

ФІЗІЧНЫЯ АСНОВЫ РАДОН-ІНДУКАВАНАГА РАКУ ЛЕГКАГА. ДАЗІМЕТРЫЧНЫ ПАДЫХОД ДА АЦЭНКІ РЫЗЫКІ РАДОНУ

Байко Д.А.

*Беларускі дзяржаўны медыцынскі ўніверсітэт,
Беларусь, Мінск*

У дадзеным артыкуле разглядаецца сучасны стан ведаў аб працэсах, якія ўдзельнічаюць у індукцыі рака лёгкага прадуктамі распаду радону. Аўтарамі даследавання абгрунтоўваецца дазіметрычны метада ацэнкі радонавай рызыкі з выкарыстаннем колькасных паказчыкаў МКРЗ (ICRP 1991). Таксама раскрываюцца біялагічныя і механістычныя асновы эпідэміялагічнага аналізу мадэляў рызыкі. Нароўні з дазіметрычным метадам разглядаецца біялагічны і эмпірычны, у сувязі з практычнасцю і далейшай рэалізацыяй апошніх ў мадэлях рызык BEIR VI.

Ключавыя словы: радон, анкалагічная рызыка, дазіметрыя, BEIR VI.

THE PHYSICAL BASIS OF RADON-INDUCED LUNG CANCER. DOSIMETRIC APPROACH TO RADON RISK ASSESSMENT

Baiko D.A.

*Belarusian State Medical University,
Belarus, Minsk*

This article reviews the current state of knowledge about the processes involved in the induction of lung cancer by radon decay products. The authors of the study justify the dosimetric method of radon risk assessment using quantitative indicators of ICRP (ICRP 1991). Biological and mechanistic bases of epidemiological analysis of risk models are also provided. Along with the dosimetric method, the biological and empirical method is considered, in connection with the victories and further implementation of the latter in the BEIR VI risk models.

Key words: radon, cancer risk, dosimetry, BEIR VI.

У дакладзе шостага камітэта Нацыянальнага даследчага савета па біялагічным уздзеянні іанізуючых выпраменьванняў (BEIR VI), узятага за аснову нашай працы, разглядаецца рызыка развіцця рака лёгкага, звязаная з уздзеяннем радону і яго радыёактыўных нашчадкаў. Эпідэміялагічныя даследаванні на шахцёрах доказна паказалі, што радон, прыродны газ, які ўтвараецца ў выніку распаду ўрану ў зямлі, выклікае рак лёгкага. Маюцца дадзеныя эксперыментальных даследаванняў на жывёлах, якія пацвярджаюць, што радон з'яўляецца прычынай рака лёгкага, а таксама

малекулярныя і клеткавыя даследаванні, якія даюць уяўленне аб механізмах, з дапамогай якіх радон выклікае гэты від рака. Радон-222 валодае агульнапрызнанай радыётаксічнасцю і анкагеннасцю. Фактычна, ён з'яўляецца другім па частаце фактарам, які выклікае рак лёгкага, саступаючы толькі курэнню тытуню. Адзначаецца, што найбольшая доза радону назіраецца ўнутры закрытых памяшканняў. Зыходзячы з гэтага, мы правялі сістэматычны агляд навуковых публікацый, у якіх былі вымераны ўзроўні радону ў жылых памяшканнях розных краін. Далей прыведзены краіны з найбольш высокім паказчыкам сярэдняй канцэнтрацыі радону: ЗША (8,87 мЗв/год), Іран (макс. 8,28 мЗв/год), Швецыя (7,4 мЗв/год), Паўднёвая Карэя (4,08 мЗв/год).

На тэрыторыі Беларусі таксама праводзіліся падобныя вымярэнні Аб'яднаным інстытутам энергетычных і ядзерных даследаванняў – Сосны Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Так, па дадзеных Інстытута, аб'ёмная раўнаважная канцэнтрацыя радону ў жылых памяшканнях Віцебскай вобласці складае 4,6 мЗв/год, а не менш за 2% памяшканняў, якія эксплуатауюцца па ўсёй Рэспубліцы Беларусь маюць паказчык вышэй рэфэрэнтнага ўзроўню ў 10 мЗв/год [1].

Вывучэнне розных па фізічнай прыродзе анкагенных фактараў дазволіла паказаць, чаму іх уздзеянне прыводзіць да ўзнікнення падобных па сваёй фізіялогіі пухлін. Іянізавальнае выпраменьванне, уключаючы альфа-выпраменьванне радону, не асабліва эфектыўна выклікае кропкавыя мутацыі, але пры гэтым з высокай эфектыўнасцю выклікае вялікую колькасць рэцыпрокных транслакацый [2]. Такім чынам, пры ацэнцы радыяцыйнага пашкоджання альфа-частыцамі, найбольш верагоднымі кандыдатамі на першыя змены з'яўляюцца рэцыпрокныя транслакацыі.

Дазіметрычны метада, адзін з метадаў, якія выкарыстоўваюцца BEIR VI, дазваляе ацаніць рызыкі са сваімі перавагамі. Аднак варта адзначыць, што для камітэта дадзены падыход не з'яўляецца прыярытэтным, у параўнанні з эмпірычным, пра які таксама будзе напісана далей. Дазіметрычны метада грунтуецца на дадзеных аб людзях, якія атрымалі апрамяненне падчас атамнай бамбардзіроўкі ў Хірасіме і Нагасакі. Дадзены падыход перакладае вядомае значэнне ўздзеяння гама-выпраменьвання ў вынік ўздзеяння альфа-выпраменьвання распаду радону, для атрымання ацэнак рызыкі [3]. Перавод велічынь уключае ў сябе наступныя этапы:

1. Выкарыстанне фізічных дазіметрычных мадэляў для ацэнкі дозы на эпітэлій лёгкіх чалавека, які жыве ў памяшканні з вядомай канцэнтрацыяй радону ў паветры.

2. Пераўтварэнне дозы альфа-часціц у эквівалентную дозу, выкарыстоўваючы адпаведны вагавой каэфіцыент для альфа-часціц, якія знаходзяцца ў эпітэліі бронх.

3. Пераўтварэнне эквівалентнай дозы ў эфектыўную, выкарыстоўваючы адпаведны каэфіцыент ўзважвання тканін лёгкіх (ICRP, 1990). (Крок 3 можна апусціць і на кроку 4 выкарыстоўваць ацэнкі рызыкі, заснаваныя на гама-апрамяненні, для канкрэтных лёгкіх).

4. Выкарыстоўванне каэфіцыенты рызыкі для ацэнкі рызыкі сукупнага ўздзеяння радону на адзінку эфектыўнай дозы, заснаваныя галоўным чынам на дадзеных аб тых, хто выжыў пасля атамнай бамбардзіроўкі [3].

Камітэт надаў увагу гэтаму падыходу ў даследаванні, таму што моцным бокам дазіметрычнага метаду з'яўляецца вялікая група дадзеных, атрыманых у выніку катастрофы ў Хірасіме і Нагасакі. Істотным мінусам дадзенага падыходу з'яўляецца неабходнасць выкарыстання каэфіцыента ўзважвання, што дазваляе выказаць здагадку аб магчымасці недакладнасцяў у выніковых разліках рызыкі на вялікія групы насельніцтва. Таксама падыход мае слабасць з-за абмежаванняў дазіметрыі і неабходнасці экстрапаляваць дадзеныя аб папуляцыі, якая падверглася апрамяненню ў Японіі, на іншыя групы насельніцтва з рознымі фонавымі захворваннямі на рак легкага.

Праведзены Камітэтам агляд клеткавых і малекулярных дадзеных адыграў цэнтральную ролю ва ўдакладненні мадэлі рызыкі. Гэты агляд прывёў да выбару лінейнай непарогавай залежнасці паміж рызыкай развіцця рака лёгкага і уздзеяннем радону. Асноўнай мадэллю стала эмпірычная мадэль. Аднак камітэт прызнаў, што іншыя тыпы ўзаемасувязі, уключаючы пароговыя і крывалінейныя, нельга выключыць з поўнай упэўненасцю, асабліва пры самых нізкіх узроўнях апраменьвання. На экстрапаляцыю больш высокіх на больш нізкія ўзроўні апрамянення радонам таксама ўплывае эфект “зваротнай магутнасці дозы”, які азначае павялічванне эфекту дадзенага сумарнага апраменьвання па меры памяншэння часу апрамянення, як прадэманстравана эксперыментамі *in vivo* і *in vitro* для выпраменьвання з высокай прапусканай здольнасцю, уключаючы альфа-часціцы, з дадзенымі па шахцёрам. Каб ўлічыць гэты эфект “зваротнай магутнасці дозы”, камітэт увёў параметры, адзін з якіх залежыць ад канцэнтрацыі радону ў паветры, а другі - ад працягласці ўздзеяння радону. Гэта прывяло да з'яўлення двух альтэрнатыўных мадэляў - мадэль *exposure-age-concentration* і мадэль *exposure-ageduration model*. У дакладзе BEIR VI, як і ў дакладзе BEIR IV, была нададзена ўвага разліковага пераходу ад доз, абумоўленых прафесійным апрамяненнем шахцёраў, да ўздзеяння радону ў паветры жылых памяшканняў з дапамогай каэфіцыента К. Магчымасці выкарыстання дадзенага каэфіцыента ёсць у самім даследаванні BEIR VI, а таксама ў частцы айчынных навуковых артыкулаў [4].

Такім чынам, дазіметрычны метада з'яўляецца абгрунтаваным пры наяўнасці неабходных дадзеных і дакладным вывучэнні вышэйпаказанага перакладу адных велічынь (дадзеных аб гама-выпраменьванні) у іншыя

(масавыя дадзеныя аб канцэнтрацыі радону). Аднак актуальным аўтары дадзенага артыкула, як і камітэт BEIR VI, пакідаюць эмпірычны падыход, заснаваны на лінейнай непараговай залежнасці. Дадзеная праца камітэта дазваляе з адсутнасцю перашкод вылічыць ERR і прыкласці намаганні па зніжэнні дадзенай рызыкі.

Спіс літаратуры

1. Жук, И. В. Исследование уровней содержания радона в воздухе зданий на территории некоторых административных районов Витебской области / И.В. Жук [и др.]. – М.: Журнал Белорусского государственного университета «Экология». – 2021. – № 61. – 66 с.
2. Health Effects of Exposure to Radon. Committee on Health Risks of Exposure to Radon (BEIR VI). National Academy Press. Washington, 1999 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25121310/>. – Дата обращения: 01.04.2024.
3. Радиационная безопасность: рекомендации МКРЗ 1990 г. / Публикация 60 МКРЗ, ч. 2.; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат. – 1994. – С. 208.
4. Сосновский, А. В. Подходы к расчету рисков для жизни при развитии рака легкого, обусловленного воздействием радона, содержащегося в воздухе жилых помещений / А.В. Сосновский // Сборник научных статей Республиканской научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 30-летию кафедры экологической и профилактической медицины Гомельского государственного медицинского университета. – 2023. – С. 122.