

УСАН ДАХЬ РАДОНЫГ ТОДОРХОЙЛОХ ЦӨМИЙН ФИЗИКИЙН АРГУУДЫН ХАРЬЦУУЛСАН АНАЛИЗ*

Н. Норов, Ц. Оюунчимэг, Г.Хүүхэнхүү

МУИС, Цөмийн судалгааны төв
e-mail : n_norov@hotmail.com

Түлхүүр үг : Шингэн сцинтиллятор, гамма-спектрометр, цөмийн мөрийн хатуу биет детектор, хувийн идэвх

Товч утга : Усан дахь радоны цацраг идэвхт задралын богино наст бүтээгдэхүүнүүдийн альфа-бөөм, γ -цацрагийг шингэн сцинтилляторт спектрометр, цэвэр германий γ -спектрометр, диэлектрик детектор зэргээр бүртгэж үр дүнг харьцуулан анализ хийх замаар хувийн идэвхийг тодорхойлов.

ОРШИЛ

Ундны усны физик, химийн шинж чанарыг нарийн судалж үнэлгээ дүгнэлт гаргах, стандарт боловсруулах явдал аливаа улсын хүн амын эрүүл мэндийг хамгаалах нэн чухал асуудал байдаг. Гэвч энэ талын иж бүрэн системтэй судалгаа манайд одоогоор хийгдээгүй бөгөөд усны цацраг идэвхжилийн судалгаа дөнгөж эхэлж байна. Усанд агуулагдаж байдаг байгалийн цацраг идэвхт элементүүдээс радоныг онцгойлон авч үздэг. ^{238}U -ын задралын явцад ^{226}Ra -ийн α -задралаас үүсдэг ^{222}Rn нь ($T_{1/2}=3.8$ хоног) мөн α -задралд ордог бөгөөд амьсгалын замаар буюу хоол ундтай хамт уушиг буюу ходоодонд орж дотоод шарлага өгч хорт хавдарын эх үүсвэр болж болзошгүй юм. Энэ ажилд гамма-спектрометр, шингэн сцинтиллятор, цөмийн мөрийн хатуу биет детекторын аргуудаар Улаанбаатар хотын ундны ба ахуйн хэрэглээний усанд радоны хувийн идэвхийг тодорхойлсон дүнг харьцуулж үзэх зорилго тавьсан юм.

Энэ ажлыг Монгол Улсын шинжлэх ухаан-технологийн сангаас санхүүждэг "Цөмийн арга" төслийн хүрээнд гүйцэтгэв.

Гамма- спектрометрийн арга

Усан дахь радоны хувийн идэвхийг тодорхойлохын тулд түүний задралын богино наст бүтээгдэхүүнүүд болох ^{214}Pb -ийн задралын 295,21 кэВ, 351,92 кэВ, ^{214}Bi -ийн задралын 609,31 кэВ энергитэй гамма шугамуудыг ашиглав.[1] Үүний тулд усны 1 литр дээжийг Маринеллийн саванд хийж, хийн төлөвт байгаа усан дахь радоныг алдахгүйн тулд сайтар таглана. Радон болон түүний богино наст бүтээгдэхүүнүүдийн хооронд цацраг идэвхийн тэнцвэр тогтох хүртэл 4 цаг хүлээгээд 1 цаг хэмжив . 1994 онд АНУ-ийн Калифорнийн изотоп үйлдвэрлэдэг лабораторид бэлтгэсэн олон изотоп бүхий стандарт уусмал, 1996 онд Герман улсын Amersham группэд бэлтгэсэн стандарт уусмалуудыг тус тус ашиглан детекторын бүртгэх чадварыг туршлагаар тодорхойлов. Хэмжилтийн дүнг 1- р зургийн хэвтээ, 2-р зургийн босоо тэнхлэгт тус тус харууллаа.

Шингэн сцинтилляцийн арга

Шингэн сцинтиллятороор усан дахь радоны хувийн идэвхийг тодорхойлоход ^{222}Rn -оос гарах 5.49 МэВ энергитэй альфа бөөм болон түүний задралын богино наст бүтээгдэхүүн ^{218}Po ба ^{214}Po -өөс гарах $E_{\alpha}=6.003$ МэВ ба $E_{\alpha}=7.687$ МэВ альфа бөөмсийг бүртгэнэ.[2,3,4] Шингэн сцинтиллятор нь уусгагч толуол болон бага хэмжээтэй идэвхжүүлэгч, спектр сэлгэгчээс бүрддэг . Шилэн саванд 500 мл усны дээж авч дээр нь 40 мл шингэн сцинтиллятор хийж таглана. Усанд толуолыг жигд холихын тулд сайтар сэгсэрнэ. Үүний дараа 4 цаг тавьж хүлээхэд усанд хийн төлөвт байсан радоныг шингээсэн толуол усны дээд хэсэгт ялгарч гардаг. Толуолын фазаас 20 мл дээж авч тунгалаг шилэн саванд хийж хоёр фото-электрон үржүүлэгчийн хооронд тавьж альфа-бөөмийн үүсгэсэн импульсийг бүртгэнэ. Хэмжилтийг Раскард фирмийн шингэн сцинтилляцийн анализатораар гүйцэтгэв. Хэмжилтийн үр дүнг 2 - р зургийн хэвтээ тэнхлэгт харууллаа.

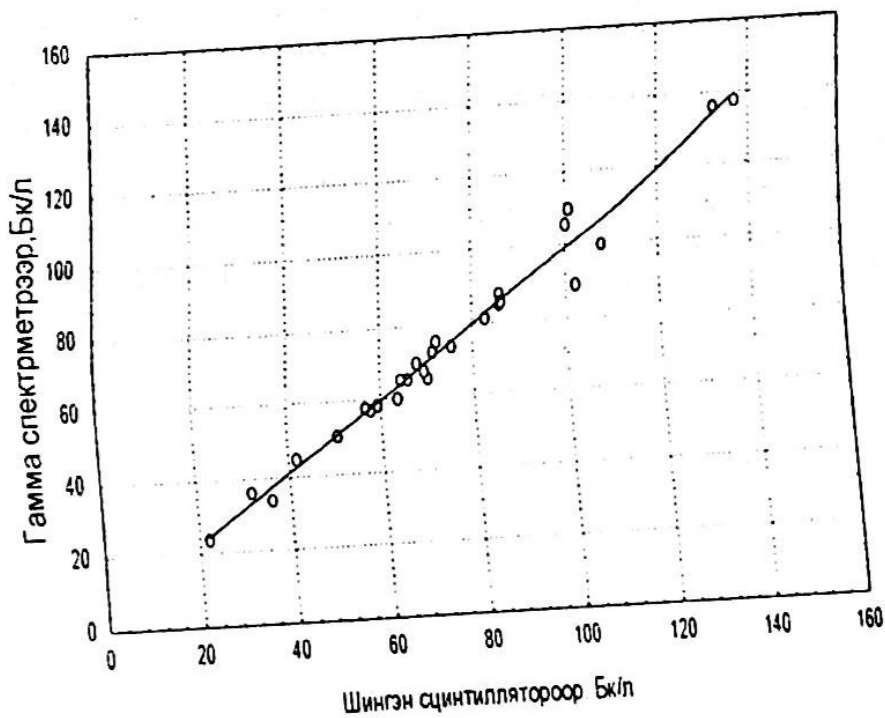
Цөмийн мөрийн хатуу биет детекторын арга

Бүртгэх чадвар сайтай ($\epsilon=95\%$) CR-39[5], TASTRAK маркийн цөмийн мөрийн хатуу биет детекторуудыг ашиглан усан дахь радон болон түүний богино наст бүтээгдэхүүнээс гарах α - бөөмсийг бүртгэв . Эхлээд бидний хэмжилтэд хэрэглэгдэх хоёр төрлийн детекторын калибровкийн коэффициентийг тогтоов. Радоны хувийн идэвхи нь детекторуудаа 1 хоног байрлуулахад ^{222}Rn ба түүний задралын

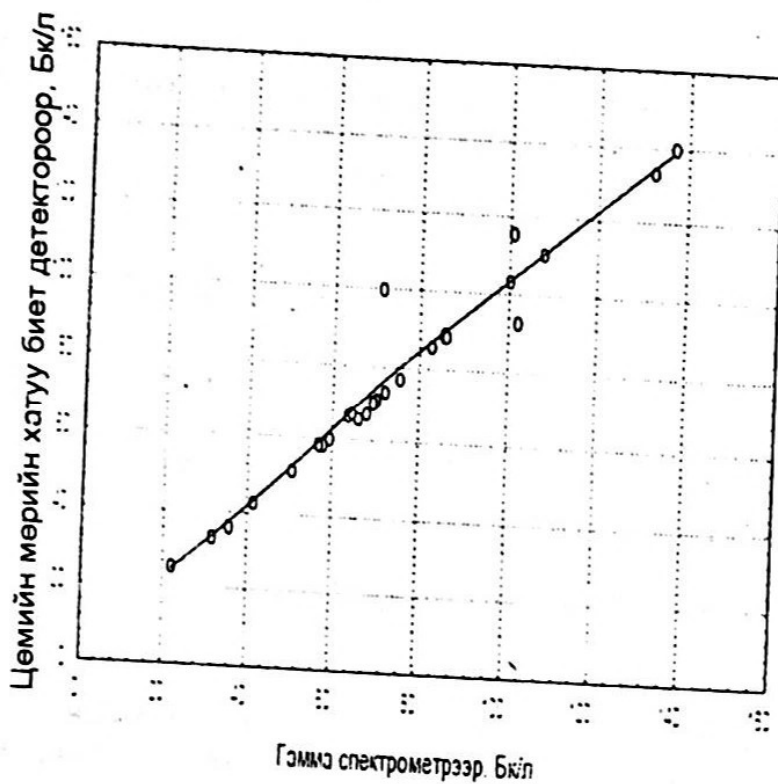
бүтээгдэхүүнүүдийн α -бөөмийн мөр детекторт үүснэ. Дараа нь 20%-ийн NaOH-ын 70°C -ийн температуртай 200 мл уусмалд CR-39 детекторыг 4ц, TASTRAK детекторыг 12ц тус тус идүүлж, детекторт тодорсон мөрийг биологийн Carl Zeiss микроскопоор 20 өсгөлтэй үед $S=0.004844 \text{ см}^2$ талбайд тоолов. Нэгж талбайд агуулагдах мөрийн тоо буюу мөрийн дундаж нягтыг олж, детектор тус бүрд калибровкийн коэффициентийг тогтооход CR-39-ийн хувьд $k=6.4 \cdot 10^{-2} \text{ [(Бк/л) / (мөр / см}^2\text{)]}$, TASTRAK-ийн хувьд $k=7.2 \cdot 10^{-2} \text{ [(Бк/л) / (мөр / см}^2\text{)]}$ -тэй тус тус тэнцүү байв. Дараа нь тогтоосон коэффициентийг ашиглан Улаанбаатар хотын ус хангамжийн төвлөрсөн шугамаар түгээж байгаа усны дээжид ^{222}Rn -ийн хувийн идэвхийг тодорхойлсон хэмжилтийн үр дүнг 1-р зургийн босоо тэнхлэгт харууллаа.

Туршилтын үр дүн

Улаанбаатар хотын ундны ба ахуйн уснаас 1999 оны 4,5,6-р сард авсан дээжид радоны хувийн идэвхийг цөмийн мөрийн хатуу биет детектор ба гамма спектрометрээр хэмжсэн дүнг 1-р зурагт, гамма спектрометр ба шингэн сцинтиллятороор хэмжсэн дүнг 2-р зурагт тус тус харьцуулан үзүүлэв.



Зураг 2



Зураг.1

Зургуудаас үзвэл усан дахь радоныг гамма спектрометр, шингэн сцинтилляцийн анализатор ба цөмийн мөрийн хатуу биет детектороор хэмжсэн дүнгүүд хоорондоо сайн тохирч байгааг харуулж байна.

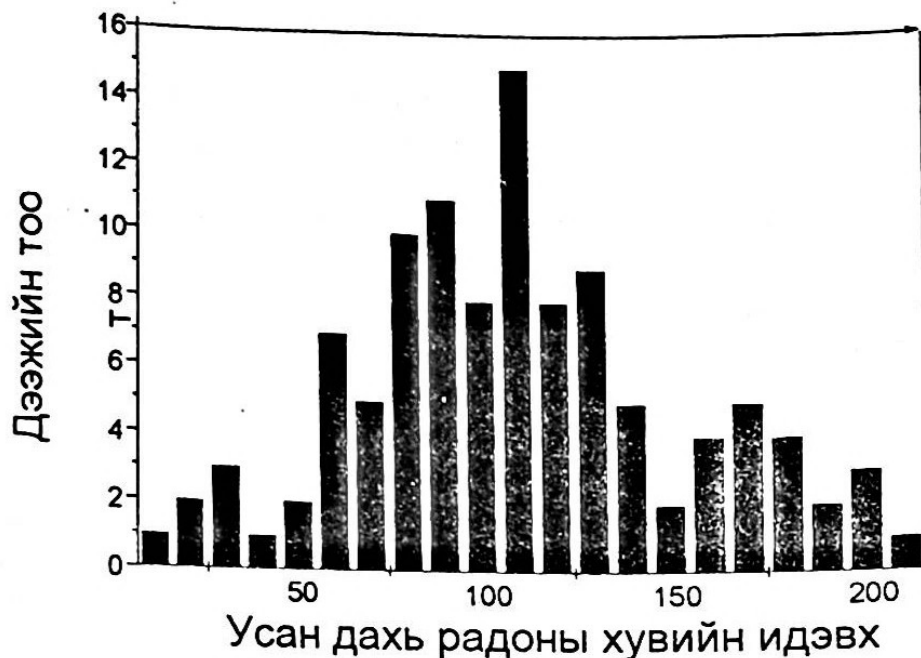
Үүний баталгаа болгож Улаанбаатар хотын ус хангамжийн төвлөрсөн шугамаар түгээж байгаа усны дээжийг 1999 оны 4, 5, 6-р сард авч, тэдгээрт радоны хувийн идэвхийг дээрх гурван аргуудаар тодорхойлсон дүнг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв.

Хүснэгт.1

Усны дээжид радоны хувийн идэвхийг
тодорхойлсон дүн (Бк/л)

№	Гамма спектрометр	Цөмийн мөрийн хатуу биет детектор	Шингэн сцинтилляцийн спектрометр
1.	107.2 ± 6.7	103 ± 5	105 ± 7
2.	113.9 ± 5.7	115 ± 1	109 ± 5
3.	90.3 ± 2.6	92 ± 4	88 ± 7
4.	85.5 ± 6.8	88 ± 6	87 ± 2
5.	107.7 ± 5.6	110 ± 4	112 ± 6
6.	85.7 ± 4.9	88 ± 9	84 ± 7
7.	21.8 ± 2.4	25 ± 7	23 ± 6
8.	57.4 ± 5.1	58 ± 2	56 ± 5
9.	71.6 ± 7.6	73 ± 5	75 ± 7
10.	75.0 ± 5.2	76 ± 1	73 ± 5
11.	63.4 ± 1.3	66 ± 4	60 ± 9
12.	82.5 ± 5.4	85 ± 3	81 ± 7
13.	65.4 ± 6.7	66 ± 7	64 ± 8
14.	136.8 ± 8.4	139 ± 6	137 ± 6
15.	69.8 ± 4.6	70 ± 4	65 ± 4
16.	70.9 ± 8.4	74 ± 5	72 ± 3
17.	59.1 ± 7.1	60 ± 6	58 ± 7
18.	35.8 ± 9.5	36 ± 8	33 ± 2
19.	50.3 ± 5.1	51 ± 1	50 ± 5
20.	132.3 ± 4.3	133 ± 9	135 ± 4
21.	31.3 ± 3.3	33 ± 5	35 ± 6
22.	86.0 ± 8.4	88 ± 7	85 ± 3
23.	64.0 ± 7.5	67 ± 8	64 ± 2
24.	56.5 ± 5.6	58 ± 7	57 ± 7
25.	67.6 ± 9.4	67 ± 6	69 ± 5
26.	68.9 ± 5.3	70 ± 7	67 ± 5

Дээр дурьдсан аргуудаар Улаанбаатар хотын гүний худгууд, усан сангууд, орон сууц, албан газрын краны ундны болон ахуйн усан дахь ^{222}Rn -ын хувийн идэвхийн хэмжилтийн гистограмийг 3-р зурагт үзүүлэв.



Зураг.3

Эндээс харвал Улаанбаатар хотын усан дахь ^{222}Rn -ын хувийн идэвх 10-250 Бк/л-ийн хооронд хэлбэлзэж, түүний дундаж утга 110 Бк/л орчим байна. Ундны усан дахь радоны хувийн идэвхийн норм Автралид 100 Бк/л, ОХУ-д 60 Бк/л-ээс ихгүй байхаар тогтоосон байна.[6]. Иймээс манай улсын ундны усан дахь радоны нарийвчилсан судалгаа хийх шаардлагатай байна.

Усан дахь радон тодорхойлох цөмийн физикийн шинжилгээний аргуудыг дараах хүснэгтэд харьцуулж үзүүлэв .

Цөмийн арга	Судлах дээжийн хэмжээ (л)	Хүлээх хугацаа (цаг)	Идүүлэх хугацаа (цаг)	Бүртгэх хугацаа (секунд)	Илрүүлэх хамгийн бага хязгаар (Бк/л)
Гамма спектрометр	1	4	-	3600	5
Шингэн сцинтиллятор	0.5	4	-	600	0.5
Цөмийн мөрийн хатуу биет детектор	0.25				
1. CR-39		24	4	300	1
2. TASTRAK		24	12	300	1

ДҮГНЭЛТ

1. Энд дурьдсан цөмийн физикийн гурван аргаар усан дахь радоныг тодорхойлоход хоорондоо сайн тохирч байгаа нь эдгээр аргуудаас тухайн судалгааны ажилд аль тохиромжтойг нь сонгон усны радон судалж болохыг харуулж байна.
2. Усан дахь радоныг тодорхойлох шингэн сцинтилляцийн арга нь бусад аргуудаас хялбар, хурдан бөгөөд энэ аргаар усан дахь радоныг илрүүлэх хамгийн бага хязгаар 10 мин хэмжихэд 0.5 Бк/л байв. Энэ нь гамма- спектрометрийн аргаар 1 л эзэлхүүнтэй Маринеллийн саванд усны дээжийг 1 цаг хэмжиж радоныг илрүүлэх хамгийн бага хязгаараас 10 дахин бага байна.
3. Улаанбаатар хотын төвлөрсөн ус хангамжийн системээс түгээж байгаа ундны усан дахь ^{222}Rn -ын хувийн идэвхийн дундаж хэмжээ нь зарим оронд мөрдөж буй нормоос их байна. Тухайлбал Австралийнхаас 1.1 дахин ОХУ-аас 2 дахин их байгааг анхаарч цаашид нарийвчлан судлах шаардлагатай.

Ашигласан хэвлэл

1. Н.Норов, С.Даваа, Н.Ганбаатар . Байгалийн цацраг идэвхийг судлах гамма спектрометрийн нэгэн арга. МУИС,Эрдэм шинжилгээний бичиг № 6 (147),хууд. 162-169, УБ,1999.
2. Shinichi Hamanaka., et. al. Radon concentration measurement in water by means of α liquid-scintillation spectrometry with a PERALS spectrometer, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research . 410A (1998) 314-318.
3. Н.Норов, Д.Шагжжамба, Н.Гансүх, Н.Оюунтүлхүүр, Ц.Оюунчимэг. Шингэн сцинтиллятороор усан дахь радоны идэвхийг хэмжих арга. МУИС,Эрдэм шинжилгээний бичиг № 4 (137),хууд. 86-90, УБ,1998.
4. Noguchi.M New method of radon activity measurement with liquid scintillator, Radio isotopes,Vol 13,No.5,362-367,1984
5. Ишанкулиев Дж., Третьякова С.П. Применение трековых детекторов для изучения вариаций радона в Туркмении. Рабочее совещание "Твердотельные трековые детекторы ядер и их применения" ОИЯИ, Д13-90-479, Дубна, 1990, с 147-151.
6. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) : СП 2.6.1.759-99. СПб-1999, Москва.

Abstract

The results of the specific radioactivity study for Rn-222 in drinking water and sewerage water of Ulaanbaatar city, using the HP-Ge gamma-spectrometer, solid state nuclear track detector and liquid scintillator, are compared .