

ДОРНОД МОНГОЛЫН НҮҮРСНИЙ ЦАЦРАГ  
ИДЭВХИЙГ СУДАЛСАН ДҮН

Н.Норов, О.Отгонсүрэн, С.Даваа

1. УДИРТГАЛ

Монгол орны газар нутагт нүүрс хуримтлах нь газар зүйн байршлын хувьд баруунаас зүүн тийш шилжиж ирсэн зүй тогтолтой болохыг тогтоожээ [1]. Өөрөөр хэлбэл чулуун нүүрсний настай эрт үеийн нүүрс агуулсан давхаргатай орд газрууд манай орны баруун хэсэгт хөгжиж, геологийн хожимын үед нүүрс хуримтлал зүүн тийш шилжиж, доод шохойн үед дорнод монголын хэсэгт өргөн тархаж, улмаар баруун монголд нүүрс хуримтлал дууссан байна. Манай орны нүүрсэнд агуулагдах цацраг идэвхт элемент болох ураны агуулга энэхүү нүүрсжих процессын ерөнхий зүй тогтолтой хэрхэн холбоотой байгааг судлах зорилго тавьсан юм.

Манай орны нүүрсний зарим орд газрын нүүрсний цацраг идэвхийг нарийвчлан судлах ажлыг МУИС-ийн Цөмийн шинжилгээний лабораторид сүүлийн хэдэн жил гүйцэтгэж ирлээ.

Нүүрсний байгалийн цацраг идэвхийн хэмжээ нь түүнд агуулагдах уран, тори болон эдгээр элементүүдийн байгалийн цацраг идэвхит задралын бүтээгдэхүүнүүд мөн кали-40-ийн агуулгаар тодорхойлогдоно. Нүүрс нь анхнаасаа газрын гүйд хуримтлагддаг учраас цөмийн дэлбэрэлтээ үүсэж тархдаг Cs-137, Sr-90 зэрэг үүсмэл цацраг идэвхит изотопууд түүнд бараг байдаггүй гэж үзэж болно.

2. СУДАЛГААНЫ ДҮН

Нүүрсний дээжин дэх байгалийн цацраг идэвхт изотопуудын гамма спектрийг хэмжихэд нарийн ялгах чадвартай цэвэр германи детектор, 4096 сувагт "Камберра" анализатор бүхий гамма спектрометр хэрэглэв. Детекторын ажлын эзэлхүүн  $52 \text{ см}^3$ , гамма туяаг энергиэр ялгах чадвар 1333 кэВ энергитэй шугамын хувьд 2,3 кэВ байв. Нүүрсний дээжийг детекторт угладаг  $700 \text{ см}^3$  эзэлхүүнтэй Маринеллийн саванд хийж 1 цаг хэмжин гамма спектрометрт гаргаж авсан мэдээллийг S-100 системийг ашиглан боловсруулсан.

Нүүрсэн дэх цацраг идэвхт изотопын хувийн идэвхийг гамма спектр дэх бүрэн шингээлтийн шугамын талбайгаар олохдоо дараах томъёог хэрэглэв.

$$A_i = \frac{S}{k \cdot \epsilon_{\alpha}(E_i) \cdot \omega \cdot m \cdot t}$$

Үүнд:  $A_i$  - изотопын хувийн идэвх (Бк/кг)

S - спектрийн шугамын талбай

k - гамма квантын гаралт

$\epsilon_{\alpha}(E_i)$  - усны хувьд ( $\rho=1 \text{ г/см}^3$ ) тодорхойлсон детекторын үнэмлэхүй бүртгэх чадвар

$\omega$  - гамма туяаны багц, дээжинд сулрахыг тооцсон коэффициент (туршлагаар тодорхойлогдсон)

m - дээжийн жин (кг), t - хэмжсэн хугацаа (секунд)

Нүүрсэн дэх ураны хувийн идэвхийг тодорхойлохдоо U-235 изотопоос үүсэх 185,7 кэВ шугамыг ашигласан. Энэ шугам нь Ra-226 изотопоос гарах 186,2 кэВ шугамаас ялгарахгүй бүртгэгдэх тул төдгээрийн эрчмийн харьцааг мэдэх хэрэгтэй болно. Уран, радийн хооронд цацраг идэвхийн тэнцвэр тогтсон үед 186 кэВ шугамын талбайн 43,4% U-235, 56,6% Ra-226 изотопод ноогдохыг хялбархан тооцоолж болно.

Мөн U-235-ын задралаас үүсдэг 185,7 кэВ энергитэй гамма квант ба U-238-ын удам Ra-226-ийн задралаас үүсэх 186,2 кэВ энерги бүхий гамма квантын эрчмийн харьцааг уран, радийн нийлбэр (186 кэВ) шугамын хүндийн төвийн шилжилтээр шууд тодорхойлдог [2] аргаар ураны агуулга ихтэй нүүрсний дээжинд судалгаа хийж гарсан үр дүнгээ шалтга.

Байгалийн цацраг идэвхт уран-228-ын бүлийн изотопуудын үүсгэх шугамуудаас хамгийн их эрчимтэй 609,3 кэВ (Bi-214 изотопоос гардаг) шугамаар радийн хувийн идэвхийг нилээд нарийн тодорхойлдог. Радийн хувийн идэвхийг 186 кэВ шугамаар тодорхойлсон үр дүн 609,3 кэВ шугамаар олсон дүнтэй тохирч байсан нь уран, радийн хооронд цацраг идэвхийн тэнцвэр тогтсон буюу ураны хувийн идэвхийг дээр дурьдсан аргаар зөв олж болохыг нотолж байна.

Торийн хувийн идэвхийг тодорхойлоход цацраг идэвхийн тэнцвэрт байгаа ThC-ийн задралаар үүсэх 580,0 кэВ, 2614,7 кэВ (Th-208) болон актини-228 изотопын 911,1 кэВ энергитэй гамма туяаг ашиглав. Ингэж уран, тори, радийн идэвхийг тус бүр хэд хэдэн гамма шугамаар тодорхойлсон нь дотоод шалгуур болж туршлагын үнэмшлийг ихэсгэж байгаа юм. Кали-40 изотопын хувийн идэвхийг түүний задралаар үүсэх 1460,8 кэВ гамма шугамаар тодорхойлсон.

Гамма спектрометрээр хэмжиж олсон изотопуудын хувийн идэвхээр нүүрсэн дэх байгалийн цацраг идэвхт элементүүдийн агуулгыг тодорхойлох хамааралыг тогтоох шаардлагатай. Нэг кг мастай нуклидын хувийн идэвхийг дараах илэрхийллээр тодорхойлодог.

$$A_i = \frac{0.693 \cdot R}{M \cdot T_{1/2}} \cdot N = \frac{1.323 \cdot 10^{17} \cdot R}{M \cdot T_{1/2}}$$

Үүнд:  $T_{1/2}$  - хагас задралын үе (жил)

M - масс тоо

N - Авогадрын тоо

R - цацраг идэвхт изотопын байгаль дахь тархалт (%)

Байгалийн цацраг идэвхт изотопуудын хувийн идэвхийг дээрх томъёогоор тодорхойлсон дүнг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв.

Дээж	Хувийн идэвх. Бк/кг				Элементийн агуулга*		
	U-235	Ra-226	Th-232	K-40	U г/т	Th г/т	K%
I Агууцруулгын 1	14±0.2	289±3.2	334±4.9	795±4.9	2.4±0.3	8.1±1.2	2.7±0.2
Хөрс							
2 Эгс (хуучилт хөрс)	26±0.3	316±3.8	273±7.1	791±4.7	4.6±0.6	6.7±1.6	2.6±0.2
3 Исэлдсэн нүүрс №1	179±3	382.2±6.9	189±0.0	2.3±0.5	312.9±5.6	4.6±1.3	0.009±0.002
Исэлдсэн нүүрс №2	71±2	228.4±7.3	134±3.1	2.1±0.5	123.7±4.0	32.9±7.6	0.008±0.002
4 Нүүрс	18±0.7	203±1.0	24±0.6	1.4±0.5	31.1±1.2	0.9±0.2	0.010±0.004
II Баянуур 1 Хөрс	2.0±0.2	42.9±3.0	46.3±4.1	1338±6.3	3.5±0.2	11.3±1.0	4.5±0.2
2 Эгс (хуучилт хөрс)	1.7±0.2	34.9±3.2	6.4±2.0	1160±6.8	2.9±0.3	8.0±0.9	3.9±0.2
3 Исэлдсэн нүүрс	82±3	191±1.2	6.4±2.0	127±5	14±5	1.6±0.5	0.40±0.02
4 Нүүрс	7.7±1.0	13.7±1.7	4.6±2.1	58±1.0	13.4±1.8	1.2±0.5	0.20±0.03
III Бумбат 1 Хөрс	15.4±0.6	320±1.3	37.2±4.5	652±4.5	2.6±0.1	9.2±1.1	2.2±0.2
2 Эгс (хуучилт хөрс)	37±1	581±1.7	46.0±4.6	923±3.7	6.4±1.9	11.0±1.1	3.1±0.2
3 Исэлдсэн нүүрс	471±1.0	4343±5.2	23.5±5.6	318±3.8	82.4±1.8	5.7±1.4	1.1±0.1
4 Нүүрс №1	157±5	1312±2.2	12.2±4.1	86±1.7	27±8	3.0±0.9	0.30±0.06
5 Нүүрс №2	79±4	589±1.7	13.4±5.4	88±1.4	139±7	3.2±1.3	0.30±0.05
6 Нүүрс №3	206±6	1015±2.1	14.1±4.2	61±1.2	361±1.0	3.5±1.0	0.20±0.04
7 Нүүрс №4	105±5	360.8±5.4	4.6±1.8	217±2.4	183±8	1.1±0.5	0.70±0.08
8 Нүүрс №5	34±0.7	71.4±1.6	14.7±4.9	356±4.6	58.5±1.2	3.6±1.2	1.2±0.2
IV Тэд.булаг 1 Хөрс	1.4±0.3	24.0±3.6	37.2±4.8	945±5.8	2.5±0.4	9.1±1.2	3.2±0.2
2 Исэлдсэн нүүрс	0.8±0.3	2.5±0.9	4.6±1.8	2.6±0.4	1.4±0.5	1.1±0.4	0.010±0.002
3 Нүүрс №1	15±1	176±14	1.5±0.5	63±9	29.4±2.1	0.4±0.2	0.20±0.03
4 Нүүрс №2	0.13±0.04	2.8±0.8	6.4±1.6	25.2±3.5	0.23±0.07	1.6±0.4	0.08±0.01

\* Th, K-ийн агуулгыг энэ хүснэгт дэх харгалзах хувийн идэвхийг тодорхойлжээ. Урхайн агуулгыг тодорхойлохдоо хувиар гүйцэтгэжээ. U-235-ийн хувийн идэвхийг ашигласгүй. U-235-ийн хувийн идэвхийг тодорхойлжээ.

1-р хүснэгт  
Зарим байгалийн цацраг идэвхт  
изотопуудын хувийн идэвх

Нуклид (цөм)	Хагас задралын үе (жил) [3, 4]	Тархалт (%) [3, 5]	Масс тоо	Хувийн идэвх (Бк/кг)
K-40	$1.277 \cdot 10^9$	0.0117	39.0983	$3.100 \cdot 10^4$
Ra-226	1600	100	226.0254	$3.658 \cdot 10^{13}$
Th-232	$1.405 \cdot 10^{10}$	100	232.0381	$4.058 \cdot 10^6$
U-235	$7.038 \cdot 10^8$	0.720	238.0289	$5.886 \cdot 10^6$
U-238	$4.468 \cdot 10^9$	99.275	238.0289	$1.235 \cdot 10^7$

Нүүрсэн дэх байгалийн цацраг идэвхт элементүүдийн агуулгыг тэдгээрийн изотопуудын хувийн идэвхийг олохдоо дараах харьцааг ашиглаж болно.

- 1% (K) = 310 Бк/кг (K-40)
- 1 г/т (U) = 12.35 Бк/кг (Ra-226)
- 1 г/т (U) = 0.57 Бк/кг (U-235)
- 1 г/т (Th) = 4.06 Бк/кг (Th-232)

Дорнод Монголын хүрэн нүүрсний зарим уурхайн дээжинд гамма спектрометрийн судалгаа хийсэн дүнг 2-р хүснэгтэд үзүүлэв. Нүүрсний уурхайн цацраг идэвхи ихтэй нүүрсний исэлдсэн өнгөн хэсэг болон нүүрсний гүний янз бүрийн давхаргаас авсан дээжийг гамма спектрометрээр 1 цаг хэмжихэд гарсан алдааг мөн харуулав. Хэмжих хугацааг уртасгаж хэмжилтийн алдааг хэд дахин багасгаж болно. Энэ хүснэгтээс үзвэл, Бумбатын ордон хучилт хөрс нь зөвхөн элсэнцэрээс тогтсон, уран харьцангуй их агуулсан, бусад уурхайнуудаас хамгийн нимгэн байгаа зэрэг нь нүүрсэнд ураны агуулга их байх нөхцлийг бүрдүүлсэн болох нь харгагдаж байна.

Манай орны баруун аймгуудын (Баян-Өлгийн Нүүрст хотгор, Булганы Улаан-Овоо) нүүрсний уурхайн дээжинд цацраг идэвхийн судалгаа хийсэн дүнг 3-р хүснэгтэд үзүүлэв. Эндээс үзэхэд чулуун нүүрсний харьцангуй их настай орд газрын (Нүүрст хотгор) дээжинд байгалийн цацраг идэвхт ураны агуулга Дорнод Монголын хүрэн нүүрснийхээс харьцангуй бага байгаа нь харгагдаж байна.

Уурхайн нүүрсний давхаргын дээд хэсгээс байгалийн цацраг идэвхт элементүүдийг ихээр агуулсан дээжүүдийг зориуд сонгон авсан болно. Иймд тухайн уурхайн хувьд нүүрсэн дэх ураны дундаж агуулга нь энд гарсан дүнгээс бага байх нь ойлгомжтой.

### 3. ДҮГНӨЛТ

1. Дорнод Монголын харьцангуй залуу хүрэн нүүрсэнд байгалийн цацраг идэвхт элемент болох ураны хэмжээ манай орны баруун хэсэгт орших чулуун нүүрсний орд газрын нүүрснийхээс харьцангуй их байдаг нь судалгааны дүнгээс харагдаж байна. Адуунчулуун, Багануур, Бумбат зэрэг хүрэн нүүрсний орд газрын нүүрсний дээд давхаргын 0.5 м-ээс 10 м хүртэл зузаан үе уранаар баяжсан байна.

2. Адуунчулуун, Багануур, Бумбат зэрэг Дорнод Монголын хүрэн нүүрсний орд газруудын нүүрсний өнгөн хэсгийн исэлдсэн давхарга уранаар баяжсан бөгөөд ураны хэмжээ нь хучилт хөрсөн дэх ураны хэмжээ болон хөрсний ус нэвтрүүлэх чанар (элс, шавар)-аас хамааралтай болох нь харагдаж байна.

3. Бумбатын орд газрын нүүрс нь уран их агуулсан элсэнцэр (сэвсгэр хурдас) нимгэн давхаргаар хучигдсан тул нүүрсэн дэх ураны агуулга бусад орд газрынхаас харьцангуй их байна. Иймээс уран нь хөрсний усанд уусан хүчилтөрөгч ихтэй сэвсгэр хурдасаар шүүрэн нэвтэрч, хүчилтөрөгч багатай орчинд ангижрах урвалд орж тогтвортой уран болон нүүрсэнд хуримтлагдсан байна гэсэн дүгнэлтэнд хүргэж байна.

### STUDIES OF THE NATURAL RADIOACTIVITY IN COALS OF EASTERN MONGOLIA

N.Norov, O.Otgonsuren, S.Davaa

The study of Radioactivity of the brown coals using gamma Spectrometer is been discussed.

The samples from the coal mines of Eastern Mongolia: Aduunchuluun, Baga Nuur, Bumbat and Tal Bulag were analyzed, and the natural radionuclides content ranges from 2.5 to 4340 Bq/kg for Ra-226, from 1.5 to 46 Bq/kg for Th-232; and from 1.4 to 360 Bq/kg for K-40 in various coal mines.

### АШИГЛАСАН НОМ

1. Ж.Дүгэрсүрэн  
Геология угольных месторождений МНР и закономерности 1971.
2. D.Chultem, N.Norov, J.Ganzorig and N.Gansukh  
A study of Uranium/Radium Disequilibrium by the Spectral Line Centred Expansion Method.  
Nuclear Geophysics Vol.5, №4, pp541-545, 1991.
3. International atomic energy agency, Handbook on Nuclear Activation Data. Technical Reports Series №273, IAEA Vienna, 1987.
4. NEA Nuclear data committee, 1992, Nuclear data standards for nuclear measurements, 1991 NE ANDC/INDC.
5. Lederer. C.M., Shirley. V.C. Tables of Isotopes, Seventh Edition, 1978.

Нүүрс хотгор, Улаан-Овоогийн нүүрсний  
уурхайн дээдний цацраг идэвхт  
элементүүдийг тодорхойлсон дүн

Хүснэгт 3

Орд газар	Хувийн идэвх, Бк/кг			Элементийн агуулга		
	Ра-226	Th-232	K-40	U, г/т	Th, г/т	K, %
1. Нүүрс хотгор						
Нүүрс №1	304±31	230±5.1	62±1.1	2.5±0.3	5.6±1.2	0.21±0.04
Нүүрс №2	26.2±3.3	25.6±5.0	66±1.1	2.1±0.3	6.3±1.2	0.22±0.04
Нүүрс №3	15.8±4.0	13.8±4.8	29.2±3.5	1.3±0.3	3.4±1.3	0.08±0.01
2. Улаан-Овоо						
Хучилт хөрс	20.8±2.9	19.8±4.6	71.1±4.6	1.7±0.3	4.8±1.1	2.4±0.2
Нүүрс №1	15.7±3.5	12.4±4.3	97±1.3	1.3±0.3	3.0±0.9	0.39±0.05
Нүүрс №2	9.5±1.3	6.4±1.8	4.9±0.8	0.8±0.1	1.6±0.5	0.02±0.003
Нүүрс №3	2.8±0.9	4.4±1.2	29.9±3.8	0.30±0.09	1.0±0.3	0.10±0.01