

**Зарим хот орчмын хөрсний цацраг идэвхийг  
гамма спектрометрээр судалсан нь**

Н.Норов, С.Даваа, Д.Шагжамба

(МУИС, Цөмийн Физикийн судалгааны төв)

**Studies on the Soil Radioactivity in Some City  
Using a Gamma-Ray Spectrometer**

**Abstract.** The specific radioactivity concentrations of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{137}\text{Cs}$  were measured in soil samples from some city in Mongolia, using a gamma-ray spectrometer with a HpGe-detector. The background radiation of the total natural and anthropogenic radioactivity in the studied soil was estimated.

**1. Оршил**

Манай улсын хот суурин газруудын цахилгаан, дулааны эрчим хүчийг нүүрс шатаадаг цахилгаан станц, уурын зуухаар хангадаг бөгөөд тэдгээрт шатааж байгаа хүрэн нүүрсний ихэнх орд газрын нүүрсэнд байгалийн цацраг идэвхт элементүүдийн агуулга их болох нь тогтоогдсон билээ [1,2]. Нүүрсний уурхайн ашиглалтын үед уулын чулуулаг, нүүрс ил гарч, улмаар тэдгээр нь салхиар гадаад орчинд тархахаас гадна цахилгаан станц, уурын зуух, гэрт нүүрс түлэхэд үүсэх үнс нь яндангийн утаатай хаягдаж цацрагийн гадаад, дотоод шарлагын эх үүсвэр болж байна. Иймээс нүүрсний уурхай, хот орчмын цацраг идэвхийн дэвсгэр түвшинг тогтоож, цацрагийн хяналтын мониторинг бий болгох шаардлага гарч байна. Мөн геохими, цацрагийн экологи, хөрсний үүсэл гарлын судалгаанд  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  зэрэг байгалийн цацраг идэвхт изотопууд болон үүсмэл цацраг идэвхт изотоп  $^{137}\text{Cs}$ -ыг тодорхойлох шаардлагатай байдаг.

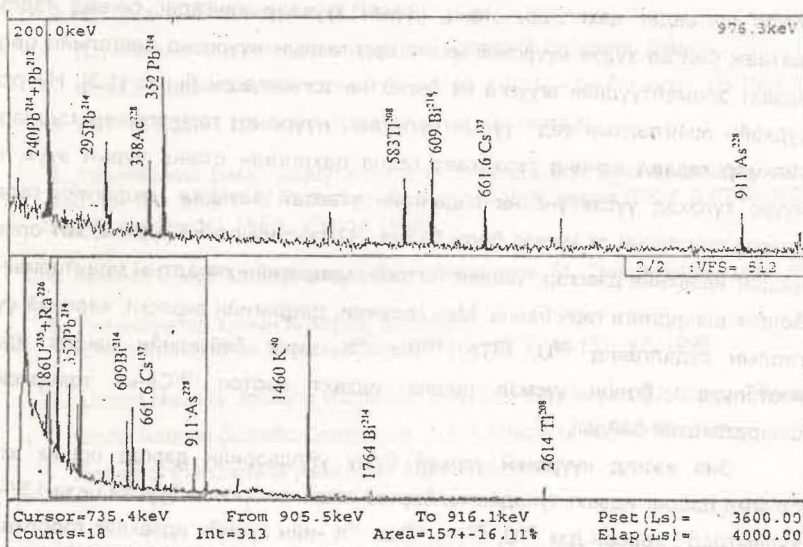
Энэ ажилд нүүрсний уурхай буюу үйлдвэрийн дэргэд орших хотын орчимд цацраг идэвхт тунадас хэлбэрээр газрын хөрсөнд буусан цези-137-гийн хуримтлал, хөрсөн дэх  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$ -ийн хувийн идэвхийг тодорхойлж, хөрснөөс 1 метрийн өндөрт эдгээр изотопуудын гамма цацрагийн чадлыг тооцож, оршин суугчдын жилд авах тунг үнэлсэн юм.

## 2. Нүүрсний уурхай, зарим хот орчмын хөрсний цацраг идэвх

Хөрсөн дэх байгалийн ба үүсмэл цацраг идэвхт изотопуудын бүрэлдэхүүн, тэдгээрийн хувийн идэвхийг гамма-спектрометрээр тодорхойлж цацрагийн чадлыг тооцоолдог.

Хэмжилтэд өндөр ялгах чадвартай цэвэр хагас дамжуулагч германи детектор, 4096 сувагтай "Камберра" анализатор бүхий гамма спектрометр хэрэглэв. Детекторын ажлын эзлэхүүн  $52 \text{ см}^3$  гамма туяаг энергиэр ялгах чадвар  $1333 \text{ кэВ}$  энергитэй шугамын хувьд  $2,0 \text{ кэВ}$  байв. Гамма спектрометр гаргаж авсан мэдээллийг IBM маягийн компьютерээр боловсруулав.

Хот орчмын газрын өнгөн хөрсний  $5 \text{ см}$  гүн,  $15 \text{ см} \times 15 \text{ см}$  талбайгаас дээжийг ургамлын хамт авав. Дээжээ детекторт углаж ордог  $700 \text{ см}^3$  эзэлхүүнтэй Маринеллийн саванд хийж, түүнийг  $1$  цаг хэмжив. Хөрсний дээжийн гамма спектрт байгалийн цацраг идэвхт уран, торийн бүлийн цацраг идэвхт изотопууд,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ -ийн үүсгэх гамма туяаны шугамууд гарч байгааг 1-р зурагт үзүүлэ



Зураг 1. Хөрсний дээжийг 4000 секунд хэмжсэн гамма-спектр.

Хөрсөн дэх цацраг идэвхт изотопын хувийн идэвхийг бүрэн шингээлтийн шугамын талбайгаар олохдоо дараах томъёог хэрэглэв.

$$A = \frac{N(E_i)}{k \cdot \epsilon_0(E) \cdot k_\gamma \cdot m \cdot t}$$

Үүнд: A- изотопын хувийн идэвх (Бк/кг); N(E)- спектрийн шугамын талбай;

$k_\gamma$ - гамма квантын гаралт;  $\epsilon_0(E)$ - усны хувьд ( $\rho=1\text{г/см}^3$ ) олсон детекторын үнэмлэхүй бүртгэх чадвар;

k- дээгд ид гамма туяаны сулралтыг тооцсон тогтмол (туршлагаар тодорхойлсон); m - дээжний жин (кг); t - хэмжсэн хугацаа (с).

Газрын өнгөн хэсгийн S –талбайгаас авсан дээжийн нийт жин ба гамма спектрометрт хэмжсэн дээжийн жингийн харьцаагаар дээж авсан гүн (5 см)-тэй тэнцүү зузаан давхаргатай хөрсний нэгж талбайд унасан  $^{137}\text{Cs}$ -ийн хуримтлалыг дараах илэрхийллээр тооцов.

$$A_{\text{Cs}} = \frac{N \cdot m_{\text{db}}}{0.851 \cdot k \cdot \epsilon_0(661.7\text{кэВ}) \cdot t \cdot 50 \cdot S \cdot m_{\text{хэм}}}$$

Үүнд:  $A_{\text{Cs}}$  –  $^{137}\text{Cs}$ -ийн хөрсөн дэх хуримтлал (Бк/м<sup>2</sup>)

50 - 1г/см<sup>3</sup>-нягттай хөрсний дээж авсан 5 см гүнтэй, 15 см×15 см талбайн нэгж (м<sup>2</sup>)-ийг жин (кг)-д шилжүүлэх тогтмол,

$m_{\text{db}}$  – авсан дээжийн нийт жин (кг)

$m_{\text{хэм}}$  – гамма спектрометрт хэмжсэн дээжийн жин (кг)

S – дээж авсан талбай (м<sup>2</sup>)

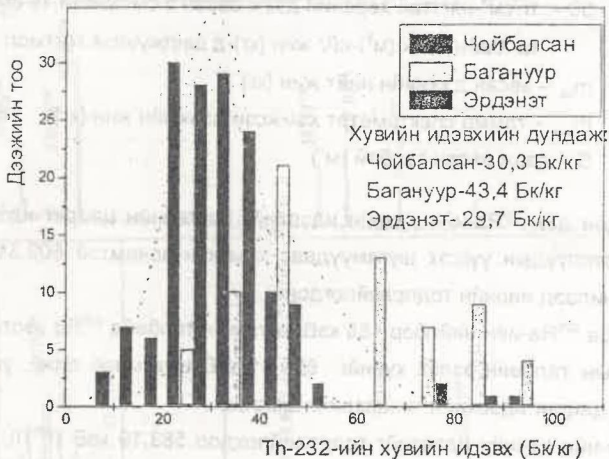
Хөрсөн дэх  $^{226}\text{Ra}$ -ийн хувийн идэвхийг байгалийн цацраг идэвхт  $^{238}\text{U}$ -ын бүлийн изотопуудын үүсгэх шугамуудаас хамгийн эрчимтэй 609.31кэВ ( $^{214}\text{Bi}$ ) шугамаар нилээд нарийн тодорхойлогдоно.

$^{235}\text{U}$  ба  $^{226}\text{Ra}$ -ийн нийлбэр 186 кэВ шугамын талбайд  $^{226}\text{Ra}$  изотопын 186,21 кэВ шугамын талбайн эзлэх хувийг 609.31 кэВ шугамаас олж, уран радийн хоорондох цацраг идэвхийн тэнцвэрийг шалгаж.

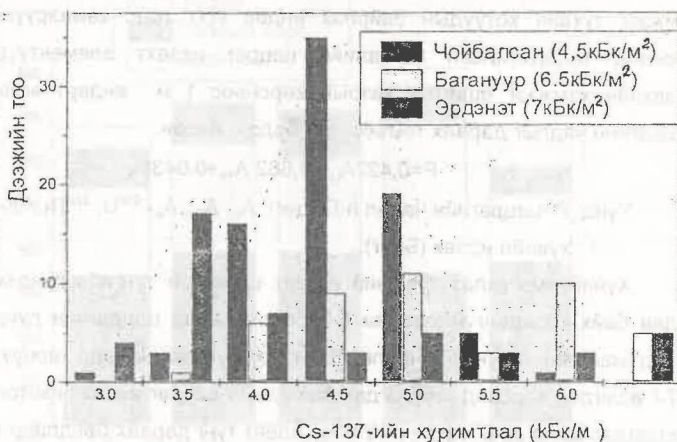
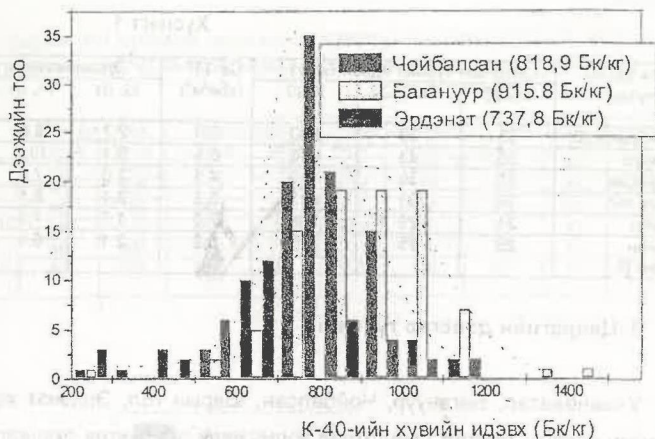
$^{232}\text{Th}$ -ийн хувийн идэвхийг тодорхойлохдоо 583,19 кэВ ( $^{208}\text{Tl}$ ), 911,16 кэВ ( $^{228}\text{Ac}$ ) энергитэй гамма туяаг бүртгэсэн. Ингэж  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ -ийн хувийн идэвхийг тус бүр хэд хэдэн гамма шугамаар тодорхойлсон нь дотоод шалгуур болж туршлагын үнэмшлийг ихэсгэж байгаа юм.

$^{40}\text{K}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  изотопуудын хувийн идэвхийг тэдгээрийн 1460,75 кэВ, 661.66 кэВ энергитэй гамма цацрагийн шугамуудаар тодорхойлов.

Чойбалсан, Багануур, Эрдэнэт хот орчмын хөрсөнд агуулагдах байгалийн цацраг идэвхт изотопуудын хувийн идэвх болон цези-137-ийн хөрсөн дэх хуримтлалыг гамма спектрметрээр тодорхойлсон дүнг 2 ба 3-р зурагт үзүүлэв



Зураг.2. Чойбалсан,Багануур, Эрдэнэт хотын хөрсөн дэх байгалийн цацраг идэвхт изотопууд  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ -ийн хувийн идэвхийн тархалтын гистогрмм



Зураг.3. Чойбалсан,Багануур, Эрдэнэт хотын хөрсөн дэх байгалийн цацраг идэвхт изотоп  $^{40}\text{K}$ -ийн хувийн идэвх болон  $^{137}\text{Cs}$ -ийн хуримтлалын тархалтын гистограмм

Улаанбаатар, Багануур, Чойбалсан, Шарын гол, Эрдэнэт хот орчмын хөрсөн дэх байгалийн цацраг идэвхт изотопуудын хувийн идэвх, үүсмэл цацраг идэвхт изотоп  $^{137}\text{Cs}$ -ийн хуримтлал, байгалийн цацраг идэвхт элементүүдийн агууламжийн дундаж утгуудыг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв.

### Хүснэгт 1.

Дээж авсан нутаг	Изотопын хувийн идэвх/Бк/кг			Cs-137 (кБк/м <sup>2</sup> )	Элементийн агууламж		
	U-238	Th-232	K-40		U, г/т	Th, г/т	K, %
Улаанбаатар[6]	33	39	880	5.0	2.7	9.6	2.9
Багануур	38	43	916	6.5	3.1	10.5	3.1
Чойбалсан	25	30	819	4.5	2.0	7.4	2.7
Шарын гол	38	33	813	5.3	3.1	8.1	2.7
Эрдэнэт	21	29	738	7.0	1.7	7.1	2.5
Дэлхийн дундаж [5]	25	25	370	5.2	2.1	6.1	1.2

### 3. Цацрагийн дэвсгэр түвшин

Улаанбаатар, Багануур, Чойбалсан, Шарын гол, Эрдэнэт хотын хүн ам сансарын туяаны гадаад шаралтаас жилд авах эффектив эквивалент тунгийн хэмжээг тухайн хотуудын байрлах өндөр өргөргөөс хамааруулан олов [3]. Хөрсөнд тодорхойлсон байгалийн цацраг идэвхт элементүүдийн хувийн идэвхийн хэмжээг ашиглан газрын хөрснөөс 1 м өндөрт агаарт шингэсэн цацрагийн чадлыг дараах томъёогоор бодож олсон.

$$P=0,427A_U + 0,662 A_{Th} + 0.043 \cdot A_K$$

Үүнд: P -цацрагийн чадал (нГр/цаг);  $A_U$ ,  $A_{Th}$ ,  $A_K$  -  $^{238}U$ ,  $^{232}Th$ ,  $^{40}K$ -ийн хувийн идэвх (Бк/кг).

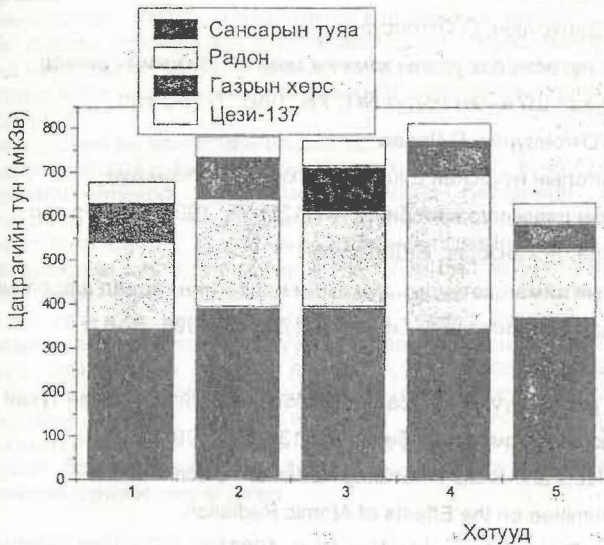
Хүний амьсгалах түвшний агаарт шингэсэн тунгийн дундаж чадлыг хүн гадаа байх харьцангуй хугацаа 0.2 болон гамма цацрагийн дундаж энергийн хувьд эквивалент тунгийн чадлыг шингэсэн тунгийн чадалд харцуулсан харьцаа 0.7-г ашиглан хөрсөнд агуулагдах байгалийн цацраг идэвхт изотопуудын гамма цацрагаас жилд авах эффектив эквивалент тунг дараах байдлаар тооцов.

$$D(\text{мкЗв})=0.2 \times P(\text{нГр/цаг}) \times 0.7(\text{Зв/Гр}) \times 8760(\text{цаг/жил})$$

Нүүрсний уурхай, нүүрс шатаадаг цахилгаан станц бүхий томхон хотуудын оршин суугчдын сансарын туяа, газрын хөрсөн дэх байгалийн болон үүсмэл цацраг идэвхт изотопуудын гамма цацрагаас авах гадаад шарлага болон агаар дахь радоноос авах дотоод шарлагын хэмжээг 3-р хүснэгтэд үзүүлэв.

Зарим хот орчмын цацрагийн дэвсгэр түвшин (нГр/цаг), хотын оршин суугчдын жилд авах эффе́ктив эквивалент тун (мкЗв)

Хотын нэр	Сансарын туяа		Газрын хөрс		Радон (дотоод)		Цези-137		Нийлбэр
	нГр/цаг	мкЗв	нГр/цаг	мкЗв	Бк/м <sup>3</sup>	мкЗв	кБк/м <sup>2</sup>	мкЗв	мкЗв
Шарын гол	39	340	73.0	89	8.0	200	5.3	48	677
Улаанбаатар	45	390	77.7	95	10.0	250	5.0	45	780
Багануур	45	390	84.2	103	8.7	218	6.5	59	770
Чойбалсан	39	340	65.8	80	14.0	350	4.5	41	811
Эрдэнэт	46	400	59.9	73	6.0	150	7.0	63	686
Дэлхийн дундаж [5]	43	370	60.0	61	6.0	150	5.2	47	628



Зураг.3. Зарим хотын оршин суугчдын жилд авах эффе́ктив эквивалент тунгийн хэмжээ.

1-Шарын гол, 2-Улаанбаатар, 3-Багануур, 4-Чойбалсан, 5-Дэлхийн дундаж

#### 4. Дүгнэлт

Нүүрсний зарим уурхай, томхон хот орчмын хөрсөн дэх  $^{40}\text{K}$ -ийн хувийн идэвхийн хэмжээ дэлхийн дундажаас 2-2,5 дахин,  $^{232}\text{Th}$ -ийн хувийн идэвхийн хэмжээ 1,2-1,7 дахин их байгаа нь эдгээр хотын хөрс боржин чулуулгын гаралтай байдагтай холбоотой юм. Судалгаа хийсэн хотууд далайн түвшингээс харьцангуй их өндөрт байрлах учир сансарын туяаны үйлчлэлээр авах тун их, мөн газрын хөрсний гамма цацрагийн гадаад шарлагын тун их байгаатай холбогдолтой хүн амын жилд авах эффектив эквивалент тунгийн хэмжээ дэлхийн дундажаас 1,1-1,3 дахин өндөр байна.

#### Ашигласан хэвлэл

1. Н.Норов, Б.Далхсүрэн, О.Отгонсүрэн  
Багануурын нүүрсэн дэх ураны хэмжээг цөмийн физикийн аргаар судалсан тухай. ШУА-ийн мэдээ №1, УБ, 1991, 7-11-р тал
2. Н.Норов, О.Отгонсүрэн, С.Даваа  
Дорнод Монголын нүүрсний цацраг идэвхийг судалсан дүн МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг №2(125) УБ, 1996, 42-47-р тал
3. Д.Шагжамба, Ж.Ганзориг, Б.Далхсүрэн  
Монгол улсын аймаг, хотуудын хүн амын цацрагийн гадаад шарлагын тун МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг №2(125) УБ, 1996, 57-61.
4. Н.Норов, С.Даваа  
Агаар дахь радон, түүний задралын бүтээгдэхүүнийг судалсан тухай МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг №5(138) УБ, 1998
5. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Report of the General Assembly. New York, 1988.
6. Д.Шагжамба, Н.Норов  
Байгалийн цацраг идэвхийг Монголд судалсан байдлаас МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг №2 (125) УБ, 1996, 119-12.-р тал.