**ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3**

**МОНІТОРИНГ РАДІОАКТИВНИХ ЗАБРУДНЕНЬ**

1 Мета роботи

Вивчити особливості впливу радіації на живі організми, види іонізуючих випромінювань, одиниці виміру доз, поглинених організмом людини під час перебування на забрудненій місцевості.

Одержати практичні навички в розрахунку величин поглинених доз й оцінці впливу величини, отриманої людиною, дози на його здоров'я й життя.

2 Ключовi положення

Одними із самих небезпечних екологічних наслідків антропогенної діяльності людини є радіоактивні забруднення.

Основними джерелами радіоактивних забруднень можуть бути:

– ядерні вибухи (випробування атомної зброї, аварії й катастрофи з ядерними боєприпасами);

– викиди радіоактивних речовин (РР) під час аварій на атомних електростанціях;

– викиди РР під час аварій на підприємствах під час виробництва, переробки, зберігання, перевезення, поховання ядерного палива й РР;

– викиди РР під час аварій у науково-дослідних і проектних інститутах, що мають ядерні реактори;

– викиди РР під час аварій на об'єктах транспорту, що використовують ядерні енергетичні установки.

У наш час найбільшу небезпеку представляють аварії на атомних електростанціях. Радіоактивні забруднення місцевості можуть значно змінити умови існування живих істот і викликати істотні екологічні наслідки.

Моніторинг радіоактивних забруднень має на меті визначити ступінь небезпеки й запропонувати необхідні міри профілактики, а також способи захисту людини й ліквідації екологічно небезпечних наслідків.

2.1 Iонізуючі випромінювання та одиниці їх вимiрювань

Радіоактивні забруднення викликають опромінення живих організмів у результаті впливу на них іонізуючих випромінювань.

Назва “іонізуючі випромінювання” поєднує різні по своїй природі види випромінювань. Подібність між ними в тім, що всі вони мають високу енергію, реалізують свою біологічну дію через ефекти іонізації й наступний розвиток хімічних реакцій у структурах клітини, які можуть привести до її загибелі.

Іонізуюче випромінювання існувало на Землі задовго до появи людини й було в Космосі ще до появи Землі. Однак його негативний вплив на живі організми було виявлено випадково тільки наприкінці минулого століття французьким ученим Анрі Беккерелем. Вiн виявив на фотографічній пластинці прикритій шматками мінералу, що містить уран, сліди якихось випромінювань (1896 рік).

Цим явищем зацікавилася Марія Кюрі. В 1898 році вона і її чоловік Пьєр Кюрі виявили, що випромінювання урану пов'язане з його перетворенням в інші елементи. Вони назвали один з елементів радієм (радій у перекладі означає – “випромінюючий”). Так з'явилося поняття “радіоактивність”.

Іонізуючим випромінюванням (ІВ) називається квантове (електромагнітне) і корпускулярне ( що складається з елементарних часток) випромінювання, під впливом якого в газоподібному, рідкому або твердому середовищі з нейтральних атомів і молекул утворюються іони (позитивні й негативні частки).

До квантового ІВ відносяться: ультрафіолетове, рентгенівське й гамавипромінювання.

До корпускулярного: альфа-випромінювання, бета-випромінювання й потоки часток (нейтронів, протонів й ін.).

Кількісною характеристикою випромінювання є активність, що оцінюється кількістю розпадів в одиницю часу. У системі СI за одиницю активності прийняте одне ядерне перетворення в секунду – бекерель (роз/с). Позасистемною одиницею є кюрі (Кі). Один кюрі характеризує активність такої кількості радіонуклідів, у якій відбувається 37 млрд. розпадів ядер у секунду. Це відповідає активності одного граму радію (але для урану-238 – 3 тони, для кобальту-60 – 0,001 г.).

Дози іонізуючих випромінювань

Міра дії IВ у якому-небудь середовищі залежить від величини поглиненої енергії випромінювання й оцінюється дозою ІВ. Розрізняють експозиційну, поглинену й еквівалентну дози.

Експозиційна доза (Д) характеризує іонізуючу здатність випромінювання в повітрі.

У системі СI за одиницю дози прийнятий Кл/кг – це така доза випромінювання, при якій в 1кг сухого повітря утворяться іони, що несуть 1 Кл електрики кожного знака. Для характеристики цієї дози практично використають позасистемну одиницю – рентген (Р). Один Р – це така доза гамма-випромінювання, під впливом якої в 1 см3 повітря утвориться 2,08 млрд. пар іонів. 1Р=2,58·10-4 Кл/кг.

Експозиційна доза характеризує потенційні можливості іонізуючого випромінювання.

Поглинута доза (Дп) характеризує енергію ІВ, яка поглинута одиницею маси опроміненого середовища.

У системі СI за одиницю поглинутої дози прийнято - Дж/кг, а також позасистемна одиниця - рад. Практично застосовуються грей (Гр) і рад (рад).



Один рад – це така поглинута доза, при якій один г речовини поглинає енергію у 100 ергiв незалежно від виду енергii випромінювання.

Жива тканина поглинає 93% енергії випромінювання, тому 1рад=0,93Р. Практично приймають рівність експозиційної й поглиненої дози, тобто 1рад=1Р. Еквівалентна доза

Де визначає біологічний вплив на організм людини різних видів iонiзуючих випромінювань, та служить для оцінки радіаційної небезпеки. Еквівалентна доза приводить біологічний ефект будь-яких видів ІВ до впливу, який викликається гамма променями



де к – коефіцієнт якості випромінювання, що показує, у скільки разів біологічний ефект даного виду випромінювання відрізняється від такої ж дії гамма-випромінювання.

Для рентгенівського випромінювання к = 1, для нейтронного потоку до к=10, для альфа часток к = 20,тобто альфа випромінювання в 20 разів більш небезпечно, ніж гама або рентгенівське випромінювання.

Одиницею виміру еквівалентної дози в системі СI є – зиверт, (Зв). Один Зв відповідає поглиненій дозі один Дж/кг (для гамма-випромінювання).

Практично використають позасистемну одиницю бер (біологічний еквівалент рентгена):



Поглинена й експозиційна дози, віднесені до одиниці часу, визначають рівень радіації (потужність дози) зараженої місцевості. Потужність дози характеризує збільшення дози в одиницю часу.

Рівень радіації (потужність дози) виміряється, як правило, у рентген/година, рад/година, бер/година. Величина поглиненої дози залежить від рівня радіації забрудненої місцевості й часу перебування на ній.

При наближених розрахунках, коли припускають, що рівень радіації не змінюється за час перебування на забрудненій місцевості, величину дози визначають, як:



де Дп - величина поглиненої дози;

Р - рівень радіації зараженої місцевості;

tпер - час перебування на зараженій місцевості.

Більш точно величину поглиненої дози можна розрахувати, якщо виміряти рівень радіації на початку (Рн) і наприкінці (Рк) перебування на зараженій місцевості:



За величиною поглиненої дози можна оцінити вплив на людину ІВ. Чим вище поглинена доза, тим більш негативними для людини можуть бути наслідки опромінення.

**2.2 Дія радіації на організм людини**

Дія ІВ не відчутна людиною, жодний орган вiдчуттiв людини не фіксує вплив цих випромінювань. Людина може піддаватися опроміненню, поглинути, вдихнути радіоактивну речовину без будь-яких первинних відчуттів.

При вивченні дії IВ на організм людини були виявлені наступні особливості:

– висока руйнiвна ефективність поглинутої енергії ІВ. Навіть малі кількості енергії можуть викликати глибокі бiологiчнi зміни в організмі;

 – наявність прихованого періоду дії ІВ, (період уявного благополуччя) він може бути достатньо тривалим при опроміненні у малих дозах;

– вплив від малих доз може складатися або накопичуватись, цей ефект називається кумуляцією;

– випромінювання впливає не лише на даний живий організм, але й на його нащадків; цей ефект називається генетичним;

– різні органи живого організму мають певну чутливість до опромінення. Найбільш чутливі: червоний кістковий мозок, щитовидна залоза, внутрішні, особливо кровотворні органи, молочні залози, статеві органи;

– різні організми мають істотні відмінні особливості реакції на дози опромінення; найбільш чутливий до радіації плід дитини на 8…15-му тижнях вагітності, істотно піддаються впливу радiацiї діти;

– ефект опромінення залежить від частоти впливу ІВ; одноразове випромінювання у великій дозі викликає глибші наслідки, ніж фракційне.

Багаторічними дослідженнями, проведеними Науковим комітетом з впливу атомної радіації, створеним у рамках ООН, встановлені наступні граничні значення доз, що викликають різні зміни в організмі. Дуже велика доза – 100 Гр (10000 рад) викликає настільки серйозні ураження в організмі, що смерть, як правило, настає протягом кількох годин чи діб.

При дозах опромінення від 10 до 50 Гр (1000...5000 рад) опромінена людина скоріше помре через один-два тижні від крововиливу у шлунковокишковому тракті. При менших дозах смерть може наступити через один-два місяці від руйнування кліток червоного кісткового мозку - основного елемента кровотворної системи організму.

Від дози опромінення 3...5 Гр (300...500 рад) вмирає майже половина усіх опромінених (п’ятдесяти процентна смертельна доза).

Кровотворна система організму найуразливіша та припиняє нормальне функціонування при дозах опромінення 0,5...1 Гр (50…100 рад). Ці органи, однак, мають високу здатність відновлюватись, і якщо доза не досить велика, кровотворна система може повністю відновити свої функції.

Репродуктивні органи та очі мають також високу чутливість до опромінення. Одноразове опромінення сім’яників при дозі лише 0,1 Гр (10 рад) приводить до тимчасової стерильності чоловіків, доза понад 2 Гр (200 рад) може привести до постійної стерильності (або на довгі роки). Яєчники менш чутливі, однак дози понад 3 Гр (300 рад) можуть привести до безпліддя.

Для цих органів сумарна доза, отримана за кілька разів, більш небезпечна, чим одноразова на відміну від інших органів людини.

У світі накопичений досить великий досвід оцінки наслідків впливу радіації на організм людини. Завдяки зусиллям вчених і міжнародних організацій (Науковий комітет ООН по дії атомної радіації, Міжнародна комісія з радіологічного захисту, Всесвітня організація охорони здоров’я) вплив радіації вивчений значно краще, ніж дія багатьох інших шкідливих факторів. Однак, висновки й думки вчених істотно суперечливі від повного заперечення негативних наслідків малих доз радіації до категоричної рекомендації уникати будь-якого опромінення.

Тому, по-перше, варто пам’ятати, що будь-яке додаткове опромінення (крім природного повсякденного радіаційного фону) може викликати небажані наслідки навіть у віддаленому майбутньому.

З іншої сторони, поки не виявлено істотного впливу на здоров’я людини одноразового опромінення в дозах до 50 бер або багаторічного опромінення з інтенсивністю до 15 бер у рік.

Тому варто пам’ятати, що здоров'ю людини може бути нанесений набагато більший збиток від психоемоційної напруги – стресу, обумовленого необґрунтованим страхом. Є наступні об’єктивні дані. Підвищена турбота про стан здоров’я, своєчасне лікування гострих хронічних захворювань, зубів, неухильне виконання рад лікаря, дотримання особистої гігієни дозволило в Японії підвищити тривалість життя осіб, опромінених від атомних вибухів (в 1945 році) при дозі до 50...100 бер, що не тільки не зменшилось, а навіть перевищує в цей час середню тривалість життя по країні. Не виявлено досить переконливих даних, що після опромінення в дозах до 20 бер збільшується число пухлинних захворювань, скорочується тривалість життя й збільшується загальна смертність населення. В Японії, завдяки вжитим заходам, серед опромінених частка ракових хворих на порядок нижче, ніж в інших регіонах.

Багаторічні спостереження (більше 50 років) не виявили генетичних дефектів у більш ніж 30 тис. дітей, опромінених у Хіросімі й Нагасакі.

Однак, не слід ставитися до радіації занадто безтурботно, людський досвід ще занадто малий, а висновки можуть бути передчасні.

Офіційна точка зору вчених: будь-яке додаткове опромінення (крім природного повсякденного радіаційного фону) може викликати небажані наслідки навіть у віддаленому майбутньому.

Міжнародна комісія з радіологічного захисту допускає, що річна доза опромінення один бер може привести до скорочення терміну життя до п’яти днів. З огляду на те, що середня тривалість життя становить близько 25000 днів, ця величина (0,02%) може бути визнана незначною. Вона істотно менше збитку від паління (2500...4000 днів – близько 15 %), від алкоголю й інших шкідливих повсякденних звичок.

Вчені рекомендують не допускати опромінення від будь-яких джерел понад один бер у рік.

Передбачувана річна доза опромінення розраховується за умови, що рівень радіації буде мінятися повільно (найгірші умови ):



де Рн – рівень радіації в цей час;

Тг – кількість годин у році (8736).

Для того щоб обрати вірну лінію поведінки, необхідно уявити величину можливого збитку й оцінити ступінь ризику, пов’язаних з наслідками аварії.

Доза за усе життя від усіх нуклідів може бути розрахована за наступною формулою (рекомендації комітету ООН):



де Дж – очікувана за 70 років після аварії доза зовнішнього й внутрішнього опромінення без мір захисту;

Пн – початкова щільність забруднення місцевості;

До – коефіцієнт, величина якого залежить від швидкості міграції радіонуклідів у рослинних й м’ясомолочних продуктів споживання в залежності від типу ґрунтів середня величина До=0,6; для чорноземних ґрунтів До =0,8 (слабка міграція), для піщаних ґрунтів До=0,2 (швидка міграція).

Можливу (пов’язану з дозою опромінення) середню втрату життя людини (СВЖ) можна визначити за формулою, рекомендованою комітетом ООН:



Ця формула відбиває вище наведене положення, що доза в один бер викликає можливу втрату життя до п’яти діб.

**Приклад.**

При щільності забруднення місцевості, викликаного аварією на АЕС, 40 Кі/км2 очікувана за життя доза дорівнює 0,6·40 = 24 бер, а середня втрата часу життя 5·24 = 120 діб. Ця втрата порівняна зі збитком від інших факторів ризику й багато менше збитку від паління.

Втрата життя від щоденного викурювання 20 сигарет відповідає шкоді від хронічного опромінення дозою близько 500 бер.

При оцінці впливу радіаційних забруднень на організм людини й прийнятті рішення про спосіб захисту потрібно керуватися наступними рекомендаціями:

– відповідно закону України 1991 р. “Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали від наслідків Чорнобильської катастрофи” трудова діяльність здійснюється без обмежень, якщо додаткова доза за рахунок забруднення радіонуклідами території не перевищує 0,1 бер у рік (понад дози доаварійного опромінення);

– безумовне обов'язкове відселення людей здійснюється із забруднених територій, при проживанні на якій еквівалентна доза опромінення людини може перевищити на 0,5 бер у рік дозу доаварійного періоду;

– добровільне відселення людей здійснюється з територій, де людина може одержати додаткову дозу понад 0,1 бер у рік (понад доаварійного фону);

– громадянин може самостійно покинути забруднену територію, якщо при проживанні на ній він може одержати додаткову еквівалентну дозу більше семи бер за життя. В умовах Одеси людина одержує щорічно дозу в межах від 250 до 450 мбер.

**3 Ключові запитання**

1. Яка мета моніторингу радіоактивних забруднень?

2. Види іонізуючих випромінювань.

3. Одиниці вимірювання активності випромінювання.

4. Що таке рівень радіації? Одиниці його виміру.

5. Що таке поглинена доза випромінювання?

6. Як розрахувати величину поглиненої дози?

7. Які особливості дії ІВ на організм людини?

8. Як визначити припустимий термін перебування людини на забрудненій місцевості?

9. Як оцінити величину можливого ушкодження здоров’ю?

10. Які міри захисту від впливу радіаційних забруднень?

**4 Домашнє завдання**

1.Теоретично підготуватись за літературою з видами ІВ, одиницями їх вимірювання та з дією ІВ на організм людини.

2.Підготуватися до обговорення з ключових питань.

**5 Практичне завдання**

У процесі заняття студенти повинні одержати навички розрахунку поглинених доз ІВ під час перебування людини на забрудненій місцевості й дати оцінку їхнього впливу на здоров’я людини.

Рішення завдань здійснюється згідно зазначених у таблиці 2.1 вихідних даних. У ході заняття повинно бути вирішено не менш одного ситуаційного завдання й не менш двох інших типів завдань.

Приклади практичних завдань

1. Визначення можливої поглиненої дози при роботі на забрудненій території. Групі фахівців потрібно працювати протягом Т1 доби на забрудненій у результаті аварії з викидом РР місцевості. Визначити поглинену дозу, яку одержить склад групи, якщо потужність дози (рівень радіації) дорівнює Р1 мбр/рік.

Оцінити величину збитку здоров’ю людини.

2. Визначення можливого часу робіт на забрудненій території. Групі фахівців потрібно працювати на забрудненій у результаті аварії з викидом РР території. Визначити доцільний час роботи (діб), щоб поглинена доза, яку одержить склад групи не перевищувала 5 бер, якщо потужність дози до цього часу (до початку робіт) склала Р2 мбер/рік.

Оцінити величину збитку здоров’ю людини.

3. Визначення можливої поглиненої дози при роботі на забрудненій місцевості. Група фахівців має працювати протягом Т3 доби на забрудненій у результаті аварії з викидом РР місцевості. Визначити поглинену дозу, яку одержить склад групи, якщо потужність дози (рівень радіації) на початку роботи склала РЗн мбер/рік наприкінці роботи РЗк = 0,5·РЗн мбер/рік.

Оцінити величину збитку здоров’ю людини.

4. Визначення річної поглиненої дози. Визначити річну поглинену дозу при перебуванні на забрудненій після аварії на АЕС місцевості, якщо рівень радіації становить Р4 = Р2 мбер/рік. Оцінити величину збитку здоров’ю людини

5. Визначення збитку від всіх наслідків опромінення. Визначити дозу за все життя, середню втрату життя при проживанні на забрудненій території, якщо початкова щільність забруднення місцевості довго існуючими радіонуклідами (цезій, стронцій) склала П5 Кі/км 2.

Оцінити величину збитку здоров’ю людини. Приклади ситуаційних завдань

6. Проаналізувати наведену ситуацію, виконати розрахунки. Людині пропонують роботу на забрудненій у результаті аварії з викидом РР місцевості при рівні радіації в цей час Р6 мбер/рік. Рівень радіаційного фону місцевості постійного проживання дорівнює Дфд.

Оцінити можливий збиток здоров’ю людини, прийняти рішення й сформулювати рекомендації по зменшенню збитку.

7. Об'єкт зв’язку виявився на забрудненій у результаті аварії на АЕС місцевості. Рівень радіації дорівнює Р7 мбер/рік. Визначити граничний строк початку евакуації людей.

Оцінити можливий збиток здоров’ю людини, прийняти рішення й сформулювати рекомендації щодо зменшенню збитку.



6 Зміст звіту

Звіт має містити:

– мету роботи;

– стислий опис дії радіації на організм людини та одиниці вимірювання ІВ;

– обчислення й результати рішення практичних та ситуаційних завдань з рекомендаціями по зменшенню збитку здоров’ю людини;

– висновки по роботі, дату й підпис студента.