

Фосфорит, нүүрсэнд гамма спектрометрийн аргаар хийсэн судалгааны дүнгээс

Р.Маахүү^{1*}, З.Очирбат², А.Минжигмаа², П.Зузаан¹, Б.Пүрэвсүрэн²

¹ МУИС, Цөмийн судалгааны төв
² ШУА, Хими, Хими-технологийн хүрээлэн, Maakhuu@yahoo.com*

Товч утга

Энэхүү судалгааны ажлаар Манхан-Уулын ордын фосфорит болон Монголын зарим томоохон ордуудын нүүрсэнд агуулагдах цацраг идэвхт элементүүдийн хэмжээг тодорхойлж, Багануурын ордын нүүрсэн дэх цацраг идэвхт элементийн агууламж судалгаанд хамрагдсан бусад ордын нүүрснийхээс өндөр байгааг тогтоов. Нүүрсийг хүнд шингэний баяжуулалтын аргаар фракцлан баяжуулахад цацраг идэвхт элементийн агууламж нь анхныхаас 3 дахин багассан.

Удиртгал

Монгол орон 152 тэрбум тонн нүүрсний нөөцтэй ба дэлхийн нүүрсээр баялаг 15 орны нэг юм [1]. Гэвч одоогоор манай улс нүүрсийг зөвхөн цахилгаан станц, байгууллага, айл өрхийн түлшний хэрэгцээнд шууд хэрэглэж байгаа нь эдийн засгийн хувьд ач холбогдол муутай төдийгүй байгаль орчноо бохирдуулах үндсэн шалтгаан болж байна. Жил бүр их хэмжээний үнс, шаарга хуримтлагдсаар одоогийн байдлаар зөвхөн Улаанбаатарын 3 дугаар цахилгаан станцаас жилд дунджаар 0.5 сая тонн үнс, шаарга гардаг байна [2]. Ийнхүү цахилгаан станцаас гарах нүүрсний үнс их хэмжээгээр, олон жилийн турш хуримтлагдан байгаль орчныг бохирдуулж байгаа юм [3]. Тиймээс хаягдал үнсийг өндөр технологиор боловсруулах шаардлага тулгарч байгаа бөгөөд нүүрс ашиглах технологийг боловсруулахад нүүрсний химийн шинж чанар, бүтэц, эрдэс болон цацраг идэвхт элементийн агууламжийг тооцохгүйгээр зөв үр дүнд хүрч чадахгүй. Нүүрс нь өөрөө байгалийн хуримтлуулагч учраас өөртөө газрын ховор элемент, байгалийн цацраг идэвхт элемент зэрэг олон эрдэс элементийг агуулж байдаг. Сүүлийн жилүүдэд нүүрс ихээр олборлож ашигладаг өндөр хөгжилтэй улс орнууд нүүрсний эрдэс болон цацраг идэвхт элементийг ашиглах технологийг боловсруулж байна.

Нүүрсний байгалийн цацраг идэвхийн хэмжээ нь түүнд агуулагдах уран, торий болон тэдгээр элементийн задралын бүтээгдэхүүнүүд, мөн кали 40-ийн агууламжаар тодорхойлогдоно. Нүүрс нь газрын гүнд хуримтлагдан үүсдэг учраас цөмийн дэлбэрэлтээс үүсэн тархдаг Cs-137, Sr-90 зэрэг үүсмэл цацраг идэвхт изотопууд түүнд бараг байдаггүй гэж үзэж болно.

Манай орны хувьд нүүрсний орд газрын тоо олон, нөөц асар их тул нүүрсэнд агуулагдах байгалийн цацраг идэвхт элементийн хэмжээг нарийвчлан тогтоох нь практикийн чухал ач холбогдолтой.

Тиймээс бид фосфоритын ордын дээж болон нүүрс, түүний үнсэнд агуулагдах цацраг идэвхт элементийн агууламжийг нарийвчлан тогтоох, нүүрсийг хүнд шингэний баяжуулалтын аргаар баяжуулан тэдгээр цацраг идэвхт элемент нь нүүрсний органик бодис болон эрдэс хэсгийн алинтай нь хэр холбоотойг тогтоох судалгаа хийв.

Судалгааны ажлын материал, арга зүй

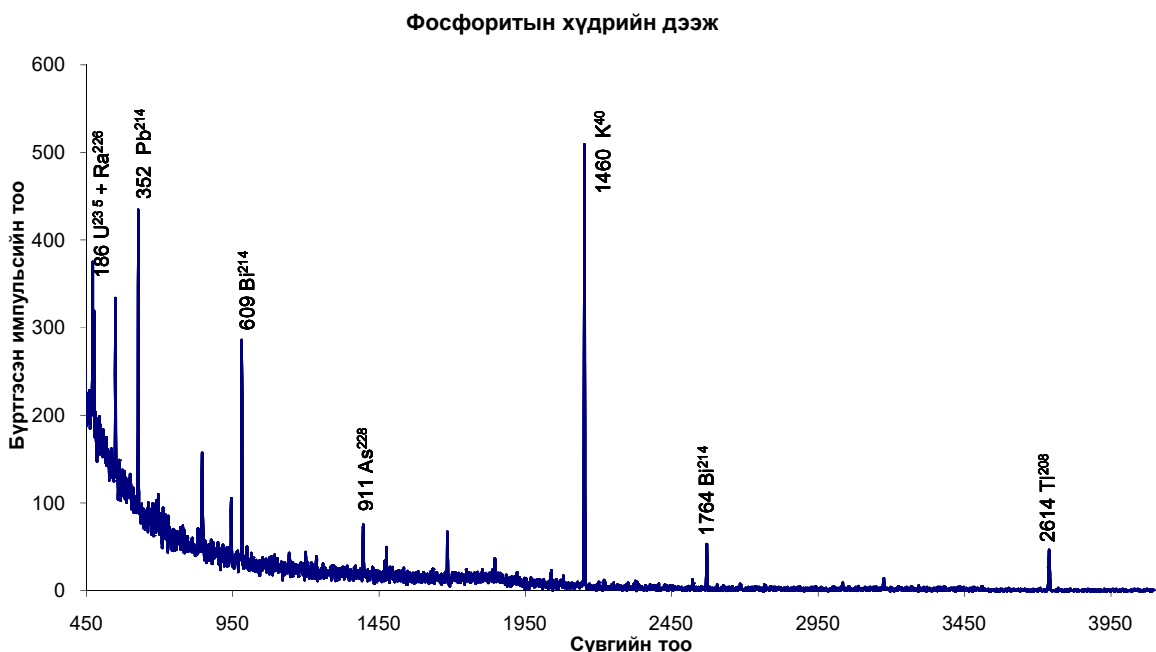
Судалгааны ажилд Таван толгой, Алаг толгой, Шивээ-Овоо, Багануур, Сайхан-Овоо, Тэвшийн говь, Өвөрчулуут гэсэн 7 томоохон ордын хүрэн ба чулуун нүүрсийг, мөн Манхан-Уулын фосфоритийг авсан. Судалгаанд хамрагдсан дээжийн цацраг идэвхт

элементийн агууламжийг гаммаспектрометрийн аргаар тодорхойлохдоо ихэвчлэн ^{238}U -ын задралд үүсэх ^{214}Pb , ^{214}Bi изотопуудаас гарах их эрчимтэй 295, 352, 609, 1120, 1764 кэВ энергитэй гамма шугамуудын эрчмээр үнэмлэхүй аргаар [4], мөн элементийн агууламж нь мэдэгдэж байгаа стандарт дээжтэй харьцуулах [5] замаар олсон. Хэмжилтэнд өндөр ялгах чадвартай цэвэр германий детектор, 4096

сувагт “Камберра” анализатор бүхий гамма спектрометр ашиглав. Судалгааны ба харьцуулах дээжийг 70 мм диаметртэй, 1.2 см өндөртэй саванд хийж, 1 цаг хэмжив. Хэмжсэн гамма спектрийг ОУАЭА-ийн GANAAS программыг ашиглан боловсруулав.

Туршилт судалгааны хэсэг

Фосфоритийн хүдрийн нэгэн дээжийн гамма спектрийг зураг 1-д үзүүлэв.



Зураг 1. Фосфоритийн хүдрийн дээжийг 3600 секунд хэмжсэн гамма-спектр

Спектрээс харахад байгалийн цацраг идэвхт ^{238}U -ийн 186.10 кэВ; 295.21 кэВ; 351.92 кэВ; 609.31 кэВ ^{232}Th -338.42 кэВ; 583.19 кэВ; 911.16 кэВ; 2614.53 кэВ; ^{40}K -ын 1461 кэВ гамма цацрагийн шугамууд тод гарч байна.

Фосфоритын хүдэр дэх цацраг идэвхт изотопын хувийн идэвхийг бүрэн шингээлтийн шугамын талбайгаар олохдоо дараах томъёог хэрэглэв [4].

$$A_i = \frac{N(E_i) - \Phi(E_i)}{t \cdot k \cdot \varepsilon_0(E) \cdot k_\gamma \cdot m}$$

Үүнд: A_i – изотопын хувийн идэвх (Бк/кг);
 $N(E_i)$ – спектрийн шугамын талбай;
 $\Phi(E_i)$ – фон;
 t – хэмжсэн хугацаа (с);
 k – дээжид гамма туяаны сулралтыг тооцсон тогтмол;
 $\varepsilon_0(E)$ – усны хувьд ($\rho=1$ г/см³) олсон детекторын үнэмлэхүй бүртгэх чадвар;
 k_γ - гамма квантын гаралт;
 m – дээжийн жин (кг).

Хүснэгт 1. Манхан уулын фосфоритын хүдрийн дээжинд байгалийн цацраг идэвхт элементийг гамма спектрометрийн үнэмлэхүй аргаар тодорхойлсон дүн

№	Дээжийн нэр	Изотопын идэвхи (Бк/кг)			Дээж дэх элементийн агууламж		
		²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	U (г/тн)	Th (г/тн)	K (%)
1	Дээж 1	221.90±0.42	3.25±0.88	143.24±0.07	18.28±0.03	0.87±0.21	0.56
2	Дээж 2	201.30±0.23	4.25±1.61	213.49±0.01	16.54±0.02	1.07±0.40	0.78
3	Дээж 3	105.55±0.53	3.78±1.46	264.77±0.12	8.68±0.04	0.93±0.36	0.95
4	Дээж 4	225.32±0.39	2.71±0.81	180.11±0.02	18.57±0.03	0.72±0.20	0.68
5	Дээж 5	243.45±0.45	2.09±1.69	161.83±0.07	19.92±0.04	0.57±0.41	0.52
6	Дээж 6	293.45±0.48	2.57±2.66	179.79±0.05	24.00±0.04	0.66±0.65	0.67
7	Дээж 7	281.54±0.51	1.85±1.15	168.62±0.05	23.14±0.04	0.41±0.28	0.64
8	Дээж 8	136.84±0.12	2.59±1.10	204.52±0.04	11.26±0.01	0.66±0.27	0.76
9	Дээж 9	247.97±0.18	3.12±0.95	267.22±0.09	20.35±0.02	0.89±0.23	0.96
10	Дээж 10	39.52±2.01	1.91±1.56	161.95±0.06	3.29±0.16	0.52±0.38	0.51

Манхан уулын фосфоритын хүдрийн дээжинд байгалийн цацраг идэвхт элементийг NIML стандарттай харьцуулж тодорхойлсон дүн

Хүснэгт 2.

№	Дээжийн нэр	Изотопын идэвхи (Бк/кг)			Дээж дэх элементийн агууламж		
		²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	U, (г/тн)	Th, (г/тн)	K, %
1	Дээж 1	215.69±1.07	53.79±1.03	156.01±0.04	17.67±0.09	13.18±0.25	0.52
2	Дээж 2	142.48±0.32	76.54±0.70	162.69±0.03	11.67±0.03	18.75±0.17	0.54
3	Дээж 3	79.11±2.62	71.30±0.85	161.29±0.01	6.48±0.21	17.47±0.21	0.54
4	Дээж 4	173.20±4.36	57.73±0.55	152.94±0.02	14.19±0.11	14.14±0.14	0.51
5	Дээж 5	153.95±1.61	47.14±1.18	131.21±0.01	12.61±0.13	11.55±0.29	0.44
6	Дээж 6	177.03±1.67	61.34±0.91	145.73±0.01	14.50±0.14	15.03±0.22	0.49
7	Дээж 7	217.65±1.44	57.39±0.55	140.61±0.01	17.83±0.12	14.06±0.14	0.47
8	Дээж 8	108.55±1.57	63.53±0.71	179.58±0.05	8.89±0.13	15.56±0.17	0.60
9	Дээж 9	142.05±0.88	59.26±0.76	153.93±0.05	11.63±0.07	14.52±0.19	0.51
10	Дээж 10	48.32±4.15	68.21±0.72	176.07±0.04	3.96±0.34	16.71±0.18	0.59

Хүснэгт 2-оос харахад Манхан-Уулын ордын фосфоритын хүдэрт агуулагдах ураны хэмжээ 3.96-17.83 г/тн буюу дунджаар 10.89 г/тн байна. Газрын царцдасын ураны кларк хэмжээ 20 г/тн тул энэхүү ордын хүдэрт агуулагдах ураны хэмжээ кларкаас доогуур байгаа нь харагдаж байна.

Зарим ордын нүүрс, үнсэнд агуулагдах байгалийн цацраг идэвхт элементийн агууламжийг гамма спектрометрийн аргаар тодорхойлсон дүнг 3-р хүснэгтээр харьцуулан харуулж байна.

Хүснэгт 3. Зарим ордын нүүрс, үнсний дээжинд байгалийн цацраг идэвхт изотопын дундаж хэмжээ

№	Дээжийн нэр	Изотопын идэвхи (Бк/кг)			Дээж дэх элементийн агууламж			Радийн эквивалент (Бк/кг)
		Ra-226	²³² Th	⁴⁰ K	U (г/тн)	Th (г/тн)	K (%)	
1	Таван толгой	13.4	6.,0	460.2	1.1	1.5	1.5	60.4
	Үнс	78.3	75.1	1203.0	6.4	18.4	4.0	278.9
2	Алаг толгой	54.6	16.9	595.0	4.5	4.1	2.0	127.3
	Үнс	219.8	75.3	209.0	18	18.4	7.0	496.7
3	Шивээ-Овоо	19.8	8.5	621.2	1.6	2.1	2.1	83.7
	Үнс	106.1	59.3	1177.0	8.7	14.5	3.9	283.8
4	Сайхан овоо	67.4	4.3	259.1	5.5	1.1	0.9	95.1
	Үнс	393.8	53.8	1036.4	31.9	13.2	3.3	332.7
5	Тэвшийн говь	31.6	30.3	589.3	2.6	7.4	2.0	121.4
	Үнс	106.3	79.8	1462.0	8.7	19.6	4.9	335.6
6	Өвөрчулуут	37.5	27.5	574.0	3.1	6.7	1.9	122.3
	Үнс	228.1	69.3	2216.0	18.7	17.0	7.4	507.2
7	Багануур	85.1	14.8	66.6	13.5	3.6	0.2	148.7
	Үнс	2025.0	67.0	350.0	163.9	16.5	1.1	580.0

3-р хүснэгтээс харахад үнсэнд агуулагдах цацраг идэвхт элементийн агууламж нь шатаахад нүүрснээсээ дунджаар 5-6 дахин баяжигдан үлдэж байна. Ялангуяа Багануурын ордын нүүрсний үнсэнд агуулагдах ураны хэмжээ 163.9 г/т хүртэл баяжигдсан байгаа нь ураныг их хэмжээгээр хуримтлуулдаг нүүрс болох нь харагдаж байна. Энэ нь байгаль орчныг бохирдуулж, цацрагийн хортой нөлөөллийг үүсгэх аюултай үр дагавартай юм.

Дээрх дээжүүдээс чулуун нүүрс, хүрэн нүүрс нэг тус бүрийг төлөөлж Таван толгой, Шивээ-овоогийн ордын нүүрсний дээжүүдийг сонгон авч хүнд шингэний баяжуулалтын аргаар 1.3-1.6 г/см³ хүртэлх хувийн жинтэй уусмалуудад дамжлага маягаар баяжуулав. Хүнд уусмалаар CCl₄, C₆H₆-ийн хольцыг авсан. Уусмалын хольцыг бэлтгэсэн харьцааг 4-р хүснэгтэд харуулав.

4-р хүснэгт

Хольцын нягт г/см ³	Уусмалын хольц бэлтгэхэд авах хэмжээ, мл	
	C ₆ H ₆ (нягт нь 0.883)	CCl ₄ (нягт нь 1.604)
1.3	170	230
1.4	110	290
1.5	60	340
1.6	5	395

Ингэж бэлтгэсэн хүнд уусмал тус бүрдээ Таван толгойн нүүрс, Шивээ-овоогийн нүүрсний 1.5-1.0 мм-ийн ширхэглэлтэй дээжээ баяжуулж гарцын хэмжээ болон техник үзүүлэлтүүдийг тус бүр тогтоов. 5-р хүснэгтээс харахад уусмалын нягт ихсэх тусам баяжсан хэсгийн гарц нэмэгдэж байгаа нь харагдаж байна. Эдгээр баяжмалуудын чийг болон үнслэгийн

хэмжээг гарц болгон дээр стандарт аргаар тодорхойлов.

6-р хүснэгтээс үзэхэд 1,3 нягттай уусмалд хөвсөн хэсгийн нүүрсний чийгшилт бага байгаа нь харагдаж байна. Баяжуулалтын дүнд гарган авсан баяжмалын үнслэгийн хэмжээг эх дээжтэй нь харьцуулан тодорхойлж 7-р хүснэгтэнд үзүүлэв.

5-р хүснэгт. Таван толгойн болон Шивээ овоогийн нүүрсний баяжуулалтын дүн

Дээжийн нэр	Ширхэглэлийн хэмжээ, мм	Уусмалын хувийн жин, г/см ³				
		1.3	1.4с	1.5	1.6	Үлдэгдэл
		1.3-1.6 нягттай уусмалд баяжуулсан нүүрсний гарц, %				
Таван толгойн нүүрс	1.5-1.0	20.2	43.06	49.42	47.26	34.73
Шивээ-овоогийн нүүрс	1.5-1.0	1.71	14.05	88.17	88.33	15.67

6-р хүснэгт. Баяжуулсан нүүрсний гарц тус бүрийн чийгшилт

Дээжийн нэр	Хэмжээ мм	Хувийн жин, г/см ³				
		1.3, W ^a	1.4, W ^a	1.5, W ^a	1.6, W ^a	Үлд, W ^a
		Баяжуулсан нүүрсний гарц тус бүрийн чийгшилт, %				
Таван толгойн нүүрсний баяжмал	1.5-1.0	1.03	1.44	1.21	1.33	1.36
Шивээ овоогийн нүүрсний баяжмал	1.5-1.0	1.26	1.32	1.42	1.47	1.49

7-р хүснэгт. Таван толгойн болон Шивээ овоогийн баяжуулсан нүүрсний үнслэгийн хэмжээ

Дээжийн нэр	Хэмжээ мм	Баяжуулахын өмнөх нүүрсний үнс		Баяжуулсны дараах буюу баяжмалын үнс /хувийн жин тус бүрээр/			
		A ^a	A ^d	1.3	1.4	1.5	1.6
		A ^a	A ^a	A ^a	A ^a	A ^a	A ^a
Таван толгойн нүүрс	1.5-1.0	12.76	12.81	4.69	12.49	16.74	28.22
Шивээ овоогийн нүүрс	1.5-1.0	7.85	8.69	5.17	5.57	8.70	16.14

7-р хүснэгтнээс баяжмал тус бүрийг эх дээжтэй харьцуулан харахад Таван толгойн дээжийн 1.3 нягттай уусмалд баяжсан хэсгийн үнс, мөн Шивээ овоогийн дээжний хувьд 1.4 нягтгайд баяжсан хэсгийн үнс хамгийн бага байна.

Баяжуулалтын үр дүнд гарсан хамгийн бага үнсний агуулгатай баяжмалуудыг сонгон авч түүнд агуулагдах байгалийн цацраг идэвхт элементийг тодорхойлон нүүрсний эх дээжтэй нь харьцуулан 8-р хүснэгтэнд үзүүлэв. Хамгийн бага үнсний агуулгатай хэсгийг сонгосон учир нь нүүрсийг

шатаасны дараа үнсэн дэх байгалийн цацраг идэвхт элементийн агууламж анхны эх дээжний агууламжаасаа дунджаар 5-6 дахин их хэмжээгээр нэмэгдсэн юм.

8-р хүснэгтээс үзэхэд баяжмал дахь ураны агууламж анхны эх дээжний ураны агууламжаас дунджаар 3 дахин багассан байна. Энэхүү багассан шалтгаан нь байгалийн цацраг идэвхт элементийн дийлэнх хэсэг нь нүүрсний эрдэс хэсэгт хуримтлагдсан гэдгийг харуулж байна.

8-р хүснэгт. Баяжуулаагүй болон баяжуулсан нүүрсэнд агуулагдах цацраг идэвхт бодисын агууламж

№	Дээжийн нэр	Изотопын идэвхи (Бк/кг)			Дээж дэх элементийн агууламж			Радийн эквивалент Бк/кг
		Ra-226	²³² Th	⁴⁰ K	U, (г/тн)	Th, (г/тн)	K, %	
1	Таван толгой эх дээж	13.4	6.0	460.2	1.1	1.5	1.5	60.38
	Баяжмал	4.0	3.4	341.0	0.3	0.8	1.1	36.81
2	Шивээ овоо эх дээж	19.8	8.5	621.2	1.6	2.1	2.1	83.74
	Баяжмал	7.4	6.5	430.9	0.6	1.6	1.4	52.33

Дүгнэлт

1. Манхан-Уулын ордын фосфоритод агуулагдах ураны хэмжээ нь кларк хэмжээнээс доогуур байгааг тогтоов.
2. Багануурын ордын нүүрсэн дэх цацраг идэвхит элементүүдийн хэмжээ нь судалгаанд авсан бусад нүүрсний ордуудаас өндөр байгаа нь харагдав.
3. Нүүрсийг хүнд шингэний баяжуулалтын аргаар фракцлан баяжуулахад цацраг идэвхт элемент баяжсан хэсэгтээ анхны агууламжаасаа (эх дээж нүүрснийхээс) дунджаар 3 дахин багасаж байгааг тогтоов. Нүүрсийг баяжуулж ашиглах нь эрдэс бодис, хортой элемент зэрэг нь салж шатамхай биш хэсэгтээ үлдэх сайн талтай болохыг харуулж байна.
4. Нүүрсэнд агуулагдах цацраг идэвхт элементийг багасгахын тулд нүүрс олборлож байгаа уурхайн дэргэд баяжуулах үйлдвэр барих нь сайн талтай болохыг судалгааны дүн харуулав.

Ишлэл буюу ном зүй

1. Б.Пүрэвсүрэн, Я.Даваажав,
“Зарим органик түүхий эдийн

пиролизын судалгаа”, 2006 он, ХХТХ.

2. Ц.Жадамбаа,
“Силикат, керамик материалыг нам температурт шатааж гарган авах онол ба технологийн үндэс”, ШУТИС-ийн манай эрдэмтэд цуврал, 2004 он, хуудас 44, ШУТИС
3. Tadmor J,
“Radioactivity from coal-fired power plants” Journal of Environmental Radioactivity, 1986, p. 177-204.
4. Н.Норов, С.Даваа, Д.Шагжамба
Зарим хот орчмын хөрсний цацраг идэвхийг гамма спектрометрээр судалсан нь МУИС-ийн эрдэм шинжилгээний бичиг, №5 (138). УБ хот, 1998 он, хуудас 21.
5. Ц.Амартайван, Д.Баатархүү, Н.Гансүх, Ш.Гэрбиш, Б.Далхсүрэн, З.Дамдинсүрэн, П.Зузаан, С.Мягмарсүрэн
Гамма идэвхжиллийн аргаар нүүрсэнд элементийн агуулгыг судалсан дүн МУИС-ийн эрдэм шинжилгээний бичиг, №5 (138). УБ хот 1998 он, хуудас 42