

Улаанбаатар Хотын Зарим Сургууль, Цэцэрлэгийн Байрны Агаар Дахь Радоны Судалгаа

Б. Уранчимэг*, Н. Норов

Монгол улсын их сургууль, Цөмийн физикийн судалгааны төв

Энэхүү өгүүлээр Улаанбаатар хотын 120 их, дээд болон ерөнхий боловсролын сургууль болон цэцэрлэгийн 367 байрлалд радоны эзлэхүүний идэвхийг РАД7 багажаар хэмжиж, радоноос авах цацрагийн эффектив тунг тодорхойлж, Монгол Улсын зөвшөөрөгдөх хэмжээтэй харьцуулан, хэмжилтийг өгөгдлүүдийг ашиглан математик статистикийн аргаар түгэлтийн функцийг байгууллаа.

Түлхүүр үг: радон, торон, актинон, радоны эзлэхүүний идэвх, эффектив тунг

I. УДИРТГАЛ

Манай орны хувьд цахилгаан станц, уурын зуухны цацраг идэвх ихтэй хаягдал үнсийг ашиглаж үнсэн блок үйлдвэрлэх, ханын материалд ашиглах, байшингийн дулаалгад шууд ашиглах зэрэг сөрөг үзэгдлүүд байдаг. Энэ нь хэдий хэмжээний цацраг идэвхтэй үнс ашиглаж байгаагаас шалтгаалж үйлдвэрлэж байгаа зарим барилгын материал цацрагийн аюулгүй байдлын шаардлага хангахгүй тохиолдолд тэнд ажиллаж, амьдарч, суралцаж байгаа хүмүүсийн эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлэхийг үгүйсгэх аргагүй.

Радон нь ураны цацраг идэвхт задралын бүлд радийн задралаар үүсдэг цацраг идэвхтэй инертийн хий юм. Байгалийн цацрагийн дэвсгэр түвшний эх үүсвэрийн 55%-ийг радон эзлэх бөгөөд түүний 69.3%-ийг барилга байгууламж дахь радон, 18.5%-ийг цооногийн усны радон, 9.2%-ийг гаднах агаар дахь радон, 2.5%-ийг барилгын материалын радон, 0.5%-ийг хүн амын хэрэглээ ундны усны радон тус тус эзэлж байна [1]. Радон нь хөрснөөс, гадна агаар, түүнчлэн барилгын материал, шугам хоолойн ус, ундны ус зэргээр орон байрны агаарт хуримтлагддаг байна [2,3]. Радоны хийгээр амьсгалсан тохиолдолд радоны богино настай задралын бүтээгдэхүүний ионжуулах альфа бөөм уушгины эд эстэй харилцан үйлчлэн хавдар үүсгэх, цаашлаад альфа бөөм генетикийн эсэд гэмтэл учруулж ДНК-ийн түвшинд нөлөө үүсгэж болдог [1;3]. Радоны агаар дахь агуулга намрын сүүлчээс өвлийг дуустал хамгийн их, хаврын сүүлчээс зуныг дуустал хамгийн бага, шөнө, өглөө, үүрээр хамгийн өндөр, хагас үед хамгийн бага байдаг [1-5].

Улаанбаатар хотын хүн амын дийлэнх хувийг эзэлдэг сургууль, цэцэрлэгийн насныхны сургууль, цэцэрлэгийн барилгын орон байрны агаар дахь радоны эзлэхүүний идэвхийн хэмжээг судалж, үндэсний болон

олон улсын зөвшөөрөгдөх хэмжээтэй харьцуулах, мөн радоноос авч байгаа цацрагийн тунг үнэлж, хэмжилтийг өгөгдлүүдийг ашиглан математик статистикийн аргаар түгэлтийн функцийг байгуулахыг зорьсон.

Дэлхийн эрүүл мэндийн байгууллага (World Health Organization)-аас гаргасан орон байрны агаарын радоны судалгаагаар насанд хүрэгчдээс илүү цэцэрлэг, сургуулийн насныхан, мөн тамхи татдаг хүмүүсээс илүүтэй тамхи татдаггүй хүмүүс илүү өртдөг болохыг тогтоосон байна [1].

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

XV-XVI зууны үед хар тугалганы хүдэр олборлох үед Австрийн уурхайчид нууцлаг “Уулын өвчин”-өөр үхэх нь их байв. 1879 онд Хартинг ба Хессе нар энэ уурхайчдын мэргэжлийн өвчлөл нь уушигны рак байж болох тухай бичиж байв. 1987 оноос Рак өвчний судалгааны Олон Улсын Төв (CIRC, Лион, Франц) хүмүүст уушгины рак үүсгэгч радоны задралын бүтээгдэхүүнүүдийг ангилжээ. 1994 онд Рак Өвчлөлийн Үндэсний Дээд Сургууль газар доорх уурхайн 11 ажилчдыг хамруулсан судалгаа шинжилгээ явуулав. Энэ шинжилгээ нь 65 мянгаас илүү ажилчдын өгөгдөл дээр үндэслэсэн ба 2620 хүн уушгины ракаар өвчилсөн тохиолдол гарчээ. Зарим үзүүлэлтүүдээр радон нь хүүхдэд насанд хүргэгчдээс илүү мэдрэмтгий байгааг харуулжээ [3;4].

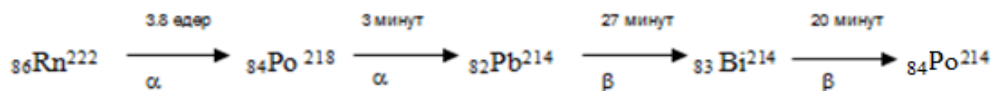
Радон (^{222}Rn) нь өнгө, үнэр, амтгүй, цацраг идэвхт, агаараас 7.5 дахин хүнд хий байдалтай, альфа бөөм цацаруулдаг ба радоны бүлийн цацраг идэвхтэй гэж нэрлэгдэх хэд хэдэн цацраг идэвхтэй нэгдлийг үүсгэдэг. Радоны байгалийн 3 цацраг идэвхт изотоп байдаг [2]. Үүнд:

- Радон ^{222}Rn (Rn), $T_{1/2} = 3.82$ хоног
- Торон ^{220}Rn (Tn), $T_{1/2} = 55.6$ с

*Electronic address: Urnaa_r@yahoo.com

- Актинон ^{220}Rn (An), $T_{1/2} = 3.96$ с Энд: $T_{1/2}$ – хагас задралын үе
Радоны задралын богино наст

бүртгэдэг. Детектор цахилгаан соронзон оронтой бөгөөд эерэг цэнэгтэй бөөмийг өдөөж өгдөг. Энэ нь ямар изотоп (полони-218, полони-



Зураг 1. Радоны задралын бүтээгдэхүүнүүд

бүтээгдэхүүнүүд (^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{212}Pb , ^{212}Bi , ^{211}Pb , ^{211}Bi)-ийн задралыг 1-р зурагт харуулав.

Ураны хольцтой чулуулаг, хөрсөнд радоны агуулга их байна. Байгалийн хий, ус, гаднах агаар, барилгын материал, барилга доорх хөрсөнд байдаг ба радон нь хана, шал, усан хангамжийн систем, холболтын хоолойнуудаар дамжин, орон байранд нэвтэрч ордог. Орон байрны агаар дахь радоны эзлэхүүний идэвх гаднах агаар дахь хэмжээнээс дунджаар 8 дахин их байдаг.

Радоны хийгээр амьсгалсан тохиолдолд радоны богино настай задралын бүтээгдэхүүнүүд альфа цацрагийг гаргаснаар уушгины эд эстэй харилцан үйлчлэн өвчлөл, хавдар үүсгэх ба цаашлаад ДНК-д гэмтэл учруулдаг. Радоны хий, тамхи татах хоёр зэрэгцэхээр уушгинд маш ноцтой аюул буюу хорт хавдар үүсгэдэг. Дэлхийн янз бүрийн нутаг дэвсгэрт орон байрны агаар дахь радоны дундаж эзлэхүүний идэвх $11-140 \text{ Бк/м}^3$ ба Европ, хойд Америкт радоны дундаж эзлэхүүний идэвх $10-50 \text{ Бк/м}^3$, Скандиновийн хойгийн орнуудад 20000 Бк/м^3 -д хүрдэг байна [1-4; 14]. Агаар дахь радоны эзлэхүүний идэвхийн хэмжээ хамгийн их улсууд: Казакстан -5000 Бк/м^3 ; Солонгос- 1350 Бк/м^3 ; Иран – 3070 Бк/м^3 ; БНХАУ- 380 Бк/м^3 илэрсэн байна. Олон улс оронд орон байрны агаарт радоны зөвшөөрөгдөх хэмжээг тогтоож ($150-400 \text{ Бк/м}^3$) стандартчилсан байдаг [1]. Манай орны хувьд мөн орон байрны радоны зөвшөөрөгдөх хэмжээг хуучин ($<200 \text{ Бк/м}^3$) болон шинэ ($<100 \text{ Бк/м}^3$) барилгын хувьд тогтоосон стандартыг мөрддөг [7].

III. СУДАЛГААНЫ АРГА, АРГА ЗҮЙ

Судалгаанд Америкийн нэгдсэн улсад 2009 онд үйлдвэрлэсэн, $-40+60^\circ\text{C}$ температурт ажилладаг, нэг минутанд 1 литр агаар сорж, ундны ус, ажлын болон орон байрны агаар, хөрсний хийн дэх радон болон тороны $4-40000 \text{ Бк/м}^3$ эзлэхүүний идэвхийг тодорхойлох цахиур детектор бүхий зөөврийн РАД7 багажийг ашиглав. Цахиурт детектор нь $0-10 \text{ МэВ}$ энергийн мужид альфа бөөмийн энергийг

214 гэх мэт)-ын цацраг болох түүнчлэн шууд шинэ үүссэн радоныг хуучин радон, тораноос ялгаж дохио өгдөг. ^{222}Rn нь альфа задралд орж эерэг цэнэгтэй ^{218}Po ион болж хувирдаг. Цахилгаан орноор энэ эерэг цэнэгтэй ионыг удирдан детекторт бүртгэдэг. ^{218}Po изотопын хагас задрал үе богино (3.1 минут) учраас детекторын гадарга дээр туссан альфа бөөмийн бүртгэж, альфа бөөмийн энергитэй пропорционалаар цахилгаан соронзон долгион болгон хувиргадаг.

РАД7 зөвхөн ^{218}Po -ийн дохиог ашиглан радоны эзлэхүүний идэвхийг тодорхойлох бөгөөд хагас задралын үе урттай радоны задралын дараа дараагийн бүтээгдэхүүнүүдийг бүртгэхгүй. Орон байрны төв хэсэгт, шалнаас дээш $75-120 \text{ см}$, цонх, хана, задгайзуух, хаалга болон нарны шууд тусгалаас аль болох хол байлган хэмжинэ [6].

IV. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Судалгаанд нийт 6 дүүргийн 120 сургууль, цэцэрлэгийн 367 байрлал (хичээлийн анги, танхим, подваль, шатны хөндий)-д радоны хэмжилт хийв. Барилгын насжилтийн хувьд 1960-1980-аад оны барилгууд дийлэнх хувийг эзэлсэн.

Хүснэгт 1: Хэмжилтэд хамрагдсан нийслэлийн сургууль, цэцэрлэгийн болон хэмжилтийн тоо

Дүүрэг	Нийт сургууль	Хэмжилтийн тоо	Стандарт-с хэтэрсэн хэмжилтийн тоо
Хан-уул	17	47	24
Чингэлтэй	18	57	14
Сүхбаатар	28	90	30
Баянзүрх	20	66	20
Баянгол	16	56	20
Сонгинохайрхан	21	60	26
Нийт	120	376	134

I. ОРОН БАЙРНЫ АГААР ДАХЬ РАДОНООС АВАХ ЭФФЕКТИВ ТУНГИЙН ЧАДАЛ:

Орон байрны агаар дахь радоны эзлэхүүний идэвхээс эффектив тунг үнэлэхийн тулд агаар дахь радоны эзлэхүүний идэвхийг тунгийн чадалд шилжүүлэх коэффициент, радоны задралын бүтээгдэхүүний хоорондох цацраг идэвхийн тэнцвэрийн коэффициент, тухайн байранд хүүмүүсийн байрлах хугацаа зэргийг авч үзнэ. 2000 оны UNSCEAR тайланд радоны эзлэхүүний идэвхийг тунгийн чадалд шилжүүлэх коэффициентийг Bk/m^3 бүрт 9.0 мЗв/цаг байхаар үнэлэн, орон байр дахь ^{222}Rn цацраг идэвхийн тэнцвэрийн коэффициент 0.4 , сургууль дотор сурагч, оюутны байх хугацааны коэффициент 0.3 гэж үзвэл, сургууль, цэцэрлэгийн тухайн байршилд сурагч оюутны жилд авах эффектив тун (H_E)-г дараах томъёогоор тооцоолно [3;9]:

$$H_E = C_{Rn} * F * T * D \quad (1)$$

C_{Rn} – ^{222}Rn –ы эзлэхүүний идэвх, Bk/m^3

F – Агаар дахь ^{222}Rn -ы цацраг идэвхийн тэнцвэрийн коэффициент- 0.4

T – Сургууль дотор сурагч, оюутны байх хугацаа ($0.3 \cdot 24 \text{ цаг} \cdot 365.25 \cong 2630 \text{ цаг/жил}$),

D - Тунгийн чадалд шилжүүлэх коэффициент- 1 Bk/m^3 бүр дэх эзлэхүүний идэвх нь $9.0 \cdot 10^{-6} \text{ мЗв/цаг}$ тунд харгалзана.

Судалгаагаар агаар дахь радоны эзлэхүүний идэвх хамгийн их 550 Bk/m^3 байхад тухайн байранд хичээлд сууж байгаа сурагчийн жилд авах эффектив тун 5.2 мЗв (хүснэгт 1) болно.

Хүснэгт 2: Радоны эзлэхүүний идэвхээс жилд авах цацрагийн эффектив тунг тооцоолсон дүн

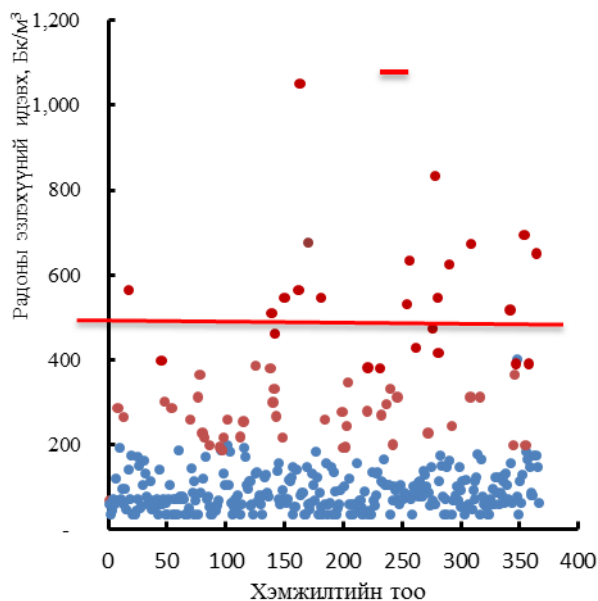
I. МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ

Радоны эзлэхүүний идэвх, Bk/m^3	Эффекти в тун, мЗв	Радоны эзлэхүүний идэвх, Bk/m^3	Эффекти в тун, мЗв
50	0.47	170	1.61
80	0.76	190	1.80
100	0.95	200	1.89
120	1.14	400	3.79
150	1.42	550	5.21

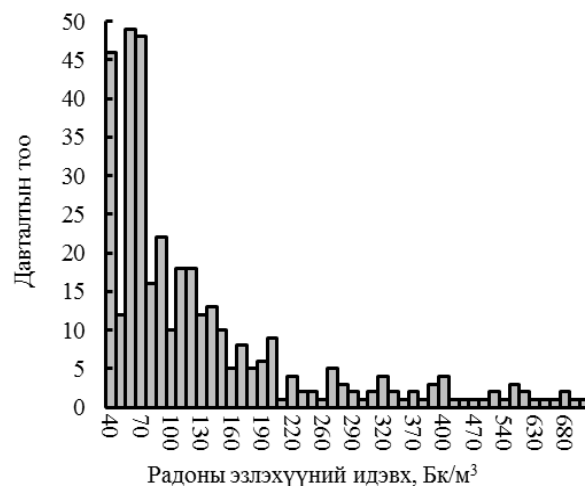
СТАНДАРТ (MNS 5627:2006)-ТАЙ ХАРЬЦУУЛСАН ДҮН:

Судалгааны үр дүнд математик статистик анализ хийх зорилготой хэмжилтийн утгаар

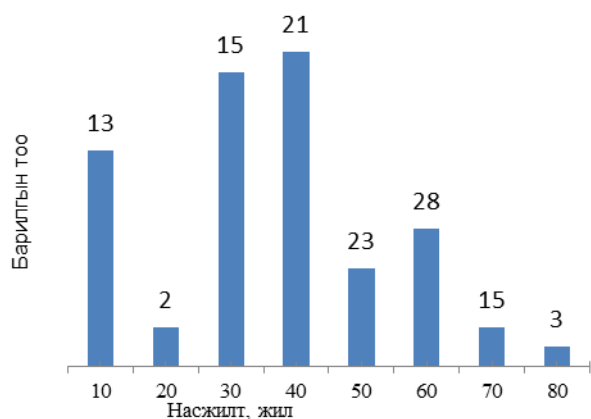
байгуулсан гистограммыг 4-р зурагт харуулав. Хэмжилтийн тоо: $n=367$, 120 сургууль, цэцэрлэг, арифметик дундаж 138 Bk/m^3 , геометр дундаж 99 Bk/m^3 , хамгийн их утга 1052 Bk/m^3 , хамгийн бага утга 34 Bk/m^3 , медиан 86 Bk/m^3 байна.



Зураг 2: Хэмжилтээр хийсэн дүнг Монгол улсын үндэсний стандарт (MNS 5627:2006) тай харьцуулан үзүүлэв.



Зураг 3: 1940-өөд онд баригдсан барилгыг 80 настай гэж үзнэ.



Зураг 4. Радоны эзлэхүүний идэвхийн өөрчлөлтийн гистограм

II. ДҮГНЭЛТ

1. Нийслэлийн 6 дүүргийн 5 их дээд, сургууль, 63 ерөнхий боловсролын сургууль, 52 цэцэрлэгийн нийт 120 байгууллагын орон байрыг хамруулсан ба нэг сургууль, цэцэрлэгт дунджаар 2-4 өрөө, тасалгаанд буюу нийт 367 радоны хэмжилт хийлээ.
2. Хэмжилтийн дүнгээс харахад 200 Бк/м³-ээс дээш хэмжээтэй 62 тохиодол, доош хэмжээтэй 305 тохириол, харин 200-400 Бк/м³ хоорондох утга 49 тохиодол тус тус байна.
3. Судалгааны дүнгээс үзвэл цацраг идэвхт радоны агууламж 367 байрлалд МУ-ын

үндэсний стандарт хэмжээнээс өндөр буюу 202-1600 Бк/м³ хэмжээтэй илэрсэн байна. Үүнд 5 их дээд, 28 ерөнхий боловсролын сургууль, 24 цэцэрлэгийн подваль, 1-р давхрын хичээлийн анги танхим, шатны хөндий хамаарч байна.

4. Их дээд болон ерөнхий боловсролын сургууль, цэцэрлэгийн барилгын насжилтын хугацааг 1940-2010 он хүртэл арав, арван жилээр жилээр нь гаргалаа. Судалгаанд сонгосон нийт барилгын 13 хувь нь 2007 оноос хойш буюу 9 жилийн настай, 17 хувь нь 20-30 жилийн настай, 68 хувь нь 40-60 жил, 2 хувь нь 80 аас дээш жилийн насжилттай барилга хамрагдсан болно.
5. Нийт радоны 367 хэмжилтийн арифметик дундаж 138 Бк/м³, геометр дундаж 99 Бк/м³, хамгийн их утга 1052 Бк/м³, хамгийн бага утга 34 Бк/м³ байна. Хэмжилтийн хамгийн их утга нь 1052 Бк/м³ байгаа нь БНСУ-ийн орон байрны агаар дахь радоны эзлэхүүний идэвхийн хамгийн их утга (1350 Бк/м³)-тай ойролцоо байна.
6. Радоны эзлэхүүний идэвхийн утга 550 Бк/м³ байхад сурагчдын авах эффектив тун 5.2мЗв/жил нь хүн амын жилд зөвшөөрөгдөх хэмжээ-1 мЗв/жил-ээс 5.2 дахин их болно.

- [1] Дэлхийн эрүүл мэндийн байгууллага, WHO, "HANDBOOK ON INDOOR RADON", 2009 он
- [2] WHO, UNSCEAR 2006 Report "Effects of ionizing radiation",
- [3] Олон улсын атомын энергийн агентлаг IAEA; Basic safety standards: DS421: Protection of the Public against Exposure Indoors due to Natural Sources of Radiation, 2012 он,
- [4] Олон улсын атомын энергийн агентлаг IAEA; Radiation Protection and Safety of radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements Part 3, 2011 он,
- [5] Ус, хөрс, агаарт радонг тодорхойлох РАД 7 багажтай ажиллах арга аргачлал, 2009 он
- [6] MNS 5627:2006 "Орон байрны агаар дахь радоны зөвшөөрөгдөх хэмжээ",
- [7] MNS 5632:2006 "Усан дахь радоны хэмжээг тодорхойлох гаммаспектрометрийн арга",
- [8] Цацрагийн аюулгүйн норм; цацрагийн ариун цэврийн үндсэн дүрэм-83, 1984 он,