactive materials to the environment the early warning of population and rapid response are necessary with a view to taking steps to prevent or limit the severity of radiation exposure. Such measures include evacuation, sheltering of population and food control. Optimum reaction will often combine these countermeasures. [17]. Performing of necessary actions at that is conducted with participation of the local healthcare institutions.

The levels and extent of measures and actions of healthcare workers in terms of radiation events are listed in Table 2.

PRE-HOSPITAL MEASURES

Evacuation

Evacuation means the immediate transfer of population from areas of predicted or already occurred impact of radioactive products, released to environment as a result of radiation events. Evacuation is a most effective protective measure in circumstances of passage of a radioactive cloud over the relevant area and/or the appearance of

Таблиця 2

Рівні та обсяги заходів і дій працівників охорони здоров'я (в т.ч. педіатричної служби) в умовах радіаційних подій

Table 2

Levels and extent of measures and actions of healthcare workers (including pediatric service) in terms of radiation events

Рівень Level of care	Первинний Primary	Спеціалізований Specialized	Комплексний спеціалізований Specialized team approach
Фахівці, залучені до надання медичної допомоги Experts involved in the provision of healthcare	Лікар загальної практики, сімейний лікар, дільничний терапевт, дільничний педіатр, медична сестра поліклініки	Лікар-ендокринолог, радіолог	Лікар-ендокринолог, радіолог, токсиколог, гематолог, гастроентеролог, невролог, психіатр, психолог
Обсяг надання медичної допомоги Scope of healthcare	Інструктування населення щодо максимально можливої герметизації місць проживання, використання питної води у пляшках і консервованих продуктів харчування. Йодна профілактика за рішенням/дозволом спеціаліста або органів влади.	Йодна профілактика. Прийняття рішень в індивідуальних випадках щодо вагітних, жінок, які годують груддю, а також осіб, хворих на соматичні захворювання, в тому числі – із захворюваннями ЩПЗ. Моніторинг груп ризику ускладнень після йодної профілактики.	Медичне сортування, деконтамінація постраждалих. Обстеження і лікування від уражень радіоактивним йодом та іншими радіоактивними ізотопами. Обстеження груп ризику і лікування ускладнень після йодної профілактики.
Обсяг надання медичної допомоги Scope of healthcare	Public instruction about the maximum possible sealing of habitats, use of bottled drinking water and canned food. Iodine prophylaxis on the decision/resolution of specialist or authorities.	Iodine prophylaxis. Decision-making in individual case of pregnant women, nursing mothers and people with physical illness including the thyroid disease. Monitoring of risk groups of complications after the iodine prophylaxis.	Triage, decontamination of survivors. Examination and treatment of lesions from radioactive iodine and other radioactive isotopes. A survey of risk groups and treatment of complications of iodine prophylaxis.

яви радіоактивних речовин у джерелах цивільного водопостачання.

Ухвалення рішення про евакуацію відбувається в основному на підставі обставин аварії і метеорологічних умов. При цьому план евакуації має, однак, враховувати, можливість променевого впливу радіоактивної хмари на населення і протягом евакуації [17]. Саме тому, евакуація з превентивним наміром хоча й виключає необхідність профілактичного призначення препаратів стабільного йоду, однак при плануванні варто розглядати можливість прийому попередньо розданих таблеток йодних препаратів у виключних випадках (затримка на етапах евакуації, зміни/погіршення радіаційної ситуації).

Працівників охорони здоров'я слід залучати до процесу сповіщення населення, в тому числі - щодо підготовки дітей до евакуації, а також призначати лікарів або середніх медичних працівників для супроводу груп евакуйованих у розрахунку на певну кількість людей, включаючи дітей. Особливої уваги вимагає планування, організація і здійснення евакуації дитячих закладів з добовим перебуванням дітей (при неможливості негайного прибуття батьків або інших родичів): дитячих санаторіїв, літніх дитячих таборів, будинків дитини.

Укриття населення

Рекомендації населенню залишатися в приміщеннях за умов неможливості негайної евакуації є відносно простим захисним заходом у ранній фазі аварії/події. Рішення про укриття населення розглядається при плануванні дій при радіаційному інциденті як захід щодо захисту від зовнішнього опромінення та інгаляційного надходження всіх радіонуклідів. Так, інгаляційне надходження радіоактивних елементів буде суттєво обмежене при укритті людей в будинках із закритими вікнами і виключеною активною вентиляцією будь-якого типу. Проте такий захід не цілком ефективний щодо запобігання формуванню інгаляційних доз. Саме тому при розгляді планів проведення йодної профілактики необхідно враховувати реалістичні оцінки доз (див. далі).

За умов, що очікувана величина дози опромінення щитоподібної залози, що запобігається, наближається до рівнів, наведених у табл. 3, і радіаційна подія характеризується високим або переважаючим вмістом радіоактивного йоду у атмосферних викидах (або, наприклад, водопровідній воді), важливо планувати одночасне проведення йодної профілактики і заходів щодо укриття населення [17]. Слід зауважи-

radioactive substances in the sources in civil water supply.

Endorsement of a decision on evacuation should be based mainly on circumstances of the accident and weather conditions. This evacuation plan must, however, take into account the possibility of radiation exposure from radioactive cloud on population and also within evacuation [17]. Therefore, despite an evacuation with preventive intent usually excludes the need of prophylactic administration of stable iodine preparations, the option of taking the pre-distributed iodine pills in exceptional cases (delay on the stages/routes of evacuation, change or worsening of radiation situation) should be considered.

Healthcare staff should be involved in the process of public notification, including the preparation of children for evacuation and assigning of doctors or nurses to accompany the groups of evacuees per a certain number of people, including children. Planning, organization and implementation of evacuation of pediatric institutions with daily stay of children (if unavailable immediate arrival of parents or other relatives), such as children's health centers, summer camps, and children's homes requires a special attention.

Sheltering of population

Recommendation to the population to remain indoors in case of impossible immediate evacuation provides a relatively simple protective measure in the early phase of the accident/incident. A decision to shelter the population is considered under the actions' planning during the radiation accident as a measure to protect against external exposure and inhalation of radionuclides. That is inhalation intake of radioactive elements will be significantly limited if people would stay in the homes with windows closed and switched off active ventilation of any type. However, this measure is not completely effective in preventing the formation of inhaled doses. Therefore, when considering plans for iodine prophylaxis a realistic assessment of doses should be made (see below).

Given that the expected value of prevented thyroid dose is close to the levels specified in Table 3, and that radiation event is characterized by the high or predominant content of radioactive iodine in air emissions (or, for example, in a tap water), it is important to plan the simultaneous iodine prophylaxis and measures to shelter the population [17]. It should be noted that these are the idealized

Таблиця 3

Референтні рівні для різних груп населення в прийнятті рішень щодо планування профілактики препаратами стабільного йоду

Table 3

Reference levels for different population groups for consideration in planning stable iodine prophylaxis

Популяційна група Population group	Шляхи надходження, які слід враховувати Exposure pathways to be considered	Рівні втручання Reference levels
Немовлята, діти, підлітки до 18 років, вагітні жінки і ті, які вигодовують грудним молоком	Інгаляційний (і харчовий*)	Доза, що запобігається, на щитоподібну залозу 10 мГр**
Neonates, infants, children, adolescents to 18 years and pregnant and lactating women	Inhalation (and ingestion*)	10 mGy** avertable dose to the thyroid
Дорослі віком до 40 років Adults under 40	Інгаляційний Inhalation	Доза, що запобігається, на щитоподібну залозу 100 мГр** 100 mGy** avertable dose to the thyroid
Дорослі віком понад 40 років Adults over 40 years	Інгаляційний Inhalation	Очікувана доза на щитоподібну залозу 5 Гр*** 5 Gy*** projected dose to the thyroid

Примітки. * – молоко в раціоні харчування дітей грудного віку, у котрих використання альтернативних продуктів у популяційних масштабах нереальне; ** – дотримання зазначених рівнів гарантує, що дози опромінення в усіх вікових групах будуть істотно нижчі за поріг для детерміністських ефектів; *** – втручання в даній групі вживають для гарантії запобігання детерміністським тиреоїдним ефектам. Їхній поріг в Основних стандартах безпеки представлений рівнем, що рекомендується, в 5 Гр.

Notes. * – ingestion of milk by infants where alternative supplies cannot be made available; ** – adherence to these values would ensure that doses for all age groups would be well below the threshold for deterministic effects; *** – intervention for this group is undertaken to ensure prevention of deterministic effects in the thyroid; 5Gy is the recommended limit for deterministic effects given in the Basic Safety Standards.

ти, що зазначені ідеалізовані рівні не враховують практичні сторони планування контрзаходів при радіаційній події з наявністю в аварійних викидах багатьох радіонуклідів у невідомих кількостях в реальному часі. З цієї причини в Основних стандартах безпеки МАГАТЕ і відповідній Директиві Ради ЄС зазначено загальний рівень втручання 100 мЗв [18, 19]. У той же час, це не виключає розгляду практичних аспектів планування проведення йодної профілактики в окремих вікових групах.

Контроль харчових продуктів

Основними захисними заходами проти внутрішнього опромінення внаслідок харчового надходження радіоактивних продуктів є, у першу чергу, сільськогосподарські контрзаходи (такі як переведення годування пасовищних тварин на запасені корми), поряд із заборонаю використання потенційно контамінованих харчових продуктів або ж сільськогосподарських продуктів місцевого виробництва. Щодо харчового шляху надходження і формування доз опромінення, контроль продуктів харчування зазвичай не менш, а може бути навіть більш результативним, ніж профілактика препаратами стабільного йоду [17].

У той же час, виключення молока з раціону харчування дітей грудного і молодшого віку має істотні негативні сторони і, у ряді випадків, можна передбачати, що буде неможливо запланувати, організувати

considerations with not taking into account the practical aspects of planning countermeasures for radiation events with presence of many accidental releases of radionuclides in unknown quantities in a real time. For this reason the overall intervention level of 100 mSv is stated in the IAEA Basic Safety Standards and the relevant EU Council Directive [18, 19]. At the same time, this does not preclude consideration of practical aspects of the of iodine prophylaxis planning in certain age groups.

Food control

Primarily agricultural countermeasures (such as transfer of feeding of grazing animals to the stored fodder), along with the prohibition of the use of potentially contaminated food or agricultural products of local production are the main protective measures against internal exposure due to radioactive income food products. As for alimentary way of radionuclide incorporation and radiation dose forming the food control is usually no less but perhaps even more effective than prophylaxis by means of administration of stable iodine preparations [17].

At the same time, elimination of milk from the diet of infants and young children leads to significant negative effects, and in some cases we can anticipate that it will be impossible to plan, organ-

і провести швидкий розподіл серед населення не-контамінованого молока для грудних дітей або термінове переведення молочної худоби на годування запасеними кормами. Тому при розгляді планів з йодної профілактики важливо брати до уваги зазначені обставини [17].

Стосовно ж інших популяційних груп, виключення молока з раціону харчування на кілька діб хоча й пов'язане з певними незручностями, однак не є підставою для планування йодної профілактики як альтернативи сільськогосподарським контрзаходам або ж контролю продуктів харчування [17].

Медичне сортування

Що стосується медичного (та дозиметричного) сортування населення, яке евакуюється, то на території, охопленій радіаційним інцидентом, проведення цих заходів недоцільне. Адже будь-який додатковий час перебування там збільшує радіаційні ризики для постраждалих людей взагалі і дітей особливо. Тому комплекс сортувальних заходів для цивільного населення проводять якнайшвидше після виїзду поза зону евакуації. Можливе це й на подальшому госпітальному етапі.

На стадії медичного сортування, поряд з оцінкою тяжкості стану, основним завданням є визначення необхідності деконтамінації шкіри потерпілої дитини. Деконтамінацію проводять шляхом перевдягання і, при можливості (за відсутності опікових явищ більш ніж I ступеня), миття, що забезпечує ефективність видалення радіонуклідних забруднень понад 90 % [16]. Будь-які детергенти, окрім традиційних для особистої гігієни дітей (дитяче неодороване мило без синтетичних домішок), застосовувати не рекомендується.

Діти, постраждалі при радіаційних інцидентах, обов'язково підлягають обстеженню у закладах охорони здоров'я (лікарні, диспансери, санаторії тощо), незалежно від стану здоров'я під час евакуації та сортування [20].

ЗАХОДИ НА ГОСПІТАЛЬНОМУ ЕТАПІ

Первинні заходи

В умовах радіаційного інциденту можлива відсутність умов для проведення деконтамінації потерпілих на шляхах евакуації. У зв'язку з цим, в рамках забезпечення і підтримки готовності до радіаційних інцидентів, у лікарняних установах необхідно мати план дій при таких ситуаціях. У штаті медичних закладів має бути співробітник (можливо — за сумісництвом або позаштатний) з радіаційної безпеки. Тут зазначимо очевидну, але надзвичайно важливу обставину: при виникненні радіаційного інциденту

і провести швидкий розподіл серед населення не-контамінованого молока для грудних дітей або термінове переведення молочної худоби на годування запасеними кормами. Тому при розгляді планів з йодної профілактики важливо брати до уваги зазначені обставини [17].

As for the other population groups, the elimination of milk from diet for a few days though subject to certain inconveniences, however, is not a reason to plan the iodine prophylaxis as an alternative to agricultural countermeasures or the monitoring of food products [17].

Triage

Regarding both the triage and dosimetry sorting of evacuees these arrangements are inappropriate inside the territory covered by radiation incident. As any additional time spent there leads to increased radiation risks for affected people in general and children in particular. So the complex of sorting measures for the civilian population is to be carried out as soon as possible after leaving the evacuation zone. It is possible also at the further hospital stage.

At the stage of triage, along with assessment of severity of condition, the main task is to determine the need for decontamination of the skin of the injured child. Decontamination is carried out by changing and washing if possible (no burn more severe than I degree), that ensure effectiveness of radionuclide contamination removing over 90% [16]. No any detergents in addition to traditional personal pediatric care (non-odorized baby soap without synthetic additives) are recommended.

Children affected under the radiation incidents are to be obligatory surveyed at the healthcare facilities (hospitals, clinics, health centers, etc.), regardless of health status during evacuation and triage [20].

HOSPITAL STAGE OF CARE

Primary arrangements

In terms of possible radiation incident the decontamination of survivors may be unavailable on evacuation routes. In this regard, a plan of actions in such situations should be in hospitals as part of providing and maintaining preparedness for radiation incidents. An employee (possibly — part-time or freelance) skilled in radiation safety must be in the staff of a hospital. Here we note the obvious but extremely important fact: in the event of a radiation incident it would be necessary to secure both

ту необхідне забезпечення безпеки як потерпілих, так і фахівців, які надають допомогу, а також — допоміжного персоналу і добровольців. До обов'язків відповідального співробітника медичної установи з радіаційної безпеки входить забезпечення наявності і справного стану дозиметричного устаткування, наявності запасу препаратів йоду (йодиду або йодату калію у не профілактичних, а блокуючих дозових формах — див. далі), закритого приміщення для тимчасового збереження контамінованого одягу потерпілих, а також їх миття. Останнє слід проводити обов'язково теплою водою (не допускати гіпотермії!). Вимоги до миючих засобів при цьому ідентичні таким на етапах евакуації і сортування. Обробка опіків шкіри в таких умовах повинна зводитися до мінімуму — рекомендується тільки промивання ран [5, 14]. При наявності неконтамінованих ран на фоні забруднення інших ділянок шкіри, їх варто герметично закрити при проведенні миття [6]. Промивні води, при можливості, варто збирати в окремі судини або ємності до передачі для дослідження спеціалізованим підрозділам відповідних служб.

Потерпілі діти без забруднення шкіри радіоактивними матеріалами — тобто в яких променевий вплив обумовлений зовнішнім неконтактним (дистантним) опроміненням (наприклад — у тих, хто перебував у приміщеннях — γ -променями ззовні, тобто від радіоактивних елементів, що розпадаються, у повітрі поза приміщенням), інгаляційним або харчовим надходженням радіонуклідів — не проходять процедуру деконтамінації і можуть перебувати у звичайних умовах госпітальних відділень. Однак при цьому, у випадку значного накопичення радіоактивних речовин в організмі, самі потерпілі діти можуть бути джерелом радіаційної небезпеки для персоналу й інших пацієнтів, а тому необхідна ізоляція таких у окремі відділення або палати, так само як і забезпечення співробітників закладу дозиметрами і засобами захисту. Крім того, біологічні рідини і матеріали — слина, кров, сеча і копромаси потерпілих також можуть вимагати спеціального поводження.

Обстеження

Обстеження потерпілих полягає у ретельній оцінці стану дихальних шляхів, функції дихання і кровообігу, особливо при вибуховому характері радіаційного інциденту [16, 21–23]. Мінімальний обсяг діагностичних заходів у дітей, потерпілих при радіаційних інцидентах, наведено в табл. 4 [16].

Ступінь зниження кількості лімфоцитів у периферичній крові, що розвивається протягом 48 годин

the survivors and professionals providing care and also the support staff and volunteers. The duties of the responsible employee on radiation safety in medical facility include the provision of availability and serviceable condition of dosimetry equipment, availability of iodine preparations (potassium iodide or iodate in the blocking dose forms, but not dietary supplemental ones — see below), a closed room for temporary storage of contaminated clothing of survivors, and rooms for washing of survived evacuees. The latter should be provided with warm running water (to avoid hypothermia!). Requirements for detergents here are identical to those at the stages of evacuation and sorting. Treatment of skin burns in these conditions should be kept to a minimum i.e. washing of wounds is recommended only [5, 14]. The non-contaminated wounds (if any) should be tightly closed during the washing [6]. Wash water, if possible, are to be collected in separate containers or vessels for transfer to specialized departments of the relevant services for chemical and radiological assay.

Survived children without skin contamination with radioactive materials i.e. those exposed either to external non-contact (distant) irradiation (e.g. in those who stayed in the rooms the by γ -rays from outside, namely from radioactive elements decaying in the air outdoors) or due to alimentary or inhalation ways radionuclide incorporation should not undergo decontamination and may stay in ordinary hospital departments. However, in case of a intensive incorporation and significant accumulation of radioactive substances in the body the children can be a source of radiation exposure to personnel and other patients, and therefore should be isolated in separate departments or rooms/wards. Providing the staff with dosimeters and protective equipment should be necessary as well. In addition, the biological fluids and materials i.e. saliva, blood, urine and fecal masses from survivors may also require special handling.

Check-up and examination

Examination of survivors involves the assessment of airways, breathing and circulation functions, especially in the explosive type of radiation incident [16, 21–23]. The minimum amount of diagnostic measures for children affected in radiation incidents are listed in the Table 4 [16].

The degree of reduction in the number of lymphocytes in the peripheral blood that develops

Таблиця 4

Мінімальний обсяг діагностичних досліджень у потерпілих дітей при радіаційних подіях

Table 4

Diagnostic measures to consider in victims of radiation exposure

Дослідження	Терміни
Змив і мазок з порожнини носа для ідентифікації радіонуклідів при інгаляційному надходженні* Nasal swab to identify inhalation*	Негайно Immediately
Змиви і мазки з поверхні шкіри для ідентифікації радіонуклідів при зовнішньому забрудненні* Skin swabs to identify external contamination*	Негайно і далі з частими інтервалами Immediately and at frequent intervals
Дослідження сечі і копромас для ідентифікації радіонуклідів при внутрішньому забрудненні* Urine and stool analysis to identify internal contamination*	Негайно і через 24 години Immediately and at 24 hours
Розгорнутий аналіз крові (у т.ч. визначення кількості тромбоцитів) Complete blood cell and platelet counts	Щодня протягом 1 тижня Daily for 1 week
Визначення абсолютної кількості лімфоцитів Absolute lymphocyte count	Кожні 12 годин протягом 3 діб Every 12 hours for 3 days
Типування за HLA** HLA antigen subtyping**	До моменту зниження вмісту лімфоцитів Before lymphocyte count decreases
Цитогенетичне дослідження лімфоцитів** Lymphocyte cytogenetics**	До моменту зниження вмісту лімфоцитів Before lymphocyte count decreases

Примітки. * – всі аспекти діагностичних заходів узгоджуються з фахівцем з радіаційної безпеки медичної установи; ** – проводиться при наявності технічної можливості або в спеціалізованих установах.

Notes. * – radiation safety officer or other authority should be consulted in all aspects of management; ** – providing that special equipment and trained staff are available, otherwise in specialized institutions.

після променевого впливу, починаючи з певної величини дози опромінення, є важливим біологічним маркером величини вказаної дози, показником тяжкості ураження і прогностичним критерієм перебігу (можливої) гострої променевої хвороби [24] (табл. 5).

within 48 hours after the radiation exposure beginning with a certain dose of radiation is an important biological marker of specified dose, measure of injury severity and prognostic criteria of (possible) acute radiation syndrome course [24] (Table 5).

Таблиця 5

Оцінка дози опромінення і тяжкості уражень, а також прогноз перебігу променевої патології, виходячи зі зниження кількості лімфоцитів протягом перших 48 годин після гострого опромінення на все тіло

Table 5

Radiation dose estimation, assay of injury severity, and prognosis according to the lymphocyte count within the first 48 hours after acute exposure to penetrating, whole-body radiation

Мінімальний вміст лімфоцитів у периферичній крові, мм ⁻³ Minimal lymphocyte count, mm ⁻³	Приблизна величина поглиненої дози, Гр Approximate absorbed dose, Gy	Тяжкість ураження Extent of injury	Прогноз Prognosis
1500–3000 (діапазон норми / normal range)	0–0,4	Відсутність клінічно значимих уражень No clinically significant injury	Ідеальний Excellent
1000–1499	0,5–1,9	Клінічно значиме, але ймовірно незначиме Clinically significant but probably nonlethal	Сприятливий Good
500–999	2,0–3,9	Тяжке Severe	Задовільний Fair
100–499	4,0–7,9	Дуже тяжке Very severe	Несприятливий Poor
<100	≥8,0	Виятково тяжке Most severe	Висока ймовірність смерті навіть на фоні стимуляції гемопоєзу High incidence of death even with hematopoietic stimulation

Лікування

Контаміновані рани й опікові поверхні промивають ізотонічним розчином натрію хлориду і лікують згідно з традиційними асептичними методиками. Варто враховувати наявність, як правило, радіонуклідів у екссудаті і струпних масах при опіках. За умов необхідності хірургічних втручань у потерпілих з дозами опромінення 1 Гр і більше, такі маніпуляції слід проводити в найкоротший термін, в ідеальному випадку – протягом до 48 годин після початку променевого впливу, тобто хірургічна рана повинна бути закрита до того, як (можливо) розвинуться імунологічні розлади і порушення процесів регенерації, внаслідок чого місце втручання може стати вхідними воротами летальної інфекції [6, 14]. Найбільшою мірою це стосується ран, забруднених радіонуклідами, що є α -випромінювачами [6, 25, 26].

Можливості проведення специфічної (в тому числі – профілактичної) фармакотерапії при тяжких радіаційних ураженнях досить обмежені [25, 26]. Рішення про застосування таких засобів може приймати лише фахівець з невідкладної клінічної радіології.

Найважливішим агентом профілактичної терапії є йодид (або йодат) калію за умов, що наявні будь-які відомості про вплив при конкретній радіаційній події радіоактивного йоду. Важливо те, що ізотопи йоду є типовими і поширеними побічними продуктами роботи атомних електростанцій і підприємств зі збагачення радіоактивних речовин, а тому висока ймовірність присутності таких радіонуклідів в аварійних атмосферних викидах або скиданнях у межах басейнів місцевих річок при відповідних аваріях або терористичних актах.

Існують рекомендації із застосування кількох інших медикаментозних засобів, однак ефективність частини з них дотепер залишається клінічно недоведеною, стосовно ж інших є свідчення про наявність ризику серйозних побічних явищ при застосуванні, особливо у дітей [6, 27] (табл. 6).

ЙОДНА ПРОФІЛАКТИКА

Найбільш ефективним методом захисту щитоподібної залози від радіоактивних ізотопів йоду є прийом лікарських препаратів йоду (аварійна йодна профілактика), а саме йодиду калію – основної форми йоду, що всмоктується в кишковому тракті, або йодату калію. Переважна більшість інших йодовмісних речовин, як і хімічно чистий йод, не засвоюються організмом людини, поки не перетворяться до вказаних вище сполук. Максимальний захисний ефект може бути досягнутий у разі попереднього або одночасного з надходженням радіоактивного

Management

Contaminated wounds and burn surfaces are to be washed with isotonic sodium chloride solution and treated according to traditional aseptic techniques. It is necessary to consider the usual presence of radionuclides in exudate and sloughy masses of burns. Given the need for surgery to survivors with absorbed radiation doses of 1 Gy or more, such manipulations should be done as soon as possible, ideally – within 48 hours after the radiation exposure, i.e. the surgical wound should be closed before the (possible) development of immunological disorders and disruption of regeneration. Otherwise the place of surgery can become a gateway of lethal infection [6, 14]. Foremost it is relevant to the wounds contaminated with α -emitters [6, 25, 26].

Options of the specific (which includes prophylactic) drug therapy in severe radiation injuries are very limited [25, 26]. The decision to use such means can take only an expert in emergency clinical radiology.

Under any information on the impact of radioactive iodine in a particular radiation event the iodide (or iodate) of potassium is to be a key preventive therapy agent. It is important that the iodine isotopes are typical and common by-products of nuclear power plants and enterprises on enrichment of radioactive materials, and therefore a high probability of the presence of these radionuclides in emergency atmospheric emissions or discharge within river basins within relevant accidents or terrorist acts.

There are several recommendations for the use of other drugs, but the effectiveness of some of them still remains clinically unproven, whereas about others there is an evidence of a risk of serious side effects, especially in children [6, 27] (Table 6).

IODINE PROPHYLAXIS

Administration of iodine medications, namely potassium iodide (as a main form of iodine that is absorbed in the intestinal tract) or potassium iodate is the most effective way to protect the thyroid gland from radioactive isotopes of iodine. The majority of other iodine-containing substances and chemically pure iodine itself are not absorbed by the human body until converted to the above-mentioned compounds. The maximum protective effect can be achieved if the stable iodine medication is taken well ahead of time or simultaneously

Таблиця 6

Специфічні засоби терапії при інкорпорації радіоактивних речовин

Table 6

Specific therapy for internal contamination

Радіонуклід Radionuclide	Метод або засіб терапії / therapeutic approach
T (³H)	Розведення (форсований діурез) / dilution (force fluids)
I	Препарати йоду в дозах, що блокують щитоподібну залозу (у формі таблеток або наднасиченого розчину), у пізні терміни – мобілізація (антигипертироїдні препарати) Blockage (SSKI or potassium iodide), mobilization in remote terms (antithyroid drugs)
Cs	Обмеження шлунково-кишкового всмоктування (берлінська лазур) Reduction of gastrointestinal absorption (Prussian blue)
P	Обмеження всмоктування (антацидні засоби на основі гідроокису алюмінію) Reduction of gastrointestinal absorption (aluminum hydroxide gel antacids)
Sr	Обмеження всмоктування (антацидні засоби на основі гелю фосфату алюмінію), блокування (стронцію лактат), заміщення (препарати солей фосфорної кислоти), мобілізація (хлорид амонію або екстракт парашитоподібних залоз) Reduction of absorption (aluminum phosphate gel antacids), blockage (strontium lactate), displacement (oral phosphate), mobilization (ammonium chloride or parathyroid extract)
Pu, Am та інші трансуранові елементи	Утворення хелатних сполук з діетилендіамінпентаацетатом (ДТПА) або етилендіамінтетраацетатом (ЕДТА) кальцію або цинку (експериментальні агенти)
Pu, Am and other transuranic elements	Chelation with zinc or calcium salts of diethylenetriamine pentaacetic acid or ethylenediamine tetraacetic acid (investigational agents)
Co	Підтримуюча терапія / supportive care
Невідома хімічна природа	Обмеження всмоктування при пероральному надходженні (блювотні і проносні засоби, промивання шлунка, активоване вугілля та інші сорбенти)
Unknown	Reduction of absorption (emetics, lavage, charcoal, or laxatives) in cases of ingestion

йоду прийому його стабільного аналога. Ефективність препаратів йоду складає 100 % за умови прийому безпосередньо перед впливом радіонуклідів даного елемента. Через 2, 8 і 24 години після радіаційного інциденту вона знижується до 80, 40 і 7 %, відповідно [28]. Захисний ефект препарату значно знижується у разі його прийому більш ніж через 2 години після потрапляння до організму радіоактивного йоду. Проте навіть через 6 годин після разового надходження ¹³¹I прийом препаратів стабільного йоду може понизити потенційну дозу на щитоподібну залозу приблизно в 2 рази (рисунк 1) [17]. Зрештою, враховуючи все вищенаведене, аварійна йодна профілактика в умовах радіаційного інциденту (з викидом радіоактивного йоду) має бути виконана і виконана якнайшвидше.

В основі захисної дії аварійної йодної профілактики лежить процес блокади функції щитоподібної залози стабільним йодом у високих дозах до початку дії його радіоактивних ізотопів (настає припинення подальшого захоплення йоду будь-якого ізотопного складу). Блокада в результаті одноразового прийому препаратів йоду у блокуючих дозах (понад 100 мг) має тимчасовий характер.

with the contact with radioactive iodine. The effectiveness of iodine medication is 100% if received immediately before the impact of its radionuclides. In 2, 8, and 24 hours since the radiation incident the protective effect is reduced to 80, 40 and 7%, respectively [28]. The effect is reduced significantly if iodine medication administered more than 2 hours after the incorporation of radioactive iodine. However, even after 6 hours after a single absorption of ¹³¹I the stable iodine supplementation can reduce a potential thyroid dose approximately 2-fold (Figure 1) [17]. After considering all the above, the emergency iodine prophylaxis in terms of the radiation incident (with the release of radioactive iodine) is to be done and done within the shortest possible time.

The phenomenon of thyroid function blocking by the stable iodine in high doses before incorporation of its radioactive isotopes is underlying in emergency iodine prophylaxis. If successfully applied it provides termination of further capture of iodine of any isotopic composition by thyroid. The blockade as a result of administration of a single dose of iodine in blocking dose (over 100 mg) is temporary. Thus, a

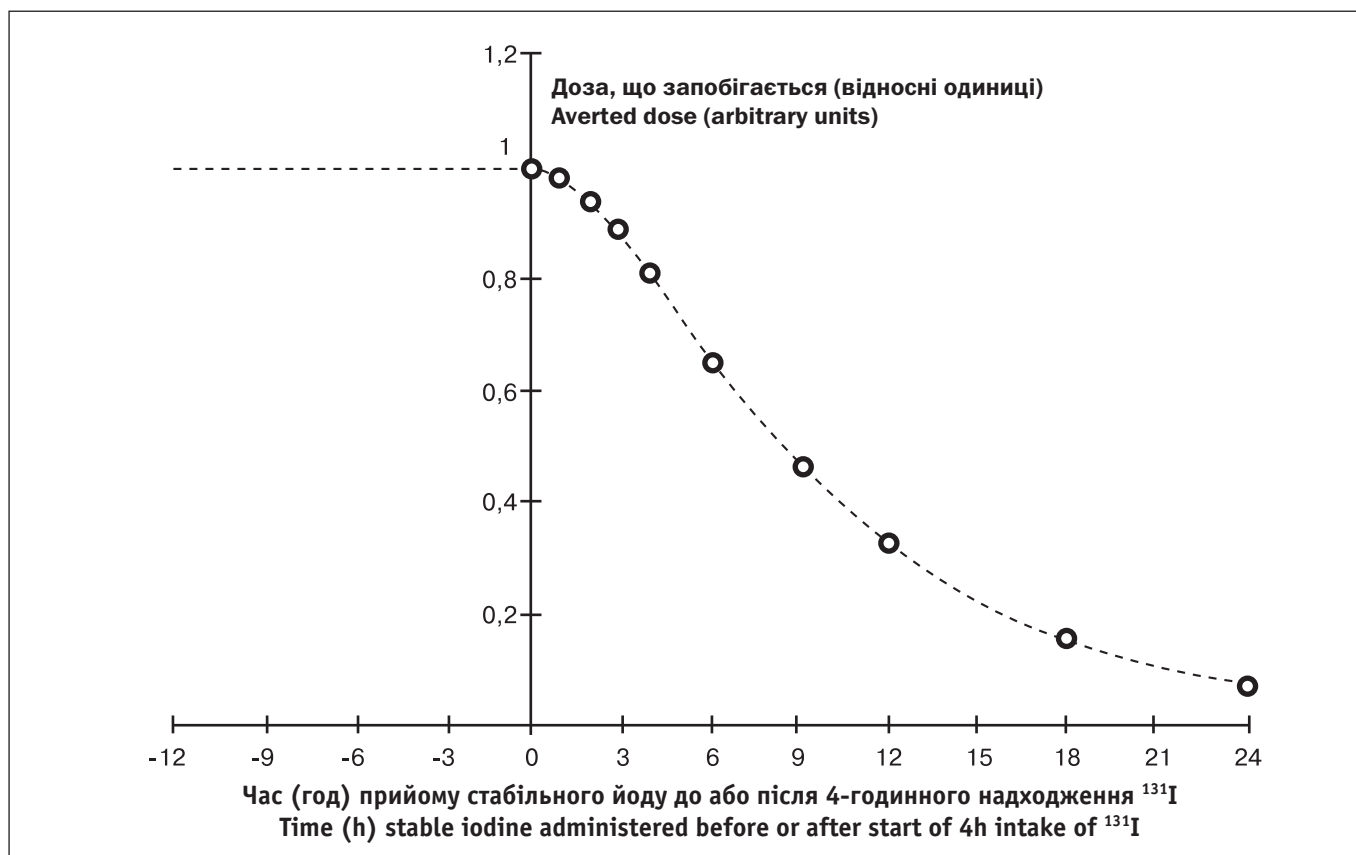


Рисунок 1. Доза опромінення щитоподібної залози, яка запобігається, як функція часу прийому стабільного йоду по відношенню до надходження в організм ^{131}I [17]

Повний ефект стабільного йоду в блокуванні щитоподібної залози досягається при призначенні його препаратів незадовго до впливу радіоактивності (експозиції/інкорпорації радіоактивного йоду) або ж, наскільки це можливо, незабаром після цього. Однак навіть затримка в проведенні йодної профілактики на кілька годин все ж блокує щитоподібну залозу на 50 %. Представлено ефективність блокування органу залежно від часу до і після впливу радіоактивного йоду.

Figure 1. Averted dose as a function of time stable iodine is administered relative to a 4-h intake of ^{131}I for different dietary iodine intakes [17]

To obtain full effectiveness of stable iodine for thyroidal blocking requires that it be administered shortly before exposure or as soon after as possible. However, iodine uptake is blocked by 50% even after a delay of several hours. The effectiveness of thyroid blocking is shown achieved by administering stable iodine at different times before or after a 4-h exposure to radioiodine.

Так, одноразовий прийом 100 мг стабільного йоду (130 мг йодиду калію або 170 мг йодату калію) забезпечує високий захисний ефект протягом 24 годин. У зв'язку з тим, що при інциденті неможливо виключити вірогідність повторного надходження радіоактивних речовин з довкілля, а період напіврозпаду ^{131}I становить 8,04 доби, для підтримки такого рівня захисту в умовах тривалого надходження в організм радіоактивного йоду потрібні повторні прийоми препаратів стабільного йоду 1 раз на добу протягом усього терміну, коли можливе його надходження, але не більше 10 діб для дорослих і не більше 2 діб для вагітних жінок і дітей до 3 років. Інші заходи захисту, необхідно застосовувати аж до евакуації.

Препарати стабільного йоду з метою профілактики опромінення при радіаційних подіях приймаються

single dose of 100 mg stable iodine (130 mg of potassium iodide or 170 mg potassium iodate) provides a high protective effect for about 24 hours. Due to the fact that probability of repeated incorporation of radioactive substances from environment can occur in unavailable immediate evacuation, and the half-life of ^{131}I is 8.04 days a repeated drug administration of stable iodine may be required to maintain a level of protection in long-term intake of radioactive iodine. It implies administration of iodine medication 1 once a day for the duration as possible radioactivity incorporation, but not more than 10 days for adults and up to 2 days for pregnant women and children under 3 years. Other protection measures should be applied until the evacuation.

Preparations of stable iodine should be taken to prevent the radiation exposure in emergency on

за вказівкою/командою, що надходить від представників органів влади або медичних працівників.

У Нормам радіаційної безпеки (НРБ-99/2009) [29] встановлені критерії для ухвалення невідкладних рішень у початковому періоді радіаційної аварії (інциденту). Згідно з рівнем А, йодну профілактику у дітей починають при прогнозованій дозі на щитоподібну залозу протягом перших 10 діб 100 мГр, у дорослих — 250 мГр.

Існують рекомендації профілактичного застосування препаратів стабільного йоду за рішенням медичного керівництва у всього населення в межах території радіусом 10 миль (~18 км) від підприємств атомної промисловості, поряд з проведенням заходів щодо герметизації жителів і/або евакуації [30]. Причому запаси препаратів мають зберігатися у шпиталях та школах. Рекомендації було підтверджено у проекті наступної версії рекомендацій за участю міністерства охорони здоров'я та соціального забезпечення США [31]. Водночас, Американська тиреоїдна асоціація рекомендує не обмежуватися відстанню 10 чи то, наприклад, 20 миль, а замість того — збільшити цю величину і встановити різний тип забезпечення населення препаратами йоду по зонах (при, відповідно, різних умовах його зберігання) [32]. Так, на відстані до 50 миль (~90 км) рекомендовано забезпечити все населення препаратами на місцях власного проживання (будинках, квартирах тощо), на відстані 50–200 миль (~90–360 км) сформувати запаси лікарських форм препаратів калію у місцевих суспільних закладах — медичних установах, школах, поліцейських дільницях та пожежних станціях. Поза радіусом 200 миль від підприємств атомної промисловості вважається за доцільне мати запаси препаратів калію на національного підпорядкування складах міністерства охорони здоров'я і соціального забезпечення [32]. Вважаємо доречним такий підхід до організації аварійної йодної профілактики у населення. Більш того, в густонаселених регіонах, де швидка евакуація великої чисельності населення є складним, важко здійсненним завданням, особливо доцільна можливість йодної профілактики на відстані кількох сотень кілометрів. Проте при цьому залишається нагальним питання адекватного зберігання препаратів саме у населення (хоча термін придатності пігулок калію йодиду досить великий — 5 років — і при необхідності може бути подовжений), а також — ризиків неправильного, несвоєчасного або неадекватного за дозою самовільного прийому, оскільки в будь-якому випадку проведення йодної профілак-

direction of government officials or health professionals.

Criteria for urgent decision-making in the initial period of a radiological emergency (incident) are established in the Radiation Safety Standards (NRB-99/2009) [29]. In accordance with level A, the iodine prophylaxis in children is to be launched in case of predictable dose on thyroid 100 mGy within the first 10 days, in adults the threshold dose is 250 mGy.

There are recommendations of prophylactic use of stable iodine medications according to the decision of healthcare officials in the entire population within the territory of a radius of 10 miles (~ 18 km) from the nuclear industry enterprises, along with the activities on sealing the homes and/or evacuation [30]. The stocks of drugs at that are to be stored in hospitals and schools. The recommendations were confirmed in the draft the next version of the recommendations by the US Department of Health and Human Services (HHS) [31]. However, the American Thyroid Association recommends not limit to the distance of 10 or, for example, 20 miles, but instead — to increase this value and set a different type of provision of population by the iodine preparations by the specific zones (with respectively different storage conditions) [32]. In particular, at a distance up to 50 miles (~ 90 km) it is recommended to provide the entire population with iodine medications in their residence (houses, flats, etc.), at a distance of 50–200 miles (~90–360 km) to form the reserves of medications in local public institutions, namely in hospitals, schools, police stations and fire stations. Outside a radius of 200 miles from the nuclear industry enterprises it is considered appropriate to have stocks of drugs in depots subordinated to the Department of Health and Human Services [32]. We consider appropriate this approach to emergency iodine prophylaxis in population. Moreover, in densely populated areas where fast evacuation of a large population is difficult, the opportunity iodine prophylaxis at a distance of several hundred kilometers is especially appropriate. However, it remains a key issue of adequate storage of drugs in population (although the shelf life of tablets of potassium iodide is long enough — 5 years, and can be extended if necessary). Moreover there are some risks of improper, untimely or inadequate for a dose unauthorized intake, because the iodine prophylaxis in any case should be imple-

тики необхідно здійснювати за рішенням експертів в області медичної радіології і відповідно до призначених доз наявних лікарських форм.

Отже, за умови прийому препаратів стабільного йоду в адекватній дозі незабаром після аварійного або обумовленого терористичним актом надходження радіоактивного йоду в навколишнє середовище, забезпечується ефективне запобігання радіаційно-індукованих тиреоїдних, а також загальних променевих ефектів [33]. Управління з контролю за продуктами і ліками США (US Food and Drug Administration – FDA) рекомендує застосування препаратів стабільного йоду тільки по досягненні визначеного рівня впливу радіоактивного йоду. Такий підхід обумовлений результатами оцінки співвідношення ризик/сприятливий ефект за наслідками йодної профілактики в Польщі і Білорусії під час аварії в Чорнобилі [34]. Утім, на думку фахівців, завжди варто розуміти, що позитивний ефект застосування препаратів стабільного йоду (стосовно профілактики раку щитоподібної залози) у будь-якому випадку незрівнянно перевершує пов'язані з цим застосуванням ризики [33].

Стабільний йод можна призначати або у вигляді калію йодиду (KI), або калію йодату (KIO₃). При цьому дещо кращим вибором є KI, оскільки KIO₃ характеризується більш виразним подразненням кишечника [35]. 100 мг йоду міститься у 130 мг KI та 170 мг KIO₃. Вирішальних розходжень у припустимих термінах зберігання KI і KIO₃ немає і при адекватних умовах збереження термін придатності таблетованих препаратів складає не менше 5 років. Після закінчення 5 років необхідна перевірка вмісту йоду в лікарських формах і, при задовільних її результатах, можливе продовження терміну зберігання [35].

Відомі рекомендації щодо застосування препаратів йоду відповідно до граничних доз потенційного опромінення щитоподібної залози ілюструє табл. 7 [36].

Калію йодид випускається, як правило, в таблетках по 130 і 65 мг (вміст йоду 100 і 50 мг відповідно). Таблетки легко розчиняються у воді, що дає можливість застосування будь-якого необхідного об'єму розчину залежно від необхідної дози. Існує також форма наднасиченого розчину калію йодиду (super saturated potassium iodide – SSKI), однак його концентрація (1000 мг/мл) обумовлює труднощі при одержанні педіатричних доз. FDA видані також рекомендації з приготування доз KI для дітей грудного і молодшого віку у позалабораторних/позааптечних (домашніх) умовах на основі стандартних таблеток препарату (табл. 8, 9) [41, 42].

mented by the decision of experts in medical radiology and according to prescribed doses of available dosage forms.

Thus, the effective prevention of radiation-induced thyroid and general radiation effects will be provided in case of stable iodine supplementation in adequate doses, in time or shortly after the accidental or caused by the terrorist attack release of radioactive iodine into the environment [33]. The US Food and Drug Administration (FDA) recommends the use of stable iodine drugs only if a certain level of exposure to radioactive iodine is reached. This approach results from assessment of risk to favorable effect ratio in consequences of iodine prophylaxis in Poland and Belarus during the Chernobyl accident [34]. However, according to expert opinion one should always understand that the positive effect of administration of stable iodine preparations (in relation to prevention of thyroid cancer) in any case far exceeds any risk related to administration itself [33].

Stable iodine can be given either in the form of potassium iodide (KI), or potassium iodate (KIO₃). KI is a bit better choice, because KIO₃ is characterized by a pronounced irritation effect on intestine [35]. There is 100 mg of iodine in 130 mg KI and in 170 mg of KIO₃ respectively. There is no decisive difference in terms of allowable shelf life for both KI and KIO₃ tablets being at least 5 years in adequate storage conditions. After the 5 years of storage the assay of iodine content in iodine dosage forms is to be held. Extension of storage is possible upon satisfactory assay results [35].

There are recommendations on the use of iodine preparations according to the threshold potential exposure doses on thyroid (see Table 7) [36].

Potassium iodide is produced usually in tablets of 130 and 65 mg (100 and 50 mg iodine respectively). Tablets are easily dissolved in water, which allows the use of any required volume of solution depending on the required dose. There is also an oversaturated form of potassium iodide solution (supersaturated potassium iodide – SSKI), but its concentration (1000 mg/mL) is a source of causes difficulties in obtaining the pediatric doses. FDA had issued the recommendations for the preparation of KI doses for infants and young children in home conditions using the standard tablets (Tables 8, 9) [41, 42].

Таблиця 7

Рекомендації щодо застосування препаратів йоду (йодиду калію – KI та йодату калію – KIO₃) відповідно до граничних доз потенційного опромінення щитоподібної залози¹

Table 7

Recommendations on administration of iodine preparations (KI and KIO₃) corresponding to threshold doses of potential thyroid exposure¹

Групи постраждалих Groups of survivors	ПДО Гр (рад) ⁴ PRD, Gy (rad) ⁴	МВНК, мГр ⁵ JLUC, mGy ⁵	Доза KI, мг / KI dose, mg			Доза KIO ₃ , мг KIO ₃ dose, mg
			FDA ⁶	ATA ⁷	Російська Федерація ⁸ Russian Federation	Білорусь ⁹ Belarus
Дорослі після 40 років Adults over 40	>5 (500)	200	130	130	125	130
Дорослі 18–40 років Adults 18–40 years	≥0,1 (10)	200	130	130	125	130
Підлітки 12–17 років ² Adolescents 12–17 years ²	≥0,05 (5)	50	65	130	125	130
Діти 4–11 років Children 4–11 years	≥0,05 (5)	50	65	65	65	65
Діти від 1 місяця до 3 років ³ Children from 1 month to 3 years ³	≥0,05 (5)	50	32	30–35	40	65
Діти від народження до 1 місяця Children from birth to 1 month	≥0,05 (5)	50	16	15	40	65
Ватіні або жінки-годувальниці Pregnant and breastfeeding females	≥0,05 (5)		130		125	

Примітки. ¹KI та KIO₃ ефективні винятково при впливі радіоактивного йоду (а не інших радіоактивних речовин); вагітним жінкам і немовлятам призначаються одноразово, за винятком випадків неможливості застосування інших заходів захисту (евакуації, герметизації жител, виконання гігієнічних вимог до продуктів харчування), коли рішення про повторне застосування приймають фахівці в галузі медичної радіобіології і радіаційного захисту. ²Підліткам з масою тіла понад 70 кг варто призначати дозу дорослого. ³KI у вигляді пігулок або наднасиченого розчину розчиняють або розводять з молочними продуктами, фруктовими соками або сиропами. ⁴Потенційна доза опромінення, за умов якої необхідне втручання [34]. ⁵Межі виправданості для невідкладних контрзаходів (НРБУ-97); вказані очікувані дози при внутрішньому опроміненні радіоізотопами йоду, що надходять до організму протягом перших двох тижнів після початку аварії.

Notes. ¹KI and KIO₃ are effective only under the exposure to radioactive iodine (but not to other radioactive substances), should be administered to pregnant women and infants only once except unavailability to use any other measures of protection (evacuation, sealing homes, implementation of hygiene requirements to the food) when the decision to re-use are adopted by experts in the field of medical radiology and radiation protection. ²Teenagers weighing more than 70 kg should receive an adult dose. ³KI in tablets or oversaturated solution should be dissolved or diluted in dairy products, fruit juices or syrups. ⁴Potential radiation dose under which the intervention is required [34]. ⁵Justifiability limits for urgent countermeasures (NRBU-97); expected doses are stated in case of internal irradiation by radioactive iodine incorporated within first two weeks upon the accident beginning. ⁶[37]. ⁷[32]. ⁸[38]. ⁹[39]. ¹⁰[40].

Таблиця 8**Рекомендації з приготування розчину йодиду калію в домашніх умовах на основі таблеток KI 130 мг****Table 8****Guidelines for home preparation of potassium iodide (KI) solution using 130-mg tablet**

- Помістити одну таблетку KI 130 мг у невелику посудину і потовкти в дрібний порошок тильною стороною столової ложки; у порошок не повинно бути великих грудок.
Put one 130-mg KI tablet in a small bowl and grind into a fine powder with the back of a spoon. The powder should not have any large pieces.
- Додати 4 чайні ложки (20 мл) води до порошку KI і розмішати до повного розчинення.
Add 4 tsp (20 mL) of water to the KI powder. Use a spoon to mix them together until the potassium iodide powder is dissolved in the water.
- Додати 4 чайні ложки (20 мл) молока, фруктового соку або сиропу до розчину KI у воді. В отриманій суміші буде 16,25 мг KI у 5 мл (1 чайна ложка).
Add 4 tsp (20 mL) of milk, juice, soda, or syrup (eg, raspberry) to the KI/water mixture. The resulting mixture is 16.25 mg of KI per teaspoon (5 mL).
- Рекомендації дозування залежно від віку / age-based dosing guidelines:
 - від народження до 1 місяця - 1 чайна ложка / newborn through 1 month of age = 1 tsp
 - від 1 місяця до 3 років - 2 чайні ложки / 1 month through 3 years of age = 2 tsp
 - від 4 до 17 років - 4 чайні ложки (при масі тіла дитини понад 70 кг - 1 таблетка 130 мг) / 4 years through 17 years of age = 4 tsp (if child weighs more than 70 kg, give one 130-mg tablet)

Зберігати свіжоприготовану суміш можна до 7 днів в холодильнику. Невикористану частину продукту варто видалити.

Potassium iodide mixed with any of the recommended drinks will keep for up to 7 days in the refrigerator. Unused portions should be discarded.

Таблиця 9**Рекомендації з приготування розчину йодиду калію в домашніх умовах на основі таблеток KI 65 мг****Table 9****Guidelines for home preparation of potassium iodide (KI) solution using 65-mg tablet**

- Помістити одну таблетку KI 65 мг у невелику посудину і потовкти в дрібний порошок тильною стороною столової ложки; у порошок не повинно бути великих грудок.
Put one 65-mg KI tablet in a small bowl and grind into a fine powder with the back of a spoon. The powder should not have any large pieces.
- Додати 4 чайні ложки (20 мл) води до порошку KI і розмішати до повного розчинення.
Add 4 tsp (20 mL) of water to the KI powder. Use a spoon to mix them together until the potassium iodide powder is dissolved in the water.
- Додати 4 чайні ложки (20 мл) молока, фруктового соку або сиропу до розчину KI у воді. В отриманій суміші буде 8,125 мг KI у 5 мл (1 чайна ложка).
Add 4 tsp (20 mL) of milk, juice, soda, or syrup (eg, raspberry) to the KI/water mixture. The resulting mixture is 8.125 mg of KI per teaspoon (5 mL).
- Рекомендації дозування залежно від віку / age-based dosing guidelines:
 - від народження до 1 місяця - 2 чайні ложки / newborn through 1 month of age = 2 tsp
 - від 1 місяця до 3 років - 4 чайні ложки / 1 month through 3 years of age = 4 tsp
 - від 4 до 17 років - 8 чайних ложок (при масі тіла дитини понад 70 кг - 2 таблетки 65 мг) / 4 years through 17 years of age = 8 tsp (if child weighs more than 70 kg, give two 65-mg tablet)

Зберігати свіжоприготовану суміш можна до 7 днів в холодильнику. Невикористану частину продукту варто видалити.

Potassium iodide mixed with any of the recommended drinks will keep for up to 7 days in the refrigerator. Unused portions should be discarded.

У публікації FDA вказується на обов'язкову, у випадку проведення профілактики дітям, умову розчинення KI у смачному напої через виражено солоно-гіркий смак препарату. Найкращим вибором, як показує практика, для усунення смаку йодиду є використання малинового сиропу. Прийнятні результати досягаються при розчиненні таблеток у шоколадних молочних напоях з невисоким змістом жиру або в апельсиновому соку. Звичайне молоко не забезпечує маскування смаку KI.

Захисний ефект прийому калію йодиду, як вже згадувалося вище, триває приблизно 24 години. При неможливості евакуації необхідне повторне (іноді

The FDA publication highlights the mandatory dissolution of KI in tasty beverages in case of administration to the children because of a strong salty-bitter taste of the drug. The best option from the available evidence to eliminate the taste of iodide is using a raspberry syrup. Acceptable results are achieved through dissolution of tablets in low-fat chocolate milk drinks or orange juice. Normal milk is not suitable to mask the taste of KI.

The protective effect of taking KI, as mentioned above, lasts about 24 hours. In case of impossible immediate evacuation the repeated (sometimes

багаторазове) застосування препаратів. Рішення про це приймаються винятково фахівцями-радіологами.

Необхідно враховувати, що радіоактивний йод (поза залежністю від ізотопного складу) характеризується нетривалим періодом напіврозпаду, у зв'язку з чим не може бути присутнім у продуктах розпилення радіоактивних речовин терористами шляхом, наприклад, підризу резервуара з їхнім вмістом звичайною вибухівкою («брудна бомба»). Тому при встановленні такого роду джерела радіаційної небезпеки проведення йодної профілактики недоцільне.

Короткострокові побічні ефекти в зв'язку із застосуванням препаратів KI у Польщі в квітні 1986 року в переважній більшості випадків були незначними за тяжкістю і полягали у явищах подразнення шлунково-кишкового тракту або шкірної висипки [20, 43].

Відомі дані про те, що застосування препаратів йодиду калію в немовлят супроводжувалося транзиторним зниженням вмісту в крові тироксину поряд зі збільшенням концентрації тиреотропного гормону гіпофіза. У зв'язку з цим, рекомендується в таких випадках досліджувати такі показники тиреоїдної функції дітей через 2–4 тижні після одноразового застосування KI. У випадку застосування понад 1 дози KI потрібно більш тривале спостереження з періодичним проведенням гормональних досліджень. Повторний прийом препаратів KI вагітними жінками супроводжується в подальшому ризиком розвитку гіпотиреозу немовляти. Реальне співвідношення ризиків і потенційних захисних ефектів у ході кількаразової йодної профілактики у вагітних багато в чому визначається прогнозованою тривалістю контакту з радіоактивним йодом.

Оскільки інкорпорований організмом матері радіоактивний йод активно виділяється з грудним молоком при лактації, експерти строго рекомендують, нехай тимчасове, припинення грудного вигодовування при контакті з радіонуклідами йоду в результаті радіаційних інцидентів [34]. Слід зазначити, що це суперечить думці FDA про можливості продовження грудного вигодовування за умови прийому матерями препаратів стабільного йоду [33, 37].

Однак, загалом, кількаразового застосування препаратів стабільного йоду у вагітних жінок і немовлят слід уникати за винятком випадків, коли всі інші захисні заходи (евакуація, герметизація жител, радіологічний контроль харчових продуктів тощо) нереальні [33].

Препарати стабільного йоду протипоказані особам з гіперчутливістю до йоду, а також хворим на герпетичний дерматит або гіпокомплементаемічний васкуліт (hypocomplementemic vasculitis) — обидва зазначені досить рідкісні захворювання супроводжуються високим

multiple) drug administration is required. This decision is to be made solely by expert radiologists.

Notably the radioactive iodine (regardless of the isotopic composition) is characterized by a short half-life, and therefore can not be present in radioactive materials dispersed by terrorists (if any), e.g. through undermining a tank with their content by a usual explosive («dirty bomb»). Thus, when this type of radiological hazard is identified the iodine prophylaxis would be unnecessary.

The short-term side effects of KI administration in Poland in April 1986 were minor in severity in majority of cases and featured the symptoms of irritation of gastrointestinal tract or skin rash [20, 43].

There is an evidence that administration of potassium iodide drugs in infants is accompanied by a transient decrease in blood thyroxine content along with an increasing concentrations of thyroid-stimulating hormone. In this connection, it is recommended in such cases to investigate both such markers of thyroid function in children 2–4 weeks after a single use of KI. In case of administration of more than one dose of KI the more long-term observation is required with a repeated hormonal assay. Repeated administration of KI drugs to pregnant women is the source of a risk of neonatal hypothyroidism in babies. The real ratio of potential risks and protective effects during a repeated iodine prophylaxis in pregnancy is largely determined by the projected duration of exposure to radioactive iodine.

As the radioactive iodine incorporated by mother is actively excreted in breast milk during lactation the experts strongly recommend even temporary weaning in case of contact with radioiodine as a result of radiation incidents [34]. It should be noted that this is contrary to the opinion of the FDA experts that mothers may continue breastfeeding if taking the stable iodine medications [33, 37].

However, in general a multiple use of stable iodine preparations in pregnant women and infants should be avoided except when all other protective measures (evacuation, sealing homes, radiological monitoring of foodstuffs etc.) are unrealistic [33].

Preparations of stable iodine are contraindicated for persons with hypersensitivity to iodine, and people suffering dermatitis herpetiformis or hypocomplementemic vasculitis. Both diseases are accompanied by a high risk of hypersensitivity to

ризиком гіперчутливості до йоду. Обережності у застосуванні препаратів йоду варто дотримуватися у хворих із захворюваннями щитоподібної залози (багатовузловий зоб, тиреотоксикоз, аутоімунний тиреоїдит), особливо у випадку, коли прийом відповідних агентів передбачається протягом декількох діб. У будь-якому разі, при цьому необхідне ретельне дослідження тиреоїдної функції в подальшому [17].

Критичні зауваження

Особливого розгляду, на думку авторів, заслуговують усякого роду довільні домисли і безвідповідальні «рекомендації» з використання для профілактики променевого впливу радіоактивного йоду різноманітних харчових добавок на основі морепродуктів, препаратів йоду для профілактичного прийому в умовах зобної ендемії (у населення територій з дефіцитом йоду в питній воді і продуктах харчування), а вкрай неприпустиме — аптечного спиртового розчину йоду для зовнішнього застосування.

Тут принципово важливим є одне: блокує щитоподібну залозу і не допускає надходження в неї радіоактивного йоду прийом дорослою людиною 100 мг (0,1 г) йоду стабільного.

В усіх харчових добавках і препаратах йоду для застосування у населення територій з дефіцитом йоду (у питній воді і продуктах харчування) міститься доза стабільного йоду, близька або рівна добовій потребі, а саме — найчастіше 100–200 мкг (0,0001–0,0002 г). Винятком є препарат Антиструмін, що містить 1 мг (0,001 г) калію йодиду.

Іншими словами, доза КІ для профілактики радіаційного ураження і дози КІ для профілактичного застосування при екологічній недостатності мікроелемента відрізняються у 500–1000 разів (для Антиструміну — у 130 разів, тому що в 1 мг КІ міститься 0,77 мг йоду). Так що для блокування щитоподібної залози дорослій людині необхідно було б прийняти 1000 таблеток препарату профілактики дефіциту йоду (або 130 таблеток Антиструміну). Неможливість цього очевидна.

Що стосується розчину йоду для зовнішнього застосування, то ця фармацевтична форма (у відповідності з відомостями з фармацевтичних довідників) містить у своєму складі йоду 5 грамів, калію йодиду 2 грами, води і спирту 95 % нарівно до 100 мл. Так що в 1 мл розчину міститься 0,05 г (50 мг) йоду і 0,02 г (20 мг) КІ. Молекулярний йод **не всмоктується** у кишечнику. Всмоктуються лише йодиди. Отже, необхідна доза 130 мг (0,13 г) йодиду калію міститься у 6,5 мл розчину йоду спиртового. Прийом усередину

iodine. Precautions in the use of iodine preparations should be followed in patients with thyroid disease (multinodular goitre, hyperthyroidism, chronic autoimmune thyroiditis), especially when receiving of the thyroid-blocking doses of iodine is expected for several days. In any case, a careful study of thyroid function is required at that in the future [17].

Critical remarks

Special consideration, according to the authors, deserves any kind of arbitrary speculation and irresponsible «recommendations» of use for the prevention of radiation exposure from radioactive iodine of a variety of nutritional supplements based on seafood, iodine preparations for prophylactic administration in terms of goitre endemic (in population of areas with iodine deficiency in drinking water and food) and extremely unacceptable — a pharmaceutical iodine alcohol solution for external use.

There is one important statement here: blocking of thyroid gland in adult human with resulting prevention of organification of radioactive iodine occurs upon taking of the 100 mg (0.1 g) of stable iodine.

All supplements and preparations of iodine for use in population of areas with iodine deficiency (in drinking water and food) contain a stable iodine dose close or equal to the daily requirement, namely most often 100–200 mg (0.0001–0.0002 g). The Antystrumin preparation is an exception here, containing 1 mg (0.001 g) of potassium iodide.

Thus, a dose of KI for the prevention of radiation damage and KI doses for preventive use in environmental trace element deficiency are 500–1000 times different (and 130 times different with for Antystrumin as 1 mg KI contains 0.77 mg of iodine). So would be need to take 1,000 tablets of the drug prevention of iodine deficiency (or 130 tablets Antystrumin) to block the thyroid in adult person. The impossibility up to absurdity is obvious here.

Regarding the iodine solution for external use only, this pharmaceutical form (according to information from pharmaceutical reference) contains 5 grams of iodine in its composition, 2 grams of potassium iodide, water and alcohol in equal 95% to 100 mL. So 1 ml solution contains 0.05 g (50 mg) of iodine and 0.02 g (20 mg) of KI. Molecular iodine **is not absorbed** in the intestine. Only iodide is absorbed. Consequently, the required dose of 130 mg (0.13 g) of potassium iodide is contained in 6.5

такої кількості розчину йоду для зовнішнього застосування в недостатньо розведеному вигляді спричиняє **хімічний опік слизової оболонки порожнини рота і стравоходу аж до некрозу**. При глибокому розведенні розчину йоду спиртового, наприклад — у молоці, що забезпечить безпечну концентрацію, результуючий об'єм складе не менше літра чи навіть більше. Спроба прийняти всередину такий «саморобний засіб/продукт» також неможлива.

У свою чергу, рекомендації нанесення розчину йоду на шкіру тіла також не витримують критики. Така маніпуляція супроводжується всмоктуванням лише кількох відсотків мікроелемента і протягом тривалого періоду, а не швидко, тоді як більша частина реагує з клітинами епідермісу, залишається зв'язаною в ньому і зазнає сублімації (переходу з твердого стану у газоподібний, минаючи рідкий). Ці дані відомі вже понад 80 років з часу наукової публікації W. Nyiri та M. Jannitti [44]. Так, після нанесення на шкіру спиртового або колоїдного розчину йоду ~88 % мікроелементу сублімується з її поверхні протягом трьох днів. Швидкість сублімації найвища протягом перших кількох хвилин після нанесення. Надалі, протягом перших двох годин ~50 % йоду переходить у повітря, через 24 години видалення сягає загалом ~75–80 %, а впродовж другої і третьої доби речовина сублімується невеликою мірою — загалом протягом 3 діб — 88 % нанесеної кількості. Решта, ~12 %, залишається на шкірі і проходить через неї. Проте, цей процес є вельми поступовим; лише ~1–4 % поглинаються протягом перших кількох годин, решта ж утворює депо в шкірі, з якого ~5–6 % надходять у циркуляцію впродовж 3 діб і ще 3–5 % — в подальшому. Отже, для надходження до внутрішнього середовища все тих же 100 мг йоду необхідно було б нанести на шкіру близько 1000 мг (1 г) йоду в розрахунку на чисту речовину, а така кількість міститься в 50 мл 5 % розчину. Для запобігання опікам шкіри, таку кількість розчину потрібно було б наносити рівномірно по поверхні тіла. Однак і це не може бути ефективним щодо запобігання опроміненню щитоподібної залози, оскільки поглинання йоду буде поступовим, протягом діб, замість одномоментного швидкого всмоктування. А тому блокування щитоподібної залози не відбудеться. Виходячи з цього, неприйнятні для практичного застосування результати таких публікацій, як наприклад [45], де розчин йоду наносили на шкіру за декілька годин до введення ^{131}I в експерименті, і при тому блокування щитоподібної залози не відбувалося (хоча й зменшувалося накопичення ізотопу в органі).

ml of alcohol solution of iodine. Oral intake of so much iodine solution for external use if not enough diluted causes **chemical burns of the mucous membrane of the mouth and esophagus up to the necrosis**. A deep dilution of such alcohol solution of iodine, for example — in the milk, providing a safe concentration, will result in volume of at least a liter or more. Oral take of such a «self-made tool / product» is obviously also impossible.

In turn, the recommendations of applying the iodine solution on skin doesn't hold up against criticism. Such manipulation is accompanied by only a few percent absorption of trace elements and over a long period, but not quickly, while most of the iodine react with cells of the epidermis, becomes bound by it, and undergoes sublimation (transition from solid to gas, bypassing the liquid phase). These data have been known since the scientific publication by W. Nyiri and M. Jannitti [44]. So, after skin application of alcoholic or colloidal solution of iodine ~88% of microelement sublimates from the surface for three days. Sublimation rate is highest in the first few minutes after application. Later, during the first two hours ~50% of iodine goes into the air, in 24 hours the removal reaches ~75–80% in general, and for the second and third days of the substance sublimates to a small extent. In total the 88% of the applied amount of iodine sublimates for 3 days. The rest ~12% remains on the skin and passes through it. However, this process is very gradual as only ~1–4% is absorbed within first few hours, whereas the remaining forms a depot in the skin, from which ~5–6% comes into circulation for 3 days and 3–5% — further. So, for incorporation of the same mentioned above 100 mg of iodine about 1000 mg (1 g) of iodine per pure substance should be put on the skin, but this amount is contained in 50 ml of 5% solution. To avoid skin burns, such amount of solution should be applied evenly over the surface of the body. However, this may not be effective to prevent the exposure of thyroid, as the iodine uptake will be gradual over days instead of instantaneous rapid absorption. Therefore, no thyroid the will occur. Accordingly, the data of such publications as [45], where the iodine solution was applied to the skin for several hours until the ^{131}I in the experiment are unacceptable for practical use in radiation emergencies, as again no thyroid blocking will occur (despite a bit decreased accumulation of isotope in the body).

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ПЕДІАТРІВ І КЕРІВНИКІВ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ДІТЕЙ ТА ПІДЛІТКІВ

1. Лікарі і керівники охорони здоров'я повинні бути підготовленими стосовно аспектів надання допомоги дітям при радіаційних подіях.
2. Лікарі повинні бути інформовані про плани дій місцевих органів влади у випадку радіаційних подій.
3. Лікарям варто брати участь у розробці планів дій лікарняних установ у випадку радіаційних подій.
4. Лікарям слід бути готовими до проведення йодної профілактики у населення в межах територій на відстані 20–100 км від підприємств ядерної промисловості в умовах відповідних надзвичайних ситуацій за рішенням керівництва органів влади і установ охорони здоров'я.
5. Оцінку ризиків застосування препаратів йоду у дітей в умовах радіаційних подій на ядерних підприємствах педіатрам варто проводити за результатами обговорення з їхніми батьками.
6. Лікарям слід інформувати матерів, які вигодовують немовлят, про необхідність припинення грудного вигодовування у випадку радіаційних подій.
7. Персоналові медичних установ в умовах радіаційних подій слід ретельно оцінювати психологічний стан і поведінкові особливості потерпілих дітей та їхніх батьків.
8. У складі штату медичних установ мають бути спеціалісти з радіаційної безпеки.
9. До обов'язків відповідального співробітника з радіаційної безпеки медичної установи входить забезпечення наявності і справного стану дозиметричного устаткування, наявності запасу препаратів йоду, закритого приміщення для тимчасового зберігання контамінованого одягу потерпілих, а також їх миття.
10. Медичні установи потрібно забезпечити дубльованими системами зв'язку для випадків координації дій при радіаційних інцидентах.
11. При виникненні радіаційного інциденту необхідне забезпечення безпеки як потерпілих, так і фахівців, допоміжного персоналу і добровольців, які надають допомогу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Medical response to radiation incidents and radionuclear threats / I. Turai, K. Veress, B. Gunalp, G. Souchkevitch // *BMJ*. - 2004. - Vol. 328. - P. 568-572.
2. Weapons of mass destruction events with contaminated casualties: effective planning for health care facilities / A. G. Macintyre, G. W. Christopher, E. Jr. Eitzen [et al.] // *JAMA*. - 2000. - Vol. 283. - P. 242-249.

RECOMMENDATIONS FOR PEDIATRICIANS AND HEALTH AUTHORITIES PROVIDING CARE TO THE CHILDREN AND ADOLESCENTS

1. Doctors and healthcare managers must be trained in aspects of providing care to the children and adolescents in radiation events.
2. Physicians should be aware of the plans of local authorities in case of radiation events.
3. Physicians should participate in development of action plans in hospitals in case of radiation events.
4. Physicians should be ready to provide the iodine prophylaxis in population within the area at a distance of 20–100 km from the nuclear industry enterprises in terms of the emergencies by the decision of governing bodies and authorities of healthcare institutions.
5. Pediatricians upon discussion with children's parents should carry out an assessment of a risk of iodine administration in children under the radiological events at nuclear enterprises.
6. Physicians should inform mothers who nurse babies about the need of weaning in the case of radiation events.
7. The staff of healthcare institutions in terms of radiation events should carefully assess the psychological state of survivors and behavioral characteristics of children and their parents.
8. Experts in radiation safety are to be employed at the state healthcare institutions.
9. Providing the availability and serviceable condition of dosimetry equipment, availability of supply of iodine preparations, availability of a closed room for temporary storage of contaminated clothing of survivors, and special room for their washing are the duties of employees responsible for radiation safety in healthcare institution.
10. Healthcare institutions are to be provided with doubled communication systems for cases of required coordination of actions in radiation incidents.
11. In the event of radiation incident it would be necessary to provide the safety of both the survivors and professionals, supporting staff, and volunteers.

REFERENCES

1. Turai I, Veress K, Gunalp B, Souchkevitch G. Medical response to radiation incidents and radionuclear threats. *BMJ*. 2004;328(7439):568-72.
2. Macintyre AG, Christopher GW, Eitzen EJr, Gum R, Weir S, DeAtley C, Tonat K, Barbera JA. Weapons of mass destruction

3. Hospital preparedness for weapons of mass destruction incidents: an initial assessment / K. N. Treat, J. M. Williams, P. M. Furbee [et al.] // *Ann. Emerg. Med.* - 2001. - Vol. 38. - P. 562-565.
4. A systems approach to the management of radiation accidents / L. L. Richter, H. W. Berk, C. D. Teates [et al.] // *Ann. Emerg. Med.* - 1980. - Vol. 9(6). - P. 303-309.
5. National Council on Radiation Protection and Measurements. Management of terrorist events involving radioactive material : NCRP report no. 138. - Bethesda, Md., 2001.
6. Mettler F. A. Major radiation exposure - what to expect and how to respond / F. A. Mettler, G. L. Voelz // *New Engl. J. Med.* - 2002. - Vol. 346. - P. 1554-1561.
7. American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Health. Risk of ionizing radiation exposure to children: a subject review // *Pediatrics.* - 1998. - Vol. 101. - P. 717-719.
8. BMA Board of Science and Education. The medical effects of nuclear war. - Chichester : John Wiley, 1983. - P. 124.
9. Pease R. S. An end to British nuclear weapons? / R. S. Pease // *The British nuclear weapons programme 1952-2002* / ed. By D. Holdstock, F. Barnaby. - London : Frank Cass, 2003. - P. 131-136.
10. The threat of low-yield earth-penetrating nuclear weapons to civilian populations: nuclear «bunker busters» and their medical consequences / V. W. Sidel, H. J. Geiger, H. L. Abrams [et al.]. - Cambridge, MA : IPPNW, 2003. - 9 p.
11. Moulder J. E. Report on an interagency workshop on the radiobiology of nuclear terrorism Molecular and cellular biology dose (1-10) radiation and potential mechanisms of radiation protection (Bethesda, Maryland, December 17-18, 2001) / Moulder J. E. // *Radiat. Res.* - 2002. - Vol. 158(1). - P. 118-24.
12. Helfand I. Nuclear terrorism / I. Helfand, L. Forrow, J. Tiwari // *BMJ.* - 2002. - Vol. 324. - P. 356-359.
13. Hogan D. E. Nuclear terrorism / D. E. Hogan, T. Kellison // *Am. J. Med. Sci.* - 2002. - Vol. 323. - P. 341-349.
14. Neal C. J. Weapons of mass destruction: radiation / C. J. Neal, L. E. Moores // *Neurosurg. Focus.* - 2002. - Vol. 12(3). - P. E4.
15. O'Neill K. The nuclear terrorist threat [Electronic resource] / K. O'Neill. - Washington, DC : Institute for Science and International Security, 1997. - 10 p. - Available at: <http://www.isis-online.org/publications/terrorism/threat.pdf>.
16. Jarrett D. G. Medical management of radiological casualties : Handbook [Electronic resource] / D. G. Jarrett. - First Edition. - Bethesda, MD : Armed Forces Radiobiology Research Institute, 1999. - Available at: [http://ncemi.org/docs/references/Handbooks/Medical Management of Radiological Casualties.pdf](http://ncemi.org/docs/references/Handbooks/Medical%20Management%20of%20Radiological%20Casualties.pdf).
17. World Health Organization. Guidelines for iodine prophylaxis following nuclear accidents. (Update 1999). - Geneva : [s. n.], 1999. - 39 p.
18. The Council of the European Union. Council Directive 2013/59/EURATOM 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 (BSS Directive 2013) // *Official Journal of the European Union.* - 17.1.2014. - L 13/1. - P. 39.
19. IAEA. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic events with contaminated casualties: effective planning for health care facilities. *JAMA.* 2000;283(2):242-9.
3. Treat KN, Williams JM, Furbee PM, Manley WG, Russell FK, Stamper CD Jr. Hospital preparedness for weapons of mass destruction incidents: an initial assessment. *Ann Emerg Med.* 2001;38(5):562-5.
4. Richter LL, Berk HW, Teates CD, Larkham NE, Friesen EJ, Edlich RF. A systems approach to the management of radiation accidents. *Ann Emerg Med.* 1980;9(6):303-9.
5. National Council on Radiation Protection and Measurements. Management of terrorist events involving radioactive material: NCRP report no. 138. Bethesda, Md; 2001.
6. Mettler FA, Voelz GL. Major radiation exposure - what to expect and how to respond. *New Eng J Med.* 2002;346:1554-61.
7. American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Health. Risk of ionizing radiation exposure to children: a subject review. *Pediatrics.* 1998;101:717-9.
8. BMA Board of Science and Education. The medical effects of nuclear war. Chichester: John Wiley; 1983. 124 p.
9. Pease RS. An end to British nuclear weapons? In: Holdstock D, Barnaby F, editors. *The British nuclear weapons programme 1952-2002*. London: Frank Cass; 2003. p. 131-6.
10. Sidel VW, Geiger HJ, Abrams HL, Nelson RW, Loretz J. The threat of low-yield earth-penetrating nuclear weapons to civilian populations: nuclear «bunker busters» and their medical consequences. Cambridge, MA: IPPNW; 2003. 9 p.
11. Moulder JE. Report on an interagency workshop on the radiobiology of nuclear terrorism Molecular and cellular biology dose (1-10) radiation and potential mechanisms of radiation protection (Bethesda, Maryland, December 17-18, 2001). *Radiat Res.* 2002;158(1):118-24.
12. Helfand I, Forrow L, Tiwari J. Nuclear terrorism. *BMJ.* 2002;324:356-9.
13. Hogan DE, Kellison T. Nuclear terrorism. *Am J Med Sci.* 2002;323:341-9.
14. Neal CJ, Moores LE. Weapons of mass destruction: radiation. *Neurosurg Focus.* 2002;12(3):E4.
15. O'Neill K. The nuclear terrorist threat [Internet]. Washington, DC: Institute for Science and International Security; 1997. 10 p. Available at: <http://www.isis-online.org/publications/terrorism/threat.pdf>.
16. Jarrett DG. Medical management of radiological casualties: Handbook [Electronic resource]. First edition. Bethesda, MD: Armed Forces Radiobiology Research Institute; 1999. Available at: [http://ncemi.org/docs/references/Handbooks/Medical Management of Radiological Casualties.pdf](http://ncemi.org/docs/references/Handbooks/Medical%20Management%20of%20Radiological%20Casualties.pdf).
17. World Health Organization. Guidelines for iodine prophylaxis following nuclear accidents. (Update 1999). Geneva; 1999. 39 p.
18. The Council of the European Union. Council Directive 2013/59/EURATOM 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 (BSS Directive 2013). *Official Journal of the European Union.* 17.1.2014;L 13/1:39.

- Safety Standards. - Interim edition. - Vienna : International Atomic Energy Agency, 2011. - No. GSR, Part 3 (Interim). - P. 58, 97.
20. American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Health. Radiation disasters and children / Committee on Environmental Health // Pediatrics. - 2003. - Vol. 111(6 Pt1). - P. 1455-1466.
 21. Goans R. E. Medical management of radiological casualties / R. E. Goans, J. K. Waselenko // Health Phys. - 2005. - Vol. 89(5). - P. 505-512.
 22. Smith J. M. Hospital management of mass radiological casualties: reassessing exposures from contaminated victims of an exploded radiological dispersal device / J. M. Smith, A. Ansari, F. T. Harper // Health Phys. - 2005. - Vol. 89(5). - P. 513-520.
 23. Medical management of radiation injuries: current approaches / M. E. Berger, D. M. Christensen, P. C. Lowry [et al.] // Occup. Med. (Lond). - 2006. - Vol. 56(3). - P. 162-172.
 24. Early dose assessment following severe radiation accidents / R. E. Goans, E. C. Holloway, M. E. Berger, R. C. Ricks // Health Phys. - 1997. - Vol. 72. - P. 513-518.
 25. Armed Forces Radiobiology Research Institute. Military medical operations. Medical management of radiological casualties : Handbook. - 2nd ed. - Bethesda, MD : AFRRI, 2003. - P. 35, 53.
 26. Armed Forces Radiobiology Research Institute. Military medical operations. Medical management of radiological casualties : Handbook. - 4th ed. - Bethesda, MD : [s. n.], 2013. - 52 p.
 27. Medical management of radiation accidents / ed. by I. A. Gusev, A. K. Guskova, F. A. Jr. Mettler. - 2nd ed. - CRC Press LLC, 2001. - 640 p.
 28. Zanzonico P. B. Effects of time of administration and dietary iodine levels on potassium iodide (KI) blockade of thyroid irradiation by ^{131}I from radioactive fallout / P. B. Zanzonico, D. V. Becker // Health Phys. - 2000. - Vol. 78. - P. 660-667.
 29. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. - М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. - 100 с.
 30. US Nuclear Regulatory Commission. Public Health Security and Bioterrorism Preparedness and Response Act of 2002. Sec. 127. Potassium iodide. - 2002. - P. 22.
 31. Department of Health and Human Services (HHS). Draft guidelines for State, local, and tribal governments, for the expanded distribution, stockpiling, and utilization of KI in the event of a radioactive iodine release from a commercial nuclear power plant incident // Federal Register. - 2005. - Vol. 70, no. 166. - P. 51066-51067.
 32. American Thyroid Association. Nuclear radiation and the thyroid [Electronic resources] / American Thyroid Association. - 2011. - 2 p. - Available from: http://www.thyroid.org/wp-content/uploads/patients/brochures/NuclearRadiation_brochure.pdf
 33. US Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research. Frequently asked questions on potassium iodide (KI) [Electronic resource]. - Rockville, MD : Center for Drug Evaluation and Research; 2002. - Available at: http://www.fda.gov/cder/drugprepare/KI_Q&A.htm.
 34. Balk S. J. FDA issues KI recommendations / S. J. Balk, R. W. Miller // AAP News. - 2002. - Vol. 20. - 99 p.
 19. IAEA. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. - Interim edition. No. GSR, Part 3 (Interim). Vienna: International Atomic Energy Agency; 2011. p. 58, 97.
 20. American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Health. Radiation disasters and children. Pediatrics. 2003;111(6 Pt1):1455-66.
 21. Goans RE, Waselenko JK. Medical management of radiological casualties. Health Phys. 2005;89(5):505-12.
 22. Smith JM, Ansari A, Harper FT. Hospital management of mass radiological casualties: reassessing exposures from contaminated victims of an exploded radiological dispersal device. Health Phys. 2005;89(5):513-20.
 23. Berger ME, Christensen DM, Lowry PC, Jones OW, Wiley AL. Medical management of radiation injuries: current approaches. Occup Med (Lond). 2006;56(3):162-72.
 24. Goans RE, Holloway EC, Berger ME, Ricks RC. Early dose assessment following severe radiation accidents. Health Phys. 1997;72(4):513-8.
 25. Armed Forces Radiobiology Research Institute. Military medical operations. Medical management of radiological casualties: handbook. 2nd edition. Bethesda, MD: AFRRI; 2003. p. 35, 53.
 26. Armed Forces Radiobiology Research Institute. Military medical operations. Medical management of radiological casualties: Handbook. 4th edition. Bethesda, MD; 2013. 52 p.
 27. Gusev IA, Guskova AK, Mettler FA Jr, editors. Medical management of radiation accidents. 2nd edition. CRC Press LLC; 2001. 640 p.
 28. Zanzonico PB, Becker DV. Effects of time of administration and dietary iodine levels on potassium iodide (KI) blockade of thyroid irradiation by ^{131}I from radioactive fallout. Health Phys. 2000;78:660-7.
 29. [Radiation Safety Standards (NRB-99/2009): Sanitary-epidemiological rules and norms]. Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology, 2009. 100 p. Russian.
 30. US Nuclear Regulatory Commission. Public Health Security and Bioterrorism Preparedness and Response Act of 2002. Sec. 127. Potassium iodide [Internet]. 2002. p. 22-4. Available from: https://grants.nih.gov/grants/policy/select_agent/HR3448_Public_Health.pdf.
 31. Department of Health and Human Services (HHS). Draft guidelines for State, local, and tribal governments, for the expanded distribution, stockpiling, and utilization of KI in the event of a radioactive iodine release from a commercial nuclear power plant incident. Federal Register. 2005;70(166):51066-7.
 32. American Thyroid Association. Nuclear radiation and the thyroid [Internet]. 2011. 2 p. Available from: http://www.thyroid.org/wp-content/uploads/patients/brochures/NuclearRadiation_brochure.pdf
 33. US Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research. Frequently asked questions on potassium iodide (KI) [Internet]. Rockville, MD: Center for Drug Evaluation and

35. Rubery E. D. Practical aspects of prophylactic stable iodine usage / E. D. Rubery // Iodine prophylaxis following nuclear accidents Proceedings of a joint WHO/ CEC Workshop, July 1988 / ed. by E. D. Rubery, E. Smales. - Oxford : Pergamon Press, 1990. - P. 141-150.
36. Камінський О. В. Стандарти надання медичної допомоги хворим з патологічними станами щитоподібної залози в умовах дії негативних чинників довкілля / О. В. Камінський, Д. Є. Афанасьєв, О. М. Коваленко. - Київ : День Печати, 2012. - 164 С.
37. U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research (CDER). Potassium iodide as a thyroid blocking agent in radiation emergencies : Guidance [Electronic resource]. - 2001. - 15 p. - Available at: <http://www.fda.gov/downloads/Drugs/.../Guidances/ucm080542.pdf>
38. Проведение йодной профилактики населению в случае возникновения радиационной аварии : методические рекомендации. - М. : Федеральное медико-биологическое агентство, 2010.
39. Регламент организации проведения йодной профилактики в случае угрозы или возникновения радиационной аварии // Ведамасці Нацыянальнага сходу Рэспублікі Беларусь. - 1998. - № 5. - С. 25.
40. RISKAUDIT Report No. 1337. Medical effectiveness of iodine prophylaxis in a nuclear reactor emergency situation and overview of european practices. - France, January 2010 : RISKAUDIT IRSN/GRS International in collaboration with Institut de Radioprotection et de Syrete Nucleare (IRSN). - 68 p.
41. US Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research. Home preparation procedure for emergency administration of potassium iodide tablets to infants and children using 130 milligram (mg) tablets [Electronic resource]. - Rockville, MD : Center for Drug Evaluation and Research, 2002. - Available at: <http://www.fda.gov/cder/drugprepare/kiprep130mg.htm>.
42. [42] US Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research. Home preparation procedure for emergency administration of potassium iodide tablets to infants and children using 65 milligram (mg) tablets. Rockville, MD: Center for Drug Evaluation and Research; 2002. Available at: <http://www.fda.gov/cder/drugprepare/kiprep65mg.htm>.
43. Caring for survivors of the Chernobyl disaster. What the clinician should know / A. D. Weinberg, S. Kripalani, P. L. McCarthy, W. J. Schull // JAMA. - 1995. - Vol. 274. - P. 408-412.
44. Nyiri W. About the fate of free iodine upon application to the unbroken animal skin an experimental study / W. Nyiri, M. Jannitti // J. Pharmacol. Exp. Ther. - 1932. - Vol. 45. - P. 85-107.
45. Effectiveness of skin absorption of tincture of i in blocking radioiodine from the human thyroid gland / K. L. Miller, P. E. Coen, W. J. White [et al.] // Health Physics. - 1989. - Vol. 56. - P. 911-914.
- Research; 2002. Available at: http://www.fda.gov/cder/drugprepare/KI_Q&A.htm.
34. Balk SJ, Miller RW. FDA issues KI recommendations. AAP News. 2002;20:99.
35. Rubery ED. Practical aspects of prophylactic stable iodine usage. In: Rubery ED, Smales E, editors. Iodine prophylaxis following nuclear accidents Proceedings of a joint WHO/ CEC Workshop, July 1988. Oxford: Pergamon Press; 1990. p. 141-50.
36. Kaminski OV, Afanasiev DE, Kovalenko OM. [Standards of health care provision for patients with abnormal thyroid in terms of negative environmental factors]. Kyiv: Den' Pechati; 2012. 164 p. Ukrainian.
37. U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research (CDER). Potassium iodide as a thyroid blocking agent in radiation emergencies: Guidance [Internet]. 2001. 15 p. Available at: <http://www.fda.gov/downloads/Drugs/.../Guidances/ucm080542.pdf>
38. [Implementation of iodine prophylaxis for population in the event of a radiation accident: guidelines]. Moscow: Federal Biomedical Agency; 2010. Russian.
39. [Regulations of the organization of iodine prophylaxis in the event of a threat or occurrence of a radiation accident]. Vedamastsi Natsyyanalnaga Skhodu Respubliki Belarus. 1998;(5):25. Russian.
40. RISKAUDIT Report No. 1337. Medical effectiveness of iodine prophylaxis in a nuclear reactor emergency situation and overview of european practices. France, January 2010: RISKAUDIT IRSN/GRS International in collaboration with Institut de Radioprotection et de Syrete Nucleare (IRSN). 68 p.
41. US Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research. Home preparation procedure for emergency administration of potassium iodide tablets to infants and children using 130 milligram (mg) tablets [Internet]. Rockville, MD: Center for Drug Evaluation and Research; 2002. Available at: <http://www.fda.gov/cder/drugprepare/kiprep130mg.htm>.
42. US Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research. Home preparation procedure for emergency administration of potassium iodide tablets to infants and children using 65 milligram (mg) tablets. Rockville, MD: Center for Drug Evaluation and Research; 2002. Available at: <http://www.fda.gov/cder/drugprepare/kiprep65mg.htm>.
43. Weinberg AD, Kripalani S, McCarthy PL, Schull WJ. Caring for survivors of the Chernobyl disaster. What the clinician should know. JAMA. 1995;274:408-12.
44. Nyiri W, Jannitti M. About the fate of free iodine upon application to the unbroken animal skin an experimental study. J Pharmacol Exp Ther. 1932;45:85-107.
45. Miller KL, Coen PE, White WJ, Hurst WJ, Achey BE, Lang CM. Effectiveness of skin absorption of tincture of i in blocking radioiodine from the human thyroid gland. Health Physics. 1989;56(6):911-4.