

Туул голын дагуух хөрс болон эргийн шорооны дээжид цөмийн аналитик аргаар хийсэн элементийн шинжилгээний дүнгээс

Ү.Баянжаргал^{1*}, М.В.Густова², С.П.Каплина², Ц.Амартайван¹, Д. Болортуяа¹, П. Зузаан¹

Монгол Улсын Их Сургуулийн Цөмийн физикийн судалгааны төв¹

ОХУ Дубна ЦШНИ, Цөмийн урвалын лаборатори²

Туул голын дагуу 9 цэгээс үе шаттайгаар өнгөн хөрсний болон голын эрэг орчимд хуримтлагдсан шорооны дээжийг авч, цөмийн аналитик арга болох рентген флуоресценц, идэвхжлийн шинжилгээний болон гамма спектрометрийн аргаар хийсэн судалгааны дүнг авч үзэв. Хуримтлагдсан шороо болон хөрсний дээжид хөрс бүрдүүлэгч үндсэн макро элемент болох Si, K, Ca, Ti, Fe, Mg, Mn, хортой хүнд металл-Pb, Cd, Hg, As, Co, био-идэвхит хүнд металл -Cu, Zn, Cr, V, Ni, Sr, Sn, Mo, Se зэрэг элементүүдүүдийн агуулгыг тодорхойлж, Монгол улсын үндэсний стандарт MNS: 5850:2008-тай харьцуулан үзүүлэв. Мөн байгалийн цацраг идэвхт уран-238, тори-232, кали-40 болон үүсмэл цацраг идэвхт цези-137 изотопуудын идэвхжилийг тодорхойлов.

I. ОРШИЛ

Туул голын нийт урт 717 км. Үүнээс 152 км нь Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэрт, 472 км нь нийслэл хотоос доош хэсэгт хамаарна [1]. Голын сав нутгуудад гадаад, дотоодын олон төслүүд байгаль орчин, хөрсний элэгдлийг хамгаалах чиглэлээр нилээд ажил зохиож, олон талын хөрөнгө оруулалтыг хийж, гадаадын хэд хэдэн орны судлаачид тал бүрийн байнгын суурь судалгааны ажил хийж байгаа нь тодорхой үр дүнд хүрч байна. Гэвч жил ирэх тусам Туул голд үзүүлэх хүний үйл ажиллагааны нөлөө улам нэмэгдсээр байна [2]. Туул голын бохирдлыг үүсгэгч нэг гол үүсгүүр болох Улаанбаатар хотын төв цэвэрлэх байгууламжаас гарч буй дутуу цэвэрлэсэн бохир ус, зарим үйлдвэрийн хаягдал ус, хүн амын нягтаршил зэргээс үүдэлтэй гарч буй хөрсний доройтол, хүрээлэн буй орчны бохирдол зэрэг нь голын бохирдлыг байнга нэмэгдүүлдэг [3]. Голын эрэг дагуу хуримтлагдсан шороо болон орчны хөрсний дээжид элементийн шинжилгээ хийх нь голын бохирдлыг үнэлэхэд чухал ач холбогдолтой.

Энэ ажилд Туул голын дагуух хөрсний болон эргийн шорооны дээжид цацраг идэвхт ба хортой, хүнд элементүүдийн агуулгыг цөмийн аналитик аргаар тодорхойлсон судалгааны дүнг авч үзэв.

СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ, ТУРШИЛТ

Туул голын дагуу 9 цэгээс 18 дээж авсан байршил, нэрийг зураг, хүснэгт 1-д үзүүлэв.

A. Дээж бэлтгэл

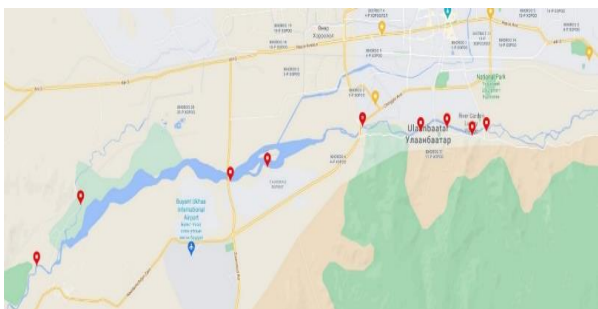
Цуглуулсан дээж бүрийг хольцоос нь цэвэрлэн хатаах шүүгээд 105°C-д 24 цаг хатаасны дараа 75 мкм ширхэглэгтэй болтол 20 минут тээрэмдэн

Д/д	Дээжийн нэр Хөрс	Өргөрөг (N)	Уртраг (E)
1	Маршал зүүн тал	47.53.24.2 1	106.56.44.55
2	Маршал баруун тал	47.53.16.4 3	106.55.94.82
3	Зайсан зүүн тал	47.53.33.0 2	106.54.95.63
4	Зайсан баруун тал	47.53.24.6 3	106.54.08.11
5	Яармаг зүүн тал	47.53.31.0 8	106.51.98.49
6	Яармаг баруун тал	47.52.59.8 6	106.48.87.38
7	Сонголон зүүн тал	47.52.38.9 7	106.47.07.20
8	Биокомбина т зүүн тал	47.51.33.7 6	106.40.86.75
9	Биокомбина т баруун тал	47.50.98.1 5	106.40.03.32

1-р хүснэгт. Туул голын дагуух дээж авсан цэгийн байршлын нэр, координат

* bayanjargalu.num.edu.mn

нэгэн төрөл болгож, полимер саванд жигд дарж нягтаруулан шинжилгээний төрлөөс хамааруулан хэмжилтэд бэлтгэв [4-5].



1-р зураг. Туул голын дагуух дээж авсан цэг

В.Рентген-флуоресценцийн шинжилгээний арга

Энэ арга нь рентген цацраг бодистой харилцан үйлчлэхэд үндэслэдэг бөгөөд дээжийг эвдэхгүйгээр элементийн агуулгыг тодорхойлдог давуу талтай. Судалгаанд 0.2 ГБк идэвхтэй ¹⁰⁹Cd, 27,3 ГБк цацраг идэвхтэй ²⁴¹Am изотопон үүсгүүрүүдийг ашиглав. Хэмжилтийг 3 мм радиустай, 30 мм² мэдрэх талбайтай, 25 мкм зузаантай бериллий цонхтой, 5.9 кэВ энергийн шугамд 200 эВ-ийн ялгах чадвартай, хагас дамжуулагч Si (Li) детектор бүхий спектрометрээр хийсэн. Рентген спектрийг боловсруулалтын ерөнхий программ Win AXIL Canberra, тооцооны MS Excel зэрэг программуудыг ашиглан боловсруулав. Харьцуулах стандарт дээжид хөрс, шорооны Clay, СП-1, СП-2 зэрэг дээжүүдийг ашигласан. Үр дүнг дараах тэгшитгэлээр тооцоолж гаргав [4]:

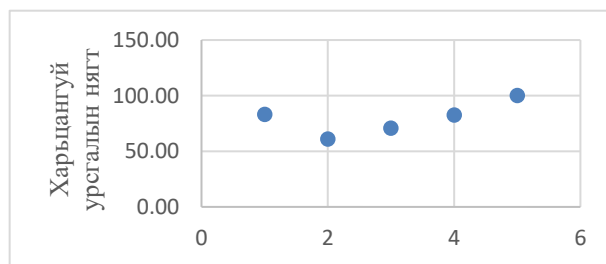
$$C_{х.эл} = \frac{S_{х.эл}}{N_{кал.эл}} \cdot \frac{\eta_{кал}}{\eta_{дээж}} \cdot \frac{\tau_{кал}}{\tau_{дээж}} \quad (1)$$

Энд: $C_{х.эл}$ - элементийн агуулга, $S_{х.эл}$ - үл мэдэгдэх дээжийн пикийн талбай, $N_{кал.эл}$ - тухайн элементийн 1%-н импульсийн гаралтын тоо, үл мэдэгдэх дээжийн хэмжих хугацаа, графикийн муруйн стандарт дээжийн хэмжих хугацаа, матрицын эффектийг тооцсон коэффициент, графикийн муруйн коэффициент.

С. Идэвхжилийн шинжилгээний арга

Голын эрэг дагуух шороо, орчны хөрсний дээжид хортой болон дагалдах элемент тодорхойлох гамма идэвхжилийн шинжилгээний туршилтыг ОХУ-ын Дубна хот дахь Цөмийн шинжилгээний Нэгдсэн Институт (ЦШНИ)-ийн микротрон МТ-25 дээр хийж гүйцэтгэв. Судлах болон стандарт дээжийг 35

мм-ийн диаметртэй, 5 мм өндөртэй полиэтилин цилиндр саванд хийж туршилтанд бэлтгэв. Шарлагын геометр нөхцлийг зураг 3-т үзүүлэв. Электроны энерги 23 МэВ, гүйдэл 7 мкА байх үед гарах гамма цацрагийн урсгалаар дээжийг 5 цаг шарж идэвхжүүлэв. Шарсан дээжийн идэвхжилийг 1, 24, 168 цаг хүлээсний дараа харгалзан 5, 30, 60 минутын хугацаагаар гамма-спектрометрээр хэмжив. Дээж бүр дэх гамма цацрагийн урсгалын нягтын өөрчлөлтийг ~0,2 грамм масстай зэс мониторуудыг ашиглан [10] 12.7 цагийн хагас задралын үетэй ⁶⁵Cu (γ,n) ⁶⁴Cu урвалын 511 (37), 1345.8 (0.48) кэВ энергитэй гамма шугамын тусламжтай хянасан [5]. Гамма



цацрагийн урсгалын нягтын харьцангуй түгэлтийг зураг 2.-т харуулав.

2-р зураг. Гамма цацрагийн урсгалын нягтын харьцангуй түгэлт

Дээж дэх элементийн агуулгыг ижил нөхцөлд шарж, хэмжсэн стандарт дээжтэй харьцуулах замаар олдог:

$$C = \frac{N_d \cdot t_{ст} \cdot M_{ст} \cdot \exp(\ln 2 \cdot \frac{\Delta t_d}{T})}{N_{ст} \cdot t_d \cdot M_d \cdot \exp(\ln 2 \cdot \frac{\Delta t_{ст}}{T})} \quad (2)$$

Энд: C – стандарт дээжийн агуулга
 N_d –үл мэдэгдэх дээжийн гамма шугамын эрчим,
 $N_{ст}$ -стандарт дээжийн гамма шугамын эрчим
 $M_{ст}$ –стандарт дээжийн масс, M_d –үл мэдэгдэх дээжийн масс.
 $\exp(\ln 2 \cdot \frac{\Delta t_d}{T})$, $\exp(\ln 2 \cdot \frac{\Delta t_{ст}}{T})$ – идэвхжлийн бууралтыг тооцсон засвар



3-р зураг. Шарлагын геометр

Бид судалгааны дээжний (γ, n), (γ, p) урвалаар үүссэн богино настай цөмийн хувьд энерги, хагас задралын үеэр нь тухайн элемент мөн эсэхийг шалган тогтоосон.

D. Гамма спектрометрийн арга

Гамма, рентген цацрагийн спектр судлалд Si(Li), Ge(Li), хагас дамжуулагч цэвэр германи HPGe детектортой спектрометрийг өргөн хэрэглэдэг. Германи ($Z=32$) шингээлтийн коэффициент их учир германи нь γ -цацрагийг их шингээдэг. Олон сувагт CANBERRA фермийн нимгэн болон зузаан хоёр төрлийн детектороор байгалийн болон зохиомол цацраг идэвхт изотопуудын идэвхжилийг $E_{\gamma} \sim 1$ МэВ-д 1.5 кэВ, ^{210}Pb ($E_{\gamma}=46.5$ кэВ) $E=122$ кэВ энергитэй шугамд 550 эВ-ийн ялгах чадвартай детектороор хэмжив. Цацраг идэвхт изотопуудын идэвхжилийг тодорхойлохдоо ^{137}Cs -ийн хувьд 661.7 кэВ, ^{40}K -д 1460.8 кэВ, ^{238}U -ы хувьд (γ, n) ^{237}U ($T_{1/2}=6.8$ өдөр, $E_{\gamma}=59.7$ болон 208 кэВ)[11,12], ^{214}Pb -ийн 295.2 кэВ, 352.9 кэВ, ^{214}Bi -ийн 609.3 кэВ, 1120.3 кэВ, ^{232}Th -ийн хувьд (γ, n) ^{231}Th ($T_{1/2}=25.5$ цаг, $E_{\gamma}=25.65$ болон 84,17 кэВ) [11,12], ^{228}Ac -ын 238.9 кэВ, 911.1 кэВ, ^{208}Tl -ын 583.28 кэВ энергитэй шугамуудыг ашигладаг. Хөрсөн дэх ^{226}Ra -ийн идэвх байгалийн цацраг идэвхт ^{238}U -ын бүлгийн изотопуудын үүсгэх шугамуудаас хамгийн эрчимтэй 609.3 кэВ (^{214}Bi) шугамаар нэлээд нарийн тодорхойлогддог. Судлах талбайн газрын өнгөн хөрсний 5 см гүн, 15см х 15 см талбайгаас дээж авав. Дээжээ детектор дээр байрлуулж өндөр ялгах чадвартай гамма спектрометр ашиглан 3-5% хэмжилтийн алдаатайгаар 15 цаг хэмжив. Энэ нь тоолох статистик алдааг 5% -иас бага байлгахын тулд дээжийн хэмжээ болон ^{137}Cs изотопын идэвхжилийн агуулгаас хамааруулан сонгосон хугацаа юм. Гамма спектрийг GENIE2000 программаар боловсруулж хувийн идэвх А-г гамма спектрометрийн шинжилгээний аргаар тодорхойлов [6-7]:

$$A = \frac{S(E)}{t \cdot f(E) \cdot \epsilon(E) \cdot m} \quad (3)$$

А- хувийн идэвх, $S(E)$ - дээж дэх E энергитэй спектрийн шугамын эрчим, t-хэмжсэн хугацаа, f(E)- E энергитэй гамма шугамын гаралт, $\epsilon(E)$ - E энергитэй гамма шугамын детекторын бүртгэх чадвар, m-дээжийн масс.

II. ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Туул голын дагуух хөрсний болон эрэг орчмын шорооны 9 цэгийн 18 дээжийг ЦШНИ-ийн

Цөмийн урвал-радиохимийн лабораторид шинжилж дараах элементүүдийг тодорхойлсон. Дээжид хөрс бүрдүүлэгч үндсэн макро элемент (Si, K, Ca, Ti, Fe, Mg, Mn) хорттой хүнд металл (Pb, Cd, Hg, As, Co) био-идэвхит хүнд металл (Cu, Zn, Cr, V, Ni, Sr, Sn, Mo, Se), цацраг идэвхт (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) зэрэг элементүүд тодорхой хэмжээгээр агуулагдаж байна (Хүснэгт 2-7). Хүн амьтан, ургамлын өсөлт хөгжилтөд сөрөг нөлөө үзүүлдэг, янз бүрийн өвчин үүсгэх эх үүсвэр болдог хорттой, хүнд металл болох As, Cd илэрсэн нь анхаарал татаж байна. Хөрс бохирдуулагч бодисын хөрсөнд байж болох хамгийн их хэмжээг зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ гэдэг. Үүнээс давсан тохиолдолд тухайн хөрс бохирдсонд тооцдог. Био идэвхт хүнд металл нь тодорхой хэмжээгээр амьд организмд байх ёстой боловч амьд организмд их хэмжээгээр хуримтлагдвал эндемик буюу орогномол өвчин үүсгэх аюултай. Туул голын дагуух хөрс болон эрэгийн шорооны дээжүүдэд хөрсний макро элементүүдийн агуулгууд өөр хоорондоо онцын өөрчлөлтгүй гарсан ба 2015 оны судалгааны дүнтэй [15] харьцуулахад Cr, Ni, Zn, Sr, Pb зэрэг элементүүдийн агуулга нэмэгдээгүй болох нь харагдав. Идэвхжилийн шинжилгээний аргаар бүх цэгийн дээжүүдийг шарах цаг хугацааны боломж хомс байсан тул 1, 4, 5, 7, 9 цэгүүдийг сонгон авч хөрс, шорооны дээжүүдэд хэмжилт хийсэн. Mg, Ca, Ti, Fe, Mn, Cr, V, Ni, Sr, As, Pb зэрэг элементүүдийг РФА аргаар тодорхойлсон дүнтэй харьцуулав. Хүснэгтээс үзэхэд дээрх элементүүд нь РФА аргаар хангалттай сайн тодорхойлогдож чадаж байгаа нь харагдаж байна.

^{214}Pb , ^{214}Bi изотопууд нь (хүснэгт 8, 9) атмосферийн гамма цацрагийн орны үндсэн үүсгүүрүүд болдог бөгөөд агаарын температур, даралт, урсгалаас маш их хамаардаг. Байгалийн цацраг идэвхт ураны дундаж агуулалт 6 мкг/кг, торийн 8 мкг/кг байгаа нь уран, торийн дэлхийн дундаж агуулгатай ойролцоо, харин ^{40}K -ийн хувийн идэвх дэлхийн дундажаас голын дагуу хөрсөнд 1.1 дахин буюу 458 Бк/кг, эрэгийн шороонд 1.3 дахин их буюу 519 Бк/кг байгаа нь Улаанбаатар хотод уулын боржин чулуулаг хөрс зонхиолдогтой холбоотой гэж үзэж байна. Олон улсад хөрсөнд агуулагдах зөвшөөрөгдөх норм стандарт гэж байдаггүй. Дэлхийн улс орнуудын хөрсний судалгааны дүн болон хөрсөн дэх тухайн цацраг идэвхт изотопын өөрчлөгдөх завсар, дундаж агуулгатай харьцуулж үнэлдэг.

Үүсмэл цацраг идэвх нь уран, плутонийн хуваагдалын гинжин урвалын үр дүнд үүсэх

бөгөөд АНУ:1945-1962, ОХУ:1949-1962, Англи: 1952-1953, Франц: 1960-1963, БНХАУ:1964-1980 онуудад цөмийн зэвсгийг агаар мандалд ил туршилт хийж байснаас үүдэн хөрсөнд урт настай үүсмэл цацраг идэвхт изотоп ¹³⁷Cs тархсан байдаг. Жишээ нь: Казакстан улсад 2500 ширхэг хөрсний дээжийн хэмжилтээр хөрсөн дэх ¹³⁷Cs-ийн хувийн идэвхийн түгэлтийг байгуулахад түүний дундаж утга 17 Бк/кг байжээ [9]. Тэгвэл бидний судалсан 18 дээжид үүсмэл цацраг идэвхт ¹³⁷Cs изотоп нь хөрсөнд дунджаар 2.11 Бк/кг, шороонд 0.87 Бк/кг байна. Энэ нь монгол орны хөрсөнд байх хамгийн их магадлалтай утга буюу 7.8 Бк/кг –аас харгалзан 3.7, 8.9 дахин бага байна. ²¹⁰Pb нь дулааны цахилгаан станцын яндангаас гарах хаягдал утаагаар дамжин агаарт тархан, газарт унаж хөрсөнд агуулагдсан байх үндэстэй юм.

Туршлагаас үзэхэд Улаанбаатар хотын салхины чиглэл баруунаас хойш ихэвчлэн байдаг учир бохирдлыг ДЦС-4-ийн зүүн баруун талд тодорхой цэгүүдээс авсан дээжид харьцуулан үзэхэд салхины чиглэлийн дагуу зүүн зүгт бохирдлын хэмжээ их байдаг [12]. ²¹⁰Pb-ийн хуримтлал үүсэж тэнцвэржилт тогтсоны бета цацарган ²¹⁰Bi, альфа цацарган ²¹⁰Po-ийн үүсгүүр болдог: ²¹⁰Pb- биологийн биетэд хагас задралын үе нь ойролцоогоор 27 жил юм. Цацрагийн түвшин байгаа нь гол төлөв нийслэлийн хэмжээнд нийлүүлэгдэж буй нүүрсэнд агуулагдаж буй уран, торий зэрэг цацраг идэвхт бодистой холбоотой. Нүүрсэнд агуулагддаг цацраг идэвхт бодис нь цахилгаан станц, гэр хорооллын хаягдал үнсэнд үлдсэнээр агаарт дэгдэж, хөрс болон гүний усанд шингэдэг.

Элемент, (мг/кг) Байршил	Zn	Cr		V		Ni		Sr		Sn	Mo	Se
	РФА	РФА	ГАА	РФА	ГАА	РФА	ГАА	РФА	ГАА	РФА	РФА	РФА
1	-	53	-	30	34	10	8	306	286	10	≤3	≤5
2	70	58	-	70	-	17	-	325	-	2	≤3	15
3	80	53	-	80	-	19	-	368	-	9	≤3	28
4	50	56	-	60	58	15	12	351	337	7	≤3	22
5	65	53	55	90	84	22	23	428	434	10	11	13
6	306	55	-	80	-	19	-	350	-	13	5	16
7	92	40	17	40	40	13	9	329	258	11	9	13
8	63	81	-	90	-	21	-	429	-	9	8	26
9	45	45	31	60	51	16	37	307	271	7	6	13
Зөв/ хэмжээ (мг/кг)	300	150		150		150		800		50	5	10

2-р хүснэгт. Голын дагуух хөрсний био идэвхт хүнд металлыг РФА болон ГАА аргаар тодорхойлсон дүн (мг/кг).

Элемент, (мг/кг) Байршил	Zn	Cr	V	Ni	Sr		Sn	Mo	Se
	РФА	РФА	РФА	РФА	РФА	ГАА	РФА	РФА	РФА
1	31	28	50	8	380	339	11	4	13
2	44	31	60	12	356	-	14	≤3	16
3	92	54	80	13	324	-	6	≤3	≤5
4	61	43	70	10	366	407	12	≤3	22
5	16	40	40	9	278	253	9	7	22
6	48	41	80	11	367	296	12	9	22
7	46	38	40	15	308	271	9	≤3	6
8	45	56	70	12	348	294	7	7	6
9	48	57	60	15	354	353	9	≤3	6

Зөв/ хэмжээ (мг/кг)	300	150	150	150	800	50	5	10
--------------------------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----------	----------	-----------

3-р хүснэгт. Голын эрэгийн шорооны био идэвхт хүнд металлыг РФА болон ГАА аргаар тодорхойлсон дүн (мг/кг).

Элемент, % Байршил	Si	K	Ca		Ti		Fe		Mg		Mn	
	РФА	РФА	РФА	ГАА	РФА	ГАА	РФА	ГАА	РФА	ГАА	РФА	ГАА
1	28	2.8	0.9	0.9	0.19	0.16	1.13	1.24	1.7	0.45	0.043	0.021
2	28	1.6	1.4	-	0.36	-	1.68	-	0.6	-	0.055	-
3	27	1.8	1.1	-	0.38	-	2.13	-	0.9	-	0.096	-
4	31	1.9	0.8	1.3	0.32	0.28	1.65	2.07	0.9	0.66	0.057	0.032
5	29	2	1.5	1.7	0.41	0.38	2.74	3.12	1.0	0.82	0.073	0.054
6	29	1.6	1.0	-	0.4	-	1.83	-	0.3	-	0.072	-
7	30	2.5	1.5	1.4	0.28	0.22	1.47	1.16	1.1	0.46	0.060	0.024
8	30	1.9	1.1	-	0.36	-	2.33	-	1.0	-	0.075	-
9	30	1.9	0.8	1.1	0.34	0.27	1.43	1.64	0.4	0.5	0.070	0.030

4-р хүснэгт. Голын дагуух хөрсний макро элементийг РФА болон ГАА аргаар тодорхойлсон дүн (%).

Элемент, % Байршил	Si	K	Ca		Ti		Fe	Mg		Mn
	РФА	РФА	РФА	ГАА	РФА	ГАА	РФА	РФА	ГАА	РФА
1	32	2.3	1.2	0.99	0.31	0.37	1.4	0.60	0.68	0.048
2	32	2.4	1.0	-	0.36	-	1.7	0.50	-	0.059
3	28	1.8	1.0	-	0.41	-	2.4	0.70	-	0.056
4	29	2.1	0.99	1.53	0.37	0.49	1.9	0.70	0.99	0.065
5	32	2.6	0.74	0.72	0.21	0.20	1.2	0.54	0.48	0.060
6	31	1.9	0.78	-	0.37	-	2.4	0.66	-	0.060
7	31	2.2	1.36	1.37	0.24	0.20	1.0	0.16	0.51	0.049
8	30	2.0	0.84	-	0.34	-	1.7	0.68	-	0.054
9	30	1.8	0.82	1.1	0.34	0.36	1.8	0.73	0.65	0.048

5-р хүснэгт. Голын эрэгийн шорооны макро элементийг РФА болон ГАА аргаар тодорхойлсон дүн (%).

Элемент, (мг/кг) Байршил	Pb		Cd	As		Co
	РФА	ГАА	РФА	РФА	ГАА	РФА
1	6	14	11	7	5	6
2	26	-	9	19	-	9
3	28	-	4	19	-	16
4	15	7	4	17	6	15
5	18	11	10	17	11	21
6	13	-	10	18	-	18
7	22	10	10	17	4	6
8	13	-	13	18	-	16
9	10	5	9	17	6	12
Зөвшөөрөгдөх хэмжээ (мг/кг)	100		3	6		50

6-р хүснэгт. Голын дагуух хөрсний дээж дэх хүнд металлыг MNS: 5850:2008 стандартын зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээтэй харьцуулав (мг/кг).

Элемент, (мг/кг) Байршил	Pb	Cd	As		Co
	РФА	РФА	РФА	ГАА	РФА
1	7	4	16	7	8
2	11	9	17	-	12
3	19	8	18	-	25
4	51	10	17	8	16
5	8	11	15	5	9
6	17	7	19	-	17
7	14	11	15	6	7
8	9	4	15	-	12
9	8	6	16	6	11
Зөвшөөрөгдөх хэмжээ (мг/кг)	100	3	6		50

7-р хүснэгт. Голын эрэгийн шорооны хүнд металлыг MNS: 5850:2008 стандартын зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээтэй харьцуулав (мг/кг).

Бүл	Радио-нуклид	Идэвхжил, Бк/кг								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
U	²³⁴ Th	≤1.9	161±10	204±11	15±2	25.8±2.4	55±4	20.5±1.9	53±8	≤8
	²¹⁴ Pb	1.08±0.07	35.0±1.7	32.1±1.6	14.8±0.4	24.4±0.5	20.0±1.4	10.5±0.3	35.3±1.8	15.6±0.4
	²¹⁰ Pb	≤0.8	-	-	14.1±1.0	10.8±0.7	-	17.5±1.0	-	11.7±0.9
	²²⁶ Ra	≤1.3	181±9	137±9	28.7±1.7	50.9±1.8	≤35	31.1±1.3	131±8	48.9±1.9
	²¹⁴ Bi	0.96±0.11	38.8±1.9	37±2	12.0±0.4	20.4±0.5	19.4±1.3	8.3±0.3	22.8±1.9	12.4±0.4
Th	²¹² Pb	3.41±0.14	40.2±1.3	42.4±1.3	16.8±0.3	22.9±0.4	32.8±1.2	11.8±0.2	31.8±1.2	17.6±0.3
	²²⁸ Ac	1.4±0.2	49±4	35±3	10.5±0.8	25.8±0.9	14±3	11.5±0.6	17±3	17.8±0.8
	²¹² Bi	1.6±0.3	47±6	20.3±0.7	24.8±1.8	22.0±1.8	24.0±0.4	9.1±1.2	23±5	12.1±1.6
	²⁰⁸ Tl	≤0.2	19.1±1.9	19.7±1.7	3.1±0.3	2.9±0.3	8.7±1.2	2.6±0.2	4.5±0.9	6.7±0.3
-	⁴⁰ K	417±7	703±24	536±21	464±7	359±6	508±21	44±6	619±23	477±7
	¹³⁷ Cs	≤0.08	4.6±0.5	4.9±0.6	1.53±0.13	0.91±0.11	1.66±0.19	0.40±0.08	3.8±0.7	1.16±0.11

8-р хүснэгт. Голын дагуух хөрсний байгалийн болон үүсмэл цацраг идэвхи (Бк/кг).

Бүл	Радио-нуклид	Идэвхжил, Бк/кг								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
U	²³⁴ Th	20.0±1.7	54±10	≤11	15.8±2.4	7.5±1.5	50.2±1.4	6.3±1.1	35±11	7±3
	²¹⁴ Pb	11.8±0.3	2.9±1.7	≤1.8	16.2±0.4	7.3±0.4	17.4±1.5	7.00±0.24	11.1±1.1	12.5±0.3
	²¹⁰ Pb	10.2±0.9	-	-	19.1±1.3	21.9±1.5	-	11.4±0.8	-	11.4±0.8
	²²⁶ Ra	39.3±1.4	≤4	50±7	45.9±1.9	35.5±1.7	≤11	13.5±0.9	32.6±0.4	26.5±1.4
	²¹⁴ Bi	10.4±0.3	7.6±1.4	8.0±1.0	13.7±0.5	5.5±0.3	8.8±0.5	2.74±0.22	4.4±0.5	8.8±0.3
Th	²¹² Pb	12±0.2	34.1±1.6	53.9±1.7	23.3±0.4	14.0±0.3	30.5±1.2	8.10±0.18	18.6±1.0	14.9±0.3
	²²⁸ Ac	16.0±0.6	≤2.6	23±3	21.8±0.9	3.5±0.6	≤4	7.5±0.5	≤2.8	12.7±0.7
	²¹² Bi	14.6±1.4	≤4	≤8	8.28±0.17	≤2.8	66±7	7.9±0.9	13±4	11.0±1.4
	²⁰⁸ Tl	4.76±0.27	3.2±1.6	2.2±0.2	2.7±0.3	0.94±0.25	14.7±1.5	1.35±0.02	4.5±0.9	2.06±0.22
-	⁴⁰ K	444±6	642±26	419±25	400±7	617±9	608±24	425±5	707±22	410±6

	^{137}Cs	0.91 ± 0.08	≤ 0.8	≤ 0.6	0.92 ± 0.12	≤ 0.10	1.35 ± 0.22	0.25 ± 0.06	≤ 0.8	2.12 ± 0.12
--	-------------------	----------------	------------	------------	----------------	-------------	----------------	----------------	------------	----------------

9-р хүснэгт. Голын эрэгийн шорооны байгалийн болон үүсмэл цацраг идэвхи (Бк/кг)

ДҮГНЭЛТ

- Туул голын дагуух хөрс болон эргийн шорооны дээжид Mg, Si, K, Ca, Ti, Fe, Co, Cr, Mn, Ni, Zn, As, Br, Sr, Pb, Th, U зэрэг элементүүдийн агуулгыг РФА, идэвхжилийн шинжилгээ, гамма спектрометрийн аргуудаар тодорхойлов.
- Дээжид хөрс бүрдүүлэгч үндсэн **макро элемент** (Si, K, Ca, Ti, Fe, Mg, Mn) **хортой хүнд металл** (Pb, Cd, Hg, As, Co) **биоидэвхит хүнд металл** (Cu, Zn, Cr, V, Ni, Sr, Sn, Mo, Se) зэрэг элементүүд тодорхой хэмжээгээр агуулагдаж байна. Хүн амьтан, ургамлын өсөлт хөгжилтөд сөрөг нөлөө үзүүлдэг, янз бүрийн өвчин үүсгэх эх үүсвэр болдог хортой, хүнд металл болох **As, Cd** илэрч байгаа нь анхаарал татаж байна. Хөрсний бүх дээжүүдэд **Br** илэрсэн бол эргийн шорооны дээжүүдэд илрээгүй. Туул

голын дагуух хөрс болон эргийн шорооны дээжүүдэд хөрсний макро элементүүдийн агуулгууд өөр хоорондоо онцын өөрчлөлтгүй гарсан ба 2015 оны судалгааны дүнтэй харьцуулахад *Cr, Ni, Zn, Sr, Pb* зэрэг элементүүдийн агуулга нэмэгдээгүй болох нь харагдав.

- Туул гол дагуух хөрс, эргийн шорооны дээж дэх ^{137}Cs изотопын хувийн идэвхи голын дагуу хөрсөнд дунджаар 2.1 Бк/кг, эргийн шороонд 0.9 Бк/кг байв. ^{40}K -ийн хувийн идэвх дэлхийн дундажаас голын дагуу хөрсөнд 1.1 дахин буюу 458 Бк/кг, эргийн шороонд 1.3 дахин их буюу 519 Бк/кг байгаа нь Улаанбаатар хотод уулын боржин чулуулаг хөрс зонхиолдогтой холбоотой байж болох юм.

АШИГЛАСАН НОМ, ХЭВЛЭЛ

- [1] Туул голын сав газар төлөв байдлын үнэлгээний карт 2019 он, хуудас 1-2,
- [2] Д. Төмөрсүх. Туул, Хараа гол дахь хүний үйл ажиллагааны нөлөө 2009 он, хуудас 1,
- [3] Н.Отгонпүрэв “Хөрс, хаг, хөвдний дээжид РФА-ийн аргазүйн судалгаа” Магистерийн ажил
- [4] Стандарт предприятия СТП 104-2002. Многокомпонентный инструментальный рентгенфлюоресцентный анализ почв и других объектов окружающей среды на токсичные и сопутствующие элементы. ОИЯИ 6-8092. Дубна, 2002.16 с
- [5] Стандарт предприятия СТП 105-2004. Многокомпонентный инструментальный гамма-активационный анализ почв и других объектов окружающей среды на токсичные и сопутствующие элементы. ОИЯИ 6-8233. Дубна, 2004.15 с
- [6] Маслов О.Д., Молоканова Л.Г., Густова М. В., Дмитриев С. Н. Определение содержания тория в образцах почв в реакции (γ, n) с применением рентгеновской спектрометрии // Радиохимия. 2004. Т. 46, №4. С.373-375.
- [7] Густова М. В., Маслов О.Д., Молоканова Л.Г., Белов А. Г., Дмитриев С. Н. Определение урана и тория в образцах почв в реакции (γ, n) с применением рентгеновской спектрометрии // The Proc. Of Intern. Conf. on Contemporary Physics, Ulaanbaatar, Aug. 13-20, 2007. P.155.
- [8] Монгол улсын стандарт MNS5850:2008: Хөрсний чанар. Хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ /Ангилалтын код 13.080.01/, 2008 он
- [9] Topical issues in radioecology of Kazakhstan issue 1. Semipalastik test site: Radioecological situation of the Northern Lands6 Pavlodar. Press House LLP.2010
- [10] Ц. Сайнсанаа, Н. Норов “Төвийн бүс нутгийн хөрсөн дэх ^{137}Cs -ийн хуримтлал” МУИС. ЭШБ. ФИЗИК №28(510), 2019 он, хуудас 76-79,
- [11] Б. Эрдэв, З. Баттогтох, Р. Маахүү. “Хүрээлэн байгаа орчны бохирдлыг гол эх үүсвэрээс нь хамааруулан судалсан нь” МУИС. ЭШБ. ФИЗИК №225(12), 2005 он, хуудас 46-49,
- [12] “Хөрсөнд агуулагдах калигаас уран хүртэлх элементийг тодорхойлох рентген-флюоресценцийн арга” Цөмийн физикийн судалгааны төв, Улаанбаатар хот, 2009 он
- [13] Ц.Цэрэндулам, П.Зузаан “Рентгенфлюоресценцийн анализээр найрлагын стандарт загварт хийсэн

шинжилгээний дүн” Хүрэл Тогоот, ЭШБХ,
Улаанбаатар хот, 2008 он

[14] Г.Дамдинсүрэн, П.Зузаан, Д.Болортуяа,
Н.Отгонпүрэв, О.Сүх. “Цөмийн аналитик

аргаар Туул гол орчмын хөрс, лаг шаврын
дээжид хүнд, хортой элемент тодорхойлсон
нь”, МУИС. ЭШБ. ФИЗИК №438(20), 2015
он, хуудас 35-38