

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Герасимов О.І., Андріанова І.С.**

## **РАДІАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ**

Конспект лекцій

Одеса  
Одеський державний екологічний університет

2018

*DEPARTMENT OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE*  
**ODESA STATE ENVIRONMENTAL UNIVERSITY**

**O.I. GERASYMOV, I.S. ANDRIANOVA**

**RADIATION MONITORING**

Lecture-notes

Odesa 2018

**УДК 502+504**  
**Г 37**

Рекомендовано методичною радою Одеського державного екологічного університету Міністерства освіти і науки України як конспект лекцій (протокол №9 від 27. 06. 2018 р.)

**Герасимов О.І., Андріанова І.С.**

Радіаційний моніторинг: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2018. 69 с., англ. та укр. мова.

Конспект лекцій з дисципліни "Радіаційний моніторинг" спрямований на полегшення засвоєння магістрами спеціальності «Технології захисту навколишнього середовища» матеріалів курсу. Вибрані питання та завдання повністю відповідають робочій програмі курсу. Наприкінці кожного розділу наведені контрольні питання, а наприкінці всього курсу – тестові завдання для самоконтролю.

Посилання на використані при складанні конспекту матеріали наведені біля назви відповідного підрозділу.

**ISBN 978-966-186-142-7**

© Герасимов О.І., Андріанова І.С., 2018  
© Одеський державний екологічний університет, 2021

Lecture-notes on discipline "Radiation monitoring" for the students of 1th course of master's degree from speciality of "Technology of defence of environment"

Compilers: О.І.Герасимов, І. С. Андріанова, Odesa, ОДЕКУ, 2018, 69p., eng and ukr. languages.

Compendium of lectures on discipline the "Radiation monitoring" is sent to the facilitation of mastering of speciality of "Technology of defence of environment" of materials of course master's degrees. The chosen questions and tasks answer the executable code of course fully. At the end of every division control questions over are brought, and at the end of all course are test tasks for self-control. At the end of every theme control questions over are brought, and at the end of the course are test tasks for self-control.

References on used for folding to the compendium materials over ware brought near the name of corresponding subdivision.

## ЗМІСТ

1	ПОЛОЖЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ . . . . .	7
1.1	Основні положення радіоекологічного моніторингу . . . . .	7
1.2	Комплексний радіоекологічний моніторинг. Напрями радіоекологічного моніторингу . . . . .	11
1.3	Нормативно-правове забезпечення з питань радіаційної безпеки . . . . .	17
1.4	Джерела радіаційного забруднення довкілля . . . . .	19
1.5	Радіоекологічне нормування . . . . .	23
1.5.1	Система дозиметричних величин та основні радіаційно-гігієнічні регламентовані величини . . . . .	23
1.5.2	Ліміти доз та допустимі рівні . . . . .	31
2	ОСНОВНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ РАДІОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ . . . . .	41
2.1	Методи радіоекологічного моніторингу. . . . .	41
2.2	Методи та прилади виявлення і виміру іонізуючих випромінювань . . . . .	43
2.3	Індивідуальний моніторинг . . . . .	51
2.4	Радіаційно-гігієнічний моніторинг. . . . .	55
2.5	Оптимізація системи моніторингу. . . . .	65
	Література. . . . .	69

## CONTENT

1	THE POSITIONS OF RADIATION MONITORING .....	8
1.1	The base positions of radiation ecological monitoring .....	8
1.2	Complex radio-ecological monitoring. Directions of radio-ecological monitoring .....	12
1.3	The normatively-legal providing on questions radiation safety. .	18
1.4	Sources of radiation contamination of environment .....	20
1.5	The radio-ecological setting of norms .....	24
1.5.1	System of dosymetric quantities and basic radiation-hygienical regulated quantities .....	24
1.5.2	Limits of doses and possible levels .....	32
2.	BASIC METHODS AND FACILITIES OF RADIOECOLOGICAL MONITORING .....	42
2.1	Methods of the radioecological monitoring. ....	42
2.2	Methods and devices of exposure and measuring of ionizing radiations .....	44
2.3	Personal monitoring .....	52
2.4	Radiation-hygienical monitoring .....	56
2.5	Optimization of the monitoring system .....	66

## ЛЕКЦІЇ 1 – 9

### 1. ПОЛОЖЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРІНГУ

#### 1.1 Основні положення радіоекологічного моніторингу [1, 2, 3]

Радіоекологічний моніторинг є підсистемою загального екологічного моніторингу.

Основним завданням радіаційного моніторингу є здійснення радіометричного контролю об'єктів навколишнього середовища, тобто методами дозиметрії іонізуючого випромінювання збирання первинної інформації про вміст радіонуклідів у повітрі, воді, продуктах харчування і т. ін. з подальшою обробкою отриманих даних для оцінки і прогнозу радіоекологічної ситуації.

Радіаційний моніторинг передбачає спостереження за гамма-фоном та постійний радіологічний контроль небезпечних радіаційних об'єктів виробничо-господарської діяльності.

Радіоекологічний моніторинг на території України має певні особливості, спричинені значним забрудненням довкілля внаслідок катастрофи на ЧАЕС та великою кількістю АЕС.

Задачі, які ставляться перед радіаційним моніторингом в Україні, в першу чергу, обумовлені радіоекологічною ситуацією, яка склалась у країні після вибуху четвертого енергоблоку Чорнобильської АЕС у 1986 році. Радіоекологічний моніторинг в Україні передбачає комплексну оцінку екологічної ситуації в радіоактивно забрудненій території, яка виникла в результаті Чорнобильської катастрофи, та її впливу на екологічну ситуацію в Україні в цілому.

Відповідно головними завданнями радіоекологічного моніторингу є:

- виявлення напрямку й характеру зміни рівнів забруднення довкілля, спричинених функціонуванням екологічно небезпечних радіаційно-ядерних об'єктів, а також наслідок реабілітаційних заходів, які проводяться на забруднених територіях;
- за параметрами, які характеризують радіаційну ситуацію, вивчення та контроль стану забрудненої радіонуклідами зони відчуження, її особливо небезпечних частин та розробка заходів щодо зниження їхньої небезпеки;
- вивчення тенденцій зміни показників стану здоров'я населення, яке проживає на забруднених радіонуклідами територіях;
- інформаційне забезпечення прогнозу радіоекологічної ситуації у зоні відчуження і в Україні загалом.

## THE LECTURES 1-9

### 1. THE POSITIONS OF RADIATION MONITORING

#### 1.1 The base positions of radiation ecological monitoring [1, 2, 3]

The radiological monitoring is the subsystem of the general ecological monitoring.

By the basic task of the radiation monitoring is realization of radiation control of objects of environment, i. e. by the dosimeter methods of ionizing radiation of collection of primary information about content of radioactive elements in air, water, foodstuffs, etc. with the further processing of the obtained data for an estimation and prognosis of radiation ecological situation.

The radiation monitoring envisages watching the background of gamut and permanent radiological control of dangerous radiation objects of industrial and economic activity.

The radiological monitoring on territory of Ukraine has the certain features caused by considerable contamination of environment as a result of catastrophe on Chernobyl' (ChNPP) nuclear power plant and plenty of nuclear power plants (NPP).

Tasks that belong before the radiation monitoring in Ukraine, first of all, conditioned by a radiation ecological situation that was folded in a country after the explosion of fourth power unit of Chernobyl' NPP in 1986. The radiological monitoring in Ukraine envisages the complex estimation of ecological situation in radioactively muddy territory, that arose up as a result of the Chernobyl' catastrophe, and her influence on an ecological situation in Ukraine on the whole.

Accordingly the main tasks of the radiation ecological monitoring are:

- it is an exposure of direction and character of change of the levels of contamination of environment, caused by functioning ecologically of dangerous radiation-nuclear objects, and also consequence of rehabilitation events that is conducted on muddy territories;
- on parameters, that characterize a radiation situation, study and control of the state of muddy zone of alienation, her especially dangerous parts and development of events in relation to the decline of their danger;
- it is a study of tendencies of change of indexes of the state of health of population, that lives on muddy by radioactive nuclei territories;
- it is a data ware of prognosis of radiation ecological situation in the zone of alienation and in Ukraine on the whole.



У структурі державної системи радіометричного контролю можна виділити три основних напрямки радіоекологічного моніторингу: **базовий** (стандартний), **кризовий** (оперативний) і **науковий** (фоновий).

**Базовий** радіоекологічний моніторинг проводиться систематично за оптимально вибраною кількістю радіоекологічних параметрів на основі створеної мережі пунктів спостережень, яка охоплює всю країну (включаючи служби радіаційного контролю радіаційно-ядерних підприємств).

**Кризовий** моніторинг передбачає оперативний контроль за дотриманням гранично допустимих рівнів (концентрацій, скидів) з метою швидкого реагування та локалізації наслідків радіаційних аварій і катастроф. Система кризового радіологічного моніторингу формується на основі діяльності територіальних служб спостереження і контролю радіоекологічних параметрів навколишнього середовища на територіях, де виникли несприятливі радіологічні ситуації.

**Науковий** моніторинг створений з метою детального аналізу окремих показників природного середовища, для прогнозування довгострокових наслідків порушення екологічної рівноваги, виявлення тенденцій антропогенного впливу на довкілля тощо. Науковий радіоекологічний моніторинг реалізують координуючі структури на базі науково-дослідних закладів (підрозділів АН України), які розробляють методи та програми радіологічних досліджень.

Масштабні рівні проведення моніторингових досліджень залежать від розмірів досліджуваних територій, характеру об'єктів антропогенної діяльності і розв'язуваних завдань. Розрізняють такі рівні вивчення радіоекологічного стану природних і техногенних систем:

- **національний** (масштаб 1 : 1 000 000 - 1 : 500 000), коли оцінюється радіаційна ситуація в цілому по країні;

- **регіональний** (масштаб 1 : 200 000 - 1 : 100 000), який охоплює великі природні територіальні одиниці (регіони) чи їхні частини в певних природних або адміністративних межах;

- **локальний** (масштаб 1 : 50 000 - 1 : 25 000) застосовується під час дослідження урбоекосистем та надто забруднених промислових районів;

- **детальний** (масштаб 1 : 10 000 - 1 : 2 000 і крупніше), спрямований на вивчення елементів урбоекосистеми та інших природно-техногенних систем нижчих порядків.

В Україні після катастрофи на ЧАЕС здійснюють радіоекологічний моніторинг основних складових довкілля на різних територіальних рівнях за характерними лише для нашої держави показниками. Так, в зоні забруднення (окрім об'єкта "Укриття" та 30-кілометрової зони відчуження) здійснюється радіоекологічний моніторинг:

In the structure of the state radiation checking system it is possible to distinguish three basic directions of the radiation ecological monitoring: **base** (standard), **crisis** (operative) and **scientific** (base-line).

The **base** radiological monitoring is conducted systematic after the optimally chosen amount of radiation ecological parameters on the basis of the created network of points of supervisions, which embraces an entire country (including services of radiation control of radiation-nuclear enterprises).

The **crisis** monitoring envisages operative control after inhibition maximum of possible levels (concentrations, up casts) with the aim of the rapid reacting and localization of consequences of radiation accidents and catastrophes. The system of the crisis radiological monitoring is formed on the basis of activity of territorial services of supervision and control of parameters of environment on territories, where unfavorable radiological situations were.

The **scientific** monitoring is created with the aim of the detailed analysis of separate indexes of natural environment, for prognostication of long-term consequences of distorting the ecological balance, exposure of tendencies of anthropogenic influence on an environment and others like that. The scientific radiological monitoring will be realized by coordinating structures on the base of research establishments (subdivisions of Academy of Sciences of Ukraine), that develop methods and programs of radiological researches.

Scale even realizations of monitoring researches depend on the sizes of the investigated territories, character of objects of anthropogenic activity and decided tasks. Distinguish such even studies of the radiation ecological state of the natural and technogenic systems:

- **national** (scale 1 : 1 000 000 - 1 : 500 000), when a radiation situation is estimated on the whole after a country;

- **regional** (scale 1 : 200 000 - 1 : 100 000) that embraces large natural territorial units (regions) or their parts in certain natural or administrative limits;

- **local** (scale 1 : 50 000 - 1 : 25 000) is used during research of urbo-ecosystems and too muddy industrial districts;

- **detailed** (scale 1 : 10 000 - 1 : 2 000 and larger), sent to the study of elements of urbo-ecosystems and other naturally-technogenic systems of more subzero orders.

In Ukraine after a catastrophe on ChNPP carry out the radiation ecological monitoring of basic constituents of environment on different territorial levels after indexes, which are characteristic only for our state. In the zone of contamination (except the object of "Shelter" and 30-kilometre zone of alienation) the radiological monitoring comes true:

- ландшафтно-геологічного середовища з метою отримання базової інформації для оцінювання та прогнозування загальної радіоекологічної ситуації на забруднених радіонуклідами територіях і її впливу на екологічну ситуацію в Україні;
- поверхневих і підземних водних систем;
- природоохоронних заходів та споруд;
- локальних довгочасних джерел реального і потенційного забруднення (об'єкт "Укриття", ставок-охолоджувач, пункти захоронення радіоактивних відходів, пункти тимчасової локалізації радіоактивних відходів);
- біоценозів;
- медичний і санітарно-гігієнічний.

Державна гідрометеорологічна служба (МНС) здійснює спостереження за радіоактивним забрудненням атмосфери шляхом щоденних замірів доз гамма-радіаційної експозиції (ГРЕ), осідання радіоактивних частинок з атмосфери та вмісту радіоактивного аерозолі в повітрі. Здійснюються виміри радіоактивного забруднення поверхневих вод на 8 водних об'єктах. Поблизу атомних електростанцій МНС здійснює заміри радіоактивного забруднення поверхневих вод цезієм-137 у та забруднення ґрунтів. Лабораторії моніторингу Мінагрополітики проводять контроль у місцях концентрації радіоактивних речовин у ґрунтах та в харчових продуктах. МНС здійснює моніторинг доз ГРЕ на 10 автоматизованих пунктах поблизу атомних електростанцій. У межах 30-кілометрової зони навколо Чорнобильської АЕС (зони відчуження), МНС здійснює спостереження за концентрацією радіонуклідів; радіонуклідами в атмосферних опадах, а також концентрацією «гарячих» частинок у повітрі. Міжнародна радіоекологічна лабораторія Чорнобильського центру атомної безпеки, радіоактивних відходів та радіоекології у Славутичі, здійснює моніторинг впливу радіації на біоту у зоні відчуження.

## **1.2 Комплексний радіоекологічний моніторинг. Складові радіоекологічного моніторингу [1, 2]**

Комплексний радіоекологічний моніторинг ґрунтується на інформації, отриманій внаслідок здійснення базових видів радіаційного моніторингу. Основними складовими радіоекологічного моніторингу є:

- радіогеохімічний моніторинг;
- моніторинг поверхневих водних систем;
- радіогідрогеологічний моніторинг;
- ядерно-радіаційний моніторинг.

*Радіогеохімічний моніторинг* є головним джерелом отримання системно організованої інформації про просторовий розподіл

- landscape-geological environment with the aim of receipt of base information for an evaluation and prognostication of general radiological situation on muddy radio nuclei territories and her influence on an ecological situation in Ukraine;
- superficial and underground water systems;
- nature protection events and building;
- local of long duration sources of the real and potential contamination (object of "Shelter", pond-cooler, points of burial place of radioactive wastes, points of temporal localization of radioactive wastes);
- biocenosis;
- medical and sanitary-hygienic.

Government hydrometeorological service (ME) carries out watching the radiocontammant of atmosphere by daily intentions of doses of гамма-радіаційної display (ГРЕ), settling of radioactive particles from an atmosphere and content radioactive to the aerosol in mid air. Intentions of radiocontammant of surface-water come true on 8 water objects. Near-by nuclear power plants Government hydrometeorological service carries out intentions of radio contaminations of surface-water of цезієм- 137 in and contamination of soils. The laboratories of monitoring of Ministry of agropolitics conduct control in the places of concentration of radionuclides in soils and food products.

ME carry out monitoring of doses of ГРЕ on 10 automated points near-by nuclear power plants. Within the limits of 30-kilometre zone round Chernobyl' AEC (zones of alienation), ME carry out watching the concentration of radionuclides; radionuclides in atmospheric precipitations, and also by the concentration of "hot" particles midair. International радіоекологічна laboratory of the Chernobyl' center of atomic safety, radioactive wastes and радіоекології in Slavutich, carries out monitoring of influence of radiation on біоту in the zone of alienation.

## **1.2 Complex radio-ecological monitoring. Constituents of the radio-ecological monitoring [1, 2]**

The complex radiological monitoring is based on the information got as a result of realization of base types of the radiation monitoring. The basic constituents of the radiological monitoring are:

- the radio-geochemical monitoring;
- monitoring of the superficial water systems;
- monitoring of radio-geohydrology;
- nuclear- radiation monitoring.

*The radiogeochemical monitoring* is the main source of receipt of the system organized information about spatial distribution of radionuclides of chemical elements, conformities to law of their localization and migration

радіоактивних ізотопів хімічних елементів, закономірностей їхньої локалізації та міграції в межах екосистем. Для його здійснення необхідне створення постійної мережі пунктів контролю, що дає змогу з достатньою повнотою охопити просторово-територіальну різноманітність радіогеохімічного забруднення й охарактеризувати її із припустимою долею імовірності.

При реалізації радіогеохімічного моніторингу радіоекологічний стан природно-техногенних систем різних рівнів оцінюють за допомогою гамма-зйомки території на національному, регіональному, локальному та детальному рівнях. Для його здійснення формують регулярну мережу точок спостереження, які дають змогу з достатньою повнотою охопити елементи довкілля, що вивчаються, та охарактеризувати їх з допустимою достовірністю. На основі отриманої інформації складають карти щільності поверхневого забруднення ґрунтів цезієм-137, стронцієм-90, одержують окремі дані про забруднення однорічної та багаторічної рослинності.

В Україні для реалізації програми радіогеохімічного моніторингу, враховуючи характер міграції радіоактивної речовини у 60-кілометровій зоні, навколо ЧАЕС була створена радіально-концентрична мережа з 540 реперних пунктів спостережень.

**Моніторинг поверхневих водних систем.** Основною причиною здійснення цього виду моніторингу було потрапляння великої кількості радіоактивних опадів у водозбори рік Прип'ять, Десна, Дніпро, які є основними водними артеріями водосховищ Дніпровського каскаду.

Установи АН, Міністерства охорони здоров'я, гідрометслужби згідно програми радіологічного моніторингу гідросфери басейну Дніпра здійснюють спостереження за всім каскадом Дніпровського водосховища, Чорним морем та всіма основними річками України, а також у місцях водозаборів з підземних джерел.

**Радіогідрогеологічний моніторинг.** До Чорнобильської катастрофи довкола АЕС не існувало спеціальної мережі радіогідрогеологічного моніторингу. Спочатку для спостережень за підземними водами використовували сільські шахтні колодязі та діючі водозабірні свердловини.

У 1986–1987 рр. у зв'язку з організацією пунктів захоронення та пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів, переважно в межах 5-кілометрової зони були пробурені групи свердловин для радіоекологічного контролю найшкідливіших радіаційно-ядерних об'єктів («Укриття» - саркофаг над четвертим блоком ЧАЕС та «Вектор» - сховище радіоактивних відходів). У 30-кілометровій зоні проводяться режимні спостереження на гідрогеологічних постах, дренажних системах, на певних ділянках ґрунту, свердловинах.

within the limits of ecosystems. For his realization necessary creation of permanent network of points of control that gives an opportunity with sufficient plenitude to overcome the spatially-territorial variety of radio-geochemical contamination and describe it with the possible fate of probability.

During realization of the radio-geochemical monitoring the radio-ecological state of the naturally-ethnogeny systems of different levels is estimated by means of survey of gamut by territories on national, regional, local and detailed levels.

For his realization form the regular network of view points, those give an opportunity with sufficient plenitude to overcome the elements of environment that is studied, and describe them with possible authenticity. On the basis of the got information fold the maps of closeness of superficial contamination of soils of cesium - 137, strontium - 90, get separate data about contamination of one-year and long-term vegetation.

In Ukraine for realization of the program of the radiogeochemical monitoring, taking into account character of migration of radioactive substance in a 60-kilometre zone, round ChNPP a radial-concentric network was created from 540 points of supervisions.

***Monitoring of the superficial water systems.*** Principal reason of realization of this type of monitoring was a hit of plenty of radioactive precipitations in water intakes of rivers Pripyat, Desna, Dnepr, that are the basic waterways of storage pools of the Dnepr cascade. Establishments of AS, Ministries of health, hydrometservices in obedience to the program of the radiological monitoring of hydrosphere of pool of Dnepr carry out watching all cascade of the Dnepr storage pool, Black sea and all basic rivers of Ukraine, and also in the places of water intakes from underground sources.

***Monitoring of Radiogeochemistry.*** To the Chernobyl' catastrophe round NPP there was not the special network of monitoring of radiogeochemistry. First for watching under waters were used rural mine wells and operating water intake mining holes.

In 1986-1987 in connection with organization of points of burial place and points of temporal localization of radioactive wastes, mainly within the limits of 5-kilometre zone there were the bored groups of mining holes for radiological control of the most harmful radiation-nuclear objects ("Shelter" - sarcophagus above the fourth block of ChNPP and "Vector" is a depository of radioactive wastes). In a 30-kilometre zone regime supervisions are conducted on the posts of geohydrology, drainage systems, on the certain areas of soil, mining holes.

***The radiation-nuclear monitoring*** is intended for control after the operating state of potentially dangerous radiation objects to that take NPP, and also objects of "Shelter" and "Vector".

Спорути, які захищають природне середовище від джерел радіоактивності, розміщених у реакторних блоках діючих атомних станцій, обладнані відповідними системами діагностики, яка надає можливість оцінки імовірності виходу радіонуклідів з реакторного палива у довкілля.

Сучасна мережа радіаційно-ядерного моніторингу охоплює усі найнебезпечніші у радіаційному відношенні об'єкти України.

У межах програми технічної допомоги Європейського Союзу “TACIS” в Україні з 1994 р. створюється система радіаційного моніторингу ГАММА.

Реалізація першої стадії цього проекту передбачає створення постів радіаційного моніторингу на території України навколо Рівненської та Запорізької АЕС. Основними завданнями системи ГАММА є виявлення значних перевищень рівнів радіаційного фону на підконтрольних територіях, оповіщення відповідальних осіб про такі перевищення і забезпечення їх інформацією, необхідною для проведення захисних заходів.

Система ГАММА на території України включає національний центр (інформаційно-кризовий центр ІКЦ), розташований у Міністерстві охорони навколишнього природного середовища, і два локальні центри (у містах Рівне та Запоріжжя). Окрім того, до складу системи входять 27 постів контролю потужності дози  $\gamma$ -випромінювання, встановлених в зоні Рівненської АЕС; 11 постів контролю потужності дози  $\gamma$ -випромінювання, встановлених у зоні Запорізької АЕС; один пост автоматичного контролю  $\alpha$ - і  $\beta$ -активності аерозолів, розміщений на відстані 5 км від Рівненської АЕС; один автоматичний пост контролю  $\gamma$ -активності води на Рівненській АЕС; два автоматичні пости метеоконтролю – на Рівненській та Запорізькій АЕС.

Інформація про дози опромінення радіоканалами надходить від датчиків до локальних центрів, а далі спеціально виділеними телефонними каналами передається в національний центр.

Європейський Союз у межах програми “TACIS” паралельно з системою ГАММА розробив і впровадив систему підтримки прийняття рішень в реальному часі при реагуванні на ядерні аварії – RODOS. Основними завданнями системи є забезпечення засобами для оброблення і управління великими об'ємами інформації метеорологічного та радіаційного характеру, оцінювання і прогнозування радіаційної ситуації, а також моделювання використання контрзаходів і варіантів дій у випадку аварії.

Таким чином, основним завданням ядерно-радіаційного моніторингу є контроль за станом ядерно-радіаційних об'єктів і напрацювання заходів щодо зниження ступеня їх шкідливості, оцінювання і прогнозування радіаційної обстановки на об'єктах природного середовища.

Building, that protect a natural environment from the sources of radioactivity, nuclear power stations accommodated in the reactor blocks of operating, is equipped by the corresponding systems of diagnostics that gives possibility of estimation of probability of exit of radionuclides from a reactor fuel in an environment.

The modern network of the radiation-nuclear monitoring embraces all most dangerous radiation objects of Ukraine.

Within the limits of the program of technical help of European Union "TACIS" in Ukraine from 1994 the system of the radiation monitoring is created GAMUT.

Realization of the first stage of this project envisages creation of posts of the radiation monitoring on territory of Ukraine round Rivne and Zaporizhzhya NPP. The basic tasks of the system GAMUT are exposures of the considerable exceeding of levels of radiation background on territories, that are controlled, notification of responsible persons about such exceeding and providing their information necessary for realization of protective events.

The system GAMUT on territory of Ukraine includes the national center (informatively-crisis center ICC) located in Ministry of guard of natural environment, and two local centers (in cities Rivne and Zaporizhzhya). Except that, 27 posts of control of power of dose of  $\gamma$ - radiation enter in the complement of the system, set in the zone of Rivne NPP; 11 posts of control of power of dose of  $\gamma$ - radiation, set in the zone of Zaporizhzhya NPP; one post of automatic control  $\alpha$ - and  $\beta$ -activity aerosols, placed in the distance 5 kilometers from Rivne NPP; one automatic post of control of  $\gamma$ - activity of water is on Rivne NPP; two automatic posts of meteorological control - on Rivne and Zaporizhzhya NPP.

Information about the doses of irradiation comes from sensors to the local centers by radio channels, and farther passed the specially dedicated telephone channels in a national center.

European Union within the limits of the program "TACIS" in parallel with the system GAMUT worked out and inculcated the system of support of making decision real-time at reacting on nuclear accidents - RODOS. The basic tasks of the system are providing facilities for treatment and management of information of meteorological and radiation character, evaluation and prognostication of radiation situation, and also designs of the use of counter-measures and variants of actions large volumes in an accident case.

Thus, the basic task of the radiation-nuclear monitoring is control after the state of nuclear – radiating objects and work of events in relation to the decline of degree of their harmfulness, evaluation and prognostication of radiation situation on the objects of natural environment.



### **1.3 Нормативно-правове забезпечення з питань радіаційної безпеки [ 4, 5, 6]**

Радіаційний моніторинг є частиною державної системи моніторингу довкілля.

Створення державної системи моніторингу довкілля (ДСМД) та проведення спостережень за станом навколишнього природного середовища, рівнем його забруднення передбачено Законом України „Про охорону навколишнього природного середовища" (ст.20, 22).

Основні принципи функціонування ДСМД визначені у постанові Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 № 391 „Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля".

Виконання функцій моніторингу покладено на Мінприроди та інші центральні органи виконавчої влади, які є суб'єктами державної системи моніторингу довкілля, а також підприємства, установи та організації, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану довкілля.

Питання забезпечення радіаційної безпеки регулює Ст.23 Конституції України, згідно якої:

“Підприємства, установи організації, що зберігають, транспортують, використовують радіоактивні речовини та джерела іонізуючих випромінювань, здійснюють їх захоронення чи утилізацію, зобов'язані дотримувати норм радіаційної безпеки, відповідних санітарних правил, а також норм, установлених іншими актами законодавства, що містять вимоги радіаційної безпеки. ”

На сьогодні в Україні діє понад 350 нормативно-правових актів та понад 200 постанов Кабінету Міністрів України з радіаційної безпеки, Верховною Україною затверджено понад 20 відповідних законів.

Серед них - Закон України “Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи” від 27 лютого 1991 року №791а-ХІІ, який зокрема визначає органи, які здійснюють радіаційний контроль на території зон радіоактивного забруднення.

Основними документами, які регламентують санітарні норми і правила та гігієнічні нормативи у галузі радіаційної гігієни, є:

- “Норми радіаційної безпеки України ” (НРБУ-97) , затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1997р. N 62.

### **1.3 The Normatively-legal providing on questions radiation safety [ 4, 5, 6]**

The radiation monitoring is part of the state system of monitoring of environment.

Creation of the state system of monitoring of environment (SSME) and realization of supervisions on the state a natural environment, it is envisaged the level of his contamination by Law of Ukraine "On the guard of natural environment" (incoterms20, 22). Basic principles of functioning of SSME are certain in resolution of Cabinet of Ministers of Ukraine from 30.03.1998 № 391 "About claim of Statute about the state system of monitoring of environment"

Implementation of functions of monitoring is fixed on Ministry of nature and other central executive bodies that are the subjects of the state system of monitoring of environment, and also enterprises over, establishments and organizations activity of that brings or can result in worsening of the state of environment.

The question of providing of radiation safety regulates incoterms23 of Constitution of Ukraine, in obedience to that:

"Enterprises, establishments of organization, that keep, transport, use radio nuclei and sources of ionizing radiations, carry out their burial place or utilization, obliged to restrain the norms of radiation safety, corresponding sanitary rules, and also norms, set by other acts of legislation, that contain the requirements of radiation safety. "

For today in Ukraine over 350 normatively-legal acts and over 200 resolutions of Cabinet of Ministers of Ukraine operate from radiation safety, Supreme Ukraine over 20 corresponding laws are ratified.

Among them is Law of Ukraine "On the legal mode of territory, that tested a contamination as a result of the Chornobyl' catastrophe" from February, 27, 1991 №791a-XII, that determines organs that carry out radiation control on territory of zones of radio contamination in particular.

Basic documents that regulate sanitary norms and rules and hygienic norms in industry of radiation hygiene are:

- "Norms of radiation safety of Ukraine " (NRSU - 97), are ratified by resolution of the Main state health-officer of Ukraine from 01.12.1997 N 62.

Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) включають систему принципів, критеріїв, нормативів та правил, виконання яких є обов'язковою нормою політиці держави щодо забезпечення протирадіаційного захисту людини та радіаційної безпеки. НРБУ-97 розроблені у відповідності до основних положень Конституції та Законів України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку", "Про поведження з радіоактивними відходами".

- "Норми радіаційної безпеки України, доповнення: радіаційний захист від джерел потенційного опромінення" (НРБУ-97 Д-2000), затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 12.07. 2000р. № 116. Доповнюють НРБУ-97 в частині радіаційного захисту від джерел потенційного опромінення, в тому числі у медицині.
- "Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України" (ОСПУ-2005) затверджені 02.02.2005р. наказом МОЗ №54.

#### 1.4 Джерела радіаційного забруднення довкілля [7]

Джерела радіації поділяються на природні і штучні (створені людиною).

**Природні джерела** іонізуючого випромінювання:

- космічне випромінювання;
- природні натуральні джерела.

**Космічне випромінювання** відіграє важливу роль за межами земної атмосфери, але внаслідок порівняно низької енергії мало впливає на дозу опромінення біля поверхні Землі. Інтенсивність космічного випромінювання залежить від сонячної активності, географічного розташування об'єкта і висоти над рівнем моря

Космічне випромінювання складається з протонів (90%), альфа-частинок, нейтронів, ядер атомів різних елементів та інших частинок.

**Природні натуральні джерела.** Більше 60 природних радіонуклідів, присутніх у біосфері Землі можна розділити на три групи.

Перша група – природні радіоактивні ряди довгоживучих радіонуклідів, які входять до складу Землі з часу її утворення. У радіоактивному ряді кожний наступний нуклід виникає у результаті альфа- або бета-розпаду попереднього.

Друга група – радіонукліди, що не входять до радіоактивних рядів. До цієї групи належать 11 довго живучих радіонуклідів ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{40}\text{Ca}$ ,  $^{120}\text{Te}$ ,  $^{138}\text{La}$ ,  $^{147}\text{Sm}$ ), які мають періоди піврозпаду від  $10^7$  до  $10^{15}$  років.

Norms of radiation safety of Ukraine (NRSU- 97) include the system of principles, criteria, norms and rules implementation of that is an obligatory norm to politics of the state in relation to providing of against radiation defense of man and radiation safety. NRSU-97 worked out in accordance with the substantive provisions of Constitution and Laws of Ukraine "About providing of sanitary and epidemic prosperity of population", "About the use of nuclear energy and radiation safety", "About handling radioactive wastes".

- "Norms of radiation safety of Ukraine, addition: radiation protecting from the sources of potential irradiation" (NRSU - 97 A-2000), ratified by resolution of the Main state health-officer of Ukraine from 12.07.2000 № 116. Complement NRSU - 97 in part of the radiation protecting from the sources of potential irradiation, including in medicine.

- "The Basic sanitary rules of providing of radiation safety of Ukraine" (BSRU- 2005) are ratified in 02.02.2005 by the order of MQHN№54.

#### **1.4 Sources of radiation contamination of environment [7]**

The sources of radiation are divided into natural and artificial (created by a man).

*Natural sources* of ionizing radiation are:

- a space radiation;
- natural sources.

*A space radiation* plays an important role outside an earthly atmosphere, but as a result of comparatively subzero energy small influences on the dose of irradiation near a terrene. Intensity of space radiation depends on sunny activity, geographical location of object and height above a sea level.

The Space radiation consists of protons (90%),  $\alpha$ - particles, neutrons, kernels of atoms of different elements and other particles

*Natural sources.* More than 60 natural radionuclides being in the biosphere of Earth it is possible to divide into three groups.

The first group is natural radioactive rows of long-living radionuclides, which enter in the complement of Earth since her formation. In a radioactive row every next nuclide arises up in the  $\alpha$ - or  $\beta$ -decay of previous.

The second group – radio nuclides that is not included in radioactive rows. 11 long-living radio nuclides ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{40}\text{Ca}$ ,  $^{120}\text{Te}$ ,  $^{138}\text{La}$ ,  $^{147}\text{Sm}$ ) that have period's half-disintegration from  $10^7$  to  $10^{15}$  years belong to this group.

Третя група – космогенні радіонукліди, які безперервно виникають у біосфері в результаті ядерних реакцій під впливом космічних випромінювань. Космогенні радіонукліди утворюються переважно у атмосфері в результаті взаємодії протонів і нейтронів з ядрами азоту, кисню і аргону, а далі потрапляють на земну поверхню з атмосферними опадами. До них належать  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{28}\text{Mg}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{35}\text{S}$ ,  $^{39}\text{Ar}$ ,... - усього 14 радіонуклідів. Помітний внесок у дозу опромінення вносять  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{22}\text{Na}$ . При цьому  $^3\text{H}$  і  $^{14}\text{C}$  - це джерела внутрішнього опромінення, а основними джерелами зовнішнього опромінення є  $^7\text{Be}$ ,  $^{22}\text{Na}$  і  $^{24}\text{Na}$ .

Близько 70-75% дози опромінення населення України від усіх джерел природної радіоактивності припадає на радон. Радон накопичується усередині приміщень, просочуючись через фундамент і підлогу з ґрунту або, рідше, вивільняючись з будівельних матеріалів. Причиною є Український щит - тектонічна структура, яка проходить з півночі на південь майже посередині України і займає близько 30% усієї території. Складається щит з гранітів та інших кристалічних порід, які характеризуються підвищеною радіоактивністю.

Природна радіоактивність рослин, фуражу і харчових продуктів обумовлена головним чином радіоактивним калієм-40, який засвоюється живим організмом разом зі стабільним ізотопом калію, необхідним для нормальної життєдіяльності організму. Невелика частина дози припадає на тритій і вуглець-14, що утворюються в атмосферному повітрі під впливом космічних променів.

Підвищену радіоактивність мають сланці, фосфорити. Тому фосфорні (а також азотні і калієві) мінеральні добрива часто є носіями радіоактивного забруднення ґрунтів і ґрунтових вод. Високу радіоактивність мають кальцієво-силікатний шлак, фосфогіпс, доменний шлак, вугільний шлак.

**Аномалії природного фону.** На планеті є місця, де рівні радіаційного фону підвищені внаслідок значних покладів радіоактивних мінералів. Аномальні райони в Україні - Хмельник, Миронівка, Жовті Води, а також Дніпропетровська, Кіровоградська і Миколаївська області, де знаходяться рудники з видобування урану. У цих місцях рівні природного фону в десятки і сотні разів більші, ніж на іншій території.

**Штучні джерела іонізуючого випромінювання.** Практичне використання людиною штучних джерел іонізуючого випромінювання (ІВ) створило реальні умови додаткового понад фонового опромінення.

У результаті господарської діяльності людини в навколишньому середовищі з'явилися понад 1500 штучних радіонуклідів, а кількість стійких (нерадіоактивних) нуклідів дорівнює 260.

На цей час в Україні існує близько 8 тис. підприємств і організацій, які використовують близько 100 тис. джерел ІВ.

The third group – cosmogony radio nuclides that continuously arise up in a biosphere as a result of nuclear reactions under act of space radiations. Cosmogony radio nuclides appear mainly in an atmosphere as a result of co-operating of protons and neutrons with the nuclei of nitrogen, oxygen and argon, and farther get on an earth surface with atmospheric precipitations. To them belong  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{28}\text{Mg}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{35}\text{S}$ ,  $^{39}\text{Ar}$ ,... – 14 radionuclides at all. Noticeable payment in the dose of irradiation is brought in  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{22}\text{Na}$ . Thus  $^3\text{H}$  and  $^{14}\text{C}$  are the sources of internal irradiation, and the basic sources of external irradiation are  $^7\text{Be}$ ,  $^{22}\text{Na}$  and  $^{24}\text{Na}$ .

Close to 70-75% doses of irradiation of population of Ukraine from all sources of natural radio-activity is on a radon. A radon accumulates into apartments, leaking through foundation and sex from soil or, rarer, freeing oneself from building materials. Reason is the Ukrainian shield - tectonic structure that passes from a north southward almost in the meddle of Ukraine and occupies close 30% of all territory. A shield consists of granites and other crystalline breeds that are characterized an increase radio-activity.

Natural radio-activity of plants, feed-stuff and food products is conditioned mainly radioactive K-40, that is mastered by a living organism together with the stable isotope of potassium, by a necessity for the normal vital functions of organism. Small part of dose is on tritium and carbon-14, that appear in atmospheric air under act of ultra-rays.

Slates have an increase radio-activity, phosphorits. Therefore phosphoric (and also nitric and potassium) mineral fertilizers often are the transmitters of radio contamination of soils and subsoil waters. High radio-activity is had calcium-silicate slag, phosphogypsum, domain slag, coal slag.

***Anomalies of natural background.*** There are places on a planet, where the levels of radiation background increase as a result of considerable beds of radioactive minerals. Anomalous districts in Ukraine – Hmelnik, Mironivka, Yellow Water, and also Dnipropetrovsk, Kirovohrad and Mykolaiv areas, where mineries are from the booty of uranium. In these places the levels of natural background in ten and hundreds more than on other territory one times.

***Artificial sources of ionizing radiation.*** The practical use the man of artificial sources of ionizing radiation (IR) created the real terms of additional over a base-line irradiation. As a result of economic activity of man over 1500 artificial radio-nuclei appeared in an environment and the amount of proof (unradioactive) nuclides equals 260. On this time in Ukraine there are about 8 thousand enterprises and organizations that use the about 100 thousand sources of IR.

До основних штучних джерел радіоактивних забруднювачів відносять:

- застосування радіонуклідів у народному господарстві (у різних галузях промисловості і сільському господарстві) і побуті;
- уранова і радіохімічна промисловість, підприємства ядерної енергетики;
- ядерні вибухи при випробуваннях ядерної зброї;
- застосування РН у медицині.

Використання ІВ і РР у медицині для діагностики і радіотерапії - це основне джерело штучного опромінення людей, що перевищує вплив усіх інших штучних джерел. Ці дози створюються при рентгенівській діагностиці людей, діагностиці стану окремих органів (легенів, печінки, нирок, щитовидної залози та ін.) за допомогою радіоактивних препаратів, які вводяться всередину організму, а також радіаційної терапії з використанням радіоактивних джерел.

Таким чином, у сучасних умовах за наявності високого природного радіаційного фону, при діючих технологічних процесах, при використанні радіоактивних препаратів у медичних цілях кожний житель України щорічно одержує ефективну еквівалентну дозу в середньому 4,75 мЗв (космічне випромінювання – 0,5мЗв, природні натуральні джерела – 2,25мЗв, штучні джерела – 0,2мЗв, медичні джерела – 1,8мЗв).

Окрему небезпеку становлять випробування ядерної зброї та аварії на ядерних реакторах.

## **1.5 Радіоекологічне нормування**

### **1.5.1 Система дозиметричних величин та основні радіаційно-гігієнічні регламентовані величини [8, 9]**

Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною приводить до утворення у ній іонів різних знаків. Характер взаємодії залежить від виду випромінювання, енергії частинок (фотонів) і властивостей речовини.

$\alpha$ - і  $\beta$ - випромінювання, які представлені зарядженими частинками, відносяться до безпосередньо іонізуючих. Взаємодія з речовиною гамма-випромінювання, яке є потоком  $\gamma$ -квантів, приводить до появи фото- і комптонівських електронів, а також утворення електронно-позитронних пар. Його іонізуюча дія обумовлена, головним чином, непружною взаємодією вторинних електронів (позитронів).

To the basic artificial sources of radioactive pollutants take:

- application of radio-nuclei in a national economy (in different industries of industry and agriculture) and way of life;
- uranium and radio-chemistry industry, enterprises of nuclear energy;
- nuclear explosions at nuclear tests;
- application of PH in medicine.

The use of IR and RS in medicine for diagnostics and radio-therapy is the basic source of artificial irradiation of people, that exceeds influence all other artificial sources. These doses are created at the x-rayed diagnostics of people, diagnostics of the state of separate organs (lungs, liver, kidneys, thyroid and other) by means of radioactive preparations that is entered inward to the organism, and also radiation therapy, with the use of radioactive sources.

Thus, in modern terms at presence of high natural radiation background, at operating technological processes, at the use of radioactive preparations in medical aims every habitant of Ukraine annually gets an effective equivalent dose on the average 4,75mZv (space radiation - 0,5mZv, natural sources - 2,25mZv, artificial sources - 0,2mZv, medical sources - 1,8mZv).

A separate danger is presented by nuclear and accident tests on nuclear reactors.

## **1.5 The radio-ecological setting of norms**

### **1.5.1 System of dosimetric quantities and basic radiation-hygienically regulated quantities [8, 9]**

Interaction of ionizing radiation with a substance results in formation of ions of different signs. Character of interaction depends on the type of radiation, energy of particles (photons) and properties of substance.

$\alpha$ - and  $\beta$ - radiations that is presented by the charged particles behave to directly ionizing. Interaction with the substance of gamma-radiation, that is the stream of  $\gamma$ - quantum, results in appearance of photo- and compton- electrons, and also to formation of electron-positron pairs. An ionizing action of gamma-radiation is conditioned, mainly, by non-elastic interaction of secondary electrons (positrons).



При проходженні крізь біологічну тканину енергія іонізуючого випромінювання передається молекулам, що приводить до утворення іонів і збуджених молекул, їх руйнуванню та ураженню клітини. Внаслідок іонізації утворюються вільні радикали, в першу чергу, продукти радіолізу води, які мають високу хімічну активність і вступають в реакції з молекулами всіх структурних елементів біологічної тканини. Внаслідок цього молекули, безпосередньо не взаємодіючи з випромінюванням, залучаються до ланцюгових хімічних реакцій.

Основною кількісною характеристикою ступеня дії радіоактивного випромінювання на об'єкт є поглинена доза.

**Поглинена доза  $D$**  – відношення середньої енергії ( $dE$ ), яка передана іонізуючим випромінюванням речовині в елементарному об'ємі, до маси  $dm$  речовини в цьому об'ємі:

$$D = dE / dm .$$

Одиницею вимірювання поглиненої дози у СІ є *Грей* (Гр); 1Грей = 1 Дж/кг (100рад).

Рад – позасистемна одиниця поглиненої дози (від англійського *radiation adsorbed dose*). 1 рад еквівалентний поглиненій дозі в 100ерг/г або 0,01Дж/кг:

$$1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Дж/кг} = 0,01 \text{ Гр} = 1 \text{ сГр (сантигрей)}.$$

Нагадаємо зв'язок з іншими позасистемними одиницями:

$$1 \text{ Дж/кг} = 2,388 \cdot 10^{-4} \text{ ккал/кг} = 6,242 \cdot 10^{15} \text{ еВ/кг}$$

Для оцінки дії рентгенівського та гамма-випромінювання раніше використовувалось поняття експозиційної дози ( $D_{\text{exp}}$  або  $X$ ), яка характеризує іонізуючу дію випромінювання в повітрі,

**Експозиційна доза фотонного випромінювання** – відношення сумарного заряду усіх іонів одного знаку ( $dQ$ ), утворених у повітрі, коли всі електрони й позитрони, які вивільнені фотонами в елементарному об'ємі повітря, повністю зупинилися в ньому, до маси повітря  $dm$  в зазначеному об'ємі:

$$D_{\text{exp}} = dQ / dm .$$

Одиниця експозиційної дози в СІ – кулон на кілограмм (Кл/кг). Позасистемною одиницею експозиційної дози є рентген (Р).

Рентген – доза випромінювання, при якій в 0,001293г повітря (масі 1см<sup>3</sup> повітря при 0°C і тиску 101,3кПа) утворюються іони кожного знаку із зарядом 3,336·10<sup>-10</sup>Кл.

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}, \text{ відповідно } 1 \text{ Кл/кг} = 3,88 \cdot 10^3 \text{ Р}.$$

Енергетичний еквівалент рентгена для повітря дорівнює:

$$1 \text{ Р} = 1,13 \cdot 10^8 \text{ Дж/см}^3 = 8,73 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/кг} = 8,73 \text{ сГр}.$$

Для біологічних тканин  $1\text{Р} \approx 0,95\text{рад} = 0,0095 \text{ Гр}$ .

At passing through biological fabric energy of ionizing radiation is passed to the molecules, that result in formation of ions and excited molecules, to their destruction and defeat of cage. Free radicals appear as a result of ionizing, first of all, products of radiolysis of water, which have high chemical activity and enter into a reaction with the molecules of all structural elements of biological fabric. Hereupon molecules directly non-interacting with a radiation are brought over to the chain chemical reactions.

Basic quantitative description of degree of action of radioactive radiation on an object is an absorbed dose.

**The absorbed dose  $D$**  is a relation of average energy ( $dE$ ) that is passed to the ionizing radiations to the substance in an elementary volume, to mass of  $dm$  substance in this volume:

$$D = dE / dm .$$

The SI unit of absorbed dose is Gray (Gy). One gray is equal to an absorbed dose of 1 joule/kilogram (100 rads).

Rad – the special unit of absorbed dose. 1rad is equal to an absorbed dose of 100 ergs/gram or 0.01 joule/kilogram (0.01 gray).

$$1\text{rad} = 0,01 \text{ joule/kg} = 0,01\text{Gy} = 1\text{cGy (centigray)} .$$

Will remind connection with other off-system units of measuring:

$$1 \text{ joule/kg} = 2,388 \cdot 10^{-4} \text{ kcal/kg} = 6,242 \cdot 10^{15} \text{ eV/kg}$$

For the estimation of action x-rayed and a gamma-radiation was before used the concept of display dose ( $D_{exp}$  or  $X$ ), that characterizes ionizing action of radiation in air.

The **display dose of photonic radiation** is a relation of total charge of all ions of one sign ( $dQ$ ), formed in air, when all electrons and positrons that is disengaged by photons in the elementary volume of air, fully stopped in it, to mass of air  $dm$  in this volume:

$$D_{exp} = dQ / dm .$$

Unit of display dose in CI is coulomb on a kilogram (C/kg). Off-system unit of display dose is roentgen (R).

Roentgen is a dose of radiation, at that in 0,001293gram of air ( mass of  $1\text{cm}^3$  airs at  $0^\circ\text{C}$  and pressure of 101,3kPa) the ions of every sign appear with the charge of  $3,336 \cdot 10^{-10}\text{C}$ .

$$1\text{R} = 2.58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg, respectively } 1 \text{ C/kg} = 3,88 \cdot 10^3 \text{R.}$$

The energy equivalent of roentgen for air is equal:

$$1\text{R} = 1,13 \cdot 10^8 \text{ joule/cm}^3 = 8,73 \cdot 10^{-3} \text{ joule/kg} = \text{of } 8,73 \text{ cGy.}$$

For biological fabrics  $1\text{R} \approx 0,95\text{rad} = 0,0095\text{Gy}$ .

Наслідки дії тієї самої дози різних видів випромінювань на біологічний об'єкт можуть відрізнятися. Для врахування цього ефекту, тобто порівняння біологічної дії випромінювань різного складу введено поняття *еквівалентної дози*.

**Еквівалентна доза ( $H_{T,R}$ )** в органі або тканині – це величина, яка визначається як добуток поглиненої дози ( $D_{T,R}$ ) від випромінювання типу  $R$ , усередненої по окремому органу або тканині ( $T$ ) та радіаційного зважуючого фактору ( $w_R$ ):

$$H_{T,R} = D_{T,R} \cdot w_R,$$

**Радіаційний зважуючий фактор  $w_R$**  (попередня назва - коефіцієнт якості) – коефіцієнт, який враховує відносну біологічну ефективність різних видів іонізуючого випромінювання, тобто їх енергетичну шкідливість порівняно з ефектами, викликаними рентгенівським або слабоенергетичним гамма-випромінюванням. Значення радіаційного зважуючого фактору  $w_R$  для різних видів випромінювання, а також поглинені дози, дія яких еквівалентна одиниці дози, отриманої від  $\gamma$ -променів, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.1

Тип випромінювання	Фактор $w_R$	Поглинена доза
Рентгенівське, гамма-, бета-випромінювання	1	1
Альфа-частинки, багатозарядні частинки, уламки ядер та важкі частинки з невідомим зарядом	20	0.05
Нейтрони з невизначеною енергією	10	0.1
Високоенергетичні протони	10	0.1

При одночасній дії декількох різних типів випромінювання з різними зважуваними коефіцієнтами еквівалентна доза визначається як сума еквівалентних доз цих видів випромінювання:

$$H_{T,R} = \sum_R D_{T,R} \cdot w_R$$

Одиниця еквівалентної дози у системі СІ – зіверт (Зв). Зіверт – це енергія будь-якого виду іонізуючого випромінювання, поглиненого 1 кг біологічної тканини, при якій біологічний ефект є тотожним поглиненій дозі 1Гр контрольного рентгенівського або гамма-випромінювання.

Позасистемною одиницею еквівалентної дози є бер (біологічний еквівалент рада). 1бер = 0,013в.

**Ефективна доза ( $E$ )** використовується як міра ризику виникнення віддалених наслідків опромінення людини, визначає ступінь впливу іонізуючого випромінювання на тіло людини з урахуванням відмінностей дії різних видів іонізуючого випромінювання на тканини та органи.

Results from the action of the same dose of different types of radiations can differ on a biological object. For taking into account of this effect, id est. comparison of biological action of radiations of anything of composition is entered concept of equivalent dose.

**An equivalent dose ( $H_{T,R}$ )** in an organ or tissue is a quantity that is determined as a product of absorbed dose ( $D_{T,R}$ ) from a radiation as R, averaged on a separate organ or tissue (T) and radiation quality factor ( $w_R$ ):

$$H_{T,R} = D_{T,R} \cdot w_R,$$

**A radiation weighting factor  $w_R$**  (the previous name is a coefficient of quality) is a coefficient that takes into account relative biological efficiency of different types of ionizing radiation, id est. their power harmfulness comparatively with the effects caused x-rayed or by a low power gamma-radiation. Value of radiation weighting factor  $w_R$  for the different types of radiation, and also the absorbed doses, the action of that is equivalent to unit of the dose got from  $\gamma$ -rays, is driven to the table 1.

Table 1.1

Type of radiation	Factor $w_R$	Absorbed dose
X-, gamma, or beta radiation	1	1
Alpha particles, multiple-charged particles, fission fragments and heavy particles of unknown charge	20	0.05
Neutrons of unknown energy	10	0.1
High-energy protons	10	0.1

At the action of a few different types of radiation under different weight coefficients an equivalent dose is determined as a sum of equivalent doses of these types of radiation:

$$H_{T,R} = \sum_R D_{T,R} \cdot w_R$$

Unit of equivalent dose in the SI-system is sievert (Sv). Sievert is energy of any type of the ionizing radiation, absorbed by 1kg of biological tissue at that a biological effect is identical to absorbed dose of 1Gy control x-rayed or gamma-radiation.

Off-system unit of equivalent dose is rem. The dose equivalent in rems is equal to the absorbed dose in rad multiplied by the quality factor (1rem=0.01Sv).

**An effective dose ( $E$ )** is used as a measure of risk of origin of remote consequences of irradiation of man, the degree of influence of ionizing radiation determines on the body of man taking into account the differences of action of different types of ionizing radiation on tissues and organs.

**Ефективна доза (E)** – сума добутоків еквівалентних доз  $H_T$  в окремих органах і тканинах на відповідні тканинні зважуючі фактори  $w_T$ :

$$E = \sum H_T w_T$$

Ефективна доза, як і еквівалентна доза, вимірюється в зівертах. Позасистемна одиниця – бер.

**Тканинний зважуючий фактор  $w_T$**  – коефіцієнт, який використовується винятково при розрахунку ефективної дози і відображає відносну ймовірність стохастичних ефектів в тканині (органі). Сума всіх зважуючих факторів по всіх органах дорівнює одиниці:  $w_T=1$  (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 Значення тканинних зважуючих факторів ( $w_T$ ), використані в НРБУ-97

Орган або тканина	$w_T$	$w_T$
Гонади	0.20	0.20
Кістковий мозок (червоний), товста кишка, легені, шлунок	0.12	0.48
Шкіра, поверхня кістки	0.05	0.25
“Решта органів” (щитоподібна залоза, головний мозок, дихальні шляхи позагрудної області, тонка кишка, нирки, м'язи, підшлункова залоза, селезінка, тимус і матка)	0.01	0.02
Разом *		1.00

\*Для оцінки зовнішньої дози, отриманої тілом (додається до внутрішньої дози) використовують зважуючий фактор  $w_T = 1.0$ .

Кожний орган і кожна тканина мають різне значення в життєзабезпеченні всього організму. **Критичний орган** – це орган або тканина, частина тіла або все тіло, опромінення яких завдає найбільшої шкоди організму. Аналогічно критичні (життєво важливі) елементи можуть бути виділені й у кожній окремій клітині. Існують три способи виділення критичних органів:

- за найбільшою радіочутливістю у певній системі організму;
- за найбільшою поглиненою дозою випромінювання;
- за вибіркоvim накопиченням підвищених концентрацій певного радіонукліда.

Ефективна доза відображає загальний ефект опромінювання - шкоду для всього організму при опроміненні окремих органів і тканин.

Використання поняття ефективної дози допускається при значеннях еквівалентних доз, нижчих за поріг виникнення детерміністичних ефектів (0.1Зв при гострому опроміненні чи хронічному протягом року).

Для урахування змін потоку іонізуючого випромінювання використовують **потужність дози** – відношення дози випромінювання

**An effective dose (E)** is a sum of products of equivalent doses of  $H_T$  in separate organs and tissues on corresponding tissue weight factors  $w_T$ :

$$E = \sum H_T w_T$$

An effective dose, as well as equivalent dose, is measured in sievert. Off-system unit is rem.

**A tissue weighting factor of  $w_T$**  is a coefficient that is used exceptionally for the calculation of effective dose and represents relative probability of stochastic effects in tissue (organ). Sum all weighting factors on all organs equals unit:  $w_T=1$  (table 1.2).

Table 1.2 Value of tissue weighting factors ( $w_T$ ), used in NRSU- 97

Organ or Tissue	$w_T$	$w_T$
Gonads	0.20	0.20
Marrow (red ), colon, lungs, stomach	0.12	0.48
Skin, surface of bone	0.05	0.25
"Other organs" (thyroid, cerebrum, standard of extrathoracic area, thin bowel, kidneys, muscles, pancreas, spleen, timus and uterus)	0.01	0.02
Together *		1.00

\*For the estimation of the external dose got all body (it is added to the internal dose), the weighting coefficient  $w_T = 1.0$  is used.

Every organ and every tissue have a different value in the life-support of organism. **A critical organ** is an organ or tissue, part of body or all body, the irradiation of that inflicts most harm to the organism. Like critical (vitaly important) elements can be distinguished in every separate cage. There are three methods of selection of critical organs:

- after the most radio sensitivity in the certain system of organism;
- after the most absorbed dose of radiation;
- after the selective accumulation of increase concentrations of certain radionuclide.

An effective dose represents the general effect of irradiation - harm for all organism at the irradiation of separate organs and tissues.

The use of concept of effective dose is assumed at the values of equivalent doses below than threshold of origin of deterministic effects (0.1Sv at a sharp irradiation or chronic for a year).

For taking into account of changes of stream of ionizing radiation use **the power of dose** – relation of dose of radiation (absorbed, display, equivalent, effective) for some interval of time to the size of this interval:

(поглиненої, експозиційної, еквівалентної, ефективної) за деякий проміжок часу до величини цього проміжку:

$$D^* = dD/dt \text{ (Гр/с);} \quad D_{\text{exp}}^* = D_{\text{exp}}/dt \text{ (P/с);}$$
$$H^* = dH/dt \text{ (Зв/с);} \quad E^* = dE/dt \text{ (Зв/с).}$$

Потужність дози слід розглядати тільки для коротких проміжків часу (за секунду, за хвилину, за годину).

При підрахунку наслідків аварії надзвичайно важливо визначити величину колективної дози опромінення, яку збрала в себе популяція - всі ті, на кого безпосередньо чи посередньо вплинуло опромінення.

**Колективна ефективна (еквівалентна) доза** – це сума індивідуальних ефективних (еквівалентних) доз опромінення певної групи населення за певний період часу, або сума добутоків середньогрупових ефективних доз на число осіб у відповідних групах:

$$S = E_i \cdot N_i ,$$

де:  $E_i$  – середня ефективна (еквівалентна) доза на підгрупу населення і;  
 $N_i$  – число осіб в підгрупі.

Одиниця вимірювання – людино-зіверт (люд.-Зв). Позасистемна одиниця – людино-бер. 1 люд.-Зв = 100 люд.-бер.

Зауважимо, що у випадку Чорнобильської катастрофи колективна доза сягнула мільйонів люд.-бер.

### 1.5.2 Ліміти доз та допустимі рівні [4, 8, 9]

Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97), що є чинними на даний час, передбачено нормування опромінення людей в умовах практичної діяльності в таких випадках [5]:

- при нормальній експлуатації індустріальних джерел іонізуючого випромінювання;
- при медичному опроміненні (опроміненні пацієнтів);
- при радіаційних аваріях;
- при опроміненні техногенно-підсиленими джерелами природного походження.

Всі особи по відношенню до джерел ІВ (ДІВ), згідно НРБУ-97, поділяються на три категорії:

- *категорія А (персонал)* – особи, які безпосередньо постійно або тимчасово працюють із ДІВ;
- *категорія Б (персонал)* - особи, які безпосередньо не працюють із ДІВ, але можуть отримувати додаткове опромінення у зв'язку з розміщенням їх робочих місць у приміщеннях і на території підприємства з радіаційно-ядерними технологіями;
- *категорія В (населення)* – все населення країни.

$$D^* = dD/dt \text{ (Gy/sec);} \quad D_{\text{exp}}^* = D_{\text{exp}}/dt \text{ (R/sec);}$$

$$H^* = dH/dt \text{ (Sv/sec);} \quad E^* = dE/dt \text{ (Sv/sec).}$$

Power of dose it follows to examine only for the short intervals of time (for a second, for a minute, in an hour).

At the count of consequences of accident it is extraordinarily important to define the size of collective dose of irradiation, a population collected that for itself, - all those, on whom directly or non-directly an irradiation influenced.

A collective effective (equivalent) dose is a sum of individual effective (equivalent) doses of irradiation of certain group of population for certain period of time, or sum of products of middle-group effective doses on the number of persons in corresponding groups:

$$S = E_i \cdot N_i ,$$

where:

$E_i$  – a middle effective (equivalent) dose on the sub-group of population of  $i$ ;

$N_i$  – a number of persons in a sub-group.

The unit of measuring is a man-sievert (man-Sv). Off-system unit is a man-rem. 1man-Sv = 100 man-rem.

Will notice that in case of the Chernobyl' catastrophe a collective dose attained millions of man-rem.

### 1.5.2 Limits of doses and possible levels [4, 8, 9]

The norms of radiation safety of Ukraine (NRSU- 97) that operates on this time are envisage setting of norms of irradiation of people in the conditions of practical activity in such cases [5]:

- during normal exploitation of industrial sources of ionizing radiation;
- at a medical irradiation (irradiation of patients);
- at radiation accidents;
- at the irradiation of natural origin technogenic-increase sources.

All persons in relation to sources of ionizing radiation IR (SIR), concordantly NRSU- 97, divided into three categories:

- a category A (personnel) are persons that directly constantly or temporally work with SIR;

- a category of B (personnel) are persons, that directly does not work with SIR, but can get an additional irradiation in connection with placing of their workplaces in apartments and in-plant with radiation-nuclear technologies;

- a category C (population) is all population of country.



Ліміти річних доз опромінення встановлені в чинниках індивідуальної річної ефективної дози і еквівалентної річної дози опромінення на окремі найбільш чутливі органи для всіх категорій осіб, які опромінюються (табл.1.3). Додаткові обмеження існують для жінок репродуктивного віку.

Таблиця 1.3. Ліміти дози опромінення (мЗв·рік<sup>-1</sup>)

Найменування дози	Категорія осіб, що опромінюються		
	А <sup>а,б</sup>	Б <sup>а</sup>	В <sup>а</sup>
Ліміт ефективної дози - $DL_E$	20 <sup>б</sup>	2	1
Ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення:			
- для кришталика ока	150	15	15
- для шкіри	500	50	50
- для кистей та стіп	500	50	50

Примітки:

а – розподіл дози опромінення протягом календарного року не регламентується;

б – для жінок до 45 років та вагітних діють додаткові обмеження (доза опромінення нижньої частини живота за будь-які два місяці не повинна перевищувати 2мЗв);

в – в середньому за будь-які послідовні 5 років, але не більше 50мЗв за окремий рік.

Опромінення персоналу вище дозових меж може бути виправдане тільки при непередбачених ситуаціях, які можуть виникнути під час аварій і пов'язані з врятуванням людей, необхідністю запобігти розвитку аварій та опроміненню більшої кількості людей. Тобто у випадках:

- коли аварії неможливо усунути без технологічних операцій, пов'язаних з перевищенням лімітів доз;
- при необхідності термінового усунення аварійної ситуації;
- при загрозі розвитку радіаційної аварії.

При проведенні робіт з ліквідації РА дозволяється опромінення аварійного персоналу дозою не більше 100мЗв (двома річними максимально допустимими дозами опромінення персоналу, який працює з ДІВ). При цьому роботи повинні супроводжуватися радіаційно-дозиметричним контролем. При перевищенні дози 100мЗв аварійний персонал виводиться із зони опромінення і направляється на позапланове медичне обстеження. Підвищене опромінення персоналу дозою від 100 до 250мЗв·рік<sup>-1</sup> допускається тільки у виняткових випадках з дозволу

The limits of annual doses of irradiation are set in the factors of individual annual effective dose and equivalent annual dose of irradiation on separate the most sensible organs for all categories of persons that is exposed to rays (table.1.3).

Table.1.3 The limits of doses (mSv·year<sup>-1</sup>)

Name of dose	Category of persons that is exposed to rays		
	A <sup>a,b</sup>	B <sup>a</sup>	C <sup>a</sup>
Limit of effective dose - DL <sub>E</sub>	20 <sup>c</sup>	2	1
Limit of equivalent dose of external irradiation:			
- for the lens of the eye	150	15	15
- for skin	500	50	50
- for brushes and feet	500	50	50

Notes:

a - distribution of dose of irradiation during a calendar year is not regulated;

b - for women 45 to and pregnant additional limitations operate (the dose of irradiation of underbody of stomach for any two months must not exceed 2mSv);

c - on the average for any 5 successive, but no more 50mSv for a separate year.

Irradiation of personnel higher dose limits can be justified only at unforeseen situations, which can arise up in time of accidents and related to the life-saving, necessity to prevent development of accidents and irradiation of greater amount of people. Id est. in cases:

- when accidents it is impossible to remove without the technological operations related to exceeding of limits of doses;
- at a necessity the urgent removal of emergency situation;
- at the threat of development of radiation accident.

During realization of works from liquidation of RA the irradiation of emergency personnel is allowed by a dose no more 100mSv (by two annual maximally possible doses of irradiation of personnel that works with SIR). Thus works must be accompanied by radiation-dosimetric control. At exceeding of dose of 100mSv an emergency personnel hatches from the zone of irradiation and heads for a realization of medical inspection. Increase irradiation of personnel by a dose from 100 to 250mSv·year<sup>-1</sup> permitted only in exceptional cases with permission Ministry of health of Ukraine on condition of such non-

Мінохорони здоров'я України за умови такого одноразового підвищеного опромінення на потязі всієї трудової діяльності працівника. У випадках, коли аварійні роботи проводяться для врятування життя людей, дозволяється опромінення персоналу дозами до 500мЗв набудь- який окремий орган або на все тіло.

Для планування заходів щодо удосконалення радіаційної безпеки і оперативного контролю на радіаційно-ядерному об'єкті, в санітарно-захисній зоні і зоні спостереження встановлюються *контрольні рівні*.

*Контрольні рівні* встановлюються адміністрацією підприємства для персоналу, а також для території за узгодженням з державними регулюючими органами. Конкретні значення контрольних рівнів повинні бути нижчими за допустимі. Контрольні рівні також можуть встановлюватися як для окремого радіонукліда в продуктах харчування і об'єктах навколишнього природного середовища, так і для окремих виробничих операцій, режимів експлуатації і територій, тощо.

Для *медичного опромінення*, тобто опромінення людини в результаті медичного обстеження або лікування, межі доз для пацієнтів не встановлюються, а вводяться рекомендовані граничні рівні для різних категорій опромінених пацієнтів. З урахуванням особливостей цього виду опромінення, протирадіаційний захист пацієнтів ґрунтується на наступних принципах.

*Принцип виправданості.* Опромінення повинне бути обґрунтованим, призначене тільки лікарем для отримання діагностичного або терапевтичного ефекту і лише в тому випадку, коли очікуваний ефект не можна отримати іншими непроменевими методами діагностики або лікування.

*Принцип оптимізації.* Колективні дози опромінення, які отримує населення при проведенні рентгенологічних і радіологічних процедур, повинні бути максимально низькими з урахуванням економічних і соціальних міркувань.

*Принцип неперевищення.* Доза опромінення встановлюється лікарем індивідуально для кожного пацієнта виходячи з клінічних показань з урахуванням необхідності запобігання детермінованих ефектів в тканинах і організмі в цілому.

Рекомендовані граничні рівні опромінення пацієнтів наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4.

Категорія пацієнтів	Ефективна доза (мЗв·рік <sup>-1</sup> )
Категорія АД	100
Категорія БД	20
Категорія ВД	2
Категорія ГД	1

permanent increase irradiation during all labour activity of worker. In the cases when emergency works are conducted for the rescue of life of people, the irradiation of personnel is allowed by doses to 500mSv on any separate organ or on all body.

For planning of events in relation to the improvement of radiation safety and operative control on a radiation-nuclear object, control levels are set in a sanitary-hygienic zone and zone of supervision.

*Control levels* are set by administration of enterprise for personnel, and also for territory on a concordance with public regulative organs. Certain values of control levels must be below than possible. Control levels also can be set both for separate radio nuclides in foodstuffs and objects of natural environment and for separate productive operations, modes of exploitation and territories, and others like that.

For a medical irradiation, id est an irradiation of man is as a result of medical inspection or treatment, the limits of doses for patients are not set, but entered the recommended maximum levels for the different categories of the radiation-exposed patients. Taking into account the features of this type of irradiation, against radiation defence of patients is base on next principles.

*Principle of justified.* An irradiation must be reasonable, appointed only by a doctor for the receipt of diagnostic or therapeutic effect and only in that case, when the expected effect can not be got other unradial methods diagnostics or treatment.

*Principle of optimization.* Collective doses of irradiation, that is got by a population during realization of roentgenologic and radiological procedures, must be maximally subzero taking into account the economic and social reasoning.

*Unexceeding principle.* The dose of irradiation is set by a doctor individually for every patient coming from clinical testimonies taking into account the necessity of prevention of the determined effects for fabrics and organism on the whole.

The recommended maximum levels irradiations of patients are driven to the table 1.4.

Table 1.4.

Category of patients	Ефективна доза (мЗв·рік <sup>-1</sup> )
Category AD	100
Category BD	20
Category CD	2
Category DD	1

*Категорія АД.* Хворі з онкологічними та передраковими захворюваннями, з вродженою серцево-судинною патологією, а також ургентні хворі.

*Категорія БД.* Хворі з неонкологічними захворюваннями при дослідженнях з метою уточнення діагнозу або вибору тактики лікування.

*Категорія ВД.* Особи, що працюють з шкідливими чинниками на виробництві при проходженні профогляду, а також хворі після радикального лікування онкологічних захворювань.

*Категорія ГД.* Особи, які проходять усі види профілактичного обстеження, за винятком осіб, віднесених до категорії ВД.

Для осіб категорій АД і БД додатково вводиться обмеження еквівалентних доз опромінення найбільш радіочутливих органів і тканин:

- кришталік ока –  $150 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ ;
- гонади жіночі –  $200 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ ;
- гонади чоловічі –  $400 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ ;
- червоний кістковий мозок –  $400 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ .

Особи, що надають допомогу пацієнтам при проведенні діагностичних і терапевтичних процедур, не повинні одержувати дозу опромінення більш ніж  $5 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ .

Для впровадження єдиних стандартів до забезпечення радіаційної безпеки на міжнародному рівні за участю Міжнародних організацій (МАГАТЕ, МКРЗ, Євратому, ВООЗ) в дію введено міжнародні «Основні стандарти безпеки для захисту населення від іонізуючих випромінювань і безпеки джерел випромінювання» - ОСБ. Головна мета документу полягає в запобіганні детермінованих ефектів опромінення людей і обмеженні вірогідності появу стохастичних ефектів\*.

Межі доз професійного опромінення та граничні дози для всього населення, прийняті в Україні, відповідають рекомендованим ОСБ. Щодо рівнів впливу у випадку радіаційних аварій (РА) для населення в Україні прийняті жорсткіші нормативи.

Рівні впливу у випадку РА за ОСБ:

- перебування у закритому приміщенні при дозі  $10 \text{ мЗв}$  до двох днів;
- йодна профілактика при  $100 \text{ мГр}$  накопиченої дози на щитоподібну залозу;
- евакуація при  $50 \text{ мЗв}$  до 7 днів;
- тимчасове переміщення при  $10\text{-}30 \text{ мЗв}$  за місяць;

---

Оцінка сумарного ризику від стохастичних ефектів для професіоналів складає  $0,0056\%$  на  $1 \text{ мЗв}$ ; для всіх людей –  $0,00076\%$  на  $1 \text{ мЗв}$ ; доза від фонового випромінювання –  $2,4 \text{ мЗв} / \text{рік}$ .

*Category of AD.* Patients with oncologic and before cancer diseases, with innate cardiovascular pathology, and also quick Medicare patients.\*

*Category of BD.* Patients with unoncologic diseases at researches with the aim of clarification of diagnosis or choice of tactics of treatment.

*Category of CD.* Persons that work with harmful factors on a production at passing of medical professional inspection, and also patients, are after radical treatment of oncologic diseases.

*Category of DD.* Persons that pass all types of prophylactic inspection, except for persons, subsumed BД.

For the persons of categories of AD and BD additionally imposed restriction equivalent doses of irradiation of the most sensible to radiation organs and fabrics:

the lens of the eye –  $150 \text{ mSv}\cdot\text{year}^{-1}$ ;

gonads of woman –  $200 \text{ mSv}\cdot\text{year}^{-1}$ ;

gonads are a man –  $400 \text{ mSv}\cdot\text{year}^{-1}$ ;

red marrow –  $400 \text{ mSv}\cdot\text{year}^{-1}$ .

Persons that give help to the patients during realization of diagnostic and therapeutic procedures must not get the dose of irradiation more than  $5\text{mSv}\cdot\text{year}^{-1}$ .

For introduction of the identical standards near providing of radiation safety at an international level with participation of International organizations (IAEA, ICRD, Euroatom, WOHP) the international "Basic standards of safety are in an action entered for protecting of population from ionizing radiations and safety of radiant" - BSS. The primary objective of document consists in prevention of the determined effects of irradiation of people and limitation of authenticity of appearances of stochastic effects\*.

Limits of doses of professional irradiation and maximum doses for all population, accepted in Ukraine, recommended BSS answer. In relation to the levels of influence in case of radiation accidents (RA) for a population more hard norms are accepted in Ukraine.

Levels of influence are in case of RA after BSS:

- it is a stay in the closed apartment at the dose of  $10\text{mSv}$  to two days;
- it is an iodine prophylaxis at  $100\text{mGy}$  of the accumulated dose on a thyroid;
- it is evacuation at  $50\text{mSv}$  to 7 days;
- it is the temporal moving at  $10\text{-}30\text{mSv}$  for a month;
- it is permanent migration at  $1\text{Sv}$  in the time of life;

---

\*The estimation of total risk from stochastic effects for professionals folds  $0,0056\%$  on  $1\text{mSv}$ ; for all people -  $0,00076\%$  on  $1\text{mSv}$ ; a dose from a base-line radiation is a  $2,4\text{mSv}/\text{year}$ .

- постійне переселення при 1Зв за життя; довічна допустима доза для населення за 70років – 70мЗв;
- допустимий рівень впливу при радіаційній аварії -1Зв за життя.

Сучасна дозова градація, прийнята для радіаційно-забруднених територій в Україні:

- безумовне відселення - > 5мЗв/рік;
- гарантоване добровільне відселення > 1мЗв/рік;
- підвищений радіологічний контроль > 0,5мЗв/рік.

## **ПИТАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗНАТЬ**

1. Мета і основні задачі радіоекологічного моніторингу.
2. Основні напрямки радіоекологічного моніторингу.
3. Масштабні рівні проведення моніторингових досліджень.
4. Особливості радіоекологічного моніторингу в Україні після катастрофи на ЧАЕС.
5. Що є об'єктами радіомоніторингу реперної сітки?
6. Складові радіоекологічного моніторингу.
7. Основні параметри радіоекологічного моніторингу.
8. Основні документи, які регламентують санітарні норми і правила та гігієнічні нормативи у галузі радіаційної гігієни в Україні.
9. Джерела радіаційного забруднення навколишнього середовища (природні та техногенні).
10. Активність. Активність питома, об'ємна. Одиниця вимірювання радіоактивності в системі СІ, зв'язок з позасистемною одиницею.
11. Надати поняття поглиненої, експозиційної, еквівалентної та ефективної дози, колективної ефективної (еквівалентної) дози. Формули розрахунку.
12. Одиниці вимірювання поглиненої, експозиційної, еквівалентної та ефективної дози в системі СІ, зв'язок з позасистемними одиницями.
13. Поняття і формули розрахунку потужності поглиненої, експозиційної, еквівалентної та ефективної дози. Одиниці вимірювання.
14. Категорії опромінюваних осіб та ліміти річних доз опромінення згідно з вимогами НРБУ-97.
15. Поняття про контрольні рівні доз опромінення.
16. Спеціальні обмеження для медичного опромінення, опромінення персоналу при радіаційних аваріях згідно НРБУ-97 Д-2000.
17. Принципи, на яких ґрунтується протирадіаційний захист пацієнтів.
18. Дозова градація, прийнята для радіаційно-забруднених територій в Україні.

- lifelong possible dose for a population after 70years - 7mSv;
- it is a possible level of influence at a radiation accident -1Sv in the time of life.

Modern dose gradation accepted for radiation-muddy territories in Ukraine:

- is the absolute settling out - > 5mSv/year;
- the voluntarily settling out is assured > 1mSv/year;
- radiological control increases > 0,5mSv/year.

## THE CONTROL QUESTIONS

1. Aim and basic tasks of radio-ecological моніторінгу.
2. Basic directions of the radio-ecological monitoring.
3. Scale even realizations of monitoring researches.
4. Features of the radio-ecological monitoring in Ukraine after a catastrophe on ЧАЕС.
5. What is об'єктами радіомоніторінгу of реперної net?
6. Constituents of the radio-ecological monitoring.
7. Basic parameters of the radio-ecological monitoring.
8. Basic documents that regulate sanitary norms and rules and hygienical norms in industry of radiation hygiene in Ukraine.
9. Sources of radiation contamination of environment (natural and technogenic).
10. Activity. Specific and volume activity. Unit of radio-activity in the SI-system, copulas with off-system unit.
11. To give the concept of absorbed, display, equivalent and effective dose, collective effective (equivalent) dose. Formulas of calculation.
12. Units of absorbed, display, equivalent and effective doses in the SI-system, copulas with miscellaneous units.
13. Concept and formulas of calculation of power of eaten up a, display, equivalent and effective dose. Units.
14. Categories of the exposed to rays persons and limits of annual doses of irradiation according to the requirements of НРБУ- 97.
15. A concept of the control levels of doses of irradiation.
16. Special limitations for a medical irradiation, irradiation of personnel at radiation accidents concordantly NRSU – 97A-2000.
17. Principles that there is base on against radiation defence of patients.
18. Dose gradation accepted for radiation-muddy territories in Ukraine.



## 2. ОСНОВНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ РАДІОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

### 2.1 Методи радіоекологічного моніторингу [2, 7]

Система радіаційного моніторингу складається з наступних послідовних етапів:

- вимірювання рівня радіації на місцевості (польова радіометрія, дозиметрія);
- відбір проб і підготовку їх до дослідження;
- визначення радіоактивності експресними методами;
- визначення радіохімічного розподілу радіонуклідів;
- радіометрію виділених радіонуклідів;
- розрахунок активності.

Методи радіаційного контролю, які забезпечують достовірність і точність отриманої у процесі радіологічного контролю інформації, поділяють на радіометричні, радіохімічні, спектрометричні. Більш застосовними є перші дві групи методів контролю.

До *радіометричних методів* радіаційного контролю належать польова радіометрія і дозиметрія, експресне визначення радіоактивності, радіометрія золи, радіохімічних препаратів.

*Польова радіометрія і дозиметрія* є першим етапом радіаційного контролю та моніторингу довкілля і об'єктів народного господарства, який передбачає отримання даних про радіоактивний фон та рівень радіоактивності середовища. У звичайних умовах вони надають інформацію про рівень природного радіоактивного фону та дозволяють вчасно виявити випадки його підвищення і прийняти рішення по захисту населення. Це також основні методи контролювання радіоактивного забруднення продукції сільського господарства.

Принцип дії більшості польових дозиметричних приладів базується на здатності радіоактивних випромінювань іонізувати середовище, в якому вони поширюються. Прилади, які працюють на цій основі, мають принципово однакову конструкцію і складаються з приймача (датчика або детектора випромінювання), підсилюючих та вимірювальних пристроїв та джерела живлення. Як приймаючий пристрій у польових приладах використовують іонізаційні камери і газорозрядні лічильники.

Прилади, які використовуються для проведення радіаційного моніторингу можна поділити на наступні групи: стаціонарні, переносні, індивідуальні та лабораторні. Стаціонарні, переносні та портативні прилади, в свою чергу, поділяються на прилади для проведення радіаційного моніторингу та моніторингу радіоактивного забруднення. За приладів радіаційного моніторингу можна виміряти потужність дози або дозу.

## 2. BASIC METHODS AND FACILITIES OF RADIOECOLOGICAL MONITORING

### 2.1 Methods of the radioecological monitoring [2, 7]

The radiation monitoring system consists of the next successive stages:

- measuring of level of radiation on locality (field radiometry, dosimetria);
- sampling and preparation of them to research;
- a determination of radio-activity by express methods;
- a determination of radio-chemistry distribution radionuclides;
- radiometry of distinguished radionuclides;
- a calculation of activity.

Methods of radiation control, which provide authenticity and exactness of the information got in the process of radiological control, divide into an radio-metrical analysis, radio-chemistry, spectrometry. More applicable are the first two groups of control methods.

The field radiometry and dosimetria, express determination of radio-activity, radiometry of ash, radio-chemistry preparations belong to the *radio-metrical methods* of radiation control.

*The field radiometry and dosimetria* are the first stage of radiation control and monitoring of environment and objects of national economy. what envisages the receipt of data about a radioactive background and level of radio-activity of environment. In ordinary terms they provide information about the level of natural radioactive background and allow in time to educe the cases of his increase and make decision on defense of population. It also is the basic method of controlling of radio-contamination of products of agriculture.

Principle of action of the most field dosimetric devices is based on ability of radioactive radiations to ionize an environment in that they spread. Devices that work on this basis are an identical construction and consist of transceiver (of sensor or detector of radiation), strengthening and measuring devices and source of feed. As an accepting device in the field devices ionization chambers and gas-unloading meters are used.

Devices that are used for realization of the radiation monitoring it are possible to divide into next groups: stationary, portable, individual and laboratory. Stationary, portable and portable devices, in turn, are divided into devices for realization of the radiation monitoring and monitoring of radio-contamination. By means of devices of the radiation monitoring it is possible to measure power of dose or dose.

## 2.2 Методи та прилади виявлення і виміру іонізуючих випромінювань [7, 10]

До поняття «радіаційний контроль» входять чотири види контролю при проведенні будь-яких радіаційно-небезпечних робіт: дозиметричний, радіометричний, індивідуальний дозиметричний контроль та спектроскопічні вимірювання.

Відповідно всю апаратуру радіаційного контролю в залежності від її призначення поділяють на чотири групи.

До першої групи належать прилади, призначені для вимірювання потужності дози (рівня радіації або фону). До цієї групи також відносять індикатори-сигналізатори – простіші прилади для виявлення іонізуючих випромінювань або надання сигналу про перевищення встановленого, заданого порогу радіації.

Друга група – радіометричні прилади (радіометри), за допомогою яких визначають радіоактивне забруднення поверхні різних предметів, а також їх питому радіоактивність. Це може бути, наприклад, вимірювання радіоактивного забруднення обладнання, транспорту, одягу, шкірних покривів людини, продуктів, сировини, кормів для тварин та різних об'єктів навколишнього середовища (води, ґрунту, рослин тощо).

До третьої групи відносять портативні пристрої, призначені для індивідуального дозиметричного контролю. Це прилади, за допомогою яких можна виміряти дозу радіації, яку людина отримала в деякій конкретній ситуації або за деякий період роботи і часу.

Четверта група – спектрометричні пристрої, які дозволяють встановити спектр (склад) радіонуклідів будь-якому забрудненому об'єкту. Це складна апаратура, робота з якою потребує спеціальних знань і умов експлуатації.

Окрім цієї основної класифікації прилади розділяють по видам випромінювань, що реєструються, конструктивному виконанню, виду електроживлення і т. ін.

В залежності від природи фізико-хімічного явища, яке виникає в середовищі під дією іонізуючого випромінювання, розрізняють наступні методи виявлення та вимірювання іонізуючих випромінювань.

**Іонізаційний** метод ґрунтується на явищі іонізації молекул середовища під дією іонізуючого випромінювання (ІВ), що призводить до збільшення електропровідності середовища, яке може бути зафіксоване відповідними електротехнічними пристроями. Вимірюючи іонізаційний струм, можна отримати інформацію про інтенсивність радіоактивного випромінювання.

## 2.2 Methods and devices of exposure and measuring of ionizing radiations [7, 10]

In a concept "radiation control" four types of control are included during realization of any radiation-dangerous works: dosimetric, radiometric, individual dosimetric control and spectroscopy measuring.

Accordingly all apparatus of radiation control depending on her setting is divided into four groups.

The devices intended for measuring of power of dose (level of radiation or background) belong to the first group. To this group also belong indicators-warners - simple devices for the exposure of ionizing radiations or grant of signal about exceeding of the set threshold of radiation.

The second group is radiometric devices (radiometers) by means of that determine the radio contamination of surface of different objects, and also them specific radio-activity. It can be, for example, measuring of radio contamination of equipment, transport, clothing, skin canopies of man, products, raw material, pet foods and different objects of environment (water, soil, plants and others like that).

To the third group take the portable devices intended for individual dosimetric control. It is devices, by means of that it is possible to measure a dose of radiation that a man got in some certain situation or for some period of work and time.

A fourth group is spectrometry devices that allow to set the spectrum (composition) of radionuclides any muddy object. It is the sophisticated apparatus, work with that needs the special knowledge and external environments.

Except this basic classification devices divide for to the types of radiations that register oneself, to structural implementation, type of power supply etc.

Depending on nature of the physical and chemical phenomenon that arises up in an environment under the action of ionizing radiation, distinguish the next methods of exposure and measuring of ionizing radiations.

An **ionization** method is base on the phenomenon of ionizing of molecules of environment under the action of ionizing radiation (IR), which results in the increase of conductivity of environment that can be fixed by corresponding electrical engineering devices. Measuring ionization current, it is possible to obtain information about intensity of radioactive radiation.

### **Радіохімічні і спектроскопічні методи.**

**Радіохімічний метод** оснований на вимірюванні виходу радіаційно-хімічних реакцій, які відбуваються у рідких або твердих хімічних системах під дією ІВ.

Дія іонізуючого випромінювання на хімічні сполуки призводить до зміни їхнього складу. Кількість молекул, які зазнали перетворень, залежить від дози опромінення. На цьому принципі ґрунтується дія хімічних дозиметрів. У якості індикатора в хімічних дозиметрах використовуються речовини, які змінюють свій колір або його інтенсивність внаслідок окислювальних або відновних реакцій. Величину поглиненої енергії (дозу випромінювання) в цьому разі оцінюють за густиною окраски. Цей метод використовують при реєстрації значних рівнів радіації.

Радіохімічні методи використовують, дотримуючись певної послідовності:

- відбір і підготовка проб досліджуваних об'єктів;
- внесення носіїв та мінералізація проб; виділення радіонуклідів із проб;
- очистка виділених радіонуклідів від сторонніх нуклідів і супутніх мікроелементів;
- ідентифікація і перевірка радіохімічної чистоти;
- радіометрія виділених радіонуклідів;
- розрахунок активності і висновки.

Відібрані радіологічними відділами зразки проб повинні бути типовими для досліджуваного об'єкта, а маса – достатньою для проведення радіохімічного аналізу (після озолення – 20–40 г). Проби ґрунту, води, рослин важливо відбирати в місцях, які є репрезентативними для даної території, і радіоактивне забруднення яких має найбільшу ймовірність, а не в найбільш доступних місцях, тобто, наприклад, на вершині пагорбу, рівнині, де випав дощ, а не вздовж дороги або в канаві під деревами і т. ін. Проби поміщують у ємкості, які дозволяють, при необхідності, зберігати їх в різних умовах, та маркують із зазначенням природи зразка, місця, дати і часу відбору проби та групи відбору проб.

При відборі проб в контрольних пунктах вимірюють  $\gamma$ -фон приладом СРП-68-01 на відстані 0,7–1 м від ґрунту і 1–1,5 см від об'єкта.

Для визначення особливостей радіаційно-хімічних реакцій речовини найчастіше використовують **спектроскопію**, а також методи реєстрації флуоресценції й хемілюмінесценції. Ці методи дозволяють виявити первинні хімічні форми, які виникають унаслідок поглинання енергії іонізуючого випромінювання, а також реєструвати проміжні продукти радіаційно-хімічних перетворень речовин.

Для вивчення швидкоплинних процесів радіолізу застосовують різні методи спектроскопії, зокрема абсорбційну спектроскопію, раманову

### ***Radio-chemistry and spectroscopy methods.***

***A radio-chemistry method*** is based on measuring of exit of radiation-chemical reactions that take place in the liquid or hard chemical systems under the action of IR.

Operating of ionizing radiation on compounds results in the change of their composition. The amount of molecules that tested transformations depends on the dose of irradiation. This principle there is base on an action of chemical dosimeters. In quality of indicator substances that change the color or his intensity as a result of oxidizing or restoration reactions are used in chemical dosimeters. The size of absorbed energy (dose of radiation) in this case is estimated after degree of color. This method is used for registration of considerable levels by radiations.

Radiochemistry methods are used, adhering to the certain sequence:

- selection and preparation of tests of the investigated objects;
- bringing of transmitters and mineralization of tests;
- a selection of radio nuclides is from tests;
- cleaning of distinguished radio nuclides is from extraneous nuclides and concomitant micronutrients;
- authentication and verification of radio-chemistry cleanness;
- radiometry of distinguished radio nuclides;
- calculation of activity and conclusions.

The standards of tests are selected by radiological departments must be typical for the investigated object, and mass - sufficient for realization of radio-chemistry analysis (after taking an ash - 20-40gr). The tests of soil, water, plants it is important to take away in places that are characteristic for this territory, and the radio contamination of that has most probability, but not in the most accessible places, id est., for example, on a top to the hill, plain, where a rain fell out, but not along a road or in a ditch under trees et cet. Tests place in capacities that allow, if necessary; to keep them in different condition, and mark with pointing of nature of standard, place, date and time of selection of test and sampling group.

At sampling in mark points measure  $\gamma$  - background by device of CПИ-68-01 in the distance a 0,7-1 m from soil and 1-1,5cm from an object.

For determination of features of radiation-chemical reactions of substance mostly use ***spectroscopy***, and also methods of registration of fluorescence and хемілюмінесценції. These methods allow educing primary chemical forms that arise up because of absorption of energy of ionizing radiation, and also register the intermediate products of radiation-chemical transformations of substances.

For the study of fleeting processes of радіолізу apply the different methods of spectroscopy, in particular absorbing spectroscopy, раманову resonant spectroscopy, spectroscopy of electronic paramagnetic resonance. At

резонансну спектроскопію, спектроскопію електронного парамагнітного резонансу. При використанні цих методів об'єкт дослідження опромінують певними нормованими порціями радіації, спостерігаючи за появою нових хімічних форм.

**Сцинтиляційний** метод вимірювання полягає в реєстрації спалахів світла, які виникають у сцинтиляторі (сульфіт цинку, йодид натрію) під дією ІВ, які за допомогою фотоелектронного помножувача перетворюються в електричний струм. Анодний струм помножувача та швидкість лічби пропорційна потужності дози випромінювання.

**Фотографічний** метод оснований на здатності молекул броміду срібла, які містяться в фотоемulsionі, розпадатися на складові під дією ІВ. Кристалики срібла, які утворюються при цьому, викликають при проявленні фотоплівки її почорніння, густина якого пропорційна поглиненій енергії.

**Калориметричний** метод базується на вимірюванні кількості теплоти, що виділяється в детекторі при поглинанні енергії ІВ. Уся енергія випромінювання, яка поглинається речовиною, в результаті перетворюється в теплоту за умовою, що поглинаюча речовина є хімічно інертною до випромінювання. Отже, кількість виділеної теплоти пропорційна інтенсивності випромінювання.

**Нейтронно-активаційний** метод пов'язаний з вимірюванням активності, наведеної нейтронами, і іноді є єдиним можливим методом вимірювання слабких нейтронних потоків, коли звичайні методи вимірювання не дають надійних результатів. Окрім того, цей метод придатний при оцінюванні доз у аварійних ситуаціях, коли спостерігається короткочасне опромінення великими потоками нейтронів.

У **біологічних** методах дозиметрії використовують здатність випромінювання змінювати біологічні об'єкти. Величину дози оцінюють за рівнем летальності тварин, кількості хромосомних аберацій, випадінню волос. Біологічні методи є менш точними і чутливими порівняно з фізичними.

У розрахункових методах дозу випромінювання визначають шляхом математичних обчислень. Це єдиний можливий спосіб визначення дози від інкорпорованих радіонуклідів.

Принципова схема будь-якого дозиметричного і радіометричного приладу однакова. Вона включає три обов'язкових блоки: детекторний пристрій (детектор), індикатор та блок живлення (акумулятори, батарейки, елементи, електромережа тощо).

Дозиметри, призначені для вимірювання потужності дози  $\beta$ - і  $\gamma$ -випромінювання, за звичаєм калібровані по джерелу  $\gamma$ -випромінювання і деякі з них дають завищені значення потужності дози  $\beta$ -випромінювання. Прилади для вимірювання потужності дози  $\beta$ - і  $\gamma$ -випромінювання мають вікно для попадання  $\beta$ -випромінювання на

the use of these methods a research object is exposed to rays by the certain rationed portions of radiation, watching appearance of new chemical forms.

The **scintillation** method of measuring consists in registration of flashes of light, that arise up in scintillator (sulfite of zinc, iodide of natrium) under an action IR, that by means of photoelectronic multiplier grow into an electric current. Anodic current of multiplier and speed of account are proportional to power of dose of radiation.

A **photographic** method is based on ability of molecules of bromide of silver, which is contained in photo emulsion, to disintegrate on constituents under the action of IB. Little crystals of silver, which appear here, cause of her blacking that is proportional to absorbed energy.

A **calorimetry** method is based on measuring of amount of warmth that is distinguished in a detector at absorption of energy of IR. All energy of radiation, which is taken in by a substance, as a result grows into warmth after a condition, that a substance is chemically inert to the radiation. Thus, the amount of the warmth is proportional to intensity of radiation.

A **neutron-activating** method is related to measuring of the activity resulted by neutrons, and sometimes is the only possible method of measuring of weak neutron-fluxes, when the ordinary methods of measuring do not give reliable results. Except that, this method is suitable at evaluation dose emergency situations, when a brief irradiation is by the large streams of neutrons.

In biological methods to dosimetria use ability of radiation to change biological objects. The size of dose is estimated after the level of lethality animals, amounts of chromosomal aberrations, to the fall hair and  $\tau$ . the Biological methods are other less exact and sensible comparatively with physical.

In calculation methods the dose of radiation is determined by mathematical calculations. It is an only possible method of determination of dose from incorporated radio nuclides.

The fundamental chart of any dosimetric and aerophare device is identical. She includes three obligatory blocks: detector device (detector), indicator and power (accumulators, batteries, elements, electric system and others like that) module.

Dosimeters intended for measuring of power of dose  $\beta$ - and  $\gamma$ - radiations usually calibrated on a source  $\gamma$ -radiation and some of them give a higher value to power of dose  $\beta$ -radiation. Devices for measuring of power of dose  $\beta$ - and  $\gamma$ - radiations have a window for the hit  $\beta$ -rays on a detector. Devices that have an



детектор. Прилади, які мають відкрите вікно, вимірюють  $\gamma$ - і  $\beta$ - випромінювання, з закритим вікном – тільки  $\gamma$ - випромінювання.

Дозиметри для вимірювання потужності дози  $\beta$ - і  $\gamma$ - випромінювання можна поділити на прилади, які реєструють дози у низькому або фоновому діапазоні, середньому і високому діапазонах.

Низький (фоновий) діапазон: 0.05мкЗв/год. -100мкЗв/год.

Середній діапазон: 10 мкЗв/год. - 10 мЗв/год.

Високий діапазон: 1мЗв/год. – 10 Зв/год.

Для виявлення радіоактивних речовин, вимірювання рівнів радіації на місцевості й радіоактивного забруднення об'єктів зовнішнього опромінення використовують прилади типу ДП-5, СРП-88-Н і т. ін. Сумарні експозиційні і поглинені дози опромінення вимірюються дозиметрами ДП-22В, ДП-24, ДП-23А, ІД-1, ІД-11 і т. ін.

**Експресні методи** радіаційного контролю використовують для отримання оперативної інформації щодо ступеню радіоактивного забруднення об'єктів навколишнього середовища.

Експрес-метод визначення питомої і об'ємної активності гамма-випромінюючих радіонуклідів у воді, продуктах харчування, продукції рослинництва та тваринництва ґрунтується на вимірюванні за допомогою приладу СРП- 68-01 потужності дози випромінювання від чисто вимитих і подрібнених проб масою 0,7 кг, які розміщені у літровій банці або посудині Марінеллі, і перерахунку її в одиниці активності (Бк/кг). Методику можна застосовувати при рівні радіоактивного забруднення  $2 \cdot 10^3$  -  $4 \cdot 10^4$  Бк/л (кг).

Експрес-метод визначення питомої і об'ємної активності  $\beta$ -випромінюючих радіонуклідів ґрунтується на вимірюванні швидкості зчитування частинок з “товстошарових” препаратів і наступному математичному розрахунку активності.

Для проведення вимірювань використовують радіометри КРК-1, РУБ-01П, “Бета”. Методика може бути застосована при вмісті радіоактивних речовин в пробах не менше 37Бк/кг. За малої концентрації радіонуклідів в пробах сумарну бета-активність проби визначають по зольному залишку. Щоб збільшити концентрацію радіонуклідів в пробах, їх спалюють та озолують. Золу розтирають в дрібний порошок і вимірювання здійснюють стаціонарним радіометром.

Для експресних вимірювань питомої активності цезію-137 використовують двоканальні радіометри РУБ-01 П6, РКГ-05, РУГ-91, спектрометр “Прогрес-спектр”, які дають змогу обчислювати внесок калію у сумарній активності проби, тобто в радіоактивному забрудненні довкілля загалом.

Застосування різноманітних методів радіаційного контролю дає змогу здійснювати виміри радіоактивності різних складових середовища, продукції тощо. Вибір методів залежить від мети радіаційного контролю.

open window measure  $\gamma$ - and  $\beta$ - radiation, with the closed window – only  $\gamma$ - radiation.

Dosimeters for measuring of power of dose  $\beta$ - and  $\gamma$ - radiation can be divided into devices that register doses in a subzero or base-line range, middle and high ranges.

Subzero (base-line) range:  $0.05\mu\text{Sv}/\text{hour} - 100\mu\text{Sv}/\text{hour}$ .

Midrange:  $10\mu\text{Sv}/\text{hour} - 10\text{mSv}/\text{hour}$ .

High range:  $1\text{mSv}/\text{hours} - 10\text{Sv}/\text{hour}$ .

For the exposure of radionuclides, measuring of levels of radiation on locality and radio contamination of objects of external irradiation use devices as ДП- 5, СРП-88-Н and  $\tau$ . the Total display and taken in doses of irradiation are measured other by the dosimeters of ДП-22В, ДП- 24, ДП-23А, ИД- 1, ИД- 11, etc.

**The express methods** of radiation control use for the receipt of operative information on the degree of radio-contamination of objects of environment.

Express-method of determination of specific and volume activity of gamma-emitting radionuclides in water, foodstuffs, products of plant-grower and stock-raising is base on measuring with the help of device of СРП- of a 68-01 power of dose of radiation from cleanly washed-up and ground up tests by mass 0,7kg, that is accommodated in a with a capacity of one the liter jar or vessel of Marinelly, and count of her in unit of activity (Bc/kg). Methodology can be applied at the level of radio-contamination  $2 \cdot 10^3 - 4 \cdot 10^4$  Bc/l (kg).

An express-method of determination of specific and volume activity  $\beta$  - radiating radio nuclides is based on measuring of speed of read-out of particles from " thick-layers " preparations and next mathematical calculation of activity.

For realization of measuring use the radiometers of КРК-1, РУБ-01П, "Beta". Methodology can be applied at content of radio nuclides in tests not less than 37 Bc/kg. In the case of the small concentration of radio nuclides in tests total beta-activity of test determine on ash residue. To increase the concentration of radionuclides in tests, they are burned and take an ash. An ash is ground in fine powder. The measuring is carried out by a stationary radiometer.

For the express measuring of specific activity of cesium- 137 use the dual-link radiometers of РУБ- 01 П6, РКГ- 05, РУГ- 91, spectrometer "Progress-spectrum", that give an opportunity to calculate payment of potassium in total activity of test, id est in the radio-contamination of environment on the whole.

Application of various methods of radiation control gives an opportunity to carry out measuring of radio-activity of different constituents of environment, products and others like that. The choice of methods depends on the aim of radiation control.

### 2.3 Індивідуальний моніторинг [7, 10]

Індивідуальний моніторинг є необхідним, коли існує імовірність, що отримана людиною доза перевищує норму, встановлену НРБУ. Згідно з Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97) та Основними санітарними правилами забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-2005) індивідуальний дозиметричний контроль (ІДК) є обов'язковим у наступних випадках (наводяться витяги з ОСПУ-2005):

ІДК у конкретних для кожного випадку обсягах є обов'язковим для осіб з числа персоналу (категорія А), у яких сумарна річна ефективна доза може досягати  $10 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$  (в нормальних або аварійних умовах). ІДК на АЕС є обов'язковим для всіх осіб, що відвідують зону строгого режиму (п. 14.4.10);

- ІДК зовнішнього локального та загального опромінення з використанням індивідуальних дозиметрів повинен проводитись для жінок дітородного віку (до 45 років), які належать до категорії А, незалежно від очікуваної дози опромінення (п. 14.4.12);
- в обов'язковому порядку ІДК повинен проводитись для всіх категорій медичного персоналу, діяльність якого пов'язана з використанням закритих і відкритих ДІВ (п. 14.4.14). Фактично, згідно з ОСПУ-2005, ІДК є обов'язковим для всього медичного персоналу категорії А.

У інших випадках ІДК не є обов'язковим, допускається здійснювати дозиметричний контроль персоналу через регулярний моніторинг радіаційно-гігієнічних параметрів на робочих місцях, у приміщеннях, на промайданчику тощо.

Прилади ІДК, які призначені або для використання в екстремальних ситуаціях у мирний час, або для особливого періоду воєнного часу зазвичай зберігаються та видаються населенню за місцем роботи або проживання службами цивільної оборони.

Прилади ІДК – це мініатюрні пристрої, за допомогою яких визначають отриману людиною персональну дозу в деякій конкретній ситуації або за деякий певний проміжок часу.

Усі прилади ІДК конструктивно можна поділити на ІДК безпосереднього виміру, в яких показання можна знімати зі шкали приладу, та прилади без шкали індикації («сліпі»), показання з яких знімають за допомогою спеціальних пристроїв, частіше в стаціонарних умовах. Це пов'язано з методом реєстрації, призначенням та конструкцією приладів.

## 2. 3 Personnel Monitoring [7, 10]

Personal monitoring is needed, when probably, that dose that is got by an individual will exceed a norm, set by NRSU.

According to Norms of radiation safety of Ukraine (NRSU - 97) and Basic sanitary rules of providing of radiation safety of Ukraine (BSRU - 2005) individual dosimetric control (IDC) is obligatory in next cases (self-controls over are brought from BSRU - 2005) :

- IDC in certain for every case volumes is obligatory for persons from a number a personnel (category of A), in that a total annual effective dose can arrive at  $10\text{mSv}\cdot\text{year}^{-1}$  (in normal or emergency terms). IDC on NPP is obligatory for all persons that visit the zone of the strict mode (p.14.4.10);
- IDC of external local and general irradiation with the use of individual dosimeters must be conducted for the women of genital age (45 to), that belong to the category A, regardless of the expected dose of irradiation (p.14.4.12);
- in the obligatory order of IDC must be conducted for all categories of medical personnel activity of that is constrained with the use of the closed and open SIR (p. 14.4.14). Actually, according to BSRU - 2005, IDC is obligatory for all medical personnel of category of A.

In another cases IDC is not obligatory and assumed to carry out dosimetric control of personnel through the regular monitoring of radiation-hygienical parameters on workplaces, in apartments, on industrial ground and others like that.

Devices of IDK, that is appointed or for the use at extreme situations in a peace-time, or for the special period of war-time usually kept and given out to the population at the place of work or residence of civil defensive services.

Devices of IDC are miniature devices by means of that determine the personal dose got a man in some certain situation or for some certain interval of time.

All devices of IDC structurally can be divided into those in that a testimony can be taken off from the scale of device directly (direct indexes), and without the scale of indication ("blind"), testimony from that take off on the special devices, more often in stationary terms. It is related to the method of registration, setting and construction of devices.

На сьогоднішній день використовуються три головні типи приладів дозиметричного контролю: кишенькові дозиметри, які працюють на базі іонізаційного методу реєстрації радіації, фотодозиметри і термолюмінесцентні дозиметри (ТЛД).

Кишенькові дозиметри - маленькі пристрої (розміром з ручку), які можна помістити в кишеню сорочки або лабораторного халату. В корпус дозиметра вмонтована інтегруюча іонізаційна камера і конденсатор, живлення яких здійснюється перед роботою від зарядного пристрою. При дії на заряджений дозиметр випромінювання в робочому об'ємі камери виникає іонізаційний струм, який зменшує початковий заряд конденсатора і камери, а відповідно і потенціал внутрішнього електроду дозиметра. Зменшення потенціалу, пропорційне дозі опромінення, вимірюється за допомогою електроскопа, з яким з'єднана рухома візирна платинова нитка. Відхилення нитки від нульової позначки є тим більшим, чим більша доза опромінення. У дозиметрах безпосереднього виміру доза вимірюється за допомогою відлікового мікроскопу, шкала якого проградуєвана у рентгенах. «Непрямі» дозиметри потребують додаткового облаштування для «зчитування» результатів виміру. Дозиметр носять у кишені одягу і періодично спостерігають за величиною дози опромінення, отриманої під час роботи.

Типовий прилад, що працює на основі фотографічного методу реєстрації іонізуючого випромінювання, складається з касети, корпус якої не пропускає світла, та запресованих з внутрішньої сторони корпусу фільтрів, які виключають деякі види випромінювань. Усередину касети закладають фотоплівку, яка є детектором дозиметра. За звичаєм використовують дві плівки, одна з яких є чутливою до рентгенівського або гама-випромінювання в енергетичному діапазоні від 16кеВ до 3Мев, друга - до бета-променів з енергією від 200кеВ до 1Мев. Радіоізотопи, що випромінюють бета-промені нижчих енергій (наприклад,  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{35}\text{S}$ ), не можуть бути виявлені за допомогою фотодетекторів.

Наявність фільтрів дає змогу за дією на плівку розрізнити радіаційне випромінювання за видами (бета, рентгенівське, гама, нейтрони) та енергіями. «Відкрите» вікно (тобто, відсутність фільтру) дозволяє усім видам випромінювання достатньої енергії проходити та засвічувати плівку. Пластиковий фільтр поглинає бета-електрони низьких енергій. Інші фільтри, такі, як мідний або свинцевий, поглинають високо енергетичні  $\beta$ -електрони та все інше, окрім гама-випромінювання високої енергії. Швидкі нейтрони взаємодіють з кадмієвим фільтром, викликаючи почорніння плівки. Повільні нейтрони взаємодіють з атомами нітрогену у желатиновому підложжі плівки з утворенням протонів, треки яких підраховуються. Чисельне значення еквівалентної дози визначається за ступенем щільності почорніння фотоплівки, що вимірюється за допомогою

Three major types of monitoring devices in use today are: pocket dosimeters that work on the base of ionization method of registration of radiation, the film badge, and the thermoluminescent dosimeter (TLD).

The Pocket dosimeters are small devices (about the size of a marking pen) one can carry in a shirt or lab coat pocket. An integrating ionization chamber and condenser are mounted in the corps of dosimeter, the feed of that comes before work from a charge device. When radiation passes through the sensitive volume of the dosimeter, there is an ionization current that diminishes the initial charge of condenser and chamber, and accordingly of potential of internal electrode of dosimeter. Reduction to potential, proportional to the dose irradiation is measured by means of electroscope with that a movable platinum filament is connected. Deviation of filament from a zero mark is the more than greater dose of irradiation. In the dosimeters of the direct measuring a dose is measured by means of counting out to the microscope the scale of that is calibrated in roentgens. "Indirect" dosimeters need additional arrangement for the "read-out" of measuring results. A dosimeter is carried in the pocket of clothing and periodically looks after on the size of the dose of irradiation, got during work.

A typical device that works on the basis of photographic method of registration of ionizing radiation consists of cassette, the corps of that does not skip light, and filters that eliminate some types of radiations placed on the inside of corps. Into a cassette mortgage a film that is the detector of dosimeter. Usually use two tapes, one of that is sensible to x-rayed or gamut-radiation in a power range from 16keV to 3MeV, second - to beta-rays with energy from 200keB to 1МеВ. Radioisotopes that radiate beta-rays of more subzero energies (for example, 3h, 14c, 35s) can not be educed by means of photo-detector.

The presence of filters gives an opportunity after operating on tape to distinguish a radiation after kinds (beta, x-rayed, gamut, neutrons) and energies. An "open" window (i.e., no filter) allows all radiations of sufficient energy to pass and expose the film. A plastic filter absorbs most low energy beta radiation. Other filters such as copper or lead absorb most high energy beta radiation and all but high energy gamma radiation. Fast neutrons interact with a cadmium filter to produce film blackening. Slow neutrons interact with the nitrogen atoms in the film's gelatin layer and the resulting proton tracks are counted. The numeral value of equivalent dose is determined after the degree of growing closeness of black of film, that is determined by photocell and given out on a pointer device that gives result in rem.

іонізаційного методу реєстрації випромінювання фотоелементу і видається на стрілочний прилад, який проградуєований у берах.

Термолюмінесцентні дозиметри (ТЛД) – сучасні прилади, які останнім часом йдуть на заміну фотоплівковим та іонізаційним дозиметрам. Вони представляють собою маленькі чипи, виготовлені з фтористого літію або фтористого кальцію і т. ін., які накопичують енергію під дією випромінювання за рахунок переходу атомів кристалу у збуджений стан і зберігають її до моменту вимірювання (термічного визволення енергії). При нагріванні чипа накопичена енергія вивільнюється у вигляді світла, світловий потік якого пропорційний отриманій дозі. Світловий потік, виділений детектором при термічній обробці, перетворюється фотоелектронним помножувачем в електричний струм, і далі за допомогою цифрового перетворювача у частоту імпульсів. Термолюмінесцентні дозиметри дозволяють проводити контроль у самому широкому діапазоні доз – від 5мкрад до  $(5-10) \cdot 10^3$  рад.

## **2.4 Радіаційно-гігієнічний моніторинг [11, 12]**

Радіаційно-гігієнічний моніторинг є однією з складових державного соціально-гігієнічного моніторингу, який представляє собою систему спостереження, аналізу, оцінки і прогнозу стану здоров'я населення та середовища життєдіяльності людини, а також виявлення причинно-наслідкових зв'язків між станом здоров'я населення та впливом на нього факторів середовища життєдіяльності людини. Після реорганізації санепідслужби створення та забезпечення функціонування ефективної національної системи моніторингу та оцінки у сфері громадського здоров'я покладається на державну установу «Центр громадського здоров'я Міністерства охорони здоров'я України».

Отже, радіаційно-гігієнічний моніторинг (РГМ) являє собою державну систему контролю за радіаційною складовою середовища життєдіяльності людини.

На початковому етапі основним завданням РГМ був моніторинг радіоактивності навколишнього середовища, пов'язаної з наслідками випробування ядерної зброї. Пізніше до цього приєднався моніторинг радіаційно небезпечних промислових об'єктів (АЕС, радіохімічні підприємства, уранові копальні та ін.), а також виробничого середовища на підприємствах, де використовувались джерела іонізуючого випромінювання (промисловість та медицина). Після Чорнобильської катастрофи серйозним завданням РГМ стало визначення доз опромінення різних контингентів населення, які постраждали внаслідок опромінення (учасники ліквідації наслідків аварії, евакуйоване населення, мешканці радіоактивно забруднених територій).

Thermoluminescent dosimeters (TLDs) are modern devices that lately go to replacement a photo to the pellicle and ionization dosimeters. They present by a small chip, made from fluorine lithium or fluorine calcium, etc., that accumulate energy under the action of radiation due to the transition of atoms to the crystal in the excited state and keep her to the moment of measuring (thermal liberation of energy). At heating of chip the accumulated energy frees oneself as light the light stream of that is proportional to the amount of radiation received. The light stream distinguished by a detector at heat treatment transforms a photoelectronic multiplier in an electric current, and farther by means of digital transformer in frequency of impulses.

Thermoluminescent dosimeters allow conducting control in the wide range of doses - from  $5\mu\text{rem}$  to  $(5-10) \cdot 10^3\text{rem}$ .

## **2.4 Radiation-hygienical monitoring [11, 12]**

The Radiation-hygienical monitoring is one of constituents of the state socialhygienical monitoring, that presents by system of supervision, analysis, estimation and prognosis of the state of health of population and environment of vital functions of man, and also exposure of causal connections between the state of health of population and influence on him of factors of environment of vital functions of man. After reorganization of sanitary-epidemic service creation and providing of functioning of the effective national system of monitoring and estimation in the field of a public health came to public institution "Center of public health of Ministry of health Ukraine"

Thus, the radiation-hygienical monitoring (RHM) is the state checking system after the radiation constituent of environment of vital functions of man.

On the initial stage to the basic tasks of RHM there was monitoring of the radio-activity of environment, related to the consequences of nuclear test. Later it was joined by monitoring radiation dangerous industrial objects (NPP, radio-chemistry enterprises, uranium mineries and other), and also productive environment on enterprises, where the sources of ionizing випромi' were used нювання (industry and medicine).

Determination of doses of irradiation of different contingents of population, that suffered as a result of irradiation (participants of liquidation of consequences of accident, evacuated population, habitants of radioactively muddy territories), became after the Chernobyl' catastrophe to the serious tasks of RHM.



Сучасний етапі розвитку РГМ, пов'язаний з необхідністю оцінки природної компоненти опромінення населення, оскільки вона є визначальною в загальній дозі опромінення людини.

Згідно з “Комплексною програмою здійснення державного санітарного нагляду в галузі радіаційної безпеки України” в об'єм РГМ входять:

- контроль гамма-фону території та в приміщеннях;
- дози опромінення персоналу та пацієнтів рентгенівських та радіологічних відділень лікувальних закладів,
- контроль рівнів радіоактивності харчових продуктів та питної води з подальшим розрахунком доз опромінення населення.

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

Протирадіаційний захист населення від *техногенно-підсиленних джерел природного походження* в побуті і на виробництві забезпечується введенням нормативів двох рівнів контролю:

- *рівень обов'язкових дій* – при попереджувальному радіаційному контролі;
- *рівень дій* – при поточному радіаційному контролі.

Для обох рівнів встановлені наступні радіаційні показники, які можна вимірювати:

- ефективна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах і мінеральній будівельній сировині;
- потужність поглиненої дози гамма-випромінювання в повітрі приміщень (з урахуванням природного радіаційного фону);
- середньорічна еквівалентна рівноважна об'ємна активність (ЕРОА) ізотопів радону в повітрі приміщень;
- питома радіоактивність природних радіонуклідів в питній воді;
- ефективна питома активність природних радіонуклідів у виробках з фарфору, фаянсу, скла і глини;
- ефективна питома активність природних радіонуклідів у мінеральних добривах, барвниках і глазури;
- ефективна питома активність природних радіонуклідів в картонажно-паперовій продукції.

Кількісні нормативи рівнів дії для техногенно-підсиленних джерел природного походження наведені в таблиці 2.1.

При перевищенні нормативів, які виявляються на стадії попереджувального радіаційного контролю, завжди доцільним є втручання, направлене на їх зниження.

Згідно з вимогами ОСПУ, доза опромінення персоналу, який працює з матеріалами, що мають підвищений вміст природних радіонуклідів, не повинна перевищувати 5 мЗв на рік.

Modern the stage of development of RHM, related to the necessity of estimation of natural component of irradiation of population, as it is the main in the general dose of irradiation of man. According to the "Complex program of realization of state sanitary supervision in industry of radiation safety of Ukraine" in the volume of RHM enter:

- control of background of gamut of territory and in apartments;
- doses of irradiation of personnel and patients of the x-rayed and radiological separations of curative establishments,
- control of levels of radio-activity of food products and drinking-water with the further calculation of doses of irradiation of population.

In recent year to the volume of control building materials and raw material were added,  $^{222}\text{Rn}$  in apartments, and also natural radio-activity of productive environment.

Against radiation protecting of population from technogenic-increase sources of natural origin in the way of life and on a production provided by introduction of norms of two levels of control :

- *a level of obligatory actions* - at preventive radiation control;
- *a level of actions* - at current radiation control.

For both levels next radiation indexes that can be measured are set:

- effective specific activity of natural радіонуклідів in building materials and mineral building raw material;
- power of absorbed dose of gamma-radiation in mid air of apartments (taking into account a natural radiation background);
- average annual equivalent equilibrium by volume activity (EEVA) of isotopes of radon in mid air apartments;
- specific radio-activity of natural radionuclides in a drinking-water;
- effective specific activity of natural radionuclides in wares from porcelain, glazed pottery, glass and clay;
- effective specific activity of natural radionuclides in mineral fertilizers, dyes and glaze;
- effective specific activity of natural радіонуклідів in cardboard - paper products.

The quantitative norms of levels of action for technogenic-increase sources of natural origin are driven to the table 2.1.

At exceeding of norms that appear on the stage of preventive radiation control, always expedient is the interference sent to their decline.

According to the requirements of BSRU, the dose of irradiation of personnel, that works with materials that have enhanceable maintenance of natural radionuclides, must not exceed 5 мЗв on a year.

Таблиця 2.1 Кількісні нормативи рівнів дії для техногенно- підсилених джерел природного походження

Перелік показників і нормовані параметри		Рівень проведення заходів	
		Рівень обов'язкових дій (попереджувальний контроль)	Рівень дій (поточний контроль)
ефективна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах і сировині (Бк·кг <sup>-1</sup> )	1 клас	< 370	-
	2 клас	370-740	-
	3 клас	740-1350	-
	4 клас	> 1350	-
потужність поглиненої дози гамма-випромінювання в повітрі приміщень (мкР·год <sup>-1</sup> )		30	50
середньорічна ЕРОА ізотопів радону в повітрі приміщень (Бк·м <sup>-3</sup> )		<sup>222</sup> Rn – 50 <sup>220</sup> Rn – 3	<sup>222</sup> Rn – 100 <sup>220</sup> Rn – 6
ефективна питома активність природних радіонуклідів в мінеральних добривах (Бк·кг <sup>-1</sup> )		1850	-
ефективна питома активність природних радіонуклідів у виробках з фарфору, фаянсу, скла і глини (Бк·кг <sup>-1</sup> )		-	370
ефективна питома активність природних радіонуклідів в мінеральних барвниках і глазурі (Бк·кг <sup>-1</sup> )		-	1400
активність природних радіонуклідів в питній воді (Бк·кг <sup>-1</sup> )		-	<sup>226</sup> Ra - 1,0 <sup>228</sup> Ra - 1,0 <sup>222</sup> Rn - 100,0 U (природна суміш) - 1,0
ефективна питома активність природних радіонуклідів в картонажно-паперовій продукції (Бк·кг <sup>-1</sup> )		-	сировина- 555; готова продукція - 370

На стадії поточного радіаційного контролю перевищення нормативів іноді вимагає втручання, направлено на інше техногенно-підсилене природне джерело з урахуванням сумарної дози опромінювання від всіх техногенно-підсилених джерел природного походження.

В НРБУ-97 нормуються допустимі рівні надходження радіонуклідів через органи дихання і допустимі концентрації в повітрі робочих приміщень для осіб категорії А і Б, а також допустимі рівні надходження радіонуклідів через органи травлення, концентрації в повітрі і воді для осіб категорії В. Розрахунки надходження радіонуклідів в організм здійснюються за формулами, наведеними в НРБУ-97. Тут же наводяться

Table 2.1 The Quantitative norms of levels of action for техногенно- of increase sources of natural origin

List of indexes and rationed parameters		Level of realization of events	
		Level of obligatory actions (preventive control)	Level of actions (current control)
effective specific activity of natural radionuclides is in building materials and raw material (Bc·kg <sup>-1</sup> )	1 клас	< 370	-
	2 клас	370-740	-
	3 клас	740-1350	-
	4 клас	> 1350	-
power of absorbed dose of gamma-radiation in mid air of apartments (μR·hour <sup>-1</sup> )		30	50
average annual EEVA of isotopes of radon in mid air apartments (Bc·m <sup>-3</sup> )		<sup>222</sup> Rn – 50 <sup>220</sup> Rn – 3	<sup>222</sup> Rn – 100 <sup>220</sup> Rn – 6
effective specific activity of natural radionuclides in mineral fertilizers (Bc·kg <sup>-1</sup> )		1850	-
effective specific activity of natural radionuclides in wares from porcelain, glazed pottery, glass and clay (Bc·kg <sup>-1</sup> )		-	370
- effective specific activity of natural radionuclides in mineral dyes and glaze (Bc·kg <sup>-1</sup> )		-	1400
activity of natural radionuclides in a drinking-water (Bc·kg <sup>-1</sup> )		-	<sup>226</sup> Ra - 1,0 <sup>228</sup> Ra - 1,0 <sup>222</sup> Rn - 100,0 U (природна суміш) - 1,0
effective specific activity of natural радіонуклідів in cardboard - paper products (Bc·kg <sup>-1</sup> )		-	сировина- 555; готова продукція - 370

On the stage of current radiation control of exceeding of norms sometimes requires the interference sent to other technogenic-increase natural source taking into account the total dose of irradiation from all technogenic-increase sources of natural origin.

In NRSU–97 the possible even receivableness of радіонуклідів are rationed through the organs of breathing and possible concentrations in mid air of working apartments for the persons of category A and B, and also possible even receivableness of radionuclides through the organs of digestion, concentration in mid air and to water for the persons of category of C. Calculations of receipt of радіонуклідів in an organism come true after the formulas driven in NRSU–97.

Тут же наводяться чисельні значення допустимих рівнів бета-забрудненості шкіри, засобів захисту і робочих поверхонь.

Після аварії на Чорнобильській АЕС виникла необхідність нормування вмісту радіонуклідів в харчових продуктах і воді. У зв'язку з цим Міністерством охорони здоров'я України своїми наказами затверджувало нормативи на ці показники. Останні «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді» затверджені наказом МОЗ України від 03.05.2006. № 256. Значення допустимих рівнів встановлено для більш ніж п'ятидесяти груп продуктів та води.

Чисельні величини допустимих рівнів встановлені виходячи з не перевищення ефективної річної дози внутрішнього опромінювання 1 мЗв при споживанні середньорічного раціону харчування дорослої людини (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 Значення допустимих рівнів вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в основних продуктах харчування та питній воді (Бк·кг<sup>-1</sup>, Бк·л<sup>-1</sup>)

№п/п	Найменування продукту	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
1.	Хліб, хлібопродукти	20	5
2.	Картопля	60	20
3.	Овочі	40	20
4.	Фрукти	70	10
5.	М'ясо і м'ясопродукти	200	20
6.	Риба свіжа та морожена	150	35
7.	Молоко та молокопродукти	100	20
8.	Яйця птиці	100	30
9.	Вода питна	2	2
10.	Алкогільні напої	50	30
11.	Безалкогольні напої	20	20
12.	Лікарські рослини	200	100
13.	Гриби свіжі	500	50
14.	Дитяче харчування	40	5

Для визначення відповідності харчових продуктів критеріям радіаційної безпеки використовується показник відповідності (В), значення якого розраховується за результатами вимірювання питомих активностей  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$ :

$$B = \frac{A_{\text{Cs}}}{\text{ДР}_{\text{Cs}}} + \frac{A_{\text{Sr}}}{\text{ДР}_{\text{Sr}}},$$

де  $A_{\text{Cs}}$ ,  $A_{\text{Sr}}$  - результати вимірювань питомих активностей  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в харчовому продукті;  $\text{ДР}_{\text{Cs}}$  і  $\text{ДР}_{\text{Sr}}$  - нормативи вмісту  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в харчовому продукті.

Харчовий продукт вважається придатним до використання, якщо Numeral values over of possible levels of  $\beta$ - muddiness of skin, facilities of defence and working surfaces are here brought.

After an accident on Chornobyl' NPP there was a necessity of setting of norms of content of radionuclides for food products and water. In this connection by Ministry of health of Ukraine asserted norms the orders on these indexes. Last "Possible levels of content of радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in foodstuffs and drinking-water" Ministry of health of Ukraine ratified by an order from 03.05.2006. № 256. The value of possible levels is set for more than fifty groups of products and water.

The numeral sizes of possible levels are set coming from not exceeding of effective annual dose of internal irradiation of  $1\text{mZy}$  at the consumption of average annual ration of feed of the grown man (table. 2.2).

Table 2.2 Value of possible levels of content of radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in basic foodstuffs and drinking-water ( $\text{Bc}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $\text{Bc}\cdot\text{l}^{-1}$ )

№	Name of product	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
1.	Bread	20	5
2.	Potato	60	20
3.	Vegetables	40	20
4.	Fruit	70	10
5.	Meat	200	20
6.	Fish - fresh and frozen	150	35
7.	Milk	100	20
8.	Egg of bird	100	30
9.	Drinkable water	2	2
10.	Alcoholic beverages	50	30
11.	Soft drinks	20	20
12.	Medical plants	200	100
13.	Mushrooms (fresh)	500	50
14.	Child's food	40	5

For determination of accordance of food products to the criteria of radiation safety the index of accordance (B), the value of that settles accounts on results measuring of specific activity  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$ :

$$B = \frac{A_{\text{Cs}}}{\text{ДР}_{\text{Cs}}} + \frac{A_{\text{Sr}}}{\text{ДР}_{\text{Sr}}},$$

where  $A_{\text{Cs}}$ ,  $A_{\text{Sr}}$  are results of measuring of specific activity  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in a food product;  $\text{ДР}_{\text{Cs}}$  and  $\text{ДР}_{\text{Sr}}$  are norms of content  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in a food product.

$B + 0,6\Delta B \leq 1,0$ , де  $\Delta B$  – абсолютна похибка визначення показника відповідності.

Після Чорнобильської катастрофи також були введені нормативи вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в продукції лісового господарства. Останні нормативи були затверджені наказом МОЗ України від 31.10.2005. № 573 «Про затвердження державного гігієнічного нормативу «Гігієнічний норматив питомої активності радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у деревині та продукції з деревини». При перевищенні встановлених нормативів виробу і сировина підлягають вилученню з подальшим похованням.

Радіаційно-гігієнічний моніторинг молока, картоплі та різних інших продуктів власних господарств та лісового господарства здійснюється обласними радіологічними підрозділами.

Перелік відібраних для дослідження харчових продуктів повинен відповідати раціону харчування населення даного регіону, що дає можливість розрахунку доз, які отримує населення за рахунок продуктів харчування. Інформація про кількість продуктів, що споживає населення, знаходиться в регіональних управліннях статистики, для дітей її можна отримати шляхом вивчення раціонів харчування в школах-інтернатах та дитячих дошкільних закладах.

Другим напрямком радіаційно-гігієнічного контролю доз внутрішнього опромінення населення є їх визначення за даними прямого вимірювання  $^{137}\text{Cs}$  в організмі людини. Контроль реалізується силами лабораторії лічильників випромінювання людини Державної установи «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України». Масові обстеження населення територій, що постраждали від аварії на ЧАЕС, з використанням спектрометрів випромінювання людини показали наявність населених пунктів з аномально високими рівнями опромінювання (вищими за  $1\text{мЗв/рік}$ ) у частини жителів, які не відповідають місцевій радіоекологічній обстановці. Дослідження показали, що регіонально-специфічними чинниками формування аномальних доз внутрішнього опромінення населення радіаційно забруднених територій є уживання доступніших груп продуктів із різних джерел надходження.

$B + 0,6\Delta B \leq 1,0$ , where  $\Delta B$  is an absolute error of determination of index of accordance.

After the Chernobyl' catastrophe also there were the entered norms of content  $^{137}\text{Cs}$  in the products of forestry. The last norms were Ministry of health of Ukraine ratified by an order from 31.10.2005. № 573 "About claim of state hygienical norm the "Hygienical norm of specific activity of радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in wood and products from wood".

At exceeding of the set norms wares and raw material are subject to the exception with a further burial place.

Radiation-hygienical monitoring of milk, potato and different other products of own economies and forestry comes true by regional radiological subdivisions.

The list of the food products selected for research must answer the ration of feed of population of this region, that gives an opportunity to the calculation of doses that is got by a population due to foodstuffs. Information about the amount of products, that consumes a population, is in the regional managements of statistics, for the children is possible to get it by the study of rations of feed in boarding-schools and child's preschool establishments.

The second direction of radiation-hygienical control of doses of internal irradiation of population is their determination from data of the direct measuring  $^{137}\text{Cs}$  in the organism of man. Control will be realized by forces of laboratory of meters of radiation of man of Public institution the "National scientific center of radiation medicine of the National academy of medical sciences of Ukraine". Mass surveys of population of territories that suffered from an accident on Chernobyl' NPP, with the use of spectrometers the radiations of man showed the presence of settlements with the anomalously high levels of irradiation (higher than  $1\text{mZv/year}$ ) in parts of habitants, that does not answer a local радіоекологічній situation. Researches showed that the regionally-specific factors of forming of anomalous doses of internal irradiation of population of radiation muddy territories are applications of more accessible groups of products from the different sources of receipt.



## 2.5 Оптимізація системи моніторингу [13]

Організація та оптимізація системи екологічного моніторингу напряму пов'язана з концепцією, яка покладена в його основу. На початку сімдесятих років в СРСР були розроблені дві альтернативні концепції екологічного моніторингу. В першій з них ( автор Ю.А.Ізраель), застосовувався натуралістичний, або природно-науковий підхід, спрямований на фіксацію антропогенних змін природного середовища. Основними блоками цієї системи є спостереження, оцінка та прогноз стану природного середовища. Згідно цієї концепції “Екологічний моніторинг ... включає спостереження, оцінку та прогноз антропогенних змін стану абіотичної складової біосфери (зокрема зміни рівнів забруднення природних середовищ), зворотної реакції екосистем на ці зміни і антропогенних змін в екосистемах, пов'язаних з впливом забруднень, сільськогосподарським користуванням земель, вирубуванням лісу, урбанізацією та ін.”[3]. Такі положення, як керування якістю довкілля і діяльністю людини не увійшли в концепцію, яка була прийнята Держкомгідрометом, відповідальним в той час за екологію. Ефективність такого, не націленого на керування, моніторингу є невисокою.

Автор другої концепції (І.П. Герасимов) під моніторингом розумів “систему спостереження, контролю і керування станом довкілля, яка здійснюється у різних масштабах і зокрема у глобальному” [5]. Притому, на думку автора, ця система повинна, в першу чергу, реалізуватися “... стосовно явищ, найбільш виявлених, за допомогою розробленої методики і стосовно найкерованіших процесів” [6]. Ним була запропонована триступенева ієрархія моніторингу: 1-й ступінь – біоекологічний (санітарно-гігієнічний) моніторинг; 2-й ступінь – геоєкологічний моніторинг (природно-господарський), який включає спостереження за станом природних екосистем і перетворенням їх у природно-технічні; 3-й ступінь – біосферний моніторинг (глобальний). Концепція керування моніторингу націлювала на виявлення і контроль екологічних небезпек, створення екологічного відповідного господарства, активну міжнародну співпрацю.

З зазначеної концепції випливають основні принципи регіонального екологічного моніторингу:

1. Принцип проблемної організації, який є протилежним до ідеї тотального моніторингу і знімає проблему нестачі інформації при надлишку даних. Програма дослідження і спостереження розгортається тільки під певну екологічну проблему та згортається при вирішенні цієї проблеми. Інтенсивність спостережень знижується, а за певними показниками вони припиняються. Регіональний моніторинг складається з пакета таких проблемно організованих програм.

## 2.5 Optimization of the monitoring system [13]

Organization and optimization of the system of the ecological monitoring are straight related to conception that is fixed in his basis. At the beginning of the seventies two alternative conceptions of the ecological monitoring were worked out in the USSR. In first from them (author U.A.Izrael) the naturally-scientific approach was used, the aim of which was fixing of anthropogenic changes of natural environment. The basic blocks of this system are a supervision, estimation and prognosis of the state of natural environment. According to this conception the "Ecological monitoring ... plugs a supervision, estimation and prognosis of anthropogenic changes of the state of no biotic component of biosphere (in particular changes of levels of contamination of natural environments), retroaction of ecosystems on these changes and anthropogenic changes in the ecosystems, related to influence of contaminations, agricultural use of earth, disafforestation, urbanization and so on" Such positions, as a quality management of environment and activity of man did not enter conception. Efficiency of such, monitoring, not aimed at a management, is not high.

The author of the second conception (I.P. Gerasymov) under monitoring understood the "system of supervision, control and management of environment the state, that comes true in different scales and in particular in global" [5]. Besides, in opinion of author, this system must, first of all, be realized ". in relation to the phenomena most educed, with the help of the worked out methodology and concerning in relation to processes that easily yield to the management". Then the three steps hierarchy of monitoring was offered to: the first degree is the bioenvironmental (sanitary- hygienic) monitoring; the second degree is the geocological monitoring (naturally-economic) that includes a supervision on the state natural ecosystems and converting of them into naturally-technical; the third degree is the biosphere monitoring (global). Conception of management of monitoring aimed at an exposure and control of ecological dangers, creation of ecological corresponding economy, active international cooperation.

From the marked conception basic principles of the regional ecological monitoring swim out :

1. Principle of problem organization, that is opposite to the idea of the total monitoring and takes off the problem of lack of information at surplus of data. The program of research and supervision is opened out only under a certain ecological problem and coagulates at the decision of this problem. Intensity of supervisions goes down, and on certain indexes they cease. The regional monitoring consists of package of such problem organized softwares.

2. Система регіонального екологічного моніторингу є відкритою для розвитку: проблемний принцип організації залишає можливість для постановки нових проблем і розгортання нових програм.
3. Пріоритет управління (організаційна ієрархія). Згідно цьому принципу в системі “керування - моніторинг – експертиза” головна роль належить керуванню. Саме в цьому блоці намічають цілі та проблеми, під які буде будуватися моніторинг, а моніторинг та експертиза є важливими блоками забезпечення. Екологічна експертиза необхідна і використовується як захід проти можливої професійної вузькості розв’язання проблеми.
4. Принцип цілісності полягає у нерозривності трьох блоків – «керування - моніторинг – експертиза».
5. Інформаційна відкритість. Всі результати екологічних досліджень і спостережень повинні бути доступні для керівників, підприємців, політиків та широкої громадськості. Закритість або недоступність екологічної інформації є джерелом соціальної напруженості, і тому реалізація принципу інформаційної відкритості є необхідною умовою ефективності моніторингу.
6. Оперативність екологічного моніторингу полягає не стільки у оперативності переробки і видавання інформації, скільки в оперативності прийняття рішень у критичних ситуаціях, чому може сприяти якість та глибина наданої керівнику інформації.

Реалізація зазначених принципів і є основою оптимізації системи моніторингу.

### **ПИТАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗНАТЬ**

1. Методи та послідовність етапів в системі радіоекологічного моніторингу.
2. Розподіл приладів виявлення і виміру іонізуючих випромінювань на групи в залежності від її призначення та фізико-хімічних явищ, покладених в основу вимірювання.
3. Індивідуальний дозиметричний контроль: умови обов’язкового проведення.
4. Типи приладів ІДК та фізичні явища, покладені в основу їх дії.
5. Радіаційно-гігієнічний моніторинг як складова державного соціально-гігієнічного моніторингу.
6. Завдання радіаційної гігієнічного моніторингу.
7. Рівні контролю РГМ при протирадіаційному захисті населення від техногенно-підсиленних джерел природного походження та показники, що контролюються.
8. Показник відповідності харчових продуктів критеріям радіаційної безпеки та спосіб його визначення.
9. Принципи регіонального екологічного моніторингу та його оптимізація.

2. The system of the regional ecological monitoring is open for development: problem principle of organization abandons possibility for raising of new problems and development of new programs.
3. Management (organizational hierarchy) priority. According to this principle in system “management – monitoring - examination” a leading role belongs to the management. Exactly in this block set aims and problems under that monitoring will be built, and monitoring and examination are the important blocks of providing. Ecological examination is needed and used as a west against the possible professional narrowity of decision of problem.
4. Principle of integrity consists in the unbreak of three blocks of a "management - monitoring - examination".
5. Informative openness. All results of ecological researches and supervisions must be accessible for leaders, businesspersons, politicians and wide public. The closed or inaccessibility of ecological information is the source of social tension, and that is why realization of principle of informative openness is the necessary condition of monitoring efficiency.
6. The operation ability of the ecological monitoring consists not so much in the operation ability of processing and edition of information, as in the operation ability of making decision in critical situations, why quality and depth of the information given to the leader can promote.

Realization of the marked principles and is basis of optimization of the monitoring system.

### **THE CONTROL QUESTIONS**

1. Methods and sequence of the stages in the system of the радіоекологічного monitoring.
2. Distribution of devices of exposure and measuring of ionizing radiations is on groups depending on her setting and physical and chemical phenomena fixed in basis of measuring.
3. Individual dosimetric control: terms of obligatory realization.
4. Types of devices of ІДК and physical phenomena fixed in basis of their action.
5. Radiation-hygienical monitoring as constituent of the state socialhygienical monitoring
6. Tasks of radiation hygienical monitoring.
7. Levels of control of RHM at the radiation protecting of population from technogenic-increase sources of natural origin and indexes that is controlled.
8. Index of accordance of food products to the criteria of radiation safety and method of it determination.
9. Principles of the regional ecological monitoring and his optimization.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Іванов Є.А. Радіоекологічні дослідження : Навч. посіб. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. 149 с.
2. Білецька Г.А. Моніторинг довкілля : дистанційний курс. Л.9. Електронний ресурс: [http://lubbook.org/book\\_571.html?act=show\\_book&book=571](http://lubbook.org/book_571.html?act=show_book&book=571)
3. Електронний ресурс: <https://menr.gov.ua/content/ekologichniy-monitoring-dovkillya.html>
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) ДГН 6.6.1.- 6.5.001 – 98. Київ: МЗУ, 1998. 135 с.
5. Електронний ресурс: <https://menr.gov.ua/content/ekologichniy-monitoring-dovkillya.html>
6. Електронний ресурс: <http://lc.od.ua/gromadyanam-fizichnim-ta-yuridichnim-osobam/informatsijnij-byulet/en/87-normativno-zakonodavcha-baza-z-pitan-radiatsijnoji-gigieni.html>
7. Батлук В.А. Радіаційна екологія : Навч. посіб. К: Знання, 2009. 309 с.
8. Кухлахмедов Ю.О., Корогодін В.І., Кольтовер В.К.. Основи радіоекології : Навч. посіб. К.: Вища шк., 2003. 319с.
9. Гудков І.М., Гайченко В.А., Каспаров В.О., Кутлахмедов Ю.О., Гудков Д.І., Лазарєв М.М. Радіоекологія : Навч. посіб. К.: 2010. 417с.
10. Авсеєнко В.Ф. Дозиметрические и радиометрические приборы и измерения. К: Урожай, 1990. 144 с.
11. ОСПУ – 2005. Електронний ресурс: [esopravo.org.ua/2011/07/15/ospu--2005/](http://esopravo.org.ua/2011/07/15/ospu--2005/)
12. Сомов М.М., Співак А.Я. Методичні вказівки до СРС з дисципліни «Радіаційний моніторинг». ОДЕКУ, 2014. 37с. (ел.версія)
13. Погребенник В., Мельник М., Бойчук М. Екологічний моніторинг: концепції, принципи, системи. // Вимірювальна техніка та метрологія. 2005. № 65. С. 164-171.

Навчальне електронне видання

Герасимов Олег Іванович  
Андріанова Ірина Сергіївна

## РАДІАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ

Конспект лекцій

*(англ. та укр. мовою)*

**Видавець і виготовлювач**

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016

тел./факс: (0482) 32-67-35

E-mail: [info@odeku.edu.ua](mailto:info@odeku.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 5242 від 08.11.2016