

Ураны Хүдэр дэх Цацраг Идэвхийн Тэнцвэр

Г.Цэмбэлмаа, Н.Норов*, Н.Энхбат

Монгол Улс, Улаанбаатар-210646, Их сургуулийн гудамж-1,

Монгол Улсын Их Сургууль, Цөмийн судалгааны төв

*Э-шуудан nmnorov@yahoo.com

Энэ ажлаар уран-радийн цацраг идэвхийн тэнцвэрийг 186 кэВ энергитэй ^{226}Ra , ^{235}U -ын нийлбэр шугамыг ашиглан үнэлэх арга зүй боловсруулав. ^{235}U -ийн 143.7 кэВ, 63 кэВ энергитэй шугамын талбайгаар 186 кэВ энергитэй нийлбэр шугамын талбайд ^{235}U -ийн 185.7 кэВ шугамын эзлэх хувийг тооцож, ^{226}Ra -ийн 186.2 кэВ энергитэй гамма шугамын талбайг олсноор уран-радийн цацраг идэвхийн тэнцвэрийг үнэлнэ. Харин ради, радоны цацраг идэвхийн тэнцвэрийг ^{222}Rn -ын богино наст бүтээгдэхүүнүүдийн гамма шугамын талбай болон ^{226}Ra -ийн тооцож олсон шугамын талбайг ашиглан тодорхойлоно.

I. УДИРТГАЛ

Байгалийн ураны хоёр изотоп ^{238}U ($T_{1/2}=4.5\cdot 10^9$ жил, 99.2745 %), ^{235}U ($T_{1/2}=7\cdot 10^8$ жил, 0.72 %), ^{232}Th ($T_{1/2}=1.4\cdot 10^{10}$ жил, 100%), эдгээр эх цөмүүдийн цацраг идэвхт задралаар цацраг идэвхт гурван бүл үүснэ. Уран, торийн бүл тус бүрийн гишүүдийг хоорондоо цацраг идэвхийн тэнцвэрт байгаа гэж үзэн эдгээр цацраг идэвхт изотопуудаас гарах γ -цацрагуудыг хагас дамжуулагч германи детектор бүхий γ -спектрометр ашиглан бүртгэж бүлийн эх изотоп болох уран, торийн агуулалтыг ураны хүдэр, нүүрс, үнс, фосфорит, хөрс гэх мэт төрөл бүрийн дээжүүдэд тодорхойлсон байдаг [1,2,3]. Харин уран-ради болон ради-радоны цацраг идэвхийн тэнцвэр алдагдсан тохиолдолд радоны задралын богино наст бүтээгдэхүүн болох ^{214}Bi ба ^{214}Pb -ийн гамма шугамаар уран, радийг тодорхойлох боломжгүй болно. Иймд эхлээд судалж байгаа дээжид уран-ради-радоны цацраг идэвхийн тэнцвэрийг шалгах хэрэгтэй. Уран-радийн цацраг идэвхийн тэнцвэрийг ^{226}Ra -ийн 186.2 кэВ болон ^{235}U -ын 185.7 кэВ шугамуудын нийлбэр 186 кэВ шугамын хүндийн төвийн шилжилтээр үнэлэх [4], ураны хүдрийн дээжинд ради, ураны харьцааг тодорхойлох харьцангуй арга [5,6] зэрэг судалгаа хийгдсэн байна. Нөгөө талаас ^{238}U -ын бүлд хийн төлөвт үүсэх ^{222}Rn нь судалж буй дээжээс амархан нэвчин алдагдах учир түүний богино наст бүтээгдэхүүнүүдийн гамма шугамаар ради, ураны агуулалтыг зөв тодорхойлох боломжгүй болно. Иймээс уран, радийн цацраг идэвхийн тэнцвэрийг үнэлэх арга зүй боловсруулах шаардлага гарч байна.

II. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ

A. Уран-радийн цацраг идэвхийн тэнцвэртэй үеийн ^{235}U ба ^{226}Ra -ийн шугамын харьцаа

^{235}U ба ^{238}U -ын цацраг идэвхийн харьцаа (0.0466)-наас ^{238}U цөмийн нэг задралд үүсэх ^{235}U -ын 185.71 кэВ энергитэй гамма квантын гаралтыг олсноор 186 кэВ энергитэй давхацсан шугамын талбайд ^{235}U ба ^{226}Ra эзлэх хувийг тодорхойлж болно.

Уран, радийн хооронд цацраг идэвхийн тэнцвэр тогтсон үед 186 кэВ нийлбэр шугамд ^{235}U ба ^{226}Ra -ийн эзлэх хувийг эдгээр изотопын гамма квантын гаралтаас хамааруулан тооцоолж олсон үр дүнг 1-р хүснэгтэд харуулав.

Хүснэгт 1. 186 кэВ энергитэй нийлбэр шугамд 186.2 кэВ, 185.7 кэВ энергитэй шугамын эзлэх хувь

Изотопууд	186.2 кэВ, 185.7 кэВ энергитэй гамма квантуудын гаралт			
	K γ [7]	K γ [8]	K γ [9]	K γ [10]
^{235}U	54	57.5	57.2	57.2
^{226}Ra	3.8	3.28	3.59	3.51
<i>186 кэВ энергитэй нийлбэр шугамд 186.2 кэВ, 185.7 кэВ энергитэй шугамын эзлэх хувь</i>				
^{226}Ra -ийн эзлэх хувь, %	59.2	55.0	57.4	56.7
^{235}U -ын эзлэх хувь, %	40.8	45.0	42.6	43.3

Б. Цацраг идэвхийн тэнцвэрийг 143.7 кэВ энергитэй шугамаар шалгах

Ураны хүдэр дэх цацраг идэвхийн тэнцвэрийг тодорхойлоход 186 кэВ энергитэй γ -шугамын талбайг ашиглах бөгөөд энэ гамма-спектрт ^{226}Ra -ын 186.2 кэВ (3.51 %) энергитэй, ^{235}U -ын 185.7 кэВ (57.2%) энергитэй γ -шугамуудын нийлбэр талбайтай тэнцүү. ^{226}Ra -ын γ -шугамын талбайг $S_{186}(^{226}\text{Ra})$, ^{235}U -ынхыг $S_{185}(^{235}\text{U})$ гэвэл 186 кэВ энергитэй γ шугамын талбай:

$$S_{186} = S_{186}(^{226}\text{Ra}) + S_{185}(^{235}\text{U}) \quad (1)$$

Эндээс $S_{186}(^{226}\text{Ra}) = S_{186} - S_{185}(^{235}\text{U})$ болно. ^{235}U -ын 185.7 кэВ энергитэй γ -шугамын талбайг уг γ -цацрагтай энергийн нэг түвшнээс гарах 143.7 кэВ энергитэй γ -цацрагийн харьцангуй эрчимээр илэрхийлье.

$$\frac{I_{U235}^{186}}{I_{U235}^{143}} = (S_{185.7}(^{235}\text{U})/\epsilon_{185}) / (S_{143}(^{235}\text{U})/\epsilon_{143}) \quad (2)$$

болно. Үүнд: $^{143}\text{I}_{U235}$, $^{185}\text{I}_{U235}$, γ -шугамуудын харьцангуй эрчим; ϵ_{143} , ϵ_{185} γ -шугамуудад харгалзах детекторын бүртгэх чадамж.

(2) харьцаанаас ^{235}U –д хамаарах γ -шугамын талбайг олбол

$$S_{185.7}(^{235}\text{U}) = S_{143}(^{235}\text{U}) \frac{I_{U235}^{186} \epsilon_{185}}{I_{U235}^{143} \epsilon_{143}} \quad (3)$$

Одоо (1) ба (3)-г ашиглан ^{226}Ra -ын 186.2 кэВ энергитэй γ шугамд харгалзах талбайг олъё.

$$S_{186}(^{226}\text{Ra}) = S_{186} - S_{143}(^{235}\text{U}) \frac{\epsilon_{185}/I_{U235}}{\epsilon_{143}/I_{U235}} \quad (4)$$

Эндээс үзвэл, ^{226}Ra -ийн 186.2 кэВ энергитэй γ -шугамд харгалзах талбай нь хэмжилтээс олдох 143.7кэВ, 186 кэВ энергитэй γ -цацрагын харьцангуй эрчим, харгалзах шугамын талбай, детекторын бүртгэх чадамжаар тодорхойлогдоно.

Детекторын бүртгэх чадамжийн муруйгаас 143.7 кэВ ба 186 кэВ энергид харгалзах бүртгэх чадамжийн харьцаа:

$$\frac{\epsilon_{185.7}}{\epsilon_{143.7}} = 0.91 \pm 0.05$$

^{235}U -ын бүлийн ^{223}Ra -ын задралаас 144.3 кэВ энергитэй γ -квант гарах тул 143.7 кэВ энергитэй γ –шугамын эрчимд түүний оролцоог оролцуулан тооцвол:

$$\frac{I_{U235}^{185.7}}{I_{U235}^{143.7} + I_{Ra223}^{144.2}} = \frac{57.2}{10.96 + 3.5} = 3.95 \quad (5)$$

байна. Иймээс ^{235}U -д хамаарах 185.7 кэВ энергитэй γ шугамын талбай (3)–д (5) ба бүртгэх чадамжийн харьцааг орлуулбал:

$$S_{185.7}(^{235}\text{U}) = S_{143}(^{235}\text{U}) \cdot 0.91 \cdot 3.96 = 3.59 \cdot S_{143}(^{235}\text{U}) \quad (6)$$

Ийнхүү 186 кэВ энергитэй нийлбэр шугамын талбайгаас ^{226}Ra -ийн 186.2 кэВ энергитэй шугамын талбайг дараах байдлаар тооцоолж олно.

$$S_{186}(^{226}\text{Ra}) = S_{186} - 3.59 \cdot S_{143}(^{235}\text{U}) \quad (7)$$

Хүснэгт 2.Цацраг идэвхт цөмүүдийн гамма квантын гаралт

Анхдагч цөм	Үүссэн цөм	$T_{1/2}$	Энерги, кэВ	Гамма квантын гаралт, % [7]	Гамма квантын гаралт, % [8]	Гамма квантын гаралт % [9]	Гамма квантын гаралт, % [10]
^{238}U	^{234}Th	24.1 өдөр	63.29	3.5	4.47	3.2	3.6
			92.38	4	2.73	2.82	4.9
			92.80	-	2.69	2.77	-
			1001.03	0.6	0.59	0.87	0.837
	^{226}Ra	1602 жил	186.21	3.8	3.28	3.59	3.51
	^{218}Po	26.8 минут	295.21	19	19.7		18.5
			351.92	36	38.9		35.8
^{214}Bi	19.9 минут	609.31	47	43.3	46.1	44.8	
		1120.29	17	15.7	15.1	14.8	
		1764.50	17	17	15.4		
^{235}U		$7.0 \cdot 10^8$ Жил	185.71	54	57.5	57.2	57.2
			163.35	4.6	5.0	6.3	5.08
			143.76	9.7	10.93	10.96	10.96
	^{231}Pa	3.310^4 Жил	64.04	-	-	4.00	
	^{223}Ra	11.4 өдөр	144.2	4.1		3.2	

В.Цацраг идэвхийн тэнцвэрийг 609 кэВ энергитэй шугамаар шалгах

²³⁵U-ын задралын харьцангуй сул эрчимтэй 163.3 кэВ энергитэй γ-шугамыг ураны агуулалтыг тодорхойлоход ашигласан байна [10]. Гэвч ийм энергитэй γ-квантын гаралт нь 185.7 кэВ энергитэй шугамын эрчмээс 11 дахин бага юм. Иймээс уран, радийн цацраг идэвхийн тэнцвэрийг 186 кэВ энергитэй нийлбэр шугамын эрчмээр шалгах үнэмлэхүй арга боловсруулах шаардлага урган гарч байна.

Ураны хүдрийн стандарт дээжийг саванд хийж битүүмжлээд, ради-радоны цацраг идэвхийн тэнцвэр тогтоон ²²⁶Ra, ²²²Rn-ын задралын бүтээгдэхүүнүүдийн гамма шугамуудын талбайг 609 кэВ энергитэй шугамын талбайд харьцуулсан дүн [12] 3-р хүснэгтэд үзүүлэв.

Дээжийн нягтаас хамааран тухайн энергитэй γ-квантын шингээлт өөрчлөгдөх учраас 3-р хүснэгтэд үзүүлсэн гамма шугамуудын талбайн харьцаа өөрчлөгдөнө. Энэ нөлөөг тооцохын тулд янз бүрийн нягттай дээж бүрийн хувьд γ-квантын

шугамын талбайн харьцаа $\alpha(E_i)=S(E_i)/S(609)$ -г харгалзах үзүүлэлт $\alpha_{Ra}(E_i)$ -тай харьцуулсан $\beta(E_i)=\alpha(E_i)/\alpha_{Ra}(E_i)$ харьцааг тогтоож, 186 кэВ энергитэй шугамын хувьд экстрополяц хийж, $\alpha(186)$ нь дээжийн нягтаас $\alpha(186)=0.322-0.0296\rho$ хамааралтай болохыг тогтоов (1-р зураг). Үүнд: ρ -дээжийн нягт ($г/см^3$).

Ураны хүдрийн дээжинд ради, радоны хооронд цацраг идэвхийн тэнцвэр тогтсон үед ²²⁶Ra-ийн 186.2 кэВ энергитэй гамма квантын бүрэн шингээлтийн шугамын талбайг 609.3 кэВ энергитэй шугамын талбайгаар үнэлж, түүнийг 186 кэВ-ийн нийлбэр талбайгаас хасаж ²³⁵U-ын 187.5 кэВ энергитэй γ-квантын бүрэн шингээлтийн шугамын талбайг олно.

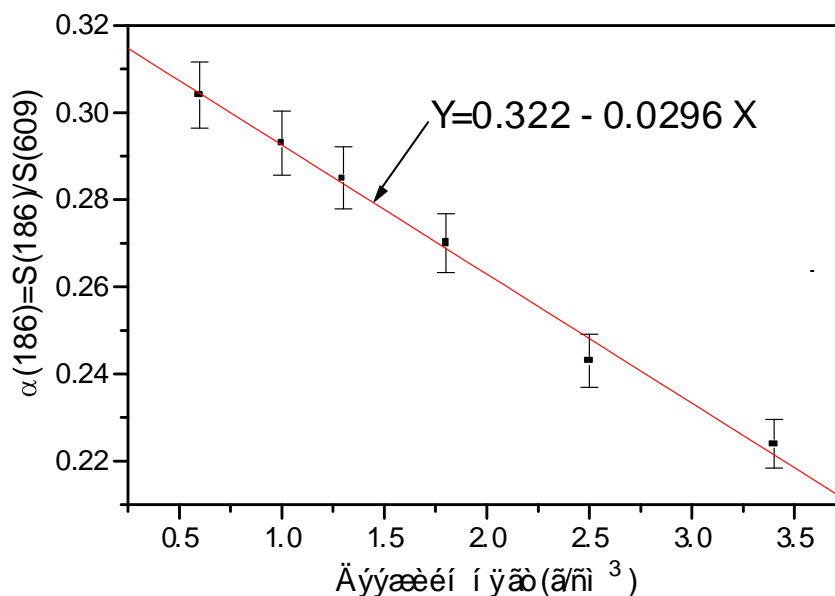
$$S_{186.2}({}^{226}\text{Ra})=\alpha_{Ra186} \cdot S_{609}({}^{226}\text{Ra}),$$

$$S_{185.7}({}^{235}\text{U})=S_{186}-\alpha_{Ra}(186) \cdot S_{609}({}^{226}\text{Ra})$$

Үүнд: $\alpha_{Ra}(186)$ -ийн утгыг хэмжиж байгаа дээжийн нягтаас хамааруулан 1-р зургаас авна.

Хүснэгт 3. ²²²Rn-ын задралын бүтээгдэхүүнүүдийн гамма шугамуудын талбай ба 609 кэВ энергитэй шугамын талбайн харьцаа

Үзүүлэлт	²¹⁴ Pb		²¹⁴ Bi				
	295	352	609	768	1120	1764	
α_{Ra}	0.285	0.896	1.493	1	0.091	0.179	0.124

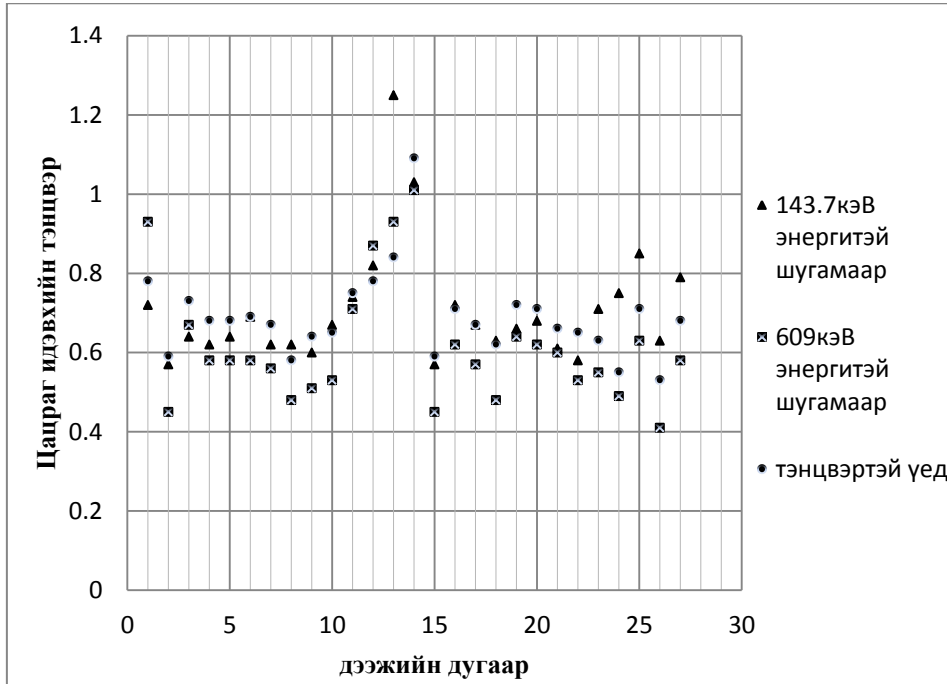


Зураг 1. ²²⁶Ra-ийн 186 кэВ, ²¹⁴Bi-ийн 609 кэВ шугамын эрчмийн харьцаа [$\alpha(186)$] ба дээжний нягтын хамаарал

III. ХЭМЖИЛТИЙН ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Хэмжилтэд Архангай аймгийн Өндөр-Улаан сумын нутагт орших ураны хайгуулын Чулуут төслийн талбайн SL1001 ба SL1002

хоёр цооногийн өндрөөс хамааруулан авсан (Хавсралт 3-р зураг) чөмгийн 27 дээжинд цацраг идэвхийн тэнцвэрийг тодорхойлсон үр дүнг 2-р зураг, хавсралтын 4 ба 5-р хүснэгтэд харуулав.



Зураг 2. Ураны хүдрийн дээжин дэх цацраг идэвхийн тэнцвэр

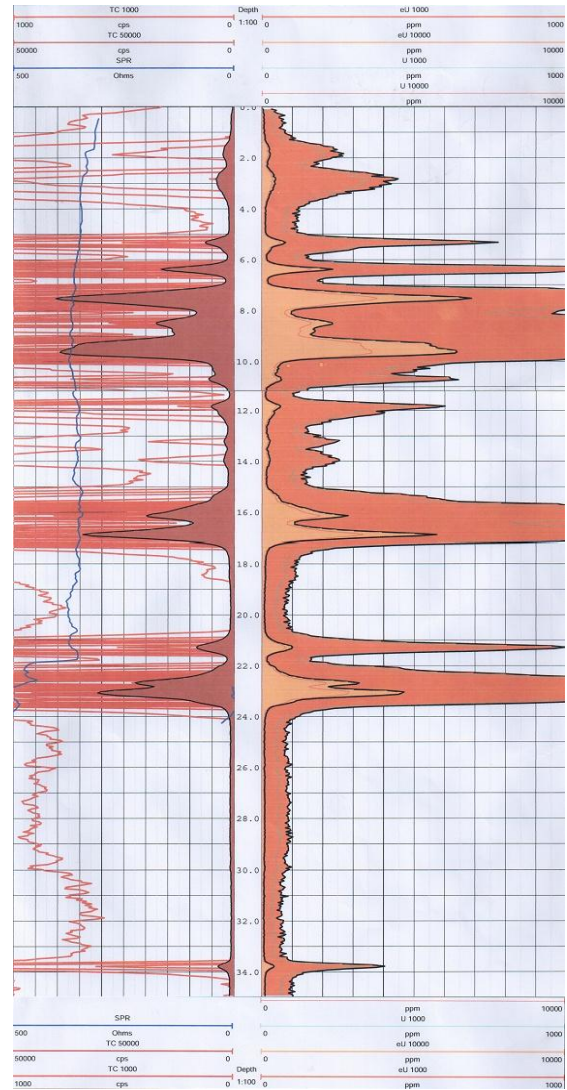
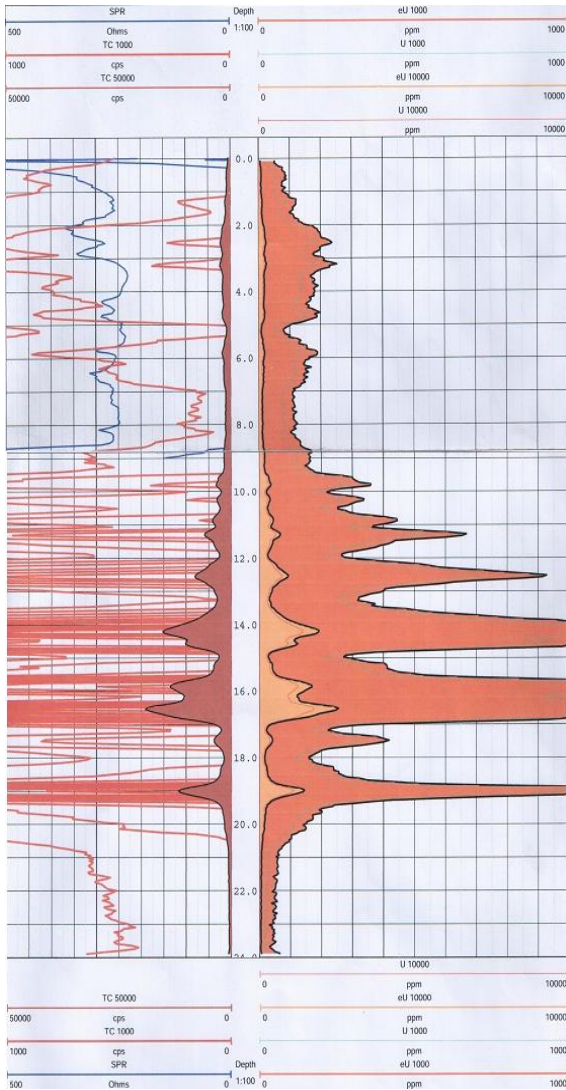
IV. ДҮГНЭЛТ

- 186 кэВ энергитэй нийлбэр шугамд ^{235}U ба ^{226}Ra -ийн эзлэх хувийг ^{235}U -ийн 143.7 кэВ энергитэй шугамаар болон ^{214}Bi -ын 609 кэВ энергитэй шугамаас тооцоолж олсон дүнгээ уран, радийн цацраг идэвхийн тэнцвэрт үеийн ^{235}U ба ^{226}Ra -ийн шугамын харьцаагаар шалгах, ^{222}Rn -ийн богино наст задралын бүтээгдэхүүн ^{214}Bi -ын 609 кэВ энергитэй шугам болон ^{226}Ra -ийн 186.2 кэВ энергитэй шугамаар ради, радоны цацраг идэвхийн тэнцвэрийг тодорхойлох арга зүй боловсруулав.
- Бидний боловсруулсан арга зүй зөв болох нь судалгаа хийсэн ураны хүдрийн дээжүүдээс SL1001 цооногийн 2-3 метрийн гүний 14-р дээжинд уран, радийн цацраг идэвхийн тэнцвэр тогтсон ($Ra/U=1$) болохыг 186 кэВ энергитэй нийлбэр шугамд ^{235}U ба ^{226}Ra -ийн эзлэх хувийг ^{235}U -ийн 143.7 кэВ энергитэй шугамаар болон ^{214}Bi -ын 609 кэВ энергитэй шугамаас тооцоолж олсон дүн

(2-р зураг) хэмжилтийн алдааны дотор тохирч байгаагаар батлагдаж байна. SL1002 цооногийн 19-20 метрийн гүний 13-р дээжинд цацраг идэвхийн тэнцвэр 1.45 байгаа нь ради хуримтлагдсантай холбоотой байж болно.

- Архангай аймгийн Өндөр-Улаан сумын нутагт орших ураны хайгуулын Чулуут төслийн талбайн SL1001 ба SL1002 хоёр цооногийн өндрөөс хамааруулан авсан ураны хүдрийн дээжинд хийсэн судалгаанаас харахад ураны хүдрийн ихэнх дээжинд уран, радийн цацраг идэвхийн тэнцвэр алдагдсан нь хөрсний усаар уран нэмэгдэн хуримтлагдсан болохыг гэрчилж байгаа бөгөөд цацраг идэвхийн тэнцвэрт ороогүй цооногийн радоны богино наст бүтээгдэхүүний гамма цацраг бүртгэсэн гамма каратожийн диаграмм дээр уран илрэхгүй учраас гамма каратожийн диаграммаар тооцоолсон ураны нөөцийн хэмжээ дутуу үнэлэгдэх болно.

ХАВСРАЛТ



Зураг 3. Ураны хайгуулын Чулуут төслийн талбайн SL1001 ба SL1002 цооногийн гамма каратожийн диаграмм

Хүснэгт 4. Ураны хүдэр дэх цацраг идэвхийн тэнцвэрийг 143.7 кэВ энергитэй шугамаар тодорхойлсон үр дүн

Л/д	Дээжийн индекс	Өндөрийн интервал, м	¹⁴³ S	¹⁸⁶ S	¹⁸⁵ S _{U235}	⁸⁶ S _{Ra226}	⁶⁰⁹ S _{Ra226}	Цацраг идэвхт элементийн агуулалт		Ra/U
								U, г/т	U (Ra), г/т	
1	A0000002	2-3	107	1249	584.13	764.87	2503	139.6	101.0	0.72
2	A0000003	3-4	1073	8681	3852.1	4828.9	13063	225.6	129.2	0.57
3	A0000009	9-10	794	5980	2843.2	3136.7	11065	140.5	89.6	0.64
4	A0000010	10-11	1716	13651	6160.4	7490.5	23443	294.7	183.1	0.62
5	A0000011	11-12	2120	17282	7610.8	9671.2	29647	380.3	244.4	0.64
6	A0000012	12-13	2505	21823	8992.9	12830	37699	451.5	312.9	0.69
7	A0000014	13-14	2066	16716	7416.9	9299.1	28339	354.6	221.2	0.62
8	A0000015	14-15	1037	9138	3722.8	5415.2	13465	986.7	610.5	0.62
9	A0000018	15-16	3098	25175	11121	14053	40637	567.4	343.6	0.60
10	A0000019	16-17	1151	9914	4132.1	5781.9	16333	1093	739.2	0.67
11	A0000020	17-18	1474	12583	5291.6	7291.3	23846	267.6	199.7	0.74
12	A0000021	18-19	1305	11257	4684.9	6572.1	22363	1135	926.7	0.82
13	A0000022	19-20	866	8764	2150.4	6613.6	18639	115.6	153.1	1.25
14	A0000035	2-3	375	3720	1346.2	2373.7	8236	357.0	369.0	1.03
15	A0000038	5-6	218	2045	782.62	1262.4	3093	223.0	128.1	0.57
16	A0000040	7-8	1380	10225	4954.2	5270.8	18296	1035	750.3	0.72
17	A0000041	8-9	2283	18488	8195.5	10292	31557	2104	1386	0.67

18	A0000042	9-10	1672	13692	6002.5	7689.5	21453	1494	913.2	0.63
19	A0000045	10-11	2934	24040	10533	13507	43605	2475	1752	0.66
20	A0000047	11-12	1269	9164	3895.1	5268.8	16400	187.9	129.4	0.68
21	A0000048	12-13	216	2056	775.44	1280.5	3416	175.3	132.1	0.61
22	A0000051	15-16	1154	8127	3773.1	4353.9	13346	185.2	107.1	0.58
23	A0000052	16-17	1141	9576	4096.2	8479.8	15178	901.5	571.4	0.71
24	A0000053	17-18	1830	14862	6569.7	8292.3	20587	1583	848.6	0.75
25	A0000057	21-22	1886	16923	5988.1	10931	30269	334.2	285.4	0.85
26	A0000058	22-23	1422	11959	5104.9	6854.0	15962	1419	759.1	0.63
27	A0000059	23-24	4366	33661	12015	21645	57809	611.5	488.3	0.79

Ураны агуулалт хамгийн бага (115.6 Бк/кг) **A0000002** дээжийн хэмжилтын алдаа 6.9 %, ураны агуулалт хамгийн их (2475 Бк/кг) A0000045 дээжийн хэмжилтийн алдаа 1,3 % байв

Хүснэгт 5. Ураны хүдэр дэх цацраг идэвхийн тэнцвэрийг 609 кэВ энергитэй шугамаар тодорхойлсон үр дүн

д/д	Дээжийн индекс	Өндөрийн интервал, м	¹⁸⁶ S	⁶⁰⁹ S	^{185.7} S _{U235}	¹⁸⁶ S _{Ra226}	Цацраг идэвхт элементийн агуулалт		Ra/U
							U, г/г	U (Ra), г/г	
1	A0000002	2-3	1249	2503	535.65	713.35	127.8	101.0	0.93
2	A0000003	3-4	8681	13063	4958.1	3722.9	288.4	129.1	0.45
3	A0000009	9-10	5980	11065	2826.5	3153.5	134.1	89.6	0.67
4	A0000010	10-11	13651	23443	6969.7	6681.2	317.4	183.0	0.58
5	A0000011	11-12	17282	29647	8832.6	8449.4	424.1	244.4	0.58
6	A0000012	12-13	21823	37699	11079	10744	535.0	312.8	0.58
7	A0000014	13-14	16716	28339	8639.4	8076.6	393.0	221.2	0.56
8	A0000015	14-15	9138	13465	5300.5	3837.5	1404	610.5	0.48
9	A0000018	15-16	25175	40637	13593	11581	669.0	343.6	0.51
10	A0000019	16-17	9914	16333	5259.1	4654.9	1391	739.2	0.53
11	A0000020	17-18	12583	23846	5786.9	6796.1	282.1	199.7	0.71
12	A0000021	18-19	11257	22363	4883.5	6373.4	1182	926.7	0.87
13	A0000022	19-20	8764	18639	3451.8	5312.1	164.6	153.1	0.93
14	A0000035	2-3	3720	8236	1372.7	2347.2	364.1	368.9	1.01
15	A0000038	5-6	2045	3093	1163.5	881.51	279.8	125.6	0.45
16	A0000040	7-8	10225	18296	5010.6	5214.3	1078	673.4	0.62
17	A0000041	8-9	18488	31557	9494.2	8993.7	2438	1385	0.57
18	A0000042	9-10	13692	21453	7577.9	6114.1	1885	913.2	0.48
19	A0000045	10-11	24040	43605	11612	12427	2728	1752	0.64
20	A0000047	11-12	9164	16400	4490.0	4674.0	207.1	129.4	0.62
21	A0000048	12-13	2056	3416	1082.4	973.56	244.6	132.1	0.60
22	A0000051	15-16	8127	13346	4323.4	3803.6	203.6	107.1	0.53
23	A0000052	16-17	9576	15178	5250.3	4325.7	1155	571.4	0.55
24	A0000053	17-18	14862	20587	8994.7	5867.3	2167	848.6	0.49
25	A0000057	21-22	16923	30269	8296.3	8626.6	455.5	285.4	0.63
26	A0000058	22-23	11959	15962	7409.8	4549.2	2059	759.1	0.41
27	A0000059	23-24	33661	57809	17185	16475	843.6	488.3	0.58

Хүснэгт 6. Цацрагийн идэвхийн тэнцвэртэй үеийн харьцаагаар тооцсон үр дүн

Д/д	Дээжийн индекс	Өндөрийн интервал, м	¹⁸⁶ S	^{185.7} S _{U235}	¹⁸⁶ S _{Ra226}	Цацраг идэвхт элементийн агуулалт		Ra/U
						U, г/г	U (Ra), г/г	
1	A0000002	2-3	1249	540.82	708.18	129.0	101.0	0.78
2	A0000003	3-4	8681	3758.8	4922.13	217.8	129.1	0.59
3	A0000009	9-10	5980	2589.3	3390.66	122.7	89.6	0.73
4	A0000010	10-11	13651	5910.8	7740.12	268.8	183.0	0.68
5	A0000011	11-12	17282	7483.1	9798.89	358.9	244.4	0.68
6	A0000012	12-13	21823	9449.4	12373.64	455.9	312.8	0.69
7	A0000014	13-14	16716	7238.1	9477.97	328.9	221.2	0.67
8	A0000015	14-15	9138	3956.7	5181.24	1049	610.5	0.58
9	A0000018	15-16	25175	10900.7	14274.23	535.9	343.6	0.64
10	A0000019	16-17	9914	4292.7	5621.24	1136	739.2	0.65
11	A0000020	17-18	12583	5448.4	7134.56	265.5	199.7	0.75
12	A0000021	18-19	11257	4874.3	6382.72	1181	926.7	0.78
13	A0000022	19-20	8764	3794.8	4969.19	181.3	153.1	0.84
14	A0000035	2-3	3720	1610.8	2109.24	426.9	468.9	1.09
15	A0000038	5-6	2045	885.48	1159.51	212.7	125.6	0.59
16	A0000040	7-8	10225	4427.4	5797.57	952.5	673.4	0.71
17	A0000041	8-9	18488	8005.3	10482.70	2055	1386	0.67
18	A0000042	9-10	13692	5928.6	7763.36	1475	913.2	0.62
19	A0000045	10-11	24040	10409	13630.68	2446	1753	0.72

20	A0000047	11-12	9164	3968.1	5195.99	182.7	129.4	0.71
21	A0000048	12-13	2056	890.25	1165.75	201.2	132.1	0.66
22	A0000051	15-16	8127	3518.9	4608.01	165.2	107.1	0.65
23	A0000052	16-17	9576	4146.4	5429.59	912.4	571.4	0.63
24	A0000053	17-18	14862	6435.3	8426.75	1551	848.6	0.55
25	A0000057	21-22	16923	7327.6	9595.34	401.9	285.4	0.71
26	A0000058	22-23	11959	5178.2	6780.75	1440	759.1	0.53
27	A0000059	23-24	33661	14575	19085.79	715.1	488.3	0.68

АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛ

- [1] Н.Норов, О.Отгонсүрэн, С.Даваа. Дорнод Монголын нүүрсний цацраг идэвхийг судалсан дүн, МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг, 1997, №2(125), 42-47-р тал.
- [2] Ш.Гэрбиш, Н.Ганбаатар, Ж.Сэрээтэр. Уран торийг тодорхойлох γ -спектрометрийн арга, МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг, 1997, №2(125), 11-17-р тал.
- [3] Н.Ганбаатар, Г.Хүүхэнхүү, Н.Норов. Б.Болормаа, Эзлэхүүнт дээжийг судлах үнэмлэхүй арга. Улаанбаатар, МУИС ЭШБ, 1997, № 4(137)8. 62-67-р тал.
- [4] Chultem. D., Norov N., Ganzorig J., Gansukh N. A study of Uranium/Radium disequilibrium by the spectral line centroid expansion method, Nuclear Geophysics, 1991, Vol.5, No4, pp541-545, Oxford, Pergamum Press.
- [5] Ж.Сэрээтэр, Н.Ганбаатар, Ш.Гэрбиш. Ураны хүдрийн дээжинд радий, ураны харьцааг тодорхойлох харьцангуй арга: МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг, 1997, №2(125), 73-76-р тал.
- [6] Н.Норов, Ж.Ганзориг, С.Даваа. Хүрэн нүүрсэнд цацраг идэвхийн тэнцвэрийг тодорхойлсон нь, МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг, 1997, №2(125), 88-93-р тал.
- [7] Новиков Г.Ф. Радиометрическая разведка. Учебник для вузов, Л.: Недра, 1989.
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Measurement of Radionuclides in food and the Environment, 1989, Technical Reports Series №295.
- [9] Table of nuclides 2000, Nuclear Data Center, Korea Atomic Energy Research Institute /<http://atom.kaeri.re.kr/>.
- [10] Y.Y.Ebaid. Use of gamma-ray spectrometry for uranium isotopic analysis in environmental samples, 2009. pp.69-74.
- [11] Bickel.M, W.Nagel and F.Qulk. High precision determination of Uranium in ore by Gamma-ray Spectrometry, Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 1996, Vol.209, 1, pp.113-121.
- [12] Н.Норов, С.Даваа, Н.Ганбаатар. Байгалийн цацраг идэвхийг судлах гамма спектрометрийн нэгэн арга, МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг, 1999, № 6(147), 162-169-р тал.

A Study of Radioactive Equilibrium in Uranium Ore

G.Tsembelmaa, N.Norov and N.Enkhbat

Nuclear Research Center, National University of Mongolia, University Street-1, Ulaanbaatar-210646, Mongolia

This work was developed an evaluation method for uranium, radium equilibrium using 186 keV energy sum of ^{226}Ra , ^{235}U isotope. To evaluate radioactive equilibrium between uranium and radium, taking account on 186 keV energy of ^{235}U by peak area of 143.7, 63 keV energy and calculated peak area of ^{226}Ra . Also radioactive equilibrium between uranium and radium has determined by gamma ray peak of ^{222}Rn progeny and calculated actual peak area of ^{226}Ra isotope.