

## Гамма каротажийн диаграммыг ашиглан нүүрсэн дэх ураны хэмжээг үнэлэх нь

Н.Норов, С.Даваа, Г.Хүүхэнхүү

(МУИС,Цөмийн физикийн судалгааны төв)

### Estimation of Uranium Distribution in Coal Using Natural Gamma ray Logging Curves.

**Abstract.** This paper discusses how estimating the uranium concentration in coal seam by the natural gamma ray logging curves of coal deposit.

#### 1. Оршил

Гамма-каротаж, нягтын гамма-гамма-каротаж нь цооног дахь геологийн зүсэлтийг судлах геофизикийн голлох аргууд юм. Нүүрс, занарын орд газрын зүсэлтэнд нүүрс болон занарын давхаргыг ялгах, тэдгээрийн зузаан, байрлалын гүнийг тодорхойлоход цөмийн геофизикийн каротажийн эдгээр аргыг өргөн хэрэглэдэг [1,2].

Гамма-каротаж нь байгалийн цацраг идэвхт элементүүдийн гамма цацралыг бүртгэхэд үндэслэгддэг бөгөөд түүнийг гол төлөв U, Th, K-ийн цацраг идэвхийн гаж илрэлийг олоход ашигладаг. Нүүрсэнд байгалийн цацраг идэвхт элементүүдийн хэмжээ нь агуулагч чулуулаг (элсэн чулуу, аргиллит) дахь хэмжээнээс бага байдаг тул гамма-каротажийн эрчмийн муруйн бага мужид нүүрсний давхарга харгалзана. Харин нүүрсний нягт агуулагч чулуулагийнхаас бараг хоёр дахин бага учраас нягтын гамма-гамма-каротажийн диаграмм дахь эрчмийн их утга нүүрсний давхаргыг заана. Үүнийг ашиглан гамма-каротаж, нягтын гамма-гамма-каротажгаар нүүрсний давхаргыг нарийн тогтоодог.

Тулгуур цооногуудын кернийн дээжийн судалгаагаар тодорхойлсон ураны агуулга ба гамма-каротажийн ханасан эрчмийн хоорондох хамаарал болон уран, радийн хооронд цацраг идэвхийн тэнцвэрийн алдагдлыг тооцсон коэффициентыг ашиглан нүүрсний давхарга дахь ураны агуулгыг тодорхойлох аргын тухай болон уг аргыг ашиглан Багануурын ордын цооногийн дээжид анализ хийсэн дүнгээс энд өгүүлнэ.

#### 2. Судалгааны арга зүй

Багануурын ордын нүүрсний давхаргад ураны тархалтыг судлах зорилгоор 538, 566 дугаар цооногуудын дээжинд МУИС-ийн Цөмийн судалгааны төвийн  $52 \text{ см}^3$  ажлын эзэлхүүн, 2,3 кэВ (1332,5 кэВ  $^{60}\text{Co}$ ) энергийн ялгах чадвартай цэвэр германин детектор бүхий гамма спектретрийг ашиглан хийсэн судалгааны үр дүнг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв. Нүүрсэн дэх ураны хувийн идэвхийг тодорхойлохдоо 185,7 кэВ ( $^{235}\text{U}$ ) шугамыг ашигласан бөгөөд энэ шугам нь  $^{226}\text{Ra}$  изотопоос гарах 186,2 кэВ шугамаас ялгарахгүй бүртгэгдэнэ. Иймээс нүүрсэн дэх радийн хувийн идэвхийг 609,3 кэВ ( $^{214}\text{Bi}$ ) шугамаар нилээд нарийн тодорхойлж, уран, радийн нийлбэр 186 кэВ шугамын талбайд радийн өөрөөс нь гарах 186,2 кэВ шугамын өгөх хувийг олно. Уран, радийн хооронд цацраг идэвхийн тэнцвэр тогтсон үед 186 кэВ шугамын талбайн 43,4 %  $^{235}\text{U}$ , 56,6%  $^{226}\text{Ra}$  изотопод ноогдохыг ашиглаж уран, радийн хоорондох цацраг идэвхийн

тэнцвэрийг шалгав. Торийн хувийн идэвхийг 583,1 кэВ ( $^{208}\text{Tl}$ ), 911,1 кэВ ( $^{228}\text{Ac}$ ) энергитэй гамма туяаг ашиглав.  $^{40}\text{K}$  изотопын хувийн идэвхийг түүний задралаар үүсэх 1460,8 кэВ гамма шугамаар тодорхойлсон. Нүүрсний дээжийг детекторт угладаг  $700\text{ см}^3$  эзэлхүүнтэй Маринеллийн саванд хийж 1 цаг хэмжихэд гарах хэмжилтийн харьцангуй алдаа ураны хувьд 10 %, торийн хувьд 15% байв.

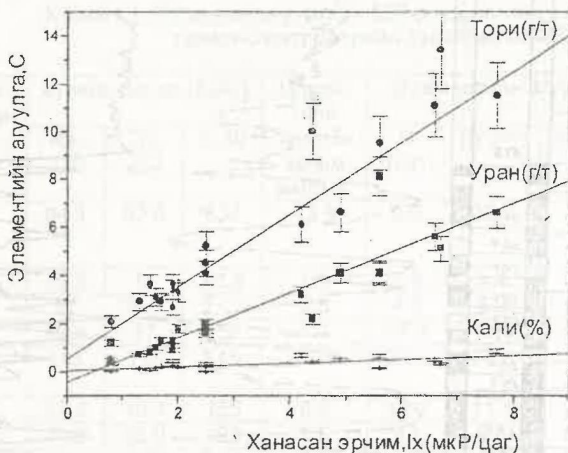
Хүснэгт. 1. Багануурын уурхайн 538-р цооногийн дээжинд гамма-спектрметрийн судалгаа хийсэн дүн

Цооногийн гүн (м)	Хувийн идэвх (Бк/кг)			Цацрагийн тунгийн эрчим мкР/цаг	Элементийн агуулга			Дээжийн төрөл
	Ra-226	Th-232	K-40		U (г/т)	Th (г/т)	K (%)	
39	94.4	92.5	834	13.8	9.6	22.7	2.79	Элсэн чулуу
53	16.3	14	76.9	1.9	3.9	3.4	0.26	Нүүрс
54	22	21.4	23.1	2.5	4.2	5.2	0.02	-
55	80.5	47	258	7.7	17.3	11.5	0.86	-
57	188	117	545	17.8	25.4	28.8	1.82	Нүүрсстэй аргиллит
58	68.8	45.4	155	6.6	13.1	11.1	0.52	Нүүрс
59	49.8	38.9	195	5.6	9.1	9.5	0.65	-
60	3.1	8.7	24.4	0.8	1.6	2.1	0.08	-
63	50.3	26.8	152	4.9	8.1	6.6	0.51	-
64	61.9	54.9	102	6.7	10.5	13.4	0.34	-
65	8.6	11.8	35	1.3	0.7	2.9	0.12	-
70	19.1	10.2	105	2.5	3.2	4.5	0.35	-
72	26.9	40.7	124	4.4	6.7	10	0.41	-
76	10.2	14.7	17.9	1.5	2.1	3.6	0.06	-
77	11.8	12.6	57.7	1.6	4.6	3.1	0.16	-
78	105	80.2	993	14.1	10.2	19.6	3.32	Элсэн чулуу
83	39.2	24.8	207	4.2	7.5	6.1	0.69	Нүүрс
86	12.8	10.9	140	1.9	2.3	2.7	0.47	-
89	15.4	11.7	64.1	1.7	6.7	2.9	0.21	-
114	102	64.5	1053	13.2	10.2	15.8	3.51	Элсэн чулуу
116	153	81.8	846	5.7	17.9	20	2.83	Нүүрсстэй аргиллит
117	24.8	16.7	66.7	2.5	6.1	4.1	0.22	Нүүрс
120	14.7	1.9	23.1	0.8	2.5	0.5	0.02	-
138	98.5	16.7	47.7	5.6	10.5	4.1	0.16	-
159	74.9	33.7	1050	5.9	12.1	8.3	3.5	Элсэн чулуу
162	11.5	14.8	100	1.9	3.7	3.6	0.33	Нүүрс
179	21.5	13.4	52.5	2	7.5	3.3	0.18	-
Дундаж утга	94.1	67.7	983	11.8	10.5	16.6	3.28	Элсэн чулуу
	31.5	21.2	92.6	3.3	2.6	8.0	0.48	Нүүрс





Уран, радийн хооронд цацраг идэвхийн тэнцвэр алдагдаагүй дээжид уран агуулга ба гамма-каротажийн ханасан эрчмийн корреляцийн коэффициентийг NaJ(Tl) 30×70 кристалл, 14А фотоэлектрон үржүүлэгчтэй гамма-каротажийн багаж КУРА-2 дээр гарган авсан 538, 566 дугаар цооногуудийн каротажийн диаграмм (1-р зураг) болон 1-р хүснэгтэд үзүүлсэн хэмжилтийн дүнг ашиглан тооцоолоход  $R=0.914$ , торийнх  $R=0.903$ , калийнх  $R=0.725$  байв. Нүүрсний давхарга дахь байгалийн цацраг идэвхт элементүүдийн агуулга ба гамма-каротажийн ханасан эрчмийн хамаарлыг 1-р зурагт үзүүлэв.



Зураг.1. Нүүрсний давхарга дахь байгалийн цацраг идэвхт элементүүдийн агуулга ба гамма-каротажийн ханасан эрчмийн хамаарал

Ийнхүү нүүрсэн дэх уран, торийн агуулга гамма-каротажийн ханасан эрчмийн хооронд мэдэгдэхүйц шулуун хамаарал байгааг ашиглан нүүрсний давхарга дахь уран, торийн агуулгыг дараах илэрхийллээр үнэлэх боломж олдов.

$$C_u = k \cdot (-0.419 + 0.927 \cdot I_x)$$

$$C_{Th} = 0.54 + 1.49 \cdot I_x$$

Үүнд:  $C_u, C_{Th}$  нүүрсэн дэх уран, торийн агуулга (г/т)

$I_x$  - гамма-каротажийн ханасан эрчим (мкР/цаг)

$k$  - уран, радийн цацраг идэвхийн тэнцвэрийн коэффициент. Уран радийн хооронд цацраг идэвхийн тэнцвэрт нөхцөлд  $k=1$  байна.

Багануурын нүүрсний ордод хийсэн гамма-каротажийн мэдээллээс тус ордын нүүрсний давхаргууд дахь ураны тархалтыг тооцон гаргасан дүнг 2-р хүснэгтэд үзүүлэв.

Хүснэгт 2. Багануурын нүүрсний давхаргууд дахь ураны дундаж агуулга( г/т).

Хайгуулын шугам /ХШ/	Цооногийн дугаар	Нүүрсний давхаргууд			
		3 <sup>2</sup>	3 <sup>1</sup>	2 <sup>a</sup>	2
ХШ-0	521	-	22	0.2	0.3
ХШ-4	566	35	16	0.2	2.4
	557	5.0	3.5	1.4	1.6
	558	2.6	1.6	1.2	1.0
	559	21	3.0	2.2	0.8
ХШ-5	586	-	4.3	2.0	-
	585	17.3	5.3 [2]	-	-
ХШ-7	553	32 [2]	8.0 [5]	3.6 [18]	1.3 [13]
	552	8.3 [7]	5.0 [5]	2.9	1.5
ХШ-10	543	-	4.4 [8]	4.3 [8]	1.3 [13]
	533	2.8 [5]	3.4 [5]	1.8 [4]	-
	548	-	7.9	1.1 [15]	0.8 [14]
	547	-	2.2 [6]	2.0 [16]	1.6 [17]
	546	9.2 [2]	5.3 [4]	9.1 [16]	1.2 [20]
	579	4.9 [14]	6.1 [5]	-	-
	576	5.3 [8]	5.7 [10]	-	-
ХШ-13	539	12 [15]	-	4.8 [3]	0.9 [30]
ХШ-14	515	13 [12]	4.3 [21]	5.3 [19]	4.9 [22]
	536	8.2 [3]	17	16 [2]	1.3 [40]
	573	-	5.2 [9]	4.4 [13]	1.4 [8]
	574	2.2 [41]	1.3 [18]	1.0 [21]	1.0 [35]
	538	-	3.2 [2]	2.4 [28]	1.4 [13]
ХШ-18	567	5.9 [7]	-	-	-
	568	0.2 [8]	-	-	-
	569	4.0 [15]	1.6 [9]	-	-
	305	-	-	7.5 [24]	-
	307	-	-	4.4 [23]	-
	531	-	1.7 [20]	1.6 [30]	1.8 [2]
ХШ-20	562	5.3 [2]	3.9 [7]	-	-
ХШ-22	513	15 [11]	-	0.5 [28]	0.7 [27]
Дундаж агуулга		10,5	5,9	3.5	1.6

Нүүрсний тухайн давхаргад харгалзах ураны агуулгыг дундчилсан тоог хаалтанд бичив.

### 3. Дүгнэлт

1. Гамма-каротажийн мэдээллийг тулгуур цоонуудын кернийн дээжид хийсэн лабораторийн задлан шинжилгээтэй зэрэгцүүлэн үзэж нүүрсэн дэх ураны агуулга ба гамма-каротажийн эрчим хоёрын харилцан хамаарлыг ашиглан нүүрсний давхарга дахь ураны хэмжээг үнэлж болохыг харуулав.

2. Багануурын орд газрын нүүрсний давхаргын исэлдсэн өнгөн хэсэгт уранаар баяжсан болохыг гамма-каротажийн эрчмийн гажилт харуулж байна. Ийм нүүрсэнд уран, радийн цацраг идэвхийн тэнцвэр алдагдсан бөгөөд ураны илүүдэлтэй ( $k=1.6\div 8.4$ ) байна. Иймээс гамма-каротажийн цацраг идэвхийн гажилт илэрсэн эрчмийн муруйгаас ураны агуулгыг үнэлэхэд уран, радийн хоорондох цацраг идэвхийн тэнцвэр алдагдах засварыг тооцох шаардлагатай.

#### Ашигласан хэвлэл

1. Мейер В.А., Ваганов П. А., Пшеничный Г. А.  
Методы ядерной геофизики. Л., 1988.
2. Nuclear Techniques in the Exploration and Exploitation  
of Energy and Mineral Resources. IAEA, VIENNA, 1991.