

ШИНГЭН СЦИНТИЛЛЯТОРООР УСАН ДАХЬ  
РАДОНЫ ИДЭВХИЙГ ХЭМЖИХ АРГА

Н.Норов, Д.Шагжжамба, Н.Гансүх,  
Н.Оюунтүлхүүр, Ц.Оюунчимэг

METHOD FOR MEASUREMENT OF RADON ACTIVITY IN  
WATER USING LIQUID SCINTILLATOR

Abstract

In this paper, among Rn-222 measurements, the toluene extraction method which is comparatively simple is mentioned. At the sample volume of 500 ml, the lower limit of detection for Rn-222 in water has been found to be equal to 0.5 Bq/l.

1. ОРШИЛ

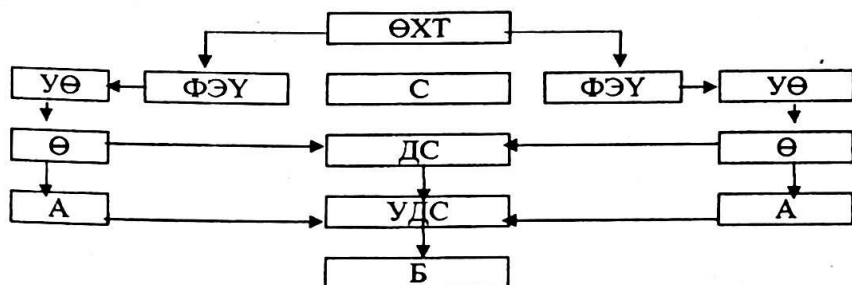
Газар доорхи ус нь ус агуулагч чулуулгийн нүх, ан цаваар шүүрэн урсахдаа тухайн чулуулагт агуулагдах уран, радигаас үүсэх байгалийн цацраг идэвхт хий-радоныг өөртөө уусган авдаг тул хөрсний усан дахь радоны хэмжээ гадаргын усныхаас их байдаг.

Ер нь газар доорхи усны радоны хэмжээг судлах нь ундны усанд радоны хэмжээг цацрагийн эрүүл ахуйн үүднээс хянах, ундны усны радоны зөвшөөрөгдөх хэмжээг тогтоох, рашаан усыг радонтой усан эмчилгээнд ашиглаж болох үнэлгээ хийх, гүний усны радоны өөрчлөлтөөр газар хөдлөлтийг урьдчилан тандах зэрэг зорилгын үүднээс маш чухал юм. Иймд усан дахь радоны агуулгыг шингэн сцинтилляцийн аргаар тодорхойлох арга боловсруулав.

2. ШИНГЭН СЦИНТИЛЛЯЦИЙН АНАЛИЗАТОР

Шингэн сцинтиллятор нь уусгагч, идэвхжүүлэгч, спектр сэлгэгчээс бүрдэнэ. Уусгагч дахь идэвхжүүлэгч ба спектр сэлгэгчийн агуулга маш бага байдаг. Иймд цацраг идэвхт изотопоос гарах бета бөөм үндсэндээ уусгагчийн молекулуудтай харилцан үйлчилж, тэдгээрийг өдөөдөг. Уусгагч дахь өдөөлт нь идэвхжүүлэгчийн молекул дээр байршиж дуусах хүртэл молекулаас молекулд дамжина. Идэвхжүүлэгчийн молекул үндсэн төлөвт шилжихэд

өдөөх энергийн хагас нь гэрлийн квант хэлбэрээр ялгарч болно. Хэрэв сцинтилляцийн оптик спектр хэрэглэж байгаа ФЭУ-ийн спектрин хамгийн их мэдрэцийн мужтай давхцахгүй бол сцинтилляторт спектр сэлгэгчийг оруулж өгнө. Спектр сэлгэгчид идэвхжүүлэгчээс өдөөлтийн энерги шилжиж ФЭУ-ийн хамгийн их мэдрэцийн мужид ойрхон долгионы урттай гэрлийн квант хэлбэртэй болдог. Шингэн сцинтилляторт уусгагчаар толуол ( $C_7H_8$ ), ксилол [ $C_6H_4(CH_3)_2$ ], диоксон ( $C_4H_8O_2$ ), идэвхжүүлэгчээр 2.5 дифенилоксазол ( $C_{15}H_{11}NO$ )-РРО, спектр сэлгэгчээр 1.4-ди-2-(5-фенилоксазолил)-бензол ( $C_{24}H_{16}N_2O$ )-РОРОР-ыг тус тус ашиглана[1].



Зураг.1 Шингэн сцинтилляторын тоолуурын бүтцийн бүдүүвч

ӨХТ-өндөр хүчдэлийн тэжээл, ФЭУ-фотоэлектрон үржүүлэгч, С-шингэн сцинтиллятор, УӨ-урьдчилан өсгөгч, Ө-үндсэн өсгөгч, ДС-давхцлын схем, А-олон сувагт анализатор, УДС-удаан давхцлын схем, Б-бүртгэгч

Зураг 1-д орчин үеийн шингэн сцинтилляцийн тоолуурын бүтцийн схемийг үзүүлэв. Судалж байгаа дээжээ 20мл эзэлхүүнтэй тунгалаг шилэн саванд хийж хоёр фотоэлектрон үржүүлэгч (ФЭУ)-ийн хооронд тавьж хэмжинэ. Сцинтиллятороос гарч байгаа гэрлийн фотон хоёр фотокатодоос электроныг нэг зэрэг сугалж байхад температурын нөлөөгөөр электрон нь замбараагүй гарна.

Иймээс ФЭУ-ийг давхцлын схемийн зарчмаар холбож зөвхөн хоёр ФЭУ-ийн фотокатодоос зэрэг үүсэх фотоэлектроныг бүртгэнэ. Импульс өсгөгчөөс анализаторын интеграл ба дифференциал дискриминаторт очиж давтамжаараа ялгагдаж нэмэгдэнэ. Импульс нь давхцлын схем болон анализатороос удаан давхцлын схем (УДС)-д дамжуулагдаж дараа нь бүртгэгдэнэ. Ингэж хугацааны ялгалт хийх нь багажны фоныг багасгана.

### 3. РАДОНЫГ ТОЛУОЛД УУСГАН АВАХ

Шилэн саванд 500мл усны дээж авч дээр нь 40мл толуол (1 л толуолд 4г PPO, 0.01г PPOP) нэмээд шилэн саваа бөглөж радоньг толуолд шилжүүлэхийн тулд 3 минут сэгсэрч толуол ба усны фазын ялгаа гартал 3цаг хүлээнэ. Дараа нь толуолын фазаас 20мл авч дээж хэмжих саванд хийн 10 минут хэмжинэ.

Радон уусгах толуолыг усны дээжинд нэмж зайлсны дараа усан дахь радонь нийт атом гурван фазад хуваарилагдана.

$$N = D_{yc} V_{yc} + D_T V_T + D_a V_a$$

Үүнд:  $N$  - Rn-222-ын нийт атомын тоо,  $D_{yc}$  -усанд Rn-222 уусах коэффициент,  $V_{yc}$ -усны эзэлхүүн (500мл),  $D_T$ -толуолд Rn-222 уусах коэффициент,  $V_T$ -толуолын эзэлхүүн (40мл),  $D_a$ -агаарт Rn-222 уусах коэффициент ( $D=1$ ),  $V_a$ -агаарын эзэлхүүн

Радон-222-ын уусах коэффициент нь температураас хамаарах бөгөөд дараах байдлаар илэрхийлэгдэнэ [2].

$$D_{yc} = 9.12 / (17.0 + T)$$
$$D_T = 18.2 \exp(-T/46.8) + 0.8$$

Үүнд:  $T$ -температур ( $^{\circ}\text{C}$ )

Дээж хэмжих сав дахь Rn-222-ын атомын тоог нийт атомын тоонд харьцуулсан харьцааг дараах байдлаар тооцно.

$$R = D_T V_T' / (D_{yc} V_{yc} + D_T V_T + V_a)$$

Үүнд:  $R$ -уусган авах харьцаа,

$V_T'$  - хэмжих сав дахь толуолын эзэлхүүн (20мл)

### 4. РАДОНЫ ИДЭВХИЙГ ХЭМЖИХ

Усан дахь радонь хувийн идэвхи (Бк/л)-ийг доорхи илэрхийллээр тооцно:

$$A = \frac{N - N_0}{R \cdot \exp(-0.007554t) \cdot \epsilon}$$

Үүнд  $N$  - сонгон авсан мужид тоолох импульсийн нийт тоо, имп/с

$N_0$  - Хэмжих савны фон, имп/с

$R$  - уусган авах харьцаа

$t$  - дээж авснаас хэмжих хүртэлх хугацаа, цаг

$\varepsilon$  - бүртгэх чадвар, (имп/с)/(Бк/л).

Усан дахь радоныг илрүүлэх хамгийн бага хязгаар [3, 4]:

$$A_{\min} = \frac{2k \sqrt{\frac{N_0(t+t_0)}{t \cdot t_0}}}{V \cdot \varepsilon}$$

Үүнд: итгэмжлэлийн магадлал  $\alpha=0.95$  үед  $k=1.64$ ,  $t$  - дээж хэмжих хугацаа,  $t_0$  - фон хэмжих хугацаа.

Энэ илэрхийлэл  $k=1.64$ ,  $t=t_0$  үед

$$A_{\min} = \frac{4.65 \sqrt{N_0/t}}{V \cdot \varepsilon} \quad \text{болно.}$$

Усны радон тодорхойлох алдаа

$$S_A = \frac{\sqrt{(N/t) + (N_0/t_0)}}{V \varepsilon \exp(-0.007554t)}$$

Шингэн сцинтилляцийн анализатор TRI-CARB 1000TR дээр радон, түүний задралын бүтээгдэхүүний спектрийг хэмжих мужийг сонгох туршилтын дүнг 1-рхүснэгтэд үзүүлэв.

Хүснэгт 1.

Хэмжилтийн дугаар	Спектр хэмжсэн муж, кэВ	Импульсийн тоо, имп/мин	Фон, имп/мин	Импульсийн нийт тоо имп/мин
1	10-50	200	9	1073
	50-100	591	4	
	100-300	283	7	
2	10-100	789	14	1056
	100-200	253	4	
	200-300	14.0	3	
3	0-12	39	9	1067
	12-300	1020	19	
	300-2000	7.7	8	

Ундны усан дахь радоны хувийн идэвхи (Бк/л)-г шингэн сцинтилляцийн болон гамма спектрометрийн аргаар тодорхойлсон дүнг 2-р хүснэгтэд үзүүлэв.

Хүснэгт 2.

Дугаар	Гамма спектрометр		Шингэн сцинтиллятор Rn-222, Po-218, Po-214
	Rn (Pb-214)	Rn (Bi-214)	
1	111.3±6.9	108.8±7.7	110±6
2	85.8±5.9	89.0±7.0	84±5
3	112.6±7.1	113.0±7.8	116±7
4	93.5±6	78.3±6.5	81±5
5	101.2±6.2	115.9±7.9	100±6
6	107.7±6.5	101.7±7.5	98±6
7	82.7±5.5	62.3±5.9	70±5

5. ДҮГНЭЛТ

Усан дахь радоныг тодорхойлох шингэн сцинтилляцийн арга нь бусад аргуудаас хялбар, хурдан бөгөөд энэ аргаар усан дахь радоныг илрүүлэх хамгийн бага хязгаар нь 500 мл усыг 10 мин хэмжихэд 0.5 Бк/л, 100 мин хэмжихэд 0.16 Бк/л-тэй тус тус тэнцүү. Гадаргын усан дахь радоныг хэмжих тохиолдолд 10 л усны дээж авч 2 цаг хэмжихэд энэ аргын радоныг илрүүлэх хамгийн бага хязгаар  $7.4 \cdot 10^{-3}$  Бк/л болно.

Ашигласан хэвлэл:

1. Fox B.W. Techniques of Sample Preparation Liquid Scintillation Counting, North-Holland, Amsterdam, 1976
2. Noguchi M. New method of radon activity measurement with liquid scintillator, Radio isotopes, Vol. 13, No. 5, 362 - 367, 1984
3. Дементьев В.А. Измерение малых активностей радиоактивных препаратов, Москва, Атомиздат, 1967
4. Currie L.A. Limits for Qualitative Detection and Quantitative Determination - Application to Radiochemistry, Anal.Chem. 40 (1968), pp. 586-593