

ВПЛИВ ПРИРОДНИХ ТА ШТУЧНИХ РАДІОНУКЛІДІВ НА СТАН ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ (огляд)

Здійснено огляд основних етапів досліджень з впливу природних та штучних радіонуклідів на стан здоров'я людини. Розглянуто методи профілактики захворювань спровокованих радіоактивним випромінюванням. На основі узагальнення наукової літератури про вплив радіонуклідів на людину запропоновано можливі шляхи розширення лікувальних процедур з використанням водних розчинів, які містять іони калію і мають радіоактивність в діапазоні 20-400 Бк/л, що спричинено радіонуклідом ^{40}K і залежить від концентрації іонів калію.

* * *

Що навколо нас є радіоактивним? Практично все, що нас оточує, та й сама людина випромінює частинки від розпаду атомних ядер, які є складниками всієї живої та неживої матерії. Радіоактивність в певній мірі є природним середовищем, у якому живе людина, якщо ця радіоактивність не відрізняється від природних рівнів. На планеті є ділянки із значно підвищеним рівнем радіаційного фону, в нашому розумінні, однак певних суттєвих відхилень у стані здоров'я населення не спостерігається, оскільки для них це природне життєве середовище. Такою ділянкою із значно підвищеним рівнем радіаційного фону, наприклад, є штат Керала в Індії. Для правильного розуміння, і що більше важливо, для правильної оцінки величин рівнів радіоактивності, які іноді з'являються у друкованих виданнях, необхідно розрізняти: природну радіоактивність та техногенну, тобто зміну радіоактивності життєвого середовища внаслідок господарської діяльності людини (добування корисних копалин, викиди та відходи промислових підприємств та багато іншого). Як правило позбутися від елементів природної радіоактивності практично неможливо. Як можна позбутися від ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th , які повсюди знаходяться в земній корі і є присутніми практично у всьому, що нас оточує, та й зрештою в самих людях? А зменшити вплив цих факторів на людину є цілком реальним для виконання завданням. Наочним прикладом дії радіаційних факторів на людину можуть служити дані вкладу різних факторів у сумарну річну дозу людини (табл.1), приведені за [1]

Таблиця 1. Вклад різних факторів у сумарну річну дозу людини

№	Фактор	Частка, %
1	Опромінення населення продуктами розпаду радону та торону	42
2	Використання іонізуючих випромінювань в медицині	34
3	Природний фон	23
4	Продукти ядерних випробувань	1
5	Використання радіолюмінісцентних товарів	0,1
6	Користування автотранспортом	0,1
7	Атомна енергетика	0,03

З усіх природних радіонуклідів найбільшу небезпеку для здоров'я людини мають продукти розпаду природного урану (^{238}U), тобто радій (^{226}Ra) та радіоактивний газ радон (^{222}Rn). Основними джерелами ^{226}Ra в навколишнє природне середовище є підприємства, які займаються добуванням й переробкою різних матеріалів: добування та переробка уранових руд; добування нафти та газу; вугільна промисловість; промисловість будівельних матеріалів; підприємства енергетичної галузі та інші. ^{226}Ra добре піддається вилуговуванню з мінералів, що містять уран, і цією його властивістю пояснюється наявність значних кількостей радю в деяких підземних водах в тому числі питних і мінеральних (наприклад, радонові ванни застосовуються у медичній практиці), в шахтних водах. Діапазон вмісту ^{226}Ra у підземних водах коливається від одиниць до десятків тисяч Бк/л. Питома активність хлоридно-натрієвих розсолів зумовлена ^{40}K складає 1-500 Бк/л, в залежності від вмісту калію в цих розсолах. Вміст радю у поверхневих природних водах значно нижчий і може складати від 0,001 до 1-2 Бк/л. Суттєвою складовою природної радіоактивності є продукт розпаду ^{226}Ra - ^{222}Rn (радон). Радон – це інертний, радіоактивний газ (період піврозпаду 3,82 дні), найбільш довгоживучий ізотоп еманції, α -випромінювач. Він в 7,5 раза важчий за повітря, тому переважно

нагромаджується в підвалах, цокольних поверхах споруд, в шахтах тощо. Вважається, що до 70% шкідливої дії на населення зумовлено радоном в житлових спорудах (табл.1). Основними джерелами поступлення радону в житлові приміщення є (в міру зростання значимості): водопровідна вода та побутовий газ; будівельні матеріали (щебінь, глина, шлаки, золошлаки та інші); ґрунт під спорудами. Разповсюджується радон в надрах Землі вкрай нерівномірно. Характерним є його нагромадження в тектонічних порушеннях, куди він поступає по системах тріщин з пор та мікротріщин пород. В пори та тріщини радон поступає за рахунок процесу утворення у речовині гірських порід при радіоактивному розпаді ^{226}Ra . Радоновиділення ґрунту визначається радіоактивністю гірських порід, їх емануванням та колекторними властивостями. Так, порівняно слабкорадіоактивні породи, які входять до складу фундаментів споруд та будинків, можуть мати більшу небезпеку, ніж більш радіоактивні, якщо вони характеризуються великою швидкістю розпаду, або розсічені тектонічними порушеннями, в яких нагромаджується радон. При своєрідному "диханні" Землі радон поступає з гірських порід в атмосферу, причому в найбільших кількостях – з ділянок, на яких знаходяться колектори радону (зсуви, тріщини, розломи та інше), тобто геологічні порушення. Спостереження за радіаційним станом у вугільних шахтах Донбасу показали, що в тих із них, які характеризуються складними гірничо-геологічними умовами (наявність чисельних розломів та тріщин у вуглевмісних породах, висока наводненість та інше), як правило, концентрація радону у повітрі шахт значно перевищує встановлені нормативи. Спорудження житлових та громадсько-господарських будівель безпосередньо над розломами та тріщинами гірських порід, без попереднього визначення радоновиділення з ґрунту, приводить до того, що в них з надр Землі поступає ґрунтове повітря, яке містить високі концентрації радону, який нагромаджується в повітрі приміщень і створює радіаційну небезпеку. У зв'язку з цим та враховуючи рекомендації МКРЗ (Міжнародна комісія радіаційного захисту) в Україні встановлені: граничний вміст радіонуклідів в будівельних матеріалах (розділ 8.5.1. НРБУ); вміст радону в житлових приміщеннях (розділ 8.5.3. НРБУ); вміст радону у воді (розділ 8.6.4. НРБУ).

Таблиця 2. Рівні впливу на людину різних техногенних факторів

№	Фактор	Частка, %
1	Матеріали стін будівлі та ґрунт під будівлею	78
2	Повітря	13
3	Вода	5
4	Природний газ	4

Техногенна радіоактивність виникає в результаті діяльності людини, в процесі якої відбувається перерозподіл та концентрування радіонуклідів. До техногенної радіоактивності відноситься добування та переробка корисних копалин, спалювання кам'яного вугілля та вуглеводнів, нагромадження промислових відходів та багато іншого. Рівні впливу на людину різних техногенних факторів ілюструє табл. 2 [1].

Біологічну роль радіонуклідів почали вивчати майже відразу після відкриття радіоактивності, зокрема, досліджували дію радіоактивного випромінювання на рослини. Вже в 1901 р. в перших дослідках Бекереля були отримані дані про затримку розвитку рослин в наслідок дії випромінювання радію. Пізніше (1904 р.) Коєніке М. виявив, що спочатку радію стимулює, а в подальшому гальмує розвиток паростків [2]. Hoffman J. Гофман [3] показав, що уран у концентрації 10^{-3} - 10^{-4} % в живильному середовищі має токсичну дію на дріжджові клітини, пригнічуючи їх розмноження, а в концентрації 10^{-5} % - стимулює їх ріст. Якщо мікродози, які співрозмірні з дозами випромінювання радіоактивного фону, мають сприятливу дію на рослини, то малі дози (від часток до десятків рентгена) по-різному впливають на них. Встановлено також, що дія γ -променів на клітини є тим сильнішою, чим вищою є здатність клітин до розмноження і чим молодшою є клітина. Шкідлива дія радіоактивних елементів, які попадають в організм з повітрям, яке вдихається, досліджена на основі аналізів крові шахтарів, які працюють в умовах, за яких вміст α -частинок у повітрі складає 3 нКі/л. Було виявлено порушення функції кровотворення [4]. Прикладом дослідження впливу хронічної дії радіації в дозах, які можна віднести до умовно нешкідливих, може бути спостереження за білими щурами, здійснене Данецкою Є.В. та Лебедевою М.А. [5]. Автори встановили, що при тривалій неперервній дії протягом 9 місяців малих доз γ -променів (0,05 Р на добу) у білих щурів спостерігалось підвищення кількості вітаміну С, яка виводилася з сечею, при одночасному зменшенні вмісту цього вітаміну в крові.

Важливо відзначити, що радіоактивності, зумовленій ^{40}K присвячена ціла монографія [6]. Вказується, що калій - це елемент, широко розповсюджений у природі, наприклад, в земній корі вміст калію складає біля 2,6 %, завдяки чому радіоактивності ізотопу ^{40}K належить значна роль на Землі. Нагадаємо, що елемент калій складається з двох стабільних ізотопів ^{39}K (93,08%) та ^{41}K (6,91%), а також одного радіоактивного - ^{40}K (0,0119 %). В результаті β -розпаду (88 %) ізотоп ^{40}K перетворюється в стабільний ізотоп ^{40}Ca , а шляхом К-захоплення (12 %) – в ^{40}Ar . При радіоактивному розпаді ^{40}K , який міститься в земній корі, виділяється 13,7 % від загального радіогенного тепла, яке утворюється при розпаді ізотопів ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th . Цікавим є розподіл і поступлення калію в організм людини та його роль, які коротко узагальнені в роботі [6]. Добове споживання людиною калію з їжею складає 3-4 г. Найбільше калію в продуктах рослинного походження (овочі, фрукти, хліб, молоко). В шлунково-кишковому тракті калій повністю всмоктується і через портальну систему поступає в печінку (до 90 %). Частина калію затримується в печінці, а частина повертається в кишківник з жовчю. Більшість калію міститься в секреторних рідинах для травлення. На клітинному рівні калій переважно знаходиться в клітинах тканин, а натрій в міжклітинній рідині. Використання методу мічених атомів (штучний ізотоп ^{42}K) в дослідженнях проникливості на клітинному рівні показало, що калій і натрій легко переходять з плазми крові в еритроцити [7]. Однак концентрація калію в еритроцитах є в 30 раз більшою, ніж в плазмі крові, а натрію в 10 раз вищою ніж в еритроцитах. Важливо, що в м'язевих і нервових клітинах хребетних тварин концентрація калію є значно вищою, ніж в міжклітинній рідині, що характерно тільки для здорового організму, а при патології такий розподіл калію порушується. При збудженні і скороченні м'язів відбуваються два процеси – виділення з клітин іонів калію і їх заміна на іони натрію [6].

Експериментальні дослідження [8,9] показали, що ізольоване серце жаби перестає функціонувати, якщо з живильного середовища вилучити солі калію, однак заміна калію в еквірадіоактивних кількостях іншими радіонуклідами (ураном, торієм, радієм, лантаном, церієм) відновлює ритмічні скорочення серця. Однак в роботах [10,11], які присвячені вивченню діяльності м'яза ізольованого серця жаби в розчині Рінгера, що містив звичайний калій та калій, що був збагаченим ізотопами ^{39}K та ^{40}K , не було виявлено специфічного впливу на цей орган радіоактивності калію. Очевидно, що це питання є важливим і вимагає додаткових експериментальних досліджень.

Нами [12] досліджено радіоактивність деяких вод Трускавецького родовища і показано, що, в основному, вона зумовлена вмістом ^{40}K . В цій роботі обґрунтовано необхідність нормування калію в мінеральних водах, особливо тих, які вживаються внутрішньо. Очевидно, що вміст калію у високомінералізованих водах (розсолах) зумовлений близькістю до Трускавця родовища калійних руд в м. Стебнику. Відомо, що для лікування певних хвороб рекомендують радонові ванни, які, можливо, можна замінити ваннами з певним вмістом калію, які мають питиому радіоактивність 20-400 Бк/л, при концентрації калію 1-18 г/л (наприклад, свердловини 38-РГД та 28-РГД).

В монографії [13] описано дію малих доз радіоактивного опромінення на організм людини, а також розглянуто ефективність застосування природних та оздоровчо-курортних факторів на хворих, які зазнали радіаційного впливу, зокрема, внаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС. Енергетична спектрометрія радіоактивного випромінювання хворих, які зазнали дії малих доз випромінювання протягом тривалого часу після аварії на Чорнобильській АЕС, показала, що через 6-8 років штучних радіонуклідів в організмі вже немає. Результати дослідження впливу радіоактивності на нервову систему та застосування лазеро- та мікрохвильової резонансної терапії в комплексному лікуванні неврозів у ліквідаторів наслідків аварії на Чорнобильській АЕС описані в роботі [14]. Проблеми сучасної діагностики та вибору оптимального методу лікування злоякісних новоутворень щитовидної залози в Україні залишаються актуальними і висвітлені в роботі [15]. Достовірно доведено, що найбільш значимим медичним наслідком аварії на Чорнобильській АЕС в 1986 році став значний ріст папілярного раку щитовидної залози серед населення регіонів України, забруднених радіонуклідами.

Таким чином, проведений огляд даних наукової літератури на вплив радіонуклідів на людину показав можливість розширення лікувальних процедур з використанням водних розчинів, які містять іони калію і мають радіоактивність в діапазоні 20-400 Бк/л, що спричинено радіонуклідом ^{40}K і залежить від концентрації іонів калію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зеленков А.Г. Сравнительное воздействие на человека различных источников радиации. – М.:1990 .
2. Koernike M. Die Wirkung der Radiumstrahlen and die Keimung und des Wachsten // Ber. Dtsch. Ges. – 1904. – Bd.22. – S.1555.
3. Hoffman J. Uranconcentration in Beziehung stehenden zu Organe // Biochem. Z.- Bd.315. – No.1/2 - S.362-365.
4. Henn O. Zur Frage der Toleranzdosis des menschlichen Organismus bei Inhalation von Radium-Emanation // Strahlentherapie. – 1954. – Bd.94. – No.3. – S.441-454.
5. Данецкая Е.В., Лебедева М.А. Влияние малых доз ионизирующего излучения на обмен витамина С в организме // Тезисы докладов конференции по радиационной гигиене. – Ленинград, 1959. – С.42-43.
6. Шевченко И.Н., Даниленко А.И. Природная бета-радиоактивность растений, животных и человека // К.: Наукова думка. – 1989. – 208 с.
7. Hahn L.A., Hevesy G.Ch., Rebbe O.H. Do the potassium inside the muscle cells and blood corpuscles exchange with those present in the plasma? // Biochemistry Journal.- 1939. – V.33.- No.10. – P.1549-1558.
8. Zwaardemaker H. On physiological radioactivity // Journal of Physiology. – 1919/1920. – V.53. – No. 5. – P.273-289.
9. Ernst E., Tiqui Y., Neidetaky A. Herz-Automatismus und Radioactivitat // Acta physiol. Acad. Sci. Hung. – 1959. – V.16. – No.2.- S.61-69.
10. Виноградов А.П., Ковальский В.В. Биологическая роль радиоактивности калия-40 у животных // Доклады АН СССР. Сер. биол. – 1957. – Том 113. - № 2. – С.315-318.
11. Виноградов А.П. Изотоп калий-40 и его биологическая роль // Биохимия. – 1957. – Том.22. – Вып. 1-2. – С.14-20.
12. Івасівка С.В., Бубняк А.Б., Дацько О.Р., Положин І.П. - Особливості нормування загальної бета-активності природних вод.- 3-тя Міжнародна науково-практична конференція (15-16 червня 2004 р) Ресурси природних вод Карпатського регіону (Проблеми охорони та раціонального використання). Збірник наукових праць.- Львів, ЛьВЦНТЕІ, 2004.- 247 с. - С.181-185.
13. Алексеев О.І., Радисюк М.І., Шимонко І.Т. Радіація: санаторно-курортна реабілітація. Київ: "Наукова думка" – 1995. – 94 с.
14. Якущенко И. А. Сочетанное применение внутривенной лазеро- и микроволновой резонансной терапии в комплексном лечении неврозоподобных расстройств ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС (Харьков)
15. Коваленко А.Е. Современные подходы к диагностике и лечению злокачественных опухолей щитовидной железы - <http://www.health-ua.com/articles/1240.html>

Лабораторія радіології і хіміко-бактеріологічна лабораторія ГГРЕС, ЗАТ “Трускавецькурорт”

Дата поступлення: 03.03.2007 р.