

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ЦЕНТР
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА БЕЗПЕКИ
ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ
КУРСИ м. КОВЕЛЯ

«Радонова небезпека»

Методичні рекомендації
(для населення та фахівців у сфері цивільного захисту)

м. Ковель 2013р.

Методичні рекомендації підготовлено педагогічним колективом курсів м. Ковеля навчально-методичного центру цивільного захисту та безпеки життєдіяльності Волинської області.

Рекомендації можна використовувати в навчальному процесі викладачами курсів підвищення кваліфікації керівних кадрів, майстрами виробничого навчання територіальних курсів, викладачами БЖД, а також іншими особам, які в тому або іншому ступені пов'язані з цивільним захистом населення.

В методичних рекомендаціях викладаються фізичні, хімічні, токсикологічні властивості радону, шляхи його розповсюдження у природі, описана біологічна дія радону на організм людини та віддалені наслідки радонового опромінення; роль радону-222 в сумарній дозі опромінення населення (радон в повітрі житлових приміщень, радіоактивність будівельних матеріалів, природні радіонукліди в питній воді); засоби вимірювання радону, радіаційна безпека і методи захисту.

Представлені шляхи зменшення впливу радону на здоров'я населення.

Посібник створено з урахуванням вимог Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97) та Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки України (ДСП 6.177-2005-09-02).

Укладач : Ващук В.В. – завідувач Ковельських міських курсів НМЦ ЦЗ та БЖД Волинської області.

Рецензент: Дідковський Ю.М. – начальник відділу з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення виконавчого комітету Ковельської міської ради.

Методичні рекомендації розглянуто та затверджено на методичній комісії Навчально-методичного центру цивільного захисту та безпеки життєдіяльності Волинської області протокол № ____ від « ____ » _____ 20__ року

ВСТУП

Відомо, що найбільш вагомий внесок в дозу опромінення людини дає природна радіація. За даними Наукового комітету ООН з дії атомної радіації (НКДАР) за останні роки середньосвітова річна доза опромінення людини за рахунок природної компоненти з урахуванням техногенно-підсиленого фону зросла в 2 рази і зараз досягає 2,5 мЗв на рік. В Україні за останніми дослідженнями науковців вона складає 3,38 мЗв і перевищує в декілька разів дозу опромінення населення за рахунок Чорнобильської компоненти.

В загальній дозі опромінення населення природними чинниками провідну роль грає радон та продукти його розпаду, які відповідають приблизно за $\frac{3}{4}$ річної індивідуальної дози опромінення людини за рахунок природної компоненти.

Основними негативними наслідками опромінення радоном та продуктами його розпаду є захворювання на рак легенів, а також несприятливі генетичні ефекти та патологічні зміни в системі кровотворення.

За даними Міжнародної комісії з радіологічного захисту величина відносного ризику додаткового захворювання на рак легенів при спостереженні за 320 тис. гірників уранових копалень дорівнює трьом, що значно вище величини ризику від усіх видів раку, встановленого в прижиттєвих дослідженнях жертв атомних бомбардувань в Хіросімі та Нагасакі.

Газ радон і його вплив на організм людини

Фізичні та хімічні властивості

Радон – радіоактивний газ, без кольору, без запаху і смаку, восьмої групи періодичної системи Менделєєва, порядковий номер 86, атомна вага 222 в 7,5 разів важчий за повітря, щільність 8,9 г/л, температура кипіння – біля 62⁰ С. Цей газ, як і сім продуктів його розпаду випромінює альфа-частинки, які викликають максимальне ураження живих тканин. Це не тільки самий важкий, а і самий рідкісний, самий дорогий газ, за фізичними властивостями – сама небезпечна радіоактивна отрута з усіх існуючих на Землі газів. Газ добре просочується крізь полімерні плівки. В органічних розчинниках, в жировій тканині людини розчинність радону в десятки разів вище,

ніж у воді. Радон легко абсорбується активованим вугіллям і силикагелем.

Доза опромінення, одержувана людиною від радону, більше дози від будь-яких інших джерел разом узятих. Людина вдихає радон з повітрям, і альфа-частинки, які випускає цей газ, починають бомбардувати внутрішні тканини дихального тракту. Ризик, який пов'язаний з радоном найбільше загрожує здоров'ю людей, які палять.

Власна радіоактивність радону викликає флюоресценцію. Газоподібний і рідкий радон флюоресцирує блакитним кольором, у твердого радону при охолодженні до азотних температур колір флюоресценції стає спочатку жовтим, потім червоно-оранжевим.

Відкриття радону – результат ранніх робіт з вивчення радіоактивності. У 1899 р. американський фізик Р.Б. Оуенс виявив, що при розпаді торію Th (лат. Thogium) утворюється якась радіоактивна субстанція, яку можна видалити з розчинів, що містять Th, потоком повітря. Цю субстанцію Е. Резерфорд назвав еманцією (від лат. emanare – витікаю). У 1899 р. Е.Резерфорд, який працював тоді в Канаді, довів, що відкрита Оуенсом еманція торію - радіоактивний газ. У тому ж році Е. Дорн в Німеччині і А. Деб'єрн у Франції повідомили, що і при розпаді радію утворюється еманція (еманція радію - радон). У 1903 році була відкрита і еманція актинію - актинон (природні ізотопи радону і в даний час часто називають еманціями).

У природі радону дуже мало, його можна віднести до найменш поширених на нашій планеті хімічних елементів.

Вміст його в земній корі завглибшки до 1,6 км близько 115 т. Утворюючись в радіоактивних рудах і мінералах, радон поступово надходить на поверхню землі, в гідросферу і в атмосферу.

Концентрація радону в повітрі залежить насамперед від геологічних особливостей ґрунтів (граніти, в яких багато урану, є активними джерелами радону, в той же час над поверхнею морів радону мало), а також від погоди (під час дощу мікротріщини, по яких радон поступає з ґрунту, заповнюються водою; сніговий покрив також перешкоджає доступу радону в повітря).

Радон є дуже токсичним, що пов'язано з його радіоактивними властивостями. При розпаді радону утворюються нелеткі радіоактивні продукти (ізотопи полонію (Po), вісмуту (Bi) і свинцю (Pb)), які важко виводяться з організму. Важливе токсикологічне значення має довгоіснуючий дочірній продукт розпаду радону - ^{210}Po .

Шляхами надходження радону в організм є органи дихання і неушкоджена шкіра. Радон розчиняється в крові, воді та інших рідинах

організму. Значно краще радон розчиняється в жирах. Виключно висока розчинність радону в жирах обумовлює ефективне поглинання його жировими тканинами тварин і людини під час надходження до організму. Унаслідок значного вмісту жиру в організмі людини «розчинність» радону в людському тілі вища, ніж у воді. При динамічній рівновазі вміст радону в 1 см³ людського тіла складає 0,45 від вмісту радону в 1 см³ повітря.

Він є результатом постійного радіоактивного розпаду природного урану-238 (період напіврозпаду майже 4,5 млрд. років). І вже на певній стадії розпаду з'являється радій-226 (період напіврозпаду – 1600 років) та утворюється саме радон. Період напіврозпаду радону-222 – 3,83 доби.

Радон сімейства розпаду торія-234 є торон (радон-220) з періодом напіврозпаду 55,6 с. У кінці ж довгого ланцюга таких перетворень є стабільний ізотоп свинцю-206.

Радон міститься в атмосферному повітрі, повітрі ґрунту і природних водах. Значні кількості радону містяться в уранових копальнях. В стані радіоактивної рівноваги 1г Ra відповідає $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк Rn. Це така кількість радону, в якій відбувається $3,7 \cdot 10^{10}$ розп/с, займає об'єм 0,66 мм³, важить 6,5 мкг. В порівнянні з іншими радіоактивними газами – тороном і актиноном радон має значно більший період напіврозпаду. Розпадаючись, радон дає початок послідовному ряду твердих радіоактивних речовин, що випускають α -, β -частки і γ -кванти. Радіаційна небезпека при дії радону на організм пов'язана з його дочірніми продуктами, особливо групи його короткоживучих ізотопів від RaA до RaC¹.

Значна частина продуктів розпаду радону затримується в легенях. Найбільш тяжким наслідком інгаляцій продуктів розпаду Rn є рак легенів.

Проблематика не в самому радоні-газу як такому, а в його дочірніх продуктах розпаду (в основному, полоній-210 та радіоактивні вісмут-214 і свинець-214), які є випромінювачами α -часток, та, приєднуючись до часток пилу чи вологи, утворюють радіоактивний аерозоль і під час дихання потрапляють в організм людини. Саме це і є основною небезпекою газу.

Альфа-частки володіють високою іонізуючою здатністю, тобто більш високою біологічною ефективністю – в 20 разів небезпечніші ніж гамма-випромінювання. Зовнішнє джерело опромінювання α -частками для людини не несе безпеки (слабка проникаюча здатність, поширюючись у повітрі до 2,5 см., α -частки не здатні здолати навіть

тканину або аркуш паперу), але проникнення всередину організму радону (торону) разом із вдихуванням повітрям, являє собою дуже серйозну небезпеку нашому здоров'ю. Вдихання радону тривалий час приводить до іонізаційних процесів легенів, трахеї та бронхів, а за останнім даними – і в інших внутрішніх органах та в крові. Що в свою чергу, викликає появу злоякісних новоутворень. До того ж, вищезгаданий продукт розпаду радону – долгоживучий полоній-210 (період напіврозпаду – 138,4 діб) накопичується (і не виводиться) в кістках і нирках. При вдиханні, дочірні продукти радону осаджуються в клітинах, які вистеляють шляхи дихання, α -частки можуть порушити структуру ДНК, привести до розвитку раку згаданих вище органів дихання. Слід зазначити, що паління майже триразово підвищує вміст полонію-210 в легенях.

Згідно з Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97), для дитячих закладів, лікарень, санаторно-курортних установ, новобудов з постійним перебуванням людей, рівні дій (граничний показник) для середньорічної еквівалентної рівноважної об'ємної активності ізотопів радону-222 в повітрі повинен становити до 50 Бк/м³. А у приміщеннях, які вже експлуатуються, - не більш 100 Бк/м³. Питома активність природних дочірніх продуктів розпаду радону-222 у воді не повинна перевищувати 100 Бк/л (кг).

Саме радон вносить до 75 % річного дозового навантаження на людину у вигляді внутрішнього опромінення альфа-частками.

За даними Українського наукового Центру радіаційної медицини для населення України Чорнобильська компонента складає 3% сумарної річної колективної дози опромінення від всіх джерел іонізуючого випромінювання, що дорівнює близько 0,2 мЗв/рік на людину.

З розпадом радону пов'язана поява декількох дочірніх радіоактивних ізотопів, які створюють так званий радоновий осад; ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po – ці радіонукліди легко зв'язуються з пилоподібними частинками, унаслідок чого можуть поступати в дихальні шляхи людини, створюючи внутрішнє опромінювання.

Радон і продукти його розпаду є найвагомими природними джерелами внутрішнього опромінювання людини.

Найбільший внесок в активність дає радон-220 (торон) і продукти його розпаду, внеском же ^{219}Rn можна нехтувати.

Оскільки радон є продуктом розпаду урану і радію, його більше в місцях з підвищеною радіоактивністю ґрунтів. Кількість радону в ґрунті відображає кількість урану в ній і це може бути використано для

прогнозу рівня радону в атмосфері. Кількість радону в атмосфері залежить від швидкості виходу цього газу з ґрунту і метеорологічних умов. Величина ескалації (вихід радону на поверхню) істотно залежить від типу і стану поверхні ґрунту.

Джерела надходження радону в атмосферне повітря

Останнім часом радон і його продукти розпаду розглядаються як одне з основних джерел опромінювання людини природного походження, при цьому серйозну небезпеку представляє радон в житлових приміщеннях. В закритих приміщеннях концентрація радону істотно перевищує його концентрацію в атмосферному повітрі. Концентрація радону на перших поверхах і в підвалах може значно перевищувати концентрацію радону в повітрі поза приміщеннями, і його активність може досягати декількох тисяч Бк/м³. Основні джерела надходження Rn в повітря приміщень: ґрунти, становлячі геопідоснову будівлі; підсипки, влаштовані навколо або під будівлею; ураномісткі будівельні матеріали.

Джерелами надходження дочірніх продуктів радону в організм може бути вода з свердловин глибокого закладання в породах з підвищеною кількістю урану.

Усереднена величина об'ємної активності радону в підземних водах для регіонів, розташованих в зоні Українського кристалічного щита, рівна 261 Бк/л (максимальна величина рівна 2660 Бк/л для Черкаського регіону).

Для регіонів, розташованих поза цього щита, усереднена об'ємна активність радону в підземних водах рівна 37 Бк/л.

Радон міститься у воді, в гірських породах і будівельних матеріалах. Він дифундує через капіляри ґрунту, мікротріщини гірських порід, захоплюється потоками інших газів, незалежно від обмеженого часу існування, може переміщатися на значні відстані по земній корі і земній атмосфері. При цьому радон виходить за рахунок 2-х процесів: еманції (виділення з кристалічних решіток матеріалу) і ескалації (випаровування або виділення з поверхні).

Основну частину дози опромінювання від радону людина одержує в закритому приміщенні. При цьому концентрація радону в приміщенні в середньому в 5-8 разів вище, ніж зовні. Радон поступає туди з ґрунту, просочуючись через щілини фундаменту, а також з матеріалів, з яких побудований будинок. Крім того, радон входить до складу повітря, водопровідної води і виділяється з продуктів згорання, які використовуються для опалювання і побутової цілі. За оцінками

фахівців, відносний внесок кожного з названих джерел формування «радонового навантаження» в житлі може бути таким: ґрунт під будовою і будівельні матеріали – 70-80%, повітря – 15-20%, вода – 5-10%, продукти згорання – до 10%. Концентрація радону в повітрі визначається кількістю розпадів радіоактивних ядер в секунду в м³ повітря і вимірюється в бекерелях (1 Бк – позначає 1 радіоактивний розпад в секунду).

Найбільший вірогідний шлях накопичення радону в приміщеннях обумовлюється виділенням радону безпосередньо з ґрунтів, на яких побудований будинок. При цьому загальне радоновиділення ґрунту визначається декількома джерелами:

а) гірськими породами: Радон поступає в будинки за рахунок високого геохімічного вмісту його в породах, наприклад, в сланцях і гранітах. Такий підвищений місцевий геохімічний фон (наприклад, при концентрації радону в ґрунтах від 50-100 Бк/л) створює значні за площею ділянки, у межах яких концентрації радону практично усюди перевищують ГДК в десятки разів (до 1000 Бк/м³).

б) тектонічними зонами: Вони характеризуються різко аномальними концентраціями радону, які у багато разів перевищують місцевий геохімічний фон. Ці зони мають чітко виражені лінійні розміри, як правило, їх ширина досягає десятків і сотень метрів, а довжина сотні і тисячі метрів. Концентрація радону усередині будинків, які розміщені над такими зонами, може мати дуже високі показники і досягає десятки тисяч Бк/м³.

Радон добре розчиняється у воді, тому він міститься у всіх природних водоймищах, причому в глибинних ґрунтових водах його, як правило, значно більше, ніж в поверхневих.

Наприклад, в підземних водах його концентрація може мінятися від 4-5 Бк/л до 3-4 МБк/л, тобто в мільйони раз. У водах озер і річок концентрація радону рідко перевищує 0,5 Бк/л, а у водах морів і океанів – не перевищує 0,05 Бк/л. Радон потрапляє з води в атмосферу за рахунок процесів ексхаляції – дегазація з водяних пухирців, які містяться у воді. Найінтенсивніше цей процес відбувається при розбризкуванні, випаровуванні і кипінні води.

Кількість радону в повітрі залежить від характеру земної поверхні і висоти над рівнем моря. Так, повітря ґрунту містить радон в об'ємі $2 \cdot 10^{-10}$ Ки/л, повітря над сушею – $1,2 \cdot 10^{-13}$ Ки/л, над океаном – $1 \cdot 10^{-15}$ Ки/л. Середня концентрація радону в приземному шарі повітря – 1,8 Бк/л. З висотою концентрація радону зменшується. Наприклад, на висоті 1м концентрація радону на 5% менше від початкової, на висотах

10м, 100м і 1000м менше відповідно на 13%, 31% і 62%. Тому концентрація радону на нижніх і перших поверхах багатоповерхових будинків значно більше, ніж на другому поверсі і вище.

Кількість радону, яка поступає в приміщення з будівельних матеріалів залежить від типу матеріалів, їх складу, місця здобичі сировини і технології виготовлення. Інтегральним показником радіоактивності будівельних матеріалів є питома ефективна активність (Аеф, Бк/кг) природних радіонуклідів, розраховується з урахуванням їх біологічного впливу на організм людини. За наслідками досліджень, найбільше значення Аеф мають матеріали з шлаку, залізобетонні конструкції, а також матеріали з глини. Невеликі значення Аеф спостерігаються у деревині. В цілому частка від будівельних матеріалів в загальному рівні концентрації радону в повітрі приміщень цегляних будов – незначна. Об'ємна активність радону в будинках, побудованих з цеглини, не перевищує 100 Бк/кг за умови наявності могутнього (без тріщин і пусток) фундаменту.

Визначено, що при використуванні домашнього опалювання (газові або вугільні казани, або печі) концентрація радону збільшується до 5%. Значний об'єм радоновиділення від попелу, який залишається після спалювання вугілля.

Окрім названих причин, рівень концентрації радону і ДПР в приміщеннях будинків прямо залежить від наявності вентиляції, герметичності вікон, стиків стін, вертикальних комунікаційних каналів, частоти провітрювання. Найвищі концентрації радону в житлових будинках спостерігаються в холодний період року, коли традиційно вживаються заходи для утеплення приміщень і зменшення обміну повітря з навколишнім середовищем. Встановлено, що за наявності традиційних дерев'яних вікон вентиляція приміщень здійснюється постійно, а при використуванні металевопластикових вікон жителі будов провітрюють свої житла тільки періодично. При цьому, на будь-якому поверсі тільки за 12 годин концентрація радону збільшується у декілька разів, що і проводить до додаткового радіаційного навантаження на людину.

Виходячи з того, що більшість населення значний час знаходиться в приміщеннях, доза опромінювання людини за рахунок радону визначається середньорічним значенням об'ємної активності радону в приміщенні. Як показують дослідження, в приміщеннях об'ємна активність радону в середньому дорівнює 40 Бк/м³. Одночасно якнайменше в одному із ста приміщень активність радону перевищує 250 Бк/м³. Дуже великі концентрації радону, які перевищують тисячу, а

іноді і десятки тисяч Бк/м³ зафіксовані переважно в будинках, які знаходяться, як правило, в регіонах з високими значеннями коефіцієнта есхалації і еманіації.

До 1980 року ні в одній країні миру не встановлювалися нормативи на вміст радону в дочірніх продуктах розпаду в приміщеннях. І лише в останні десятиріччя, коли стало очевидним, те, що проблема радону в життєдіяльності людини має певне значення, були введені відповідні нормативи. В даний час для будинків, які знаходяться в експлуатації і будуються, існують граничні показники радону, рекомендовані МКРЗ. Одночасно, кожна країна, залежно від наявності інформації про вміст радону в житлових і службових приміщеннях, приймає свої нормативи.

Відповідно до нормативів США, заходи по захисту від радону в житлових будинках необхідно проводити при його концентрації більш ніж 190 Бк/м³, а при концентрації 140-190 Бк/м³ проведення таких заходів негайно. В Росії встановлені наступні контрольні рівні: в будинках, які будуються, концентрація радону повинна бути не більше 100 Бк/м³, а в будинках, які експлуатуються, - не більше 200 Бк/м³. У випадках, якщо проведені захисні заходи не дають зниження рівня концентрації нижче 400 Бк/м³, необхідно вирішувати питання про переселення жителів.

В нашій країні, відповідно до НРБУ-97, середньорічна еквівалентна активність ізотопів радону в приміщеннях будов і споруд, які будуються і реконструюються для експлуатації з постійним перебуванням людей, не повинна перевищувати рівні: 50 Бк/м³ - по радону-222 і 3 Бк/м³ - по радону-220. В приміщеннях будов і споруд, які експлуатуються з постійним перебуванням людей, ці рівні відповідно рівні 100 Бк/м³ і 6 Бк/м³.

В будинках з концентрацією радону, яка перевищує ГДК, проводяться додаткові роботи з метою підтвердження і уточнення зміряних показників концентрації радону, визначення дочірніх продуктів розпаду в різних частинах будинку. При цьому визначаються найбільші радононебезпечні місця в будинку і джерела надходження радону, а також проводяться заходи щодо їх ліквідації.

Під час надходження радону з ґрунту – це ізоляція підвальних приміщень від ґрунту (бетонування підлоги). Багаторазове зменшення виділення радону з будівельних матеріалів досягається шляхом покриття стін фарбою на епоксидній основі і трьома шарами масляної фарби.

При застосуванні шпалер кількість радону, яка виділяється із стін,

зменшується на 30%. Проте якнайкращі результати зменшення концентрації радону в приміщеннях дає правильно здійснена вентиляція. Аналіз змісту радону в повітрі приміщень за наявності вентиляції показує, що навіть однократний повітрообмін за 1 годину зменшує концентрацію радону на два порядки.

Як радон впливає на організм людини

Радон уражує тканини легенів, викликаючи появу атипових клітин. Утворені в результаті розпаду радону в повітрі його дочірні продукти розпаду (ДПР) відразу ж прикріплюються до мікроскопічних пилинок-аерозолів.

ДПР радону «обстрілюють» альфа- і бета-частинками поверхню легенів. Більша частина опромінення, яке одержує людина протягом життя, – від дочірніх продуктів розпаду радону.

Головний медико-біологічний ефект опромінення від радону та його дочірніх продуктів розпаду – рак легенів. За статистичними даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, кожен п'ятий рак легенів обумовлений підвищеним вмістом радону в приміщеннях.

Також альфа-частинки викликають пошкодження в хромосомах клітин кісткового мозку людини, що збільшує ймовірність розвитку лейкозів.

На кого найбільше впливає радон:

- на курців. Дослідження у багатьох країнах довели, що курці – у групі високого ризику. Радон спричиняє у них рак легенів частіше, ніж у людей, які не палять;
- на дітей. Радон – важчий, ніж повітря, тому він в основному зосереджується на рівні до півтора метри від підлоги. Зріст дитини сприяє активному вдиханню цього небезпечного газу. Крім того, імунна система дитини слабо пристосована до його впливу на організм. Висока активність радону в повітрі приміщення може викликати у вашого сина чи доньки щонайменше дисгармонію в розвитку або розвиток злякисних новоутворень.

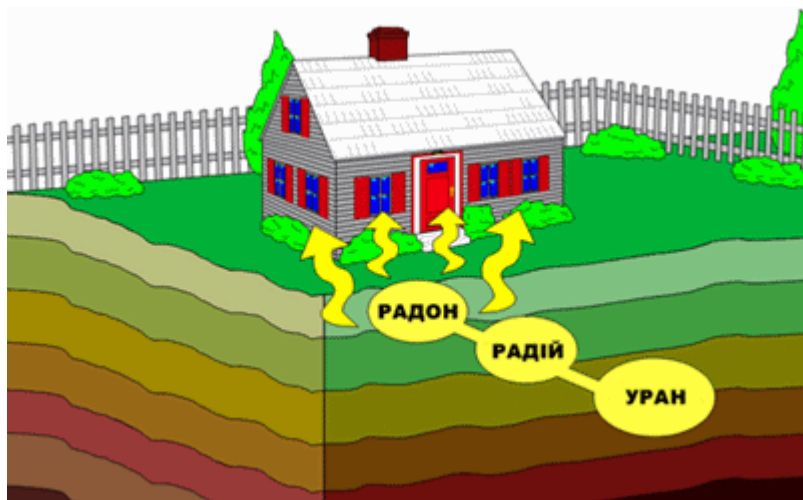
На відкритому повітрі радон розсіюється швидко, але в будинках його активність може перевищувати норму в 5, 10 і навіть більше разів.

На перший погляд ситуація може здатись парадоксальною, але радон при визначеній активності та при невеликому часу впливу має лікувальні властивості: поліпшує роботу нервової системи, органів кровообігу, суглобів. Під впливом радонових ванн прискорюються процеси заживлення нервових волокон, м'язової і кісткової тканини та шкіри, поліпшується діяльність серця, відчувається болезаспокійливий

вплив, нормалізується артеріальний тиск. Однак, іноді відмічається поява негативних реакцій окремих систем організму (вегетативної, нервової системи, симпато-адреналової та ін.).

Вміст радону в приміщенні залежить від конструктивних особливостей будівлі, якості будівельних матеріалів, особливостей експлуатації будівлі, якості роботи вентиляційних систем, швидкості виходу газу з ґрунту, пори доби, пори року і метеорологічних умов. Величина ексхалації (вихід радону на поверхню) істотно залежить від типу і стану ґрунту.

До значного підвищення активності радону в приміщеннях можуть призвести заходи, направлені на збереження в ньому тепла. При герметизації приміщень і відсутності в них якісно діючої системи вентиляції швидкість повітрообміну зменшується, що призводить до збільшення вмісту радону в повітрі.



Найбільші рівні радону накопичуються в одноповерхових сільських будинках з дерев'яною підлогою (які є характерними для нашої області), де практично відсутній захист від проникнення

в приміщення

радіоактивного газу, що виділяється з ґрунту. Ще одне джерело надходження радону в житло – природний газ, що використовується в побутових цілях.

В природний газ радон проникає під землею. В результаті попередньої переробки і зберігання газу, частина радону розпадається або видаляється, але його активність в приміщенні може зрости, якщо на кухні погана вентиляція.

Вміст радону в ґрунтовому повітрі відповідає наявності у ґрунті природних радіоактивних елементів урано-торієвого ряду та характеру сукупності метеорологічних чинників. Зниження атмосферного тиску викликає збільшення вмісту радону в надґрунтовому повітрі; підвищення – зменшує його активність.

Обмерзання і сніговий покрив заважають надходженню радону в повітря, що сприяє його накопиченню в ґрунтах. Найвищі активності радону в ґрунті спостерігаються під найбільш товстим крижаним

покровом. Найбільше значення активності радону в ґрунтовому повітрі спостерігається в період танення снігу і в зимовий період, коли еманация з ґрунту в атмосферне повітря особливо утруднена.

Радон може потрапляти у приміщення багатьма шляхами:

- через негерметичну підлогу;
- через підвальні приміщення;
- через неправильно змонтовану систему вентиляції чи штучне втручання у її проектну роботу;
- через систему водопостачання;
- через будівельні матеріали.

У будинках, побудованих на ґрунті, який містить уран, може спостерігатися понаднормовий рівень радону (особливо в підвалах, але при неправильно працюючій або відсутній вентиляції він може накопичуватися і значно вище). Дослідження показали, що ризик захворювання на рак легенів у тих, хто мешкав протягом багатьох років під впливом підвищеної активності радону, є досить високим.

На жаль, найбільш уразливі для радону найважливіші клітини - статеві, кровотворні та імунні. Частинки іонізуючої радіації ушкоджують спадковий код і, причаївшись, ніяк себе не проявляють, до тих пір, поки «хворий» клітці не настане час ділитися або створювати новий організм - дитини. Тоді мова може йти про мутації клітин, що призводить до збоїв в життєдіяльності людини.

У районах, де переважним породоутворюючим елементом є граніт, можна очікувати і підвищений вміст радону. Радон поступово просочується з надр на поверхню, де відразу розсіюється в повітрі, в результаті чого його концентрація залишається незначною і не представляє небезпеки.

Десятки тисяч людей на Крайній Півночі харчуються в основному м'ясом північного оленя (карібу), в якому обидва згаданих вище радіоактивних ізотопу присутні в досить високій концентрації. Особливо великий зміст полонію-210. Ці ізотопи потрапляють в організм оленів взимку, коли вони харчуються лишайниками, в яких накопичуються обидва ізотопу. Дози внутрішнього опромінення людини від полонію-210 в цих випадках можуть у 35 разів перевищувати середній рівень. А в іншій півкулі люди, що живуть в Західній Австралії в місцях з підвищеною концентрацією урану, отримують дози опромінення, в 75 раз перевершують середній рівень, оскільки їдять м'ясо і тельбухи овець і кенгуру.

Радон вивільняється із земної кори повсюдно, але його концентрація в зовнішньому повітрі істотно розрізняється для різних точок земної кулі. Як не парадоксально це може здатися на перший погляд, але основну частину дози опромінення від радону людина одержує, знаходячись у закритому, непровітрюваному приміщенні. У зонах з помірним кліматом концентрація радону в закритих приміщеннях в середньому приблизно в 8 разів вище, ніж у зовнішньому повітрі.

Для тропічних країн подібні вимірювання не проводилися; можна, однак, припустити, що, оскільки клімат там набагато тепліше і житлові приміщення набагато більш відкриті, концентрація радону всередині їх ненабагато відрізняється від його концентрації в зовнішньому повітрі.

Крім того, підвищений вміст радону спостерігається на перших поверхах житлових будинків і, в першу чергу, в будинках сільського типу, в яких підпілля земляне без цементованого покриття. Радон у такі приміщення піднімається безпосередньо з підпілля. Але, як встановили фахівці, достатньо забезпечити постійну провітрюваність з кратністю 0,5 об'єму приміщення в годину, щоб забезпечити безпечний рівень концентрації радону.

Концентрація радону у верхніх поверхах багатопверхових будинків, як правило, нижче, ніж на першому поверсі. Дослідження, проведені в Норвегії, показали, що концентрація радону в дерев'яних будинках навіть вище, ніж в цегляних, хоча дерево виділяє зовсім нікчемна кількість радону в порівнянні з іншими матеріалами. Це пояснюється тим, що дерев'яні будинки, як правило, мають менше поверхів, ніж цегляні, і, отже, кімнати, в яких проводилися вимірювання, знаходилися ближче до землі-основного джерела радону.

З усього сказаного випливає, що після закладення щілин у підлозі і стінах якого приміщення концентрація радону повинна зменшитися. Дослідження в цьому напрямку тривають, але деякі обнадійливі результати вже отримані. Особливо ефективний засіб зменшення кількості радону, що просочується через щілини в підлозі, - вентиляційні установки в підвалах. Крім того, емісія радону зі стін зменшується в 10 разів при облицюванні стін пластиковими матеріалами типу поліаміду, полівінілхлориду, поліетилену або після покриття стін шаром фарби на епоксидній основі або трьома шарами масляної фарби. Навіть при обклеюванні стін шпалерами швидкість емісії радону зменшується приблизно на 30%.

Основний профілактичний засіб зниження концентрації радону в житловому приміщенні - хороше і систематичне провітрювання.

РАДОН У ВОДІ

Ще один, як правило, менш важливий, джерело надходження радону в житлові приміщення являють собою вода і природний газ. Концентрація радону в звичайно використовуваній воді надзвичайно мала, але вода з деяких джерел, особливо з глибоких колодязів або артезіанських свердловин, містить дуже багато радону



Радон дуже добре розчиняється у воді й може проникати в будівлі по системам водопостачання.

Небезпека високих концентрацій радону в воді полягає в наступному:

- Безпосереднє споживання води з високою концентрацією радону і

продуктами його розпаду

- Значна частина радону спостерігається при використанні води в побутових цілях в закритих приміщеннях (при витіканні води з крана, радон виділяється з неї, в результаті чого концентрація радону у ванній кімнаті або кухні може перевищувати його рівень в інших приміщеннях до 40-50 разів!)

- З водопровідної води радон практично повністю видалається відстоюванням і кип'ятінням.

- Але в повітрі ванної кімнати при включеному гарячому душі його концентрація може досягати високих значень.

Розчинений у воді радон представляє істотну загрозу для здоров'я. З одного боку, він разом з водою потрапляє в травну систему, а з іншого боку, люди вдихають виділяється водою радон при її використанні.

Однак основна небезпека, як це не дивно, виходить зовсім не від пиття води, навіть при високому вмісті в ній радону. Зазвичай люди споживають велику частину води в складі їжі і у вигляді гарячих напоїв (кава, чай). При кип'ятінні ж води або приготуванні гарячих страв радон у значній мірі випаровується і тому надходить в організм в основному з

некип'яченої водою. Але навіть і в цьому випадку радон дуже швидко виводиться.

Високий вміст радону спостерігається у ванній кімнаті при користуванні душем. За даними експертів вміст радону у ванній кімнаті в 30 разів вище, ніж у звичайній житловій. За 7 хвилин включений душ так сильно піднімає концентрацію радону у ванній кімнаті, що тільки через півтори години після його виключення вміст газу знижується до вихідного рівня. Для зниження небезпеки вдихання радону доцільно користуватися нестационарним душем і поливати їм своє тіло, опустивши "лійку" нижче носа.

Основний профілактичний засіб зниження концентрації радону в житловому приміщенні - хороше і систематичне провітрювання.

ЧИ МОЖНА УНИКНУТИ РИЗИКУ?

Від впливу радону можна вберегтися, ізолювавши джерело потрапляння газу в приміщення.

Крім того, існує низка профілактичних антирадонових заходів.

Отже, щоб уникнути ризику виникнення злоякісних новоутворень, потрібно:

- припинити курити;
- покращити вентиляцію у помешканні (обмін повітря);
- часто і регулярно провітрювати житло;
- встановити вентиляцію у підвальному або цокольному приміщеннях (застосувати вентиляцію під підлогою);
- звертати увагу на радіологічні показники будівельних матеріалів, що використовуються для ремонту чи будівництва, не використовувати радононасичені будматеріали;
- герметизувати підлогу та щілини у стінах;
- встановити фільтр зворотного осмосу чи хоча б звичайний вугільний фільтр на воду у разі застосування води із артезіанської свердловини; криничну та артезіанську воду потрібно кип'ятити або відстоювати не менш тижня;
- збільшити кількість зелених насаджень навколо будинку, квітів та декоративних рослин у вазонах усередині помешкання;
- збільшити вживання пектиновмісних продуктів – яблук, смородини тощо.



Для виконання деяких заходів, особливо в осінньо-зимовий період, потрібно вибирати так звану «золоту середину» між деяким збільшенням фінансових витрат на збереження тепла в приміщенні


(привітрювання видаляє тепло) і значним зниженням рівня вашого здоров'я від присутності радіоактивного газу.



Профілактичні антирадонові заходи

Зараз багато людей мають особисті дозиметри для вимірювання загального фону радіації в квартирі. Але для вимірювання рівня радону вони не підходять, тут необхідно викликати фахівців з радіометром радону.

ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ РАДОНУ І ЙОГО ДОЧІРНИХ ПРОДУКТІВ

| Назва приладу | Основні властивості та технічні характеристики |
|---|--|
| <p>Радіометр радону</p> <p>РРА-01М-01</p>  | <p><u>Основні властивості та технічні характеристики:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • діапазон вимірювання об'ємної активності радону (ОАР), Бк·м⁻³ 20-20000; • похибка вимірювання при ОАР: діапазон 20-100 Бк·м⁻³, %, не більше 30; діапазон 100-20000 Бк·м⁻³, %, не більше 20; • тривалість одного вимірювання, хв 3-20; • тривалість безперервної роботи від акумуляторів не менше, год 15; • габаритні розміри, мм 290×155×200; • вага радіометра, кг 3,5 |
| <p>Радіометр радону</p> <p>РРА-01М-03</p>  | <p><u>Основні властивості та технічні характеристики:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • повна автоматизація процесів відбору, вимірювання проб та обробки результатів; збереження всіх результатів (номер вимірювання, номер серії, дата і час вимірювання, температура, вологість, тиск, кількість зареєстрованих розпадів RaA і ThA, абсолютні значення об'ємної активності радону з абсолютною погрішністю); • тривалість безперервної роботи від акумуляторів не менше 10 год; • можливість проведення автоматизованого безперервного екологічного моніторингу навколишнього середовища слідуючими |

| | |
|--|---|
| | <p>параметрами: об'ємна активність радону ($20-20000 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$); об'ємна активність торону ($20-200000 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$); температура навколишнього середовища ($5-50^\circ\text{C}$); тиск ($700-820 \text{ мм.рт.ст.}$); вологість ($30-90\%$).</p> <ul style="list-style-type: none"> • вивід даних на ПЕВМ з графічним наданням інформації та протоколом вимірювання; • вибір проміжку між вимірюванням та часом вимірювання; • інтегральний режим вимірювань; • габаритні розміри, мм $290\times 155\times 200$; • вага радіометра, кг 4 |
| <p>Радіометр аерозолів</p> <p>РАА-10</p>  | <p><u>Основні властивості та технічні характеристики:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • експресне вимірювання об'ємної активності дочірніх продуктів розпаду (ДПР) радону і торону, визначення ЕРОА радону і торону; СПЕКТР-5, тривалість заміру 5 хв; СПЕКТР-2, тривалість заміру 2 хв; «РУЧНИЙ»- вільний вибір часу відбору і вимірювань 1-9999 с; • діапазон вимірювання ЕРОА радону, $\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ 10-105; • діапазон вимірювання ЕРОА торону, $\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ 1-105; • похибка вимірювання ЕРОА радону, не більше 30%; • об'ємне використання повітря через фільтр, л·хв, 15; • тип фільтру АФА РСП-10; • автоматичне переміщення фільтру; • живлення від акумуляторів і від мережі; • кількість замірів при живленні від акумуляторів, не менше: СПЕКТР-5 – 60; СПЕКТР-2 – 100; • габаритні розміри, мм $290\times 110\times 200$; |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • вага, кг 3,5 |
| <p>Інтегральний радіометр радону</p> <p>РГА-04</p>  | <p><u>Основні властивості та технічні характеристики:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • діапазон вимірювання ОАР, Бк·м⁻³ 2-65000; • похибка вимірювань у всьому діапазоні, не більше 30%; • кількість результатів вимірювань, що зберігаються в ОЗУ радіометра не менше 1600; <p>час безперервної роботи, доба не менше 7;</p> <ul style="list-style-type: none"> • габаритні розміри, мм 190×160×90; • тривалість одного виміру залежить від величини ОАР і складає від 1 хв до 200 діб; • вага приладу з сумкою і блоком живлення, кг не більше 1,5; |
| <p>Пробовідбірний пристрій</p> <p>ПОУ-04</p>  | <p><u>Основні властивості та технічні характеристики:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • діапазон вимірювання об'ємної активності радону у повітрі 30-30000 Бк·м⁻³; • діапазон вимірювання об'ємної активності радону у воді 6000-800000 Бк·м⁻³; • діапазон вимірювання об'ємної активності радону в ґрунтовому повітрі 800-800000 Бк·м⁻³; • діапазон вимірювання об'ємної активності радону з поверхні ґрунту 20-1000 мБк·(м⁻²с); • відносна похибка, не більше 40%; • габаритні розміри (комплект в сумці), мм 180×230×340; вага, кг 2,5 |

Крім того, існує низка профілактичних антирадонових заходів. Отже, щоб уникнути ризику, потрібно: покращити вентиляцію у помешканні; часто і регулярно провітрювати житло; встановити вентиляцію у підвальному чи цокольному приміщеннях (концентрація радону в непровітрюваному приміщенні у 8 разів більша!); звертати увагу на якість будівельних матеріалів, що використовуються для ремонт

герметизувати підлогу та щілини у стінах; встановити фільтр зворотного осмосу чи хоча б звичайний вугільний на воду; збільшити кількість зелених насаджень довкола будинку, квітів та декоративних рослин у вазонах усередині помешкання; збільшити вживання пектиновмісних продуктів – яблук, смородини тощо; позбутися шкідливих звичок.

Корисні застосування радону

Але радон не лише шкодить здоров'ю – в природі немає нічого зайвого. Крім важливих досліджень в галузі хімії і фізики, радон використовується в багатьох сферах людського життя.

Радонові ванни призначають при захворюваннях серцево-судинної системи, опорно-рухового апарату, органів травлення, центральної і вегетативної нервових систем, хворобах шкіри та жіночих статевих органів, порушенні обміну речовин тощо. Крім того, радон застосовують при ревматизмі, наслідках поліомієліту, церебральному паралічі, міопатії Дюшенна, хронічних захворюваннях печінки та сечових шляхів.

Також його використовують у сільському господарстві для активації кормів домашніх тварин, у металургії як індикатор для визначення швидкості газових потоків в доменних печах і газопроводах. Геологи з його допомогою знаходять поклади радіоактивних елементів. Сейсмологи, аналізуючи вихід радону з ґрунтів, можуть спрогнозувати сильні землетруси і виверження вулканів. Тому при успішних і своєчасних заходах захисту навіть такий небезпечний радон можна змусити служити людству.

Радон на службі людини

В лікувальних дозах (185,0 - 925,0 Бк/дм³) радон не завдає шкоди організму людини, а навпаки, стимулює його захисні сили, поступаючи через шкіру. Для лікувального впливу на курорті Хмільник використовується мінеральна радонова вода, головним лікувальним фактором якої є альфа - випромінювання. Мінералізація такої води не перевищує 2,5 г / дм³.

Тривалий час ні медики, ні хіміки не могли науково обґрунтувати помічні властивості деяких мінеральних вод курортів Баден-Баден в Німеччині, Гаштейн в Австрії, термальних вод Цхалтубо в Грузії та ін. І тільки з відкриттям у 1896 році явища радіоактивності стало можливим наукове пояснення терапевтичних ефектів різних мінеральних джерел.

Радонолікування – запорука здоров'я та довголіття

Помірні дози радіації, а отже і радонові процедури, стимулюють імунну систему, зокрема роботу клітин-кілерів, знищуючих ракові

клітини, які постійно утворюються в організмі. Цей ефект отримав назву радіаційного гормезису. Зокрема, доведено, що у регіонах зі збільшеним рівнем природного γ -фону смертність від раку серед населення, менша, ніж у місцевостях, де γ -фон нормальний або навіть нижче середнього. У житлових приміщеннях США, де природний вміст радону нижчий за середній фоновий (приблизно 50 Бк/м³), спонтанна захворюваність на рак легень вища, ніж при дозі радону до 200 Бк/м³.

Ще у 1548 році К. Брушиус зазначав у описі Фіхтельгебургу (місцевість в Німеччині з високим вмістом радону): «Тут люди живуть до глибокої старості і якщо хворіють – видужують швидко».

Радонові процедури (водні і повітряні ванни, інгаляції та аплікації, зрошення порожнин, питво радонової води, ректальні свічки з радоном, мікроклізми тощо) справляють виражену знеболюючу, протизапальну, судинорозширюючу, імуномодельюючу, протиалергічну дію й показані при багатьох захворюваннях.

Радонові ванни надзвичайно корисні при захворюваннях, пов'язаних із зниженням імунітету, допомагають долати клімактеричні болі, а також виявляють позитивний ефект при цукровому діабеті, розладах потенції, безплідді.

Радонова мінеральна вода покращує вуглеводний та мінеральний обмін, регулює водно-сольовий баланс, сприяє виведенню з організму шкідливих речовин. Під впливом радону відновлюється в'язкість крові, зменшуються клінічні прояви неврозів та неврозоподібних станів.

Радонові ванни нормалізують функцію щитовидної залози та яєчників, ефективні при лікуванні ендометриозу, а також – є одним з етапів підготовки до запліднення.



Радонові ванни благотворно впливають на уражені ділянки шкіри, покращують їх трофіку, усувають запальні явища, сприяють процесам загоєння і формуванню рубців із структурно впорядкованими волокнами колагену.

Науково доведено, що проходження курсу радонових ванн дозволяє досягнути не тільки значного полегшення симптомів хвороби на термін до 12-18 місяців, але і знизити кількість вживаних ліків протягом 1-го року.

В чому ж полягають лікувальні властивості радонової води?

Вплив радону на живий організм вельми багатогранний. Немає жодної клітини, жодної системи, на яку б не впливав радон. При різних захворюваннях перше місце посідають ті чи інші аспекти лікувальної дії радонових процедур.



При серцево-судинних захворюваннях радонотерапія викликає поліпшення трофіки серцевого м'яза, нормалізацію артеріального тиску, зменшення частоти пульсу і підвищення ударного й хвилинного об'єму серцевого викиду. Радон виявляє антиаритмічну дію. Його спазмолітичний ефект на судини мозку і нижніх кінцівок сприяє усуненню проявів атеросклерозу судин мозку, атеросклерозу судин нижніх кінцівок. При варикозному розширенні вен нижніх кінцівок відбувається зменшення кількості тромбів, венозна стінка тонізується, значно зменшуються набряки на ногах. У підкіркових центрах мозку, відповідальних за судинний тонус, знімається підвищена збудливість, викликана стресом, перевтомою, різними переживаннями.

При шлунково-кишкових захворюваннях пиття радонової води активізує регенерацію (відновлення) слизової оболонки шлунка після резекції, прискорює загоєння виразки шлунка й кишечника, знижує кислотність шлункового соку, посилює скорочувальну функцію гладенької мускулатури жовчовивідних шляхів.

При захворюваннях нервової системи радоновим процедурам притаманна виражена знеболювальна дія. Радон покращує перебіг запальних процесів у нерві, прискорює регенерацію нервового волокна, а також має виразний седативний (заспокійливий) ефект на центральну нервову систему.

При захворюваннях опорно-рухового апарату радонові процедури значно пригнічують запальні процеси, збільшують рухливість ушкоджених суглобів, усувають больовий синдром, і навіть справляють десенсибілізуючий (протиалергічний) ефект. Завдяки впливу на імунну систему, протизапальна дія радону триває довше, ніж в медикаментозних препаратів.

Радонолікування посилює утворення хрящової сполучної тканини, тоді як при використанні більшості ліків спостерігається руйнування хрящової тканини. Радонові ванни нормалізують обмін кальцію в кістковій тканині, посилюють процеси загоєння, що є позитивним чинником у лікуванні й профілактиці остеопорозу, відновленні після травм і переломів.

При урологічних захворюваннях на перший план виходять протизапальна, анальгезуюча, бактеріостатична (пригнічення росту бактерій), спазмолітична дії, зниження рівня сечової кислоти у крові. При сечокам'яній хворобі застосування радону сприяє прискореному виведенню конкрементів (йдеться про конкременти розміром до 7 мм). При простатитах, крім зменшення запалення, набряку і спазму, посилення імунної відповіді, підвищується і рівень чоловічих статевих гормонів.

При захворюваннях жіночої статевої сфери радонотерапія поліпшує кровообіг органів малого тазу, справляє виражений протизапальний і анальгезуючий ефекти що сприяє нормалізації загального стану хворих, менструальної та репродуктивній функції, гормональної активності яєчників. Відмічений позитивний ефект при маткових і клімактеричних кровотечах. Призупиняє ріст фіброміоми матки, розмір якої не перебільшує тримісячної вагітності.

Крім того, радон нормалізує основний (білковий), вуглеводний, мінеральний, холестериновий і водний обмін в організмі. Знижує специфічну реактивність (алергія) і підвищує неспецифічну реактивність (імунітет) організму. Підвищується стійкість організму до інфекційних захворювань. Посилюється протипухлинний імунітет. Радонові ванни прискорюють епітелізацію шкіри в хворих при опіках.

ВИСНОВОК

Таким чином, можна виділити найбільш значимі радіаційні фактори, характерні для всього населення України (глобальні проблеми), і радіаційні фактори регіонального (місцевого) характеру (регіональні проблеми). До таких факторів, в першу чергу, необхідно віднести підвищену кількість радону-222 в житлових приміщеннях, забруднення території в результаті аварії на ЧАЕС і використання вугілля населенням для опалювання жител. Тому для суттєвого зменшення радіаційного ризику, перш за все, необхідно розв'язати глобальні проблеми. І, якщо проблеми, пов'язані з Чорнобильською аварією, хоча б частково розв'язуються, то проблеми, пов'язані з радоном, і іншими радіаційно-небезпечними факторами ще чекають свого рішення.

Відносно високі активності радону відповідальні за 10-20% випадків спонтанного раку легенів, що виявляються у населення, у зв'язку з чим особливо актуальною стає задача створення і здійснення програм по обмеженню опромінювання населення від джерел випромінювання природного походження.

Важливими аспектами таких програм повинне стати проведення широкомасштабних досліджень житлових і суспільних будівель на предмет виявлення в них підвищеної кількості радону і розробка заходів, направлених на зниження його кількості усередині приміщень.