

РАДІОАКТИВНІСТЬ, ДОЗИ ОПРОМІНЕННЯ, РАДІАЦІЙНИЙ РИЗИК

У статті висвітлюється природна та штучна радіоактивність, одиниці їх вимірювання. Розкриваються такі поняття як радіоактивний розпад, стала розпаду, період напіврозпаду, дефект маси. Крім того розглядаються ряди природного радіоактивного розпаду елементів з наочним показом одного із них. Наведені одиниці вимірювання активності в твердому, рідкому, газоподібному середовищі та на поверхні різних предметів. Дана характеристика основним дозиметричним величинам вимірювання за допомогою яких оцінюється дія радіації на навколишнє природне середовище та людину з зазначенням одиниць їх вимірювання у різних середовищах. Описано такі поняття як коефіцієнт якості, коефіцієнт радіаційного ризику з приведенням їх кількісних показників.

Зазначено найбільш небезпечний шлях проникнення радіоактивних речовин до організму людини. Розглянуті засоби захисту органів дихання та послідовність виготовлення найпростіших із них.

Ключові слова: радіоактивність, радіоактивний розпад, стала розпаду, період напіврозпаду, дози опромінення.

Постановка задачі. У світлі останніх подій (анексія Криму, збройні конфлікти на сході і півдні нашої країни) особлива увага приділяється зброї масового ураження (ЗМУ), високоточній зброї (крилаті ракети) та іншим видам зброї, застосування якої, по важливих адміністративних центрах, об'єктах господарчої діяльності, атомної енергетики та іншим об'єктах, може призвести до створення складної радіаційної обстановки, яка, в свою чергу, може негативно вплинути не тільки на боєздатність військових формувань, формувань цивільного захисту, а й на цивільне населення в цілому, яке опиниться у зоні можливого ураження.

Слід зазначити, що розуміння освітянами, зокрема студентами, таких понять, як радіоактивність, доза опромінення, радіаційний ризик є невід'ємною складовою розуміння сучасного вчителя в контексті його знань та умінь щодо захисту себе та оточуючих.

Викладення основного матеріалу. Радіоактивний розпад – це внутрішньоядерне перетворення, що призводить до зміни числа протонів у ядрі. Він полягає у мимовільному перетворенні нестабільних ядер атомів у більш стабільні, супроводжується виділенням внутрішньоядерної енергії, радіоактивним випромінюванням, тобто випусканням у навколишнє середовище альфа, бета і гамма променів.

Характерною властивістю природної радіоактивності є інтенсивність, з якою відбувається розпад ядра [1-5].

Швидкість, з якою розпадаються радіоактивні елементи [2; 4; 5], досить різна. Вона характеризується так званою *сталю розпаду* – кількісна характеристика швидкості розпаду радіоактивних елементів, що показує, яка частина від загального числа атомів розпадається за 1 секунду. Чим більша стала розпаду, тим швидше розпадається елемент. Швидкість радіоактивного розпаду не залишається постійною під час розпаду. Дослідження даного процесу показали, що *кількість атомів радіоактивного елемента, які розпадаються в кожний момент часу пропорційна кількості атомів, яка є в наявності*. Можна сказати: завжди розпадається одна і та ж сама частка атомів, яка є в наявності. Звідси зрозуміло, якщо на протязі деякого часу розпалась половина наявного радіоактивного елемента, то в наступний, еквівалентний проміжок часу розпадеться половина залишку, тобто вдвоє менше, ніж в попередній і т.д.

Спостерігаючи, наприклад, за зміною кількості радону [2], встановили таку її залежність від часу: через 3,82 доби залишається половина початкової кількості, ще через 3,82 доби 1/4, потім 1/8 і т.д. Швидкість розпаду радону показана на (рис. 1), де на вісі абсцис відкладений час, а на вісі ординат – кількість радону.

Проміжок часу, на протязі якого розпадається половина початкової кількості радіоактивного елемента, називається *періодом напіврозпаду* [2, 4]. Дана величина характеризує тривалість життя елемента. Для різних радіоактивних елементів вона різна і коливається у широких межах. Наприклад, для вісмуту-214 період напіврозпаду 19,7 хвилин, а для радію-226 складає приблизно 1600 років.

Під час кожного такого розпаду завдяки *дефекту маси* виділяється велика кількість енергії. Звідси виходить залежність: чим менший період напіврозпаду радіоактивного елемента, тим він є більш *активним та небезпечним*, як для навколишнього середовища, так і для організму людини.

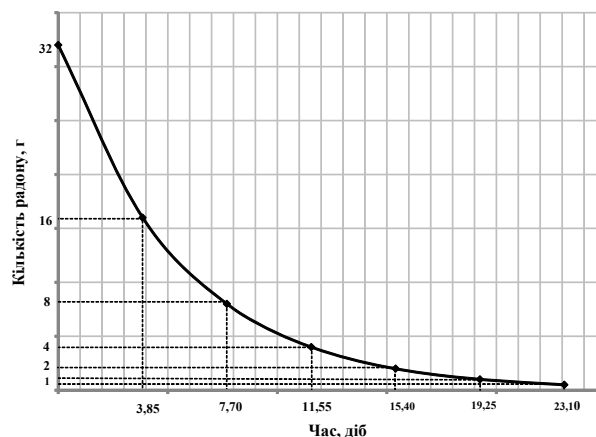


Рис. 1. Швидкість розпаду радону

Більшість нуклідів нестабільні, вони постійно перетворюються в інші нукліди. Наприклад, ядро атома урану-238 складається з 92 протонів і 146 нейтронів, які ледь утримуються разом силами притягання (ядерними силами), час від часу випускає компакту групу із чотирьох частинок: двох протонів і двох нейтронів (α -частинка). Уран-238 таким чином перетворюється в торій-234, в ядрі якого 90 протонів і 144 нейтрони. Однак, торій-234 також нестабільний. Його перетворення здійснюється не так як в попередньому випадку: один із його нейтронів перетворюється в протон, і торій-234 перетворюється в протактиній-234, в ядрі якого знаходиться 91 протон і 143 нейтрони. Нуклони, перетворюючись один в інший, одночасно «породжують» електрон або позитрон, у поєднанні з антинейтрино або нейтрино які вилітають назовні із ядра:

Нейтрон \rightarrow протон + електрон + антинейтрино

Протон \rightarrow нейтрон + позитрон + нейтрино

У подальшому протактиній за 1,17 хвилини перетворюється в уран-234. Згодом настають інші перетворення, що супроводжуються також випромінюваннями, і весь цей ряд закінчується стабільним нуклідом свинцю (рис. 2).

Підрахувавши періоди напіврозпаду усіх радіоактивних елементів, приведеного вище ряду, неважко підрахувати скільки часу потрібно для перетворення певної кількості урану у свинець. За часткою в уранових рудах свинцю можна визначити вік нашої планети.

Крім зазначеного вище ряду природного радіоактивного розпаду елементів існує ще два ряди, один з яких починається з торію (ат. маса 232), інший – з ізотопу урану (ат. маса 235). Усі три ряди отримали відповідні назви рядів розпаду урану, торію і актинію: перший і другий – за початковим членом ряду, а третій – за назвою елемента, який знаходиться у ряду актинію. Кінцевим елементом перетворень в усіх трьох рядах є стабільний свинець.

Увесь процес самовільного розпаду нестабільного нукліда називається радіоактивним розпадом, а сам такий нуклід – *радіонуклідом*.

Радіоактивність, яка існує в природних умовах ізотопів, називається *природною*, а радіоактивність ізотопів отримана штучно, шляхом різних ядерних реакцій – *штучною*.

Вид випромінювання	Нуклід	Період напіррозпаду
α	Уран - 238	4,47 млрд років
β	Торій - 234	24,1 доби
β	Протактиній - 234	1,7 хвилини
α	Уран - 234	245 000 років
α	Торій - 230	8 000 років
α	Радій - 226	1 600 років
α	Радон - 222	3,823 доби
α	Полоній - 218	3,05 хвилини
α	Свинець - 214	26,8 хвилини
β	Вісмут - 214	19,7 хвилини
β	Полоній - 214	0,000164 секунди
α	Свинець - 210	22,3 роки
β	Вісмут - 210	5,01 доби
β	Полоній - 210	138,4 доби
α	Свинець - 206	Стабільний

Рис. 2. Радіоактивний ряд розпаду ядер

Кількість радіоактивної речовини свідчить про її активність, тобто про кількість атомів, що розпадаються за 1 с.

За одиницю активності нукліда в радіоактивному джерелі використовують: несистемну одиницю – Кюрі (Ки), 1 Ки – це така кількість радіоактивної речовини, в якій відбувається 37 млрд. розпадів за секунду. В системі СІ одиницею активності прийнято – Беккерель (Бк), 1 Бк – це така кількість радіоактивної речовини, в якій проходить 1 розпад за 1 секунду. Співвідношення несистемної одиниці до одиниці СІ: 1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

За одиницю радіоактивності твердої речовини – *питому масову активність* – прийнята несистемна одиниця Кюрі на кілограм (Ки/кг), а в системі СІ – Беккерель на кілограм (Бк/кг).

За одиницю радіоактивності рідкого і газоподібного середовища – *питому об'ємну активність* – прийнята несистемна одиниця Кюрі на літр (Ки/л), а в системі СІ – Беккерель на літр (Бк/л).

За одиницю радіоактивності площі – *питому забрудненість площі* – Кюрі на квадратний кілометр (Ки/км²), а в системі СІ – Беккерель на квадратний кілометр (Бк/км²).

Різні радіоактивні ізотопи мають різну активність. Так, наприклад, активність в 1 Ки мають ізотопи з масами: радію-226 – 1 грам; урану-235 – 570 грам, плутонію-239 \approx 16 грам, кобальту-60 \approx 0,001 грама.

Природний радіоактивний розпад відбувається поступово, тому кількість атомної енергії, що виділяється за одиницю часу, відносно мала.

Основними дозиметричними величинами, за допомогою яких оцінюється дія радіації на навколишнє природне середовище та людину є *експозиційна, поглинута та еквівалентна дози опромінювання*.

Рентген – це така доза гамма-випромінювання, яка створює в 1 см³ сухого повітря за нормальних умов (температура 0°C і тиск 760 мм рт. ст.) $2,083 \cdot 10^9$ пар іонів. Дозі 1 Р відповідає поглинання в 1 г повітря 88 ерг енергії ($8,8 \cdot 10^{-3}$ Дж/кг), або 1 г біологічної тканини – 93 ерг ($9,3 \cdot 10^{-3}$ Дж/кг). На практиці використовують значно менші одиниці вимірювання: мілірентген (1 мР = 10^{-3} Р; 1 мкР = 10^{-6} Р). В системі СІ вимірюють в Кл/кг це така доза, яка створює в 1 кг сухого повітря іони, що несуть заряд 1 Кулон кожного знаку.

Поглинута доза – це кількість енергії будь-якого випромінювання (α , β , γ , p , n) поглинутої одиницею маси речовини.

Вимірюється несистемною одиницею СІ – рад (rad – radiation absorbet dose), 1 рад – це доза будь-якого виду випромінювання, за якої одним грамом маси речовини поглинається енергія у 100 ерг (1 рад = 100 ерг/г), в системі СІ одиницею Грей (Гр), 1 Грей – це така одиниця поглинутої

дозы, при якій 1 кг опроміненої речовини поглинає енергію 1 джоуль (Дж), 1 Гр = 1 Дж/кг.

Еквівалентна доза – поглинута доза, помножена на коефіцієнт якості, який відображає здатність визначеного виду опромінення ушкоджувати тканини організму.

Експозиційна доза визначається тільки для повітря при гамма-рентгенівському випромінюванні. Вимірюють несистемною одиницею – рентген (Р).

Для біологічної тканини визначає ступінь важкості променевого ураження. Одиниця вимірювання еквівалентної дози в системі СІ називається зіверт (Зв), позасистемна одиниця – бер (біологічний еквівалент рентгена), 1 бер – це енергія будь-якого виду випромінювання, поглинута одним грамом біологічної тканини, яка створює такий же біологічний ефект, як і доза рентгенівського або гамма-випромінювання в 1 рад. Співвідношення цих одиниць таке: 1 Зв = 100 бер або 1 бер = 0,01 Зв.

Еквівалентна доза обрховується за формулою:

$$D_{\text{екв}} = D_{\text{погл}} \cdot K_{\text{як}},$$

де $D_{\text{екв}}$ – еквівалентна доза випромінювання; $D_{\text{погл}}$ – поглинута доза (α , β , γ , p , n) випромінювань; $K_{\text{як}}$ – коефіцієнт якості для (α , β , γ , p , n) випромінювань.

Коефіцієнт якості випромінювання ($K_{\text{як}}$) – відношення поглинутої дози рентгенівського випромінювання до поглинутої дози будь-якого іншого типу випромінювання (α , β , γ , p , n), що викликає такий же самий біологічний ефект:

$$K_{\text{як}} = \frac{D_{\text{рентген}}}{D_{\text{погл}}},$$

де $D_{\text{рентген}}$ – поглинута доза рентгенівського випромінювання.

Коефіцієнт якості для різних типів випромінювань дорівнює:

- для гамма і бета-випромінювання – одиниці;
- для протонів і нейтронів – десяти;
- для альфа-випромінювання – двадцяти.

Ефективна еквівалентна доза – еквівалентна доза помножена на коефіцієнт радіаційного ризику ($K_{\text{рр}}$), який враховує різну чутливість різних тканин організму до опромінення. Вимірюється системною одиницею СІ – зіверт (Зв), або несистемною – бер.

За визначенням:

$$D_{\text{ефф.екв.}} = D_{\text{екв}} \cdot K_{\text{рр}},$$

де $D_{\text{ефф.екв.}}$ – ефективна еквівалентна доза випромінювання; $K_{\text{рр}}$ – коефіцієнт радіаційного ризику.

Оскільки різні тканини людського організму по-різному сприймають радіоактивне випромінювання, тобто мають стійкість до його впливу, то й радіоактивне випромінювання, в свою чергу, також має неоднаковий вплив на різні частини людського тіла і характеризується коефіцієнтом радіаційного ризику, який необхідно враховувати.

Коефіцієнт радіаційного ризику для різних тканин людського організму:

- червоний кістковий мозок – 0,12;
- кісткова тканина – 0,03;
- щитовидна залоза – 0,03;
- молочна залоза – 0,15;
- легені – 0,12;
- яєчники і сім'яники – 0,25;
- інші тканини – 0,3.

Одним із найбільш небезпечних шляхів проникнення в організм людини радіоактивних речовин є шлях через органи дихання. Це зумовлено багатьма чинниками, зокрема іонізаційною та проникною здатністю деяких видів випромінювання. Наприклад, альфа-частинки, які мають велику іонізаційну здатність іонізувати атоми біологічної тканини (коефіцієнт якості дорівнює 20), проникаючи безпосередньо через органи дихання до організму людини можуть викликати незворотні патологічні зміни у фізіологічний діяль-

ності клітин та призводити до виникнення променевої хвороби різного ступеню. Проте альфа-частинки при великій іонізаційній здатності мають малу проникаючу здатність і затримуються навіть звичайним листком паперу. Тому і зрозуміло, що є дуже важливим завданням, насамперед, захистити органи дихання від небезпечних речовин, які знаходяться у повітрі.

До засобів захисту органів дихання відносяться: ватно-марлева пов'язка, респіратор, протигази.

З усіх перерахованих засобів захисту органів дихання найбільш актуальною є ватно-марлева пов'язка. Це зумовлено насамперед простотою її виготовлення із підручних матеріалів.

Ватно-марлева пов'язка виготовляється із шматка марлі розміром 100х50 см і вати розмірами 30х20 см та товщиною 1-2 см. У зігнуто з двох довгих сторін марлю кладуть вату. Вільні кінці марлі розрізають з обох сторін на 30-35 см для зав'язування (рис. 3).

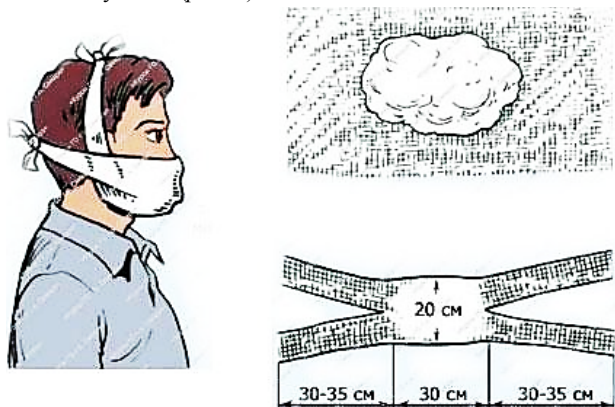


Рис. 3. Ватно-марлева пов'язка та спосіб одягання

Пов'язку накладають так, щоб вона закривала рот і ніс; верхні кінці зав'язують на затылку, а нижні на тімені. Не ущільнені місця, які утворилися між пов'язкою, ніздрями і щоками, необхідно закласти ватою. Для захисту очей необхідно використовувати захисні окуляри.

Висновок. Отже, викладений вище матеріал формує базові знання про радіоактивність, одиниці її вимірювання у різних середовищах, розкриває такі поняття як доза опромінення (експозиційна, поглинута, еквівалентна та ефективно еквівалентна), одиниці їх вимірювань. Приведені засоби захисту органів дихання та послідовність виготовлення найпростіших із них. Усе зазначене є корисним як для розширення теоретичних знань, так і для формування практичних умінь з питань виготовлення підручних засобів захисту.

Список використаних джерел:

1. Атаманюк В.Г. Гражданская оборона / В.Г. Атаманюк, Л.Г. Ширишев, Н.И. Екимов. – М., 1986. – 207 с.

2. Глинка Н.Л. Общая химия / Н.Л. Глинка. – М.: Госхимиздат, 1956. – 730 с.
3. Егоров П.Т. Гражданская оборона / П.Т. Егоров, И.А. Шляхов, Н.И. Алабин. – М.: Высшая школа, 1977. – 303 с.
4. Мельник О.В. Цивільний захист: навчальний посібник / О.В. Мельник. – Бровари: ТОВ «АНФ ГРУП», 2014. – С. 158-165.
5. Радиация. Дозы, эффекты, риск: пер. с англ. Ю.А. Банникова. – М.: Мир, 1988. – 79 с.: ил.

А. В. Мельник

Уманский государственный педагогический университет имени Павла Тычины

РАДИОАКТИВНОСТЬ, ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ, РАДИАЦИОННЫЙ РИСК

В статье рассматривается естественная и искусственная радиоактивность, единицы их измерения. Раскрываются такие понятия как радиоактивный распад, постоянная распада, период полураспада, дефект массы. Кроме того рассматриваются ряды естественного радиоактивного распада элементов с наочным приведением одного из них. Показаны единицы измерения активности в твердом, жидком, газообразном веществе и на поверхности различных предметов. Дана характеристика основным дозиметрическим величинам измерения с помощью которых оценивается действие радиации на окружающую среду и человека с указанием единиц их измерения в различных средах. Описаны такие понятия как коэффициент качества, коэффициент радиационного риска с приведением их количественных показателей.

Указан наиболее опасный путь проникновения радиоактивных веществ в организм человека. Рассмотрены средства защиты органов дыхания и последовательность изготовления простейших из них.

Ключевые слова: радиоактивность, радиоактивный распад, постоянная распада, период полураспада, дозы облучения.

O. V. Melnik

Pavlo Tychyina Uman State Pedagogical University

RADIATION, RADIATION DOSE, RADIATION RISK

The article deals with natural and artificial radioactivity, units of their measurement. Radioactive decay concepts reveals, half-life decay, mass defect. Also series of natural radioactive decay of elements consider with the visual display of one of them. units of measure activity in solid, liquid, gaseous environment presented and on the surface of different objects. The characteristic of the basic dosimetric quantity measurement with estimated effect of radiation on the environment and human specifying units of measurement in different environments. The concepts such as quality factor, the coefficient of radiation risk from bringing their quantitative indicators described.

Specified the most dangerous ways of penetration of radioactive substances to human body. Respiratory considered and the sequence of production the simplest of them.

Key words: radioactivity, radioactive decay, constant decay, half-life, the radiation dose.

Отримано: 6.05.2014