




# Лекція № 9

- **Радіобіологія організму людини і тварин.**
- **Радіочутливість тканин і органів організму людини і тварин.**
- **Гостра відповідь тканин.**
- **Радіаційний синдром і променева хвороба людини і тварин.**
- **Летальні дози для організму людини і тварин.**
- **Відновлення організму після дії іонізуючого опромінення.**
- **Біологічна дія радіоактивних ізотопів.**
- **Вплив іонізуючої радіації на ембріогенез.**

- **Радіобіологія організму людини і тварин.**
- **Радіочутливість тканин і органів організму людини і тварин.**

**Радіаційне ураження організму людини залежить від декількох головних факторів:**

- 1. Величини поглинутої дози випромінювання.**
  - 2. Розподілення поглинутої дози в об'ємі, що опромінюється, і у часі.**
  - 3. Радіочутливістю окремих тканин, органів і функціональних систем, головним чином критичних з точки зору виживання організму.**
- 

***Критичними органами*** є життєво важливі органи і фізіологічні системи, функції яких порушуються в першу чергу при певній дозі радіації, що призводить до незворотних змін і загибелі організму.

На органно-тканинному рівні має виконуватися ***правило Бергоньє-Трибондо***: радіочутливість тканини прямо пропорційна проліферативної активності та обернено пропорційна ступеню диференціювання складових її клітин.


***Критичними органами*** є життєво важливі органи і фізіологічні системи, функції яких порушуються в першу чергу при певній дозі радіації, що призводить до незворотних змін і загибелі організму.

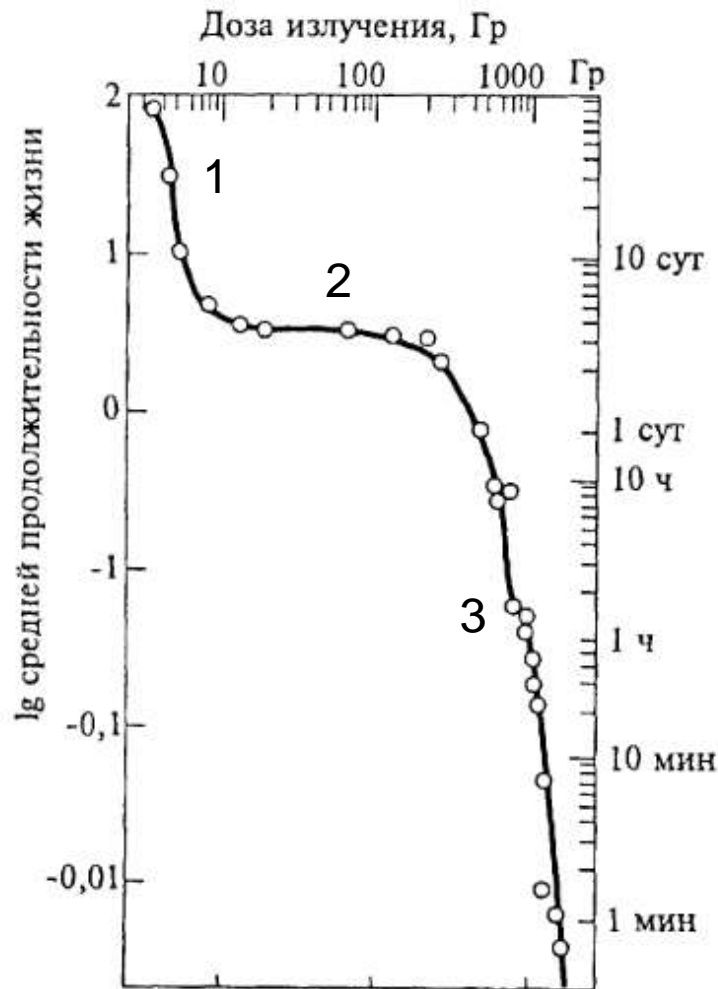
За радіочутливістю всі тканини розділяють на три групи:

***1 група*** - гонади , червоний кістковий мозок, епітелій кишечника.

***2 група*** – ендокринні залози, жирова тканина, печінка, нирки, селезінка, шлунково-кишковий тракт (за виключенням епітелію кишечника), легені , кришталики очей та інші органи і тканини, що не відносяться до 1-ї і 3-ї груп.

***3 група*** - м'язи, шкірний покрив, кісткова тканина, нервова система.





Розрізняють три види радіаційного синдрому:

1. кістково-мозковий (кровотворний);
2. шлунково-кишковий;
3. церебральний.

Рис. 12.1. Зависимость средней продолжительности жизни мышей после однократного рентгеновского облучения от дозы (в логарифмическом масштабе) (по Б. Раевскому, 1954)

- **Гостра відповідь тканин.**

## **Кровотворна система і кров**

**1. Кровотворна тканина є однією з найбільш швидко регенеруючих ( $\sim 5 \cdot 10^{11}$  клітин за добу) . Мітотичний індекс кістковомозкових клітин, здатних до поділу, становить 20-25%, що характеризує високу радіочутливість цієї тканини.**

**2. Функціональні та структурні зміни у кістковому мозку після впливу іонізуючого випромінювання з'являються рано і виражені дуже сильно. Показники кровотворення використовуються для розпізнавання і прогнозування ступеня тяжкості променевого ураження. За змінами у хромосомах перші ознаки ураження гемопоезу виявляються при впливі на кістковий мозок іонізуючих випромінювань в дозі близько 0,5 Гр.**

- **Гостра відповідь тканин.**

## **Кровотворна система і кров**

**Пострадіаційні зміни кісткового мозку характеризуються чотирма стадіями:**

**I стадія** – стадія раннього некробіозу кровотворних клітин (короткий період);

**II стадія** – стадія подальшого спустошення кісткового мозку (більш тривалий період);

**III стадія** – стадія короткого абортивного підйому мієлокаріоцитів (внаслідок активізації поділу клітин, які залишились);

**IV стадія** - системна регенерація кісткового мозку. Регенерація еритроїдної ланки починається раніше, ніж мієлоїдної.



**Відновлення гемопоезу до рівня, що забезпечує виживання організму, можливо при збереженні активності 1% стовбурових клітин.**

**Відновлення клітин у периферичній крові відбувається в певній послідовності: спочатку підвищується число ретикулоцитів, гранулоцитів і тромбоцитів, потім - еритроцитів і наприкінці лімфоцитів.**

- Гостра відповідь тканин.

## Шлунково-кишковий тракт

«Критичним» органом ШКТ в ранній реакції на опромінення є тонкий кишечник. Його радіаційне ураження пов'язано з пошкодженням епітелію, який характеризується високою мітотичною активністю (протягом доби в ньому утворюється  $\sim 5,6 \cdot 10^{10}$  клітин).

При сублетальними дозах порушується регенерація епітелію слизової оболонки внаслідок пригнічення мітотичної активності камбіальних клітин, розташованих в глибині крипт. Це призводить до порушення всмоктувальної, бар'єрної та інших функцій слизової оболонки і до диспепсичних розладів.

- **Гостра відповідь тканин.**

## **Нервова система**

**При радіаційних ураженнях нервової системи спостерігаються судинні зміни як один із проявів загального геморагічного синдрому: переповнення судин кров'ю, стази, спазми, плазморагії, точкові і великі крововиливи в мозок і оболонки.**

**Виражені морфологічні прояви радіаційного ураження клітин центральної нервової системи спостерігаються, як правило, тільки після впливу великих доз ~ 50 Гр (!) і вище.**

**Найбільш ранні зміни виявляються у синапсах у вигляді злипання синаптичних бульбашок в центральній частині пресинаптичних терміналей або в активній зоні.**

- **Гостра відповідь тканин.**

## **Нервова система**

**В момент опромінення формується первинна рефлекторна реакція нервової системи. Вона пов'язана з впливом на хеморецептори, що контролюють утворення в тканинах хімічно активних речовин, і спазмом мозкових судин.**

**Під впливом токсинів виникає потужна аферентна пульсація, що викликає відповідну реакцію ЦНС у вигляді нудоти, блювоти і адинамії.**

**Після закінчення дії на організм іонізуючих випромінювань припиняється утворення токсинів і створюються умови для нормалізації функцій нервової системи. У подальшому неврологічні розлади розвиваються у період розвитку променевої хвороби.**

- **Радіаційний синдром і променева хвороба людини і тварин.**


**Гостра променева хвороба** - полісиндромне захворювання, що розвивається після одноразового нетривалого впливу зовнішнього гамма-, нейтронного і рентгенівського опромінення в дозі, що перевищує 1 Гр, при умові рівномірного опромінення всього тіла.

Патогенез гострого променевого ураження складний і не однозначний. Тут інтегруються різні за своєю природою порушення. Прояви цих порушень і їх поєднання визначають клінічну картину гострої променевої хвороби, її тяжкість і кінцевий результат.


## **Головні патологічні механізми променевої хвороби:**

- 1 . первинний вплив іонізуючого випромінювання на клітини, тканини, органи;**
- 2. опосередкований вплив опромінення через нервову та ендокринну системи і зміна нейроендокринної регуляції.**
- 3. зміна обміну речовин;**
- 4. інтоксикація організму;**
- 5. порушення гемопоезу (гостра променева аплазія кісткового мозку і цитопенія в периферичній крові);**
- 6. функціональні та морфологічні порушення шлунково-кишкового тракту (гострий радіаційний стоматит, гастроентерит, зміна водного та електролітного балансу, радіаційний гепатит);**

## Головні синдроми променевої хвороби:

7. пригнічення імунологічної реактивності з розвитком інфекційних ускладнень;
  - 8 . порушення функцій серцево-судинної системи;
  9. порушення гемо- та ліквородинаміки з розвитком набряку головного мозку і прояв симптомів радіаційного енцефаломієлоза.
- 

## Головні патологічні механізми променевої хвороби:

1. Гематологічний синдром.
  2. Геморагічний синдром.
  3. Синдром інфекційних ускладнень.
  4. Синдром функціонального і органічного ураження центральної нервової системи.
  5. Синдром ендокринних порушень.
  6. Синдром ендогенної токсемії.
  7. Синдром кишкових розладів.
  8. Дистрофічний синдром.
- 



## Основні фази променевої хвороби:

1. Первинна реакція.
2. Скритий період.
3. Фаза розпалу.
4. Фаза відновлення.



- **Летальні дози для організму людини і тварин.**

**3 - 6 Гр**



- **Біологічна дія радіоактивних ізотопів**

**В кінетиці надходження в організм радіонуклідів можна виділити 4 етапи:**

**1) утворення на місці надходження первинного депо (шкіра, рани, слизові оболонки шлунково-кишкового тракту, верхніх дихальних шляхів);**

**2) всмоктування з місць надходження в кров або лімфу;**

**3) надходження в критичний орган (утворення вторинних депо);**

**4) виведення різними шляхами, в тому числі і з явищами рециркуляції.**

**Тривалість перерахованих етапів істотно розрізняється для різних радіонуклідів, їх сполук, шляхів надходження.**

# PERIODIC TABLE Atomic Properties of the Elements

**NIST**  
National Institute of Standards and Technology  
Technology Administration, U.S. Department of Commerce

**Frequently used fundamental physical constants**  
For the most accurate values of these and other constants, visit [physics.nist.gov/constants](http://physics.nist.gov/constants)  
1 second = 9 192 631 770 periods of radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of  $^{133}\text{Cs}$

|                          |               |  |
|--------------------------|---------------|--|
| speed of light in vacuum | $c$           | 299 792 458 m s <sup>-1</sup> (exact)                |
| Planck constant          | $h$           | 6.626 069 3 × 10 <sup>-34</sup> J s ( $h = h/2\pi$ ) |
| elementary charge        | $e$           | 1.602 176 634 × 10 <sup>-19</sup> C                  |
| electron mass            | $m_e$         | 9.109 383 56 × 10 <sup>-31</sup> kg                  |
|                          | $m_e c^2$     | 0.5110 MeV   |
| proton mass              | $m_p$         | 1.672 621 6 × 10 <sup>-27</sup> kg                   |
| fine-structure constant  | $\alpha$      | 1/137.036  |
| Rydberg constant         | $R_\infty$    | 10 973 732 m <sup>-1</sup>                           |
|                          | $R_\infty c$  | 3.289 842 × 10 <sup>15</sup> Hz                      |
|                          | $R_\infty hc$ | 13 605 7 eV  |
| Boltzmann constant       | $k$           | 1.380 7 × 10 <sup>-23</sup> J K <sup>-1</sup>        |

Solids  
 Liquids  
 Gases  
 Artificially Prepared

| Physics Laboratory<br><a href="http://physics.nist.gov">physics.nist.gov</a>            |   | Standard Reference Data Group<br><a href="http://www.nist.gov/srd">www.nist.gov/srd</a>          |  |  |   |   | 18<br>VIII A   |   |  |   |  |   |  |   |   |  |   |
|---|---|--|--|--|---|---|--|---|--|---|--|---|--|---|---|--|---|
| 13<br>IIIA  | 14<br>IVA   | 15<br>VA   | 16<br>VIA  | 17<br>VIIA   | 18<br>VIII A  |   |  |   |  |   |  |   |  |   |   |  |   |
| 5 $^2\text{P}_{1/2}$<br><b>B</b><br>Boron<br>10.811<br>$1s^2 2s^2 2p$<br>8.2980         | 6 $^2\text{P}_{3/2}$<br><b>C</b><br>Carbon<br>12.0107<br>$1s^2 2s^2 2p^2$<br>11.2603  | 7 $^2\text{S}_{1/2}$<br><b>N</b><br>Nitrogen<br>14.0067<br>$1s^2 2s^2 2p^3$<br>14.5341           | 8 $^3\text{P}_2$<br><b>O</b><br>Oxygen<br>15.9994<br>$1s^2 2s^2 2p^4$<br>13.6181           | 9 $^2\text{P}_{3/2}$<br><b>F</b><br>Fluorine<br>18.9984032<br>$1s^2 2s^2 2p^5$<br>17.4228  | 10 $^1\text{S}_0$<br><b>Ne</b><br>Neon<br>20.1797<br>$1s^2 2s^2 2p^6$<br>21.5645        |   |  |   |  |   |  |   |  |   |   |  |   |
| 13 $^2\text{P}_{1/2}$<br><b>Al</b><br>Aluminum<br>26.981538<br>$[\text{Ne}]3s^2 3p$     | 14 $^3\text{P}_0$<br><b>Si</b><br>Silicon<br>28.0855<br>$[\text{Ne}]3s^2 3p^2$        | 15 $^3\text{P}_1$<br><b>P</b><br>Phosphorus<br>30.973761<br>$[\text{Ne}]3s^2 3p^3$               | 16 $^3\text{P}_2$<br><b>S</b><br>Sulfur<br>32.065<br>$[\text{Ne}]3s^2 3p^4$                | 17 $^3\text{P}_2$<br><b>Cl</b><br>Chlorine<br>35.453<br>$[\text{Ne}]3s^2 3p^5$             | 18 $^1\text{S}_0$<br><b>Ar</b><br>Argon<br>39.948<br>$[\text{Ne}]3s^2 3p^6$             |   |  |   |  |   |  |   |  |   |   |  |   |
| 19 $^2\text{S}_{1/2}$<br><b>K</b><br>Potassium<br>39.0983<br>$[\text{Ar}]4s$            | 20 $^1\text{S}_0$<br><b>Ca</b><br>Calcium<br>40.078<br>$[\text{Ar}]3d^1 4s^2$         | 21 $^2\text{D}_{3/2}$<br><b>Sc</b><br>Scandium<br>44.955910<br>$[\text{Ar}]3d^1 4s^2$            | 22 $^2\text{F}_2$<br><b>Ti</b><br>Titanium<br>47.887<br>$[\text{Ar}]3d^2 4s^2$             | 23 $^2\text{F}_{5/2}$<br><b>V</b><br>Vanadium<br>50.9415<br>$[\text{Ar}]3d^3 4s^2$         | 24 $^3\text{F}_4$<br><b>Cr</b><br>Chromium<br>51.9961<br>$[\text{Ar}]3d^5 4s^1$         | 25 $^5\text{S}_0$<br><b>Mn</b><br>Manganese<br>54.938049<br>$[\text{Ar}]3d^5 4s^2$      | 26 $^5\text{D}_4$<br><b>Fe</b><br>Iron<br>55.845<br>$[\text{Ar}]3d^6 4s^2$                 | 27 $^5\text{F}_5$<br><b>Co</b><br>Cobalt<br>58.933200<br>$[\text{Ar}]3d^7 4s^2$             | 28 $^5\text{F}_4$<br><b>Ni</b><br>Nickel<br>58.9334<br>$[\text{Ar}]3d^8 4s^2$              | 29 $^3\text{F}_4$<br><b>Cu</b><br>Copper<br>63.546<br>$[\text{Ar}]3d^9 4s^1$              | 30 $^1\text{S}_0$<br><b>Zn</b><br>Zinc<br>65.409<br>$[\text{Ar}]3d^10 4s^2$                      | 31 $^2\text{P}_{1/2}$<br><b>Ga</b><br>Gallium<br>69.723<br>$[\text{Ar}]3d^10 4s^2 4p^1$     | 32 $^3\text{P}_0$<br><b>Ge</b><br>Germanium<br>72.64<br>$[\text{Ar}]3d^10 4s^2 4p^2$         | 33 $^3\text{P}_1$<br><b>As</b><br>Arsenic<br>74.92160<br>$[\text{Ar}]3d^10 4s^2 4p^3$     | 34 $^3\text{P}_2$<br><b>Se</b><br>Selenium<br>78.96<br>$[\text{Ar}]3d^10 4s^2 4p^4$       | 35 $^3\text{P}_2$<br><b>Br</b><br>Bromine<br>79.904<br>$[\text{Ar}]3d^10 4s^2 4p^5$    | 36 $^1\text{S}_0$<br><b>Kr</b><br>Krypton<br>83.798<br>$[\text{Ar}]3d^10 4s^2 4p^6$ |
| 37 $^2\text{S}_{1/2}$<br><b>Rb</b><br>Rubidium<br>85.4678<br>$[\text{Kr}]5s$            | 38 $^1\text{S}_0$<br><b>Sr</b><br>Strontium<br>87.62<br>$[\text{Kr}]4d^1 5s^2$        | 39 $^2\text{D}_{3/2}$<br><b>Y</b><br>Yttrium<br>88.90585<br>$[\text{Kr}]4d^1 5s^2$               | 40 $^2\text{F}_2$<br><b>Zr</b><br>Zirconium<br>91.224<br>$[\text{Kr}]4d^2 5s^2$            | 41 $^2\text{F}_{5/2}$<br><b>Nb</b><br>Niobium<br>92.90638<br>$[\text{Kr}]4d^4 5s^1$        | 42 $^3\text{F}_4$<br><b>Mo</b><br>Molybdenum<br>95.94<br>$[\text{Kr}]4d^5 5s^1$         | 43 $^5\text{S}_0$<br><b>Tc</b><br>Technetium<br>(98)<br>$[\text{Kr}]4d^5 5s^2$          | 44 $^3\text{F}_4$<br><b>Ru</b><br>Ruthenium<br>101.07<br>$[\text{Kr}]4d^7 5s^1$            | 45 $^5\text{F}_5$<br><b>Rh</b><br>Rhodium<br>102.90550<br>$[\text{Kr}]4d^8 5s^1$            | 46 $^5\text{D}_4$<br><b>Pd</b><br>Palladium<br>106.42<br>$[\text{Kr}]4d^10$                | 47 $^3\text{F}_4$<br><b>Ag</b><br>Silver<br>107.8682<br>$[\text{Kr}]4d^10 5s^1$           | 48 $^1\text{S}_0$<br><b>Cd</b><br>Cadmium<br>112.411<br>$[\text{Kr}]4d^10 5s^2$                  | 49 $^2\text{P}_{1/2}$<br><b>In</b><br>Indium<br>114.818<br>$[\text{Kr}]4d^10 5s^2 5p^1$     | 50 $^3\text{P}_0$<br><b>Sn</b><br>Tin<br>118.710<br>$[\text{Kr}]4d^10 5s^2 5p^2$             | 51 $^3\text{P}_1$<br><b>Sb</b><br>Antimony<br>121.760<br>$[\text{Kr}]4d^10 5s^2 5p^3$     | 52 $^3\text{P}_2$<br><b>Te</b><br>Tellurium<br>127.60<br>$[\text{Kr}]4d^10 5s^2 5p^4$     | 53 $^3\text{P}_2$<br><b>I</b><br>Iodine<br>126.90447<br>$[\text{Kr}]4d^10 5s^2 5p^5$   | 54 $^1\text{S}_0$<br><b>Xe</b><br>Xenon<br>131.293<br>$[\text{Kr}]4d^10 5s^2 5p^6$  |
| 55 $^2\text{S}_{1/2}$<br><b>Cs</b><br>Cesium<br>132.90545<br>$[\text{Xe}]6s$            | 56 $^1\text{S}_0$<br><b>Ba</b><br>Barium<br>137.327<br>$[\text{Xe}]5d^1 6s^2$         | 72 $^2\text{F}_2$<br><b>Hf</b><br>Hafnium<br>178.49<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^2 6s^2$              | 73 $^2\text{F}_{5/2}$<br><b>Ta</b><br>Tantalum<br>180.9479<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^3 6s^2$ | 74 $^2\text{D}_{3/2}$<br><b>W</b><br>Tungsten<br>183.84<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^4 6s^2$    | 75 $^3\text{F}_4$<br><b>Re</b><br>Rhenium<br>186.207<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^5 6s^2$    | 76 $^3\text{F}_4$<br><b>Os</b><br>Osmium<br>190.23<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^6 6s^2$      | 77 $^3\text{F}_4$<br><b>Ir</b><br>Iridium<br>192.217<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^7 6s^2$       | 78 $^3\text{F}_4$<br><b>Pt</b><br>Platinum<br>195.078<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^9 6s^1$       | 79 $^5\text{D}_4$<br><b>Au</b><br>Gold<br>196.96655<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^10 6s^1$       | 80 $^1\text{S}_0$<br><b>Hg</b><br>Mercury<br>200.59<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^10 6s^2$      | 81 $^2\text{P}_{1/2}$<br><b>Tl</b><br>Thallium<br>204.3833<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^10 6s^2 6p^1$ | 82 $^3\text{P}_0$<br><b>Pb</b><br>Lead<br>207.2<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^10 6s^2 6p^2$       | 83 $^3\text{P}_1$<br><b>Bi</b><br>Bismuth<br>208.98038<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^10 6s^2 6p^3$ | 84 $^3\text{P}_2$<br><b>Po</b><br>Polonium<br>(209)<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^10 6s^2 6p^4$ | 85 $^3\text{P}_2$<br><b>At</b><br>Astatine<br>(210)<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^10 6s^2 6p^5$ | 86 $^1\text{S}_0$<br><b>Rn</b><br>Radon<br>(222)<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^10 6s^2 6p^6$ |   |
| 87 $^2\text{S}_{1/2}$<br><b>Fr</b><br>Francium<br>(223)<br>$[\text{Rn}]7s$              | 88 $^1\text{S}_0$<br><b>Ra</b><br>Radium<br>(226)<br>$[\text{Rn}]7s^2$                | 104 $^2\text{F}_{7/2}$<br><b>Rf</b><br>Rutherfordium<br>(261)<br>$[\text{Rn}]5f^14 6s^2 7s^2$    | 105 $^2\text{F}_{7/2}$<br><b>Db</b><br>Dubnium<br>(262)<br>$[\text{Rn}]5f^14 6s^2 7s^2$    | 106 $^2\text{F}_{7/2}$<br><b>Sg</b><br>Seaborgium<br>(266)<br>$[\text{Rn}]5f^14 6s^2 7s^2$ | 107 $^2\text{F}_{7/2}$<br><b>Bh</b><br>Bohrium<br>(264)<br>$[\text{Rn}]5f^14 6s^2 7s^2$ | 108 $^2\text{F}_{7/2}$<br><b>Hs</b><br>Hassium<br>(277)<br>$[\text{Rn}]5f^14 6s^2 7s^2$ | 109 $^2\text{F}_{7/2}$<br><b>Mt</b><br>Meitnerium<br>(268)<br>$[\text{Rn}]5f^14 6s^2 7s^2$ | 110 $^2\text{F}_{7/2}$<br><b>Uun</b><br>Ununnilium<br>(261)<br>$[\text{Rn}]5f^14 6s^2 7s^2$ | 111 $^2\text{F}_{7/2}$<br><b>Uuu</b><br>Unununium<br>(272)<br>$[\text{Rn}]5f^14 6s^2 7s^2$ | 112 $^2\text{F}_{7/2}$<br><b>Uub</b><br>Ununbium<br>(285)<br>$[\text{Rn}]5f^14 6s^2 7s^2$ | 114 $^2\text{F}_{7/2}$<br><b>Uuq</b><br>Ununquadium<br>(289)<br>$[\text{Rn}]5f^14 6s^2 7s^2$     | 116 $^2\text{F}_{7/2}$<br><b>Uuh</b><br>Ununhexium<br>(292)<br>$[\text{Rn}]5f^14 6s^2 7s^2$ |  |   |   |  |   |
| 57 $^2\text{D}_{3/2}$<br><b>La</b><br>Lanthanum<br>138.9055<br>$[\text{Xe}]5d^1 6s^2$   | 58 $^1\text{G}_4$<br><b>Ce</b><br>Cerium<br>140.116<br>$[\text{Xe}]4f^1 5d^1 6s^2$    | 59 $^1\text{I}_{13/2}$<br><b>Pr</b><br>Praseodymium<br>140.90765<br>$[\text{Xe}]4f^3 6s^2$       | 60 $^1\text{I}_{11/2}$<br><b>Nd</b><br>Neodymium<br>144.24<br>$[\text{Xe}]4f^4 6s^2$       | 61 $^3\text{H}_{7/2}$<br><b>Pm</b><br>Promethium<br>(145)<br>$[\text{Xe}]4f^5 6s^2$        | 62 $^3\text{F}_4$<br><b>Sm</b><br>Samarium<br>150.36<br>$[\text{Xe}]4f^6 6s^2$          | 63 $^3\text{H}_{7/2}$<br><b>Eu</b><br>Europium<br>151.964<br>$[\text{Xe}]4f^7 6s^2$     | 64 $^3\text{D}_2$<br><b>Gd</b><br>Gadolinium<br>157.25<br>$[\text{Xe}]4f^7 5d^1 6s^2$      | 65 $^3\text{H}_{7/2}$<br><b>Tb</b><br>Terbium<br>158.92534<br>$[\text{Xe}]4f^9 6s^2$        | 66 $^3\text{I}_8$<br><b>Dy</b><br>Dysprosium<br>162.500<br>$[\text{Xe}]4f^10 6s^2$         | 67 $^3\text{I}_{11/2}$<br><b>Ho</b><br>Holmium<br>164.93032<br>$[\text{Xe}]4f^11 6s^2$    | 68 $^3\text{I}_8$<br><b>Er</b><br>Erbium<br>167.259<br>$[\text{Xe}]4f^12 6s^2$                   | 69 $^3\text{F}_2$<br><b>Tm</b><br>Thulium<br>168.93421<br>$[\text{Xe}]4f^13 6s^2$           | 70 $^1\text{S}_0$<br><b>Yb</b><br>Ytterbium<br>173.04<br>$[\text{Xe}]4f^14 6s^2$             | 71 $^2\text{D}_{3/2}$<br><b>Lu</b><br>Lutetium<br>174.967<br>$[\text{Xe}]4f^14 5d^1 6s^2$ |   |  |   |
| 89 $^2\text{D}_{3/2}$<br><b>Ac</b><br>Actinium<br>(227)<br>$[\text{Rn}]5f^14 6d^1 7s^2$ | 90 $^2\text{F}_2$<br><b>Th</b><br>Thorium<br>232.0381<br>$[\text{Rn}]5f^14 6d^2 7s^2$ | 91 $^3\text{K}_{11/2}$<br><b>Pa</b><br>Protactinium<br>231.03688<br>$[\text{Rn}]5f^14 6d^1 7s^2$ | 92 $^1\text{L}_6$<br><b>U</b><br>Uranium<br>238.02891<br>$[\text{Rn}]5f^3 6d^1 7s^2$       | 93 $^3\text{L}_{11/2}$<br><b>Np</b><br>Neptunium<br>(237)<br>$[\text{Rn}]5f^4 6d^1 7s^2$   | 94 $^3\text{F}_4$<br><b>Pu</b><br>Plutonium<br>(244)<br>$[\text{Rn}]5f^6 7s^2$          | 95 $^3\text{S}_{1/2}$<br><b>Am</b><br>Americium<br>(243)<br>$[\text{Rn}]5f^7 7s^2$      | 96 $^3\text{D}_2$<br><b>Cm</b><br>Curium<br>(247)<br>$[\text{Rn}]5f^7 6d^1 7s^2$           | 97 $^3\text{H}_{7/2}$<br><b>Bk</b><br>Berkelium<br>(247)<br>$[\text{Rn}]5f^7 7s^2$          | 98 $^3\text{I}_8$<br><b>Cf</b><br>Californium<br>(251)<br>$[\text{Rn}]5f^7 7s^2$           | 99 $^3\text{I}_{13/2}$<br><b>Es</b><br>Einsteinium<br>(252)<br>$[\text{Rn}]5f^7 7s^2$     | 100 $^3\text{H}_8$<br><b>Fm</b><br>Fermium<br>(257)<br>$[\text{Rn}]5f^7 7s^2$                    | 101 $^3\text{F}_2$<br><b>Md</b><br>Mendelevium<br>(258)<br>$[\text{Rn}]5f^7 7s^2$           | 102 $^1\text{S}_0$<br><b>No</b><br>Nobelium<br>(259)<br>$[\text{Rn}]5f^7 7s^2$               | 103 $^2\text{P}_{1/2}$<br><b>Lr</b><br>Lawrencium<br>(262)<br>$[\text{Rn}]5f^7 7s^2 7p^1$ |   |  |   |

Atomic Number  
 Symbol  
 Name  
 Atomic Weight  
 Ground-state Level  
 Ground-state Configuration  
 Ionization Energy (eV)

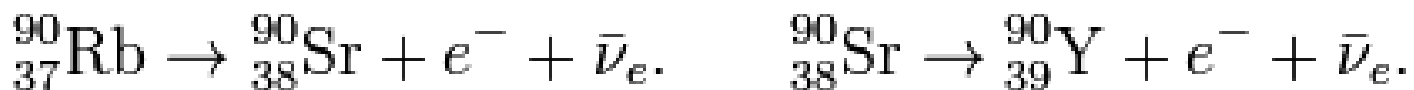
Lanthanides  
 Actinides

<sup>1</sup>Based upon  $^{12}\text{C}$ . () indicates the mass number of the most stable isotope.

For a description of the data, visit [physics.nist.gov/data](http://physics.nist.gov/data)

- **Цезій-137 ( $^{137}\text{Cs}$ )** є одним з головних компонентів радіоактивного забруднення біосфери.

Період напіврозпаду – 30.167 років.



Ітрій  ${}^{90}\text{Y}$  є також радіоактивним, має період напіврозпаду 64 години і в процесі  $\beta$ -розпаду з енергією 2,28 MeV перетворюється на стабільний цирконій  ${}^{90}\text{Zr}$ .

Іntenсивно сорбується в ґрунтах і донних відкладеннях.

У воді знаходиться переважно у вигляді іонів.

Коефіцієнт накопичення  ${}^{137}\text{Cs}$  найбільш високий у прісноводних водоростей і арктичних наземних рослин, особливо лишайників. Накопичується в грибах (маслюки, моховики, польський гриб та інші)

В організмі тварин  ${}^{137}\text{Cs}$  накопичується головним чином у м'язах і печінці .



- **Стронцій-90** - радіоактивний нуклід з періодом напіврозпаду 28.796 років.

Утворюється переважно при поділі ядер в ядерних реакторах і при вибухах ядерної зброї.

Стронцій є аналогом кальцію і здатний міцно фіксуватись в кістках. Тривале радіаційний вплив  $^{90}\text{Sr}$  і продуктів його розпаду вражає кісткову тканину і кістковий мозок, що призводить до розвитку променевої хвороби, пухлин кровотворної тканини і кісток.

Є найбільш небезпечним для дітей у зв'язку з його активним поглинанням кістками, що ростуть.



- **Йод-131 ( $^{131}\text{I}$ )** - радіоактивний нуклід хімічного елемента йоду з атомним номером 53 і масовим числом 131.

Період напіврозпаду становить близько 8 діб.

Йод-131 є продуктом розпаду урану, плутонію і торію, складаючи до 3% продуктів поділу ядер.

У зв'язку з бета-розпадом йод - 131 викликає мутації і загибель клітин, в які він проникає, і оточуючих тканин на глибину кількох міліметрів.

Йод-131 в значній кількості утворювався після ядерних випробувань, аварії в Чорнобилі, Фукусімі та на інших об'єктах.

Основне застосування знайшов в медицині і фармацевтиці для боротьби з раком щитовидної залози.

- **Вплив іонізуючої радіації на ембріогенез**

Дані про дію іонізуючих випромінювань на ембріогенез у людини отримані в результаті вивчення наслідків променевої терапії (при опроміненні області живота вагітних жінок) і досліджень дітей, які зазнали внутрішньоутробного опромінення в Хіросімі і Нагасакі, при аваріях на АЕС та на інших об'єктах .

Загальна закономірність - радіочутливість плоду тим вище, чи менше вік плоду.

Іонізуюча радіація надає *тератогенний ефект* - це виникнення вад розвитку внаслідок дії іонізуючого випромінювання *in utero*.

У дітей, що вижили шкідливу дію радіації проявляється у вигляді різних каліцтв, затримки фізичного та розумового розвитку або їх поєднань. Найбільш часті каліцтва - мікроцефалія, гідроцефалія, аномалії розвитку серця, імунної і ендокринної систем.



**Тератогенні ефекти спостерігаються навіть при малих дозах, починаючи приблизно з 0.1 Гр.**

**Період найбільшою радіочутливості ембріона людини сильно розтягнутий у часі. Він починається, ймовірно, з зачаття і закінчується приблизно через 38 днів після імплантації.**

**Протягом 38 днів розвитку у ембріона людини починають формуватися зачатки всіх органів з клітин первинних типів.**

**Інтенсивні перетворення у ембріона людини в період між 18-ю і 38-ю днями відбуваються в кожній з тканин.**

**Перехід будь-якої клітини з ембріонального стану в стан зрілості є найбільш радіочутливим періодом її формування та життя. Всі тканини в цей час є високо радіочутливими.**



**Опромінення на ранніх стадіях (до імплантації і на початку органогенезу), як правило, закінчується внутрішньоутробної загибеллю або загибеллю новонародженого.**

**Вплив іонізуючої радіації у період основного органогенезу викликає суттєві вади розвитку ембріону, а опромінення сформованого плоду призводить до розвитку променевої хвороби новонародженого.**

**Мозаїчність процесу диференціювання ембріона і пов'язане з цим процесом зміна числа найбільш радіочутливих клітин визначають ступінь радіочутливості тієї чи іншої системи або органу і ймовірність появи специфічної аномалії в кожен момент часу.**

**Фракціоноване опромінення плоду призводить до більш важких пошкоджень, так як вплив охоплює різноманітні типи зародкових клітин у різний час, що викликає пошкодження великої кількості зачатків органів, що знаходяться в критичних стадіях розвитку. У цей період максимальне ураження може бути спровоковано дуже малими дозами іонізуючого випромінювання.**

**Для отримання аномалій в більш пізній період ембріонального розвитку потрібно вплив великих доз.**

**Приблизно через 40 діб після зачаття суттєві вади ембріонального розвитку викликати важко, а після народження - неможливо.**

**Але, окремі зародкові клітини, здатні акумулювати дію випромінювання.**

**Найбільший ризик розвитку розумових розладів спостерігається при опроміненні плоду в період від 8 до 15 тижнів після запліднення.**



## **Експериментальні дані на савцях**

**Деякі наслідки опромінення плоду ссавців ( по: Ярмоненко , 1988 )**

**1.Загибель плоду або новонароджених.**

**2.Ураження нервової системи:**

**-відсутність (анцефалія) і/або зменшення розмірів головного мозку (мікроцефалія) і черепно-мозкових нервів;**

**-відсталість у розвитку нервової системи (ідіотія у людини);**

**-захворювання мозку (нейробластома, водянка)**

**3.Ураженні органів зору: відсутність одного або обох очей (анофтальмія); недорозвинення очей (мікрофтальмія); поразка (аж до відсутності) кришталіка; деформація райдужної оболонки; ураження (аж до відсутності) сітківки; вроджена глаукома та інші.**

## Експериментальні дані на савцях

Порушення росту і форми тіла:

- карликовість;
- затримка росту і зниження маси тіла;
- зміна форми черепа;
- воронкообразная груди;
- вроджений вивих стегна;
- деформація і атрофія кінцівок;

Порушення у розвитку зубної системи.

Порушення у розвитку внутрішніх органів (серця, нирок, яєчників, сім'яників та ін.)

Підвищена ймовірність розвитку лейкемії (раку крові) у подальшому житті.

A silhouette of a person standing with arms slightly away from their body, centered against a dark background. Multiple bright green laser beams radiate outwards from behind the person, creating a starburst effect. The beams are sharp and vibrant, contrasting with the dark surroundings.

**Дякую за увагу**