

Лекція 9

Тема. Радіоактивність зовнішнього середовища. Вплив йонізуючого випромінювання на організм людини.

Мета. Ознайомити студентів з принципами радіоекології, нормами радіаційної безпеки, що діють в Україні; розглянути вплив йонізуючого випромінювання на організм людини, а також симптоматику гострої та хронічної променевої хвороби.

Вступ.

Зародження радіоекології пов'язане з роботами В.І. Вернадського, який першим помітив вплив радіоактивності на біосферу. Адже всі живі організми знаходяться під постійним впливом космічного випромінювання і випромінювання радіонуклідів у атмосфері, воді, ґрунті, продуктах харчування, будматеріалах та самих організмах.

Як зазначалось вище, радіоактивне випромінювання в дозах, що перевищують гранично допустимі, шкідливо діє на організми людей. У зв'язку з цим, у разі використання радіометричних методів аналізу необхідно точно виконувати правила техніки безпеки роботи з радіоактивними речовинами.

План.

1. Радіоекологія.
2. Радіоактивний захист і радіопротектори.
3. Вплив йонізуючого випромінювання на організм людини. Фізико-хімічні і біохімічні порушення.
4. Гостра та хронічна променева хвороба.

Зміст лекції

1. Радіоекологія.

Радіоекологія досліджує вплив йонізуючого випромінювання навколишнього середовища на біосферу, тобто на людину, тварин і рослини.

В Україні діють норми радіаційної безпеки НРБУ-97.

Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) охоплюють систему принципів, критеріїв, нормативів та правил, виконання яких є обов'язковою нормою у політиці держави щодо забезпечення протирадіаційного захисту людини та радіаційної безпеки. НРБУ-97 розроблені відповідно до основних положень Конституції та Законів України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», «Про поводження з радіоактивними відходами». Метою НРБУ-97 є визначення основних вимог до:

- охорони здоров'я людини від можливої шкоди, що пов'язана з опроміненням від джерел йонізуючого випромінювання;
 - безпечної експлуатації джерел йонізуючого випромінювання;
 - охорони навколишнього середовища.
- У НРБУ-97 введені наступні сучасні концептуальні положення:
- концепція ефективної дози;

- нова система обґрунтування допустимих рівнів з використанням дозиметричних моделей з залежними від віку параметрами (в тому числі вагітних жінок);
- дві категорії осіб, які зазнають опромінення (персонал та населення);
- система чотирьох груп радіаційно-гігієнічних регламентів:
 - 1) регламенти щодо обмеження опромінення за умов нормальної практичної діяльності. До цієї групи входять: ліміти доз; похідні рівні:
 - допустимі рівні;
 - контрольні рівні;
 - 2) регламентування аварійного опромінення населення. До цієї групи входять:
 - рівні втручання;
 - рівні дії;
 - 3) регламентування опромінення від техногенно підсилених джерел природного походження. До цієї групи входять:
 - рівні втручання;
 - рівні дії;
 - 4) основи обмеження медичного опромінення (рекомендовані рівні).

2. Радіоактивний захист і радіопротектори.

Нині у зв'язку з розвитком промисловості й наростанням процесів урбанізації створюються умови надходження в організм людини одночасно кількох шкідливих хімічних речовин. У зв'язку з цим з'явилося таке поняття, як комбінована дія хімічних речовин на організм.

Можливі три основних типи комбінованої дії хімічних речовин:

- синергізм, коли одна речовина посилює дію іншої;
- антагонізм, коли одна речовина послабляє дію іншої;
- сумація, чи адитивна дія, коли дія речовин у комбінації сумується.

Токсикологічні дослідження свідчать, що переважно промислові отрути в комбінації діють за типом сумації, тобто дія їх інтегрується. Це важливо враховувати під час оцінювання якості повітряного середовища.

Важливим показником, який визначає кількісні межі для безпеки життєдіяльності є **гранично допустимі дози випромінювання (ГДД)** – доза, систематичне опромінення якою протягом багатьох років не повинно викликати у людини незворотні зміни в організмі протягом всього його життя. У наш час встановлена гранично допустима доза опромінення 0,1 бер на тиждень, 0,017 бер на день і 5 бер на рік.

Для оцінки впливу йонізуючого випромінювання на живі організми прийнято використовувати поняття **поглиненої дози йонізуючого випромінювання**.

У живій тканині однакові кількості енергії різних видів випромінювання спричиняють різну біологічну дію, тому вводиться поняття фізичного еквіваленту рентгена та біологічного еквіваленту рентгена.

Фізичний еквівалент рентгена (фер) – доза, за якої енергія, поглинута 1 г будь-якої речовини, рівна витраті енергії на йонізацію, що створюється дозою 1 Р в 1 г повітря. На даний момент ця одиниця більше не використовується.

Біологічний еквівалент рентгена (бер) – кількість енергії будь-якого випромінювання поглинута біологічною тканиною, дія якої еквівалентна 1 Р.

Добре відомі відмінності в біологічному ефекті різних видів (гамма-, бета- і альфа-) йонізуючого випромінювання. Для оцінки цих відмінностей уведене поняття **відносної біологічної ефективності (ВБЕ)** цих видів випромінювання.

$$\text{ВБЕ} = D_r/D_x, \quad (9.1)$$

де D_r – поглинена доза X- чи γ -випромінювання, що спричинила будь-який ефект;

D_x – поглинена доза будь-якого іншого виду випромінювання, що спричинила такий самий ефект.

Прийнято вважати, що ВБЕ різних видів йонізуючого випромінювання варіює від 1 до 20 умовних одиниць.

НРБУ-97 встановлюють такі категорії осіб, які зазнають опромінення:

Категорія А (персонал) – особи, які постійно чи тимчасово працюють безпосередньо з джерелами йонізуючого випромінювання.

Категорія Б (персонал) – особи, які безпосередньо не зайняті роботою з джерелами йонізуючого випромінювання, але у зв'язку з розташуванням робочих місць можуть отримувати додаткове опромінення.

Категорія В – все населення. Ліміти доз опромінення не повинні перевищувати природний фон.

Сумарна доза становить $D_c = 5(N - 18)$, де N – вік працюючого, роки.

У зв'язку з тим, що опромінення може здійснюватися не тільки зовнішніми джерелами, а й внутрішніми, вводять поняття норми **гранично допустимих концентрацій (ГДК)** радіоактивних ізотопів у повітрі робочих приміщень і воді.

За спадаючим ступенем радіотоксичності радіоактивні ізотопи поділяються на 4 групи гранично допустимих концентрацій:

А – особливо-небезпечні ^{210}Po , ^{239}Pu , ^{252}Cf , ^{90}Sr , ^{226}Ra (ГДК не більше 10^{-13} Кі/л)

Б – високо-токсичні ^{89}Sr , ^{106}Ru , ^{131}I , ^{235}U , ^{238}U , ^{144}Ce , ^{60}Co , ^{22}Na , ^{45}Ca , ^{110}Ag , ^{137}Cs , ^{210}Pb (ГДК від 10^{-13} до 10^{-11} Кі/л)

В – середньо-токсичні ^{45}Ca , ^{95}Zr , ^{140}La , ^{32}P , ^{24}Na , ^{35}S , ^{36}Cl , ^{42}K , ^{56}Mn , ^{55}Fe , ^{59}Fe , ^{69}Zn , ^{76}As , ^{82}Br , ^{124}Sb , ^{125}Sb , ^{140}Ba (ГДК від 10^{-11} до 10^{-9} Кі/л)

Г – мало-токсичні ^{14}C , ^3H , ^{135}Xe , ^{203}Pb (ГДК від 10^{-9} Кі/л)

Радіоактивний захист – це комплекс заходів, які запобігають шкідливому впливу йонізуючого випромінювання на організм людини, її потомство і людство в цілому.

Існують наступні основні способи захисту від йонізуючого випромінювання:

- захист часом;
- захист відстанню;
- захист кількістю;
- технічний захист;
- психологічний захист;
- хімічний захист.

Хімічний захист – це введення в організм людини перед опроміненням деяких хімічних сполук – **радіопротекторів**, які послаблюють біологічну дію радіоактивного випромінювання і сприяють прискоренню виведення радіоактивних речовин, що проникають усередину організму. ФЗД (**фактор зменшення дози**) – коефіцієнт, який показує в скільки разів зменшуються біологічні ефекти опромінення ($\text{ФЗД} \leq 3$).

Найефективніші радіопротектори – меркаптоаміни, індолілалкіламіни, синтетичні полімери, полінуклеотиди, мукополісахариди, ціаніди, нітрили тощо. Ще ефективнішими є суміші з декількох радіопротекторів.

3. Вплив іонізуючого випромінювання на організм людини. Фізико-хімічні і біохімічні порушення.

Властивості йонізуючого випромінювання:

- 1) Висока енергія випромінювання.
- 2) Проникаюча здатність – це здатність проникати через різні, в т.ч. і світлонепроникні середовища.
- 3) Йонізуюча здатність – це здатність променів йонізувати середовище, через яке вони проходять.
- 4) Фотохімічна властивість – це здатність променів відновлювати срібло з його галоїдних сполук.
- 5) Люмінесцентна дія – це здатність променів викликати свічення люмінофорів.
- 6) Теплова дія – здатність променів викликати утворення тепла в середовищах, через яке вони проходять.
- 7) Біологічна дія – це здатність променів викликати фізіологічні, соматичні та генетичні зміни в живих організмах.

Йонізуюче випромінювання не сприймається органами чуття. Воно не видиме, не має запаху і смаку, тому в момент опромінення організм не відчуває дії радіації.

Загальною властивістю різних видів йонізуючого випромінювання є здатність проникати в середовище і спричиняти йонізацію речовин. Таку здатність має електромагнітне проміння високої енергії (X- і γ -випромінювання), а також α - і β -частинки. Розрізняють **зовнішнє опромінення**, коли джерело міститься поза організмом, і **внутрішнє** – у разі потрапляння радіоактивних речовин всередину організму. Останній вид опромінення вважається найбільш небезпечним. Можливе також **комбіноване опромінення**. Характер і ступінь радіаційного ураження залежать від дози опромінення. Однак пряма залежність існує лише для великих і середніх доз. Закономірності дії малих доз випромінювання дещо інші.

Необхідно відзначити деякі особливості дії йонізуючого випромінювання на організм людини:

- органи чуття не реагують на випромінювання;
- малі дози випромінювання можуть підсумовуватися і накопичуватися в організмі (кумулятивний ефект);
- випромінювання діє не тільки на даний живий організм, але і на його спадкоємців (генетичний ефект);

- різні органи організму мають різну чутливість до випромінювання.

Найсильнішого впливу зазнають клітини червоного кісткового мозку, щитовидна залоза, легені, внутрішні органи, тобто органи, клітини яких мають високий рівень поділу. За однієї і тієї ж дози випромінювання у дітей вражається більше клітин, ніж у дорослих, тому що в дитячому організмі всі клітини перебувають у стадії поділу.

Небезпека різних радіоактивних елементів для людини визначається спроможністю організму їх поглинати і накопичувати.

Радіоактивні ізотопи надходять всередину організму з пилом, повітрям, їжею або водою і поводять себе по-різному: деякі ізотопи розподіляються рівномірно в організмі людини (Тритій, Карбон, Ферум, Полоній), деякі накопичуються в кістках, інші залишаються в м'язах, накопичуються в щитовидній залозі, у печінці, нирках, селезінці тощо.

Ефекти, викликані дією йонізуючих випромінювань (радіації), систематизуються за видами ушкоджень і часом прояву. **За видами ушкоджень** їх поділяють на три групи: соматичні, соматико-стохастичні (випадкові, ймовірні), генетичні. **За часом прояву** виділяють дві групи – ранні (або гострі) і пізні.

Ранні ураження бувають тільки соматичними. Це призводить до смерті або променевої хвороби. Постачальником таких часток є в основному ізотопи, що мають коротку тривалість життя, гамма-випромінювання, потік нейтронів.

Фізико-хімічні і біохімічні порушення. Небезпека радіоактивних елементів для людини визначається здатністю організму їх поглинати та накопичувати. Тому при потраплянні радіоактивних речовин усередину організму уражаються органи та тканини, у яких відкладаються ті чи інші ізотопи: Йод – у щитовидній залозі; Стронцій – у кістках; Уран і Плутоній – у нирках, товстому кишківнику, печінці; Цезій – у м'язовій тканині; Натрій поширюється по всьому організму. Ступінь небезпеки залежить від швидкості виведення радіоактивних речовин з організму людини. Більша частина людських органів є малочутливою до дії радіації. Так, нирки витримують сумарну дозу приблизно 23 Гр (2300 рад), отриману протягом п'яти тижнів, сечовий міхур – 55 Гр (5500 рад) за один місяць, печінка – 40 Гр (4000 рад) за місяць.

Ймовірність захворювання на пістряк знаходиться в прямій залежності від дози опромінення. Перше місце серед онкологічних захворювань займають лейкози, їх дія, що веде до загибелі людей, виявляється приблизно через 10 років після опромінення.

Під впливом йонізаційного випромінювання атоми і молекули живих клітин йонізуються, в результаті чого відбуваються складні фізико-хімічні процеси, які впливають на характер майбутньої життєдіяльності людини.

Енергія йонізуючого випромінювання перевищує енергію внутрішньомолекулярних і внутрішньоатомних зв'язків. За одними поглядами, йонізація атомів і молекул, що виникає під дією випромінювання, веде до розриву зв'язків у білкових молекулах, що призводить до загибелі клітин і ураження всього організму (*пряма дія*).

Згідно з іншими уявленнями, у формуванні біологічних наслідків під дією йонізуючих випромінювань відіграють роль продукти радіолізу води, яка, як відомо, становить до 70% маси організму людини. У результаті йонізації води утворюються вільні радикали \dot{H} та \dot{OH} , а в присутності кисню – пероксидні сполуки, що є сильними оксидантами. Останні вступають у хімічну взаємодію з молекулами білків та ферментів, руйнуючи їх, у результаті чого утворюються сполуки, не властиві живому організму (*непряма дія*). Це призводить до порушення обмінних процесів, пригнічення ферментних і окремих функціональних систем, тобто порушення життєдіяльності всього організму. Вільні радикали гідрпероксиду можуть змінювати хімічну будову ДНК. У разі опромінення розчинів нуклеїнових кислот спостерігається радіційно-хімічна оксидація піримідинових і дезамінування пуринових основ. Оксидації піддаються ненасичені жирні кислоти й феноли, внаслідок чого утворюються радіотоксини: ліпідні (пероксиди, епоксиди, альдегіди, кетони) і хінонові. Ймовірними посередниками хінонових радіотоксинів в організмі є тирозин, триптофан, серотонін і катехоламіни. Радіотоксини пригнічують синтез нуклеїнових кислот, діють на молекулу ДНК як хімічні мутагени, змінюють активність ферментів, порушують ліпідно-білкові мембрани.

Вплив радіоактивного випромінювання на організм людини можна уявити в дуже спрощеному вигляді таким чином. Припустимо, що в організмі людини відбувається нормальний процес травлення, їжа, що надходить, розкладається на більш прості сполуки, які потім через мембрану потрапляють усередину кожної клітини і будуть використані як будівельний матеріал для відтворення собі подібних, для відшкодування енергетичних витрат на транспортування речовин і їхню переробку. Під час потрапляння випромінювання на мембрану відразу ж порушуються молекулярні зв'язки, атоми перетворюються в йони. Крізь зруйновану мембрану в клітину починають надходити сторонні (токсичні) речовини, робота її порушується. Якщо доза випромінювання невелика, відбувається рекомбінація електронів, тобто повернення їх на свої місця. Молекулярні зв'язки відновлюються, і клітина продовжує виконувати свої функції. Якщо ж доза опромінення висока або дуже багато разів повторюється, то електрони не встигають рекомбінувати; молекулярні зв'язки не відновлюються; виходить з ладу велика кількість клітин; робота органів розладнується; нормальна життєдіяльність організму стає неможливою.

Специфічність дії йонізуючого випромінювання полягає в тому, що інтенсивність хімічних реакцій, індукованих вільними радикалами, підвищується, і у них «втягуються» тисячі молекул, непорушених опроміненням. Таким чином, ефект дії йонізуючого випромінювання зумовлений не кількістю поглинутої об'єктом, що опромінюється, енергії, а формою, в якій ця енергія передається. Ніякий інший вид енергії (теплова, електрична та ін.), що поглинається біологічним об'єктом у тій самій кількості, не призводить до тих змін, які спричиняє йонізуюче випромінювання.

4. Гостра та хронічна променева хвороба.

Гостра променева хвороба. Найбільш типовою є **кістковомозкова форма** променевої хвороби. Клінічно у ній виділяють чотири періоди: початковий, або період первинних реакцій; прихований; період розпалу, або розгорнутих клінічних проявів; кінець хвороби.

Початковий період, тривалість якого становить від кількох годин до одного-двох днів, характеризується реакцією нервових і гормональних механізмів на опромінення, що виражається збудженням, головним болем, нестійкістю вегетативних функцій, лабільністю артеріального тиску і пульсу, функціональними розладами внутрішніх органів («рентгенівське похмілля»). Порушення моторики травного каналу проявляється блювотою і проносом. Температура тіла може підвищуватися внаслідок розладу центрів терморегуляції. Спостерігається короткочасний перерозподільний лейкоцитоз з лімфопенією. У тяжких випадках можливий променевий шок.

Далі настає прихований період – період удаваного благополуччя. Прояви, пов'язані з надмірним збудженням нервової системи зникають, однак патологічні зміни в деяких органах поступово наростають. Розвивається лейкопенія, прогресує лімфопенія.

Наступний період розпалу характеризується вираженими змінами крові – лейкопенією, тромбоцитопенією та анемією. Неминуче виникають інфекційні ускладнення. Типовим є розвиток аутоінфекції ротової порожнини (запалення язика і ясен, некротична ангіна). Прийом їжі утруднений. Частим ускладненням променевої хвороби є пневмонія, яка на фоні зниження імунологічної реактивності перебігає дуже тяжко і може стати причиною смерті хворого. Характерним є геморагічний синдром (численні крововиливи на шкірі, кров у сечі, калі, мокротинні).

У разі **кишкової форми** променевої хвороби припиняється мітотичний поділ клітин кишкового епітелію, відбувається масова інтерфазна загибель їх, тканини втрачають білки, електроліти, воду. Позбавлена епітелію слизова оболонка кишок є відкритими воротами для проникнення інфекції. Можливий розвиток колапсу внаслідок дії токсичних речовин бактеріального і тканинного походження. Клінічна картина характеризується блювотою, анорексією, в'ялістю, домішкою крові в калі, підвищенням температури тіла, болем на різних ділянках кишківника. Можлива паралітична непрохідність кишок, перитоніт внаслідок порушення бар'єрної функції кишкової стінки.

Церебральна форма: внаслідок прямої руйнівної дії йонізуючого випромінювання на нервову тканину спостерігаються значні структурні зміни і навіть загибель нервових клітин кори великого мозку та гіпоталамуса. Порушення в центральній нервовій системі призводять до розвитку судорожно-паралітичного синдрому, порушення тону судин і терморегуляції. Загибель хворого можлива під час опромінювання або через кілька хвилин (годин) після нього.

Типовий прояв гострої променевої хвороби – ураження шкіри та її придатків. Випадання волосся – одна з найяскравіших зовнішніх ознак хвороби, хоча вона найменше впливає на її перебіг. Волосся різних ділянок тіла має неоднакову радіочутливість: найбільш резистентними є волосини на ногах, найбільш чутливими – на голові, обличчі, але брови належать до групи дуже

резистентних. Остаточне (без відновлення) випадання волосся на голові відбувається у разі одноразової дози опромінення вище 700 рад.

Шкіра має також неоднакову радіочутливість у різних частинах тіла. Найбільш чутливими є ділянки пахвових западин, пахових складок, ліктювих згинів, шиї. Суттєво більш резистентними є зони спини, розгинальних поверхонь верхніх і нижніх кінцівок.

Ураження шкіри – променевиї дерматит – проходить відповідні фази розвитку: первинна еритема, набряк, вторинна еритема, розвиток пухирів і виразок, епітелізація. Між первинною еритемою, яка розвивається за дози опромінення шкіри вище 800 рад, і появою вторинної еритеми проходить певний термін, який тим коротший, чим вища доза – своєрідний латентний період для шкірних уражень.

Вторинна еритема може закінчитися лущенням шкіри, легкою її атрофією, пігментацією без порушення цілісності покривів, якщо доза опромінення не перевищує 1600 рад. За більш високих доз (починаючи з 1600 рад) з'являються пухирці. За доз понад 2500 рад первинна еритема змінюється набряком шкіри, який через тиждень переходить у некроз або на його тлі з'являються пухирі, наповнені серозною рідиною.

Ознаками видужання є поліпшення самопочуття, нормалізація картини крові; в крові з'являються молоді клітини. Однак тривалий час після захворювання зберігаються залишкові явища – астенія, стомлюваність, загальна слабкість, розлади статевої функції, ослаблення імунітету, трофічні розлади, що призводять до передчасного старіння. До віддалених наслідків належать пухлини.

Хронічна променева хвороба є наслідком повторних опромінь невеликими дозами. Патогенез і клініка, по суті, такі самі, як і під час гострої променевої хвороби, проте динаміка і ступінь вираженості окремих ознак хвороби мають відмінності. Виділяють три ступені тяжкості хронічної променевої хвороби. При захворюванні першого ступеня порушення мають характер оборотних функціональних розладів найчутливіших систем організму. Іноді самопочуття хворого задовільне, однак у результаті дослідження крові виявляються помірна нестійка лейкопенія і тромбоцитопенія.

Захворювання другого ступеня характеризується більш вираженими змінами з боку нервової і кровоносної систем, а також наявністю геморагічного синдрому і зниженням імунітету. Спостерігається стійка лейкопенія і лімфопенія, зменшується також кількість тромбоцитів.

Для захворювання третього ступеня характерними є тяжкі необоротні зміни в органах, глибока дистрофія тканин, зокрема у нервовій системі. Функція гіпофізу і надниркових залоз виснажена. Кровотворення різко пригнічене, тонус судин знижений, а проникність їхніх стінок значно підвищена. Спостерігаються виразково-некротичні ураження слизової оболонки, інфекційні та запальні процеси.

Хронічна променева хвороба будь-якого ступеня призводить до ранніх дистрофічних змін у всіх тканинах і передчасного старіння.

Біологічна дія малих доз йонізуючого випромінювання оцінюється по-різному: щодо популяції в цілому та людини зокрема. Спостерігаються такі

мінімальні рівні випромінювання, які істотно не позначаються на захворюваності популяції. Цим визначаються гранично допустимі дози опромінення (ГДК) на виробництві. Йонізуюче випромінювання деяких мінімальних рівнів є необхідним природним фоном середовища існування, нижче за які у штучно створених умовах живі організми розвиваються гірше. В цьому розумінні можна говорити про гігієнічні мінімальні порогові дози. Інакше оцінюється біологічне значення малих доз опромінення щодо кожної людини окремо. Одного кванта енергії достатньо для того, щоб відбулася мутація, а наслідки однієї мутації можуть бути серйозними для організму, особливо у випадках, коли є слабкість репаративних ферментних систем або нестача природних антиоксидантів. У цьому розумінні ніяке опромінення не можна вважати абсолютно нешкідливим для людини.

Відомо також, що малі дози випромінювання, які не спричиняють видимих функціональних і морфологічних порушень, можуть зумовити патологічні зміни у віддалені строки, зокрема підвищувати частоту новоутворень. Кількісно оцінити їх на фоні спонтанної захворюваності важко.

Експериментально встановлено нове явище: клітини, опромінені малою дозою випромінювання, що не спричинила ніяких видимих патологічних змін, гинуть раніше належного строку, причому ця здатність виявляється в кількох поколіннях, тобто організм, який зазнав опромінення малими дозами, передчасно старіє і ця властивість успадковується.

Висновки.

Радіоекологія досліджує вплив йонізуючого випромінювання навколишнього середовища на біосферу, тобто на людину, тварин і рослини.

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

Важливим показником, який визначає кількісні межі для безпеки життєдіяльності є **гранично допустимі дози випромінювання (ГДД)** – доза, систематичне опромінення якою протягом багатьох років не повинно викликати у людини незворотні зміни в організмі протягом всього його життя. У наш час встановлена гранично допустима доза опромінення 0,1 бер на тиждень, 0,017 бер на день і 5 бер на рік.

Радіоактивний захист – це комплекс заходів, які запобігають шкідливому впливу йонізуючого випромінювання на організм людини, її потомство і людство в цілому.

Література.

1. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення».
2. Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку».
3. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами».

4. Охрана окружающей среды на предприятиях атомной промышленности/ Под ред. Б.Н. Ласкорина. – М., 1982.
5. Хенли Э., Джонсон Э. Радиационная химия/ Пер. з англ. В.Н. Лисцова. – М.: Атомиздат, 1974.
6. Голубев Б.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений. – М.: Атомиздат, 1996. – 504 с.
7. Иванов В.И. Курс дозиметрии. – М.: Энергоиздат, 1988. – 399 с.
8. Савенко В.С. Радиоэкология. – М.: Дизайн ПРО, 1997. – 443 с.
9. Ярмоленко С.П. Радиобиология человека и животных. – М.: Высшая школа, 1988. – 424 с.

Запитання для самоперевірки.

1. Що досліджує радіоекологія?
2. Вкажіть закони України, відповідно до яких розроблені Норми радіаційної безпеки України.
3. Що таке гранично допустима доза випромінювання?
4. Дайте визначення радіоактивному захисту.
5. Що таке радіопротектори?
6. Яке опромінення називають зовнішнім, внутрішнім та комбінованим?
7. Якими властивостями володіє йонізуюче опромінення?
8. Які клітини організму людини зазнають найбільшого впливу радіації.
9. Вкажіть основні симптоми променевої хвороби. Поясніть різницю між гострою та хронічною променевою хворобою.