



ИНДЕКСИЙН АРГУУДЫГ ХӨРСНИЙ ХҮНД ЭЛЕМЕНТИЙН БОХИРДЛЫН ҮНЭЛГЭЭНД ХЭРЭГЛЭСЭН ҮР ДҮНГЭЭС

Ц.Бямбасүрэн¹, Б.Хүүхэнхүү¹, Шабанова Е.В.²,
Васильева И.Е.², Г.Очирбат¹, Ц.Цэдэнбалжир¹

¹ Физик технологийн хүрээлэнгийн Атомын спектроскопийн лаборатори
Шинжлэх ухааны Академи, Монгол улс

² А.П.Виноградовын нэрэмжит Эрхүүгийн Геохимийн хүрээлэн
Оросын Шинжлэх ухааны Академи, Сибирийн салбар
Цахим шуудан : byambasuren@ipt.ac.mn, hunstech@yahoo.co.uk

Редакцид ирүүлсэн: 2017.02.24

ХУРААНГУЙ

Өнгөн хөрсний 320 гаруй дээжинд Ni, Co, Mn, Cr, Mn, Cd, Zn, Cu ба Pb зэрэг хүнд элементүүдийн нийт агуулгыг атомын цацаргалтын спектроскопийн нуман атомчлалын аргаар нүүрсэн электродын дундуур үлээлгэн атомчлах аргаар тодорхойлсон. Энгийн статистик аргын тоон үзүүлэлтүүдээр өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн тархалтын төлөв байдлыг тодорхойлсон. Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийн өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн бохирдлын түвшинг бохирдлын индекс (PI) ба нийт бохирдлын индексийн дундаж үзүүлэлт (IPI), хөрсний хүнд элементийн бохирдлын сөрөг нөлөөллийн үнэлгээг нэг элементийн эрсдлийн фактор (Er) ба олон элементийн эрсдлийн факторын (RI) нийт дунджаар, хүнд элементийн хөрсөнд хуримтлагдах эх үүсвэрийн ялгааг баяжилтын фактор гэсэн үзүүлэлтүүдээр үнэллээ. Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрс нь хүний буруутай үйл ажиллагааны улмаас Pb, Zn, Cu бохирдсон байна. Cd, Pb, Cu -ийн хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөө нь бусад судлагдсан хүнд элементүүдээс харьцангуй их илэрсэн.

Түлхүүр үг: өнгөн хөрс, хүнд элемент, бохирдлын индекс, баяжилтын фактор, сөрөг нөлөөллийн фактор, хөдлөлзүйн фактор, Улаанбаатар, Монгол;

ОРШИЛ

Хүнд метал нь газрын хөрсөнд маш бага ($1 \cdot 10^{-3}$ %) сарнимал байдлаар агуулагддаг, гол төлөв хөрс үүсэх процессийн дүнд хөрс үүсгэгч чулуулгийн үндсэн эрдсийн өгөршлийн нөлөөгөөр хөрсөнд бий болсон микроэлементүүд юм [1, 2].

Хүнд элемент нь үйлдвэр болон ахуйн хог хаягдал, цахилгаан станцын утаа, үнс нурам, тээврийн хэрэгслээс ялгарах

утаатай хамт агаарт цацагдаж улмаар газрын хөрсөнд шингэдэг ба органик бохирдуулагчийн нэгэн адил задарч саармагжих, цэвэрших процессд бараг ордоггүй маш удаан хугацаагаар хөрсөнд хуримтлагддаг [2, 3]. Хөрсөнд агуулагдах тодорхой хэмжээнээс хэтэрсэн тохиолдолд хүрээлэн буй орчин болон амьд организмд хортой нөлөө үзүүлдэг [4].

Сүүлийн жилүүдэд Улаанбаатар хотын хүн амын хэт төвлөрлөөс үүдэн хүрээлэн буй орчны бохирдол, ялангуяа хөрсний хүнд элементийн бохирдол олон түмний анхаарал татсан асуудал болоод байна. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний хүнд элементийн бохирдлын судалгааны ажил [5-12] ба суурь судалгааны сэдэвт төслийн ажлууд [13-16] хийгдэж тодорхой үр дүнд хүрч дүгнэлт гарсан байна.

ШУА-ийн Физик технологийн хүрээлэнд хэрэгжүүлж буй суурь судалгааны сэдэвт ажлууд [13, 14, 17] болон ШУА-ийн Физик технологийн хүрээлэн болон Оросын Шинжлэх ухааны Академийн Сибирийн

салбарын А.П.Виноградовын нэрэмжит Эрхүүгийн Геохимийн институт хоорондын хамтын ажиллагааны сэдэвт ажлын [18] хүрээнд хөрсний хүнд металлын бохирдлын судалгаа, шинжилгээ, үнэлгээний аргазүйг сайжруулах зорилго тавин судалгаа шинжилгээний ажлыг хийж байна. Энэ ажлын гол зорилго олон улсын хэмжээнд хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшинийг үнэлэхэд түгээмэл хэрэглэдэг индексийн аргуудыг Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшинг үнэлэхэд нэвтрүүлэн хэрэглэхэд оршино.

МАТЕРИАЛ, АРГАЗҮЙ

Дээж авах, шинжилгээнд бэлтгэх. Өнгөн хөрсний дээжийг хөрсний дээж авах стандартын дагуу дугтуйн аргаар 0-10 см-ийн гүнээс авсан [19, 20]. Хөрсний дээжүүдийг хуурай сэрүүн нар тусахааргүй газар дэлгэж, агаарын хуурай дээж болтол хатааж, ургамлын үндэс, чулуу, шил зэрэг гадны биетүүдээс нь цэвэрлэж шигшээд, лабораторийн Fritsch-9 нунтаглагч багажаар 200 мкм болтол нь нунтагласан болно.

Элементүүдийн агуулгыг тодорхойлох Pb, Zn, Cd, Mn, Co, Ni, Cr ба Cu –ийн нийт агуулгыг олон сувагт атомын цацаргалтын спектроскопийн нуман атомчлалын хуурай дээжийг нүүрсэн электродын дундуур үлээлгэн атомчлах аргаар тодорхойлсон [21, 22].

Хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлын түвшин Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлын түвшин, хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн бохирдлын хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөө, бохирдлын эх үүсвэрийн ялгааг олон улсад хөрсний экологийн ба геохимийн үнэлгээ хийхэд хамгийн түгээмэл хэрэглэдэг бохирдлын

индекс (PI), баяжилтын фактор (EF) ба сөрөг нөлөө буюу эрсдлийн фактор (E_r) гэсэн нэг элементийн индексүүдээр үнэлсэн [23-28]. Түүнчлэн төвлөрсөн суурин газар хүрээлэн буй орчны бохирдол маш олон эх үүсвэрээс улбаалан олон төрлийн химийн элемент тэдгээрийн нэгдлээр бохирддог учир бохирдлын индекс (PI) ба сөрөг нөлөө буюу эрсдлийн фактор (E_r)-ыг олон элементүүдэд тооцож бохирдлын дундаж нийт индекс (IPI) ба нийт эрсдлийн фактор (RI) гэсэн олон элементүүдийн нийлбэрийн дундаж үзүүлэлтүүдээр үнэлдэг [23, 24]. Үнэлгээнд Улаанбаатар хотын цэвэр хөрсөнд агуулагдах элементүүдийн суурь агуулгыг үнэлгээний гол харьцуулах үзүүлэлт болгон авсан болно (хүснэгт 1).

Бохирдлын индекс нь тухайн хүнд элемент хүний сөрөг үйл ажиллагааны улмаас өнгөн хөрсөнд хэр эрчимтэй хуримтлагдаж буйг илэрхийлдэг гол үзүүлэлт ба тухайн хөрсөнд агуулагдах хүнд элементийн агууламжийг суурь хөрсөнд агуулагдах хэмжээтэй нь харьцуулан дараах томъёоны дагуу тооцдог [23, 24].



Хүснэгт 1. Улаанбаатар хотын цэвэр хөрсөнд агуулагдах элементүүдийн суурь агуулга (CBG) [12, 18] ба хүнд элементүүдийн хортой чанарын коэффициент (Tr) (Хекансоны тогтоосноор) [26]

	Cu	Pb	Zn	Cr	Cd	Ni	Co	Mn	Al
C_{BG}	25	20	60	45	1	33	18	710	67000
Tr	5	5	1	2	30	5	5	-	

$$PI = \frac{C_i}{C_{BG}} \quad (1)$$

Энд, C_i ба C_{BG} - тухайн хөрсний дээжинд болон суурь хөрсөн дэх хүнд элементийн агууламж (мг/кг). Суурин газрын хөрс нь төрөл бүрийн эх үүсвэрээс үүдэлтэй маш олон тооны бохирдуулагч бодисоор бохирддог. Иймд олон элементүүдийн бохирдлын индексийн нийлбэрийн дунджаар үнэлдэг. Бохирдлын индекс ба нийт бохирдлын дунжийг түвшинээр нь 5 ангилдаг [23-25] ба ангиллыг хүснэгт 2-т харуулав.

Хүснэгт 2. Хүнд элементийн бохирдлын индекс (PI) ба нийт бохирдлын дундаж индексийн (IPI) түвшиний ангилал

Бохирдлын индекс (PI)	Бохирдлын түвшин	Бохирдлын нийт дундаж индекс (IPI)
$P \leq 1$	Бохирдолгүй	$IPI \leq 1$
$1 < P \leq 3$	Бага	$1 < IPI \leq 2$
$3 < P \leq 6$	Их бохирдолтой	$2 < IPI \leq 5$
$P > 6$	Маш их	$IPI > 5$

Хүнд элементийн баяжилтын фактор
Өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементийн баяжилтын фактор нь бохирдлын түвшинг үнэлдэг ба бохирдолт нь хүний сөрөг үйл ажиллагааны улмаас, эсвэл байгалийн ямар нэг хүчин зүйлийн улмаас үүдэлтэй эсэхийг ялгаж үнэлдэг арга юм. Бохирдуулж буй эх үүсвэрийг ялгаж үнэлэх нь хөрсний хүнд элементийн бохирдлыг бууруулах, бохирдсон хөрсийг цэвэршүүлэх улмаар бохирдлоос урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээг авахад маш чухал

үзүүлэлт болдог. Нөгөөтэйгүүр, хөрсөнд агуулагдах байгалийн эх үүсвэрээс үүдэлтэй хүнд элемент нь ихэвчлэн тухайн хөрсийг бүрдүүлж буй эх чулуулгийн эрдэст агуулагдах хөдлөлзүй багатай макроэлементүүдийн агуулгатай шууд хамааралтай байдаг [26-28]. Энэ шинж чанарт нь тулгуурлан өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн баяжилтын факторыг суурь хөрс болон тухайн хөрсөнд агуулагдах харьцангуй тогтвортой Al, Si, Fe, Mn, Sc, Zr зэрэг элементүүдийн агуулгаар нормчлон тооцож үнэлдэг [27]. Энэ ажилд Al –ыг тогтвортой макроэлемент болгон сонгож хэрэглэсэн. Баяжилтын факторыг дараах томъёоны дагуу тооцсон [26-28].

$$EF = \frac{(C_i/Al)_{дээж}}{(C_i/Al)_{суурьдээж}} \quad (2)$$

Энд, EF- хүнд элементийн баяжилтын фактор, $(C_i/Al)_{дээж}$ - тухайн дээжин дэх i хүнд элементийн болон тогтвортой макроэлементийн харьцаа, $(C_i/Al)_{суурьдээж}$ - суурь хөрсөнд агуулагдах i хүнд элемент болон тогтвортой макроэлементийн харьцаа.

Хүнд элементийн өнгөн хөрсөн дэх баяжилтын фактор нь $0.5 < EF < 2$ байвал байгалийн эх үүсвэртэй, $EF > 2$ байвал хүний сөрөг үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй хөрсөнд хуримтлал үүсгэж баяжиж байна гэж үздэг [26-28].

Хүнд элементийн бохирдлын хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөө. Хөрсөнд хуримтлагдсан хүнд элемент нь задарч саармагжих, өөрөө цэвэрших процесст ордоггүй учраас он удаан жил хөрсөнд хуримтлагдаж хүн амьтан, экосистемд

сөрөг нөлөө үзүүлдэг. Иймд бохирдлын түвшинг үнэлэхийн зэрэгцээ сөрөг нөлөөг нь үнэлэх нь чухал ач холбогдолтой. Хөрсөн дэх хүнд элементийн сөрөг нөлөөг тухайн элементийн бохирдлын түвшинд хортой чанарын коэффициентийг нь давхар тооцож үнэлэх аргыг олон улсын практикт өргөн хэрэглэж байна. Хүнд элементийн хортой чанарын коэффициентийг улс орнууд өөр өөрөөр тогтоосон байдаг. Жишээ нь олон улсад Хекансоны тогтоосон коэффициентийг түгээмэл хэрэглэдэг ба элемент тус бүрийн хувьд тодорхой утгатай байдаг (хүснэгт 1-ээс харах). Эдгээр коэффициентийг оролцуулан дараах томъёо ёсоор сөрөг нөлөөг үнэлэв [23, 24, 26].

$$RI = \sum E_i \quad (3)$$

энд E_r - i гэсэн нэг хүнд элементийн эрдсийн фактор ба дараах томъёоны дагуу тооцдог [23, 24, 26].

$$E_r = PI \cdot T_r \quad (4)$$

ҮР ДҮН, ХЭЛЦЭМЖ

Хүнд элементүүдийн агуулга, тархалтын судалгаа. Хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн агуулгын дундаж үзүүлэлтүүд (μ , C_{Me} , C_{GM}); тархалтын үзүүлэлтүүд (s , агуулгын хязгаар буюу агуулгын хамгийн бага ба их утга, хэлбэлзлийн коэффициент V ,%), жигд тархалтын шалгуур ($S-W$, $p > 0.05$)-ийг хүснэгт 4-д нэгтгэн харууллаа. Түүнчлэн хөрсний экологийн төлөв байдалд үнэлгээ өгөхөөр хөрсөнд агуулагдах хүнд элементүүдийн эрүүл ахуйн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээний стандартын хэмжээг [29] 1-р хүснэгтэд үзүүлсэн. Үр дүнгээс харахад, Co ба Ni -ийн агуулгын муж бага, хэлбэлзлийн коэффициент нь 30 % -иас бага, дундаж агуулгын үзүүлэлтүүд (μ , C_{Me} , C_{GM}) нь өөр хоорондоо ялгаа нь бага байв. Түүнчлэн Co ба Ni -ийн S -ассиметр болон K -эксессийн утга нь бусад элементүүдийн

энд, T_r - i элементийн хортой чанарыг илэрхийлэх коэффициент, PI - i элементийн бохирдлын индекс. Энэ аргыг анхлан усны хүнд элементийн бохирдлын сөрөг нөлөөг үнэлэхэд хэрэглэж байсан ба сүүлийн жилүүдэд хөрсний хүнд элементийн бохирдлын сөрөг нөлөөг үнэлэхэд ихээхэн хэрэглэх болсон. Сөрөг нөлөөллийн түвшинг 5 зэрэгт ангилдаг [23, 24, 26] ба 3-р хүснэгтэд харууллаа.

Хүснэгт 3. Сөрөг нөлөөллийн түвшиний ангилал

Эрдлийн фактор E_r	Эрдлийн түвшин	Нийт эрдлийн фактор RI
$E_r < 40$	Эрдэлгүй	$RI < 65$
$40 < E_r < 80$	Бага эрдэлтэй	$65 < RI < 130$
$80 < E_r < 160$	Дунд зэргийн	$130 < RI < 260$
$160 < E_r < 320$	Их эрдэлтэй	$RI > 260$
$E_r > 320$	Маш их	

үзүүлэлтэй харьцуулахад харьцангуй бага буюу 0-тэй ойр утгатай байгаа зэрэг нь Co ба Ni -ийн тархалт Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд жигд буйг илтгэн харуулж байна. Харин Zn , Pb , Cu , Cr , Cd , Mn -ны агуулгын муж их, хэлбэлзлийн коэффициент нь 30 % -иас их, түүнчлэн S -ассиметр болон K -эксессийн утга өндөр ба хэт өндөр үзүүлэлтэй гарсан нь Zn , Pb , Cu , Cr , Cd , Mn -ны тархалт жигд бус, хүний сөрөг үйл ажиллагаанаас болж Улаанбаатар хотын зарим газрын дээжийг ялангуяа Zn , Pb , Cu , Cr , Cd бохирдуулсан болохыг нотолж байгаа ба бусад судалгаа шинжилгээний ажлуудтай [5-10] ижил үр дүнг үзүүлж байна. Бүх хүнд элементүүд нь жигд тархалтын шалгуурыг хангахгүй байлаа. Өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн нийт агуулгын дундаж утгын үзүүлэлтүүдийг хөрсөнд агуулагдах



эрүүл ахуйн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээний дээд хэмжээнд, харин Zn - ын агуулга нь утгатай харьцуулахад Mn, Cu, Cr, Ni, Co, Cd, энэхүү хэмжээнээс ихээр илэрсэн байна. Pb-ны агуулга нь эрүүл ахуйн зөвшөөрөгдөх

Хүснэгт 4. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн нийт агууламж (мг/кг)-ийн тархалтын төлөв

Элемент	Хүлцэх агуулга, мг/кг	Тархалтын үзүүлэлт							Жигд тархалтын		
		Дундаж агуулга (мг/кг)			Агуулгын хязгаар (мг/кг)		a (мг/кг)	V (%)	Тоон үзүүлэлт		S-W шалгуур
		μ	C _{Me}	C _{GM}	бага утга	Их утга			S	K	
Cu	60-80	48	39	41	17	1400	82	171	14	230	0.00
Pb	70-50	67	50	51	19	1370	110	164	10	110	0.00
Cr	60-100	59	51	53	24	960	60	101	12	164	0.00
Zn	100-50	149	130	135	61	1600	115	77	9	99	0.00
Mn		629	580	594	360	5500	406	65	11	128	0.00
Cd	1.0-3.0	0.82	0.72	0.75	0.36	3	0.42	50	3	9	0.00
Co	30-40	12	11.5	11.4	4	34	3.76	32	1	5	0.00
Ni	60-100	35	34	34	15	73	8.54	24	1	1	0.00

Хүнд элементүүдийн бохирдлын түвшиний судалгаа Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлын түвшинг олон улсад өргөн адэлгэр хэрэглэдэг бохирдлын индекс, баяжилтын фактор, сөрөг нөлөөллийн фактор зэрэг үзүүлэлтүүдээр үнэллээ. Эдгээр факторуудыг байгалийн цэвэр буюу суурь хөрсөн дэх агуулгатай нь харьцуулан хүний үйл ажиллагааны оролцоог тооцож

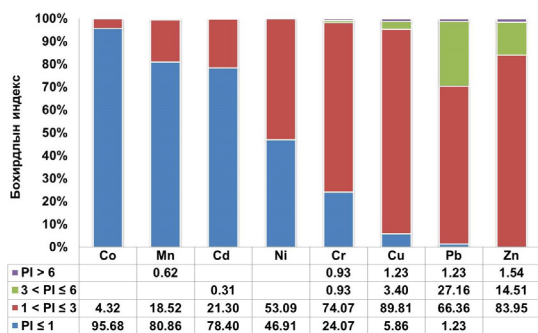
үнэлдэг аргууд юм. Хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн бохирдлын түвшиний тархалтыг гистограммаар 1-р зурагт харууллаа. Зургаас харахад нийт дээжний хувьд авч үзэхэд, Co, Mn, Cd-ийн бохирдол нийт дээжний 4-17%-д, Ni-ийн бохирдол 53 %-д, 72-97 %-д Cr, Cu, Pb-ны бохирдол нийт дээжний бохирдолтой байна. Харин цайрын агуулга 100% хот орчмын суурь хөрсний агуулгаас хэтэрсэн байна.

Хүснэгт 5. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн бохирдлын түвшин, баяжилтын фактор болон сөрөг нөлөөллийн индексийн статистик үзүүлэлтүүд

Элемент	PI					EF					Er				
	V, %	Бага утга	Их утга	μ	Me	V, %	Бага утга	Их утга	μ	Me	V, %	Бага утга	Их утга	μ	Me
Cd	50	0.36	3.10	0.82	0.72	69	0.38	4.69	1.06	0.79	50	10.8	93	24.67	21.6
Pb	164	0.95	68.5	3.35	2.50	209	0.88	66.81	4.48	2.32	164	4.75	342.5	16.73	12.5
Cu	171	0.68	56	1.93	1.56	198	0.73	49.84	2.80	1.71	171	3.4	280	9.65	7.8
Ni	24	0.46	2.21	1.06	1.03	37	0.43	3.15	1.12	1.08	24	2.32	11.06	5.32	5.15
Co	32	0.22	1.89	0.66	0.64	46	0.24	2.69	0.74	0.68	32	1.08	9.44	3.3	3.19
Zn	77	1.02	26.67	2.48	2.17	106	1.05	28.13	2.86	2.25	77	1.02	26.67	2.48	2.17
Cr	101	0.53	21.33	1.32	1.13	188	0.55	30.38	1.65	1.17	101	1.07	42.67	2.63	2.27
Mn	65	0.35	7.75	0.89	0.82	100	0.49	9.04	1.09	0.89	-	-	-	-	-

Хүнд элементүүдийн бохирдлын эх үүсвэрийн судалгаа

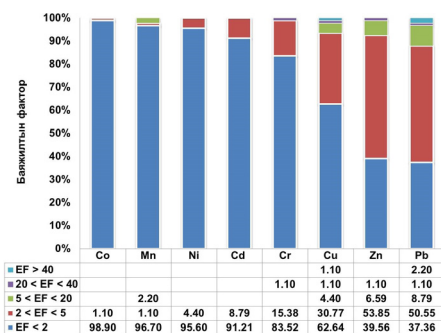
Өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн бохирдлын эх үүсвэрийн судалгааг баяжилтын фактоороор үнэлсэн. Баяжилтын факторыг Al-ны агуулгаар нормчлон тооцсон ба өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн баяжилтын факторын тархалтын статистик үр дүнг 4-р хүснэгтэд нэгтгэлээ. Үр дүнгээс харахад Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн баяжилтын факторын хамгийн бага ба их утгын мужийн ялгаа бохирдлын индексийн адил бүх хүнд элементүүдийн хувьд их байна. Баяжилтын факторын хэлбэлзлийн коэффициент Pb, Cu, Zn, Cr, Mn-ын хувьд маш өндөр, Cd, Co-ын хувьд өндөр утгыг үзүүлж байгаа эдгээр элементүүдийн Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд хуримтлагдах хэмжээ Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийн хөрсний дээжүүдэд харилцан адилгүй байгааг харуулж байна. Баяжилтын факторын дундаж үзүүлэлтээр Pb, Cu, Zn-ын баяжилтын фактор Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд 2-оос их буюу 2.85-4.48 ба бага түвшинд хүний сөрөг үйл ажиллагааны улмаас үүдэн хуримтлал үүсгэн баяжигдсан байна.



Зураг 1. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн бохирдлын түвшний тархалт

Хүнд элементүүдийн бохирдлын хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийн үнэлгээ. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлын хүрээлэн буй орчин болон амьд организмд үзүүлэх сөрөг нөлөөг

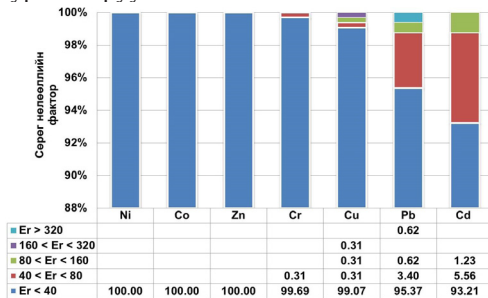
Pb, Cu, Zn нь төвлөрсөн суурин газрын хөрсийг бохирдуулдаг гол элементүүд юм. Гол төлөв үйлдвэрийн хаягдал, автомашин тээврийн хэрэгслээс ялгарах хорт утаа болон цахилгаан станцын хаягдал үнс, утаанаас үүдэн агаарт цацагдаж газрын өнгөн хөрсөнд хуримтлал үүсгэдэг. Харин Co, Ni, Mn, Cr, Cd-ийн баяжилтын факторын утга 2-оос бага ба эдгээр элементүүд нь Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд гол төлөв хөрс үүсгэгч чулуулгийн үндсэн эрдсээс үүдэлтэйгээр тархсан байгааг харуулж байна. Хүнд элементүүдийн баяжилтын факторын тархалтыг, судалгаанд хамрагдсан дээжний тоогоор хувиар тооцож гарган гистограммаар 2-р зурагт харууллаа. Зурагт үзүүлснээр Co, Mn, Ni, Cd-ийн баяжилтын фактор нийт дээжний 91.21-99.90 %-д 2-оос бага буюу бохирдолгүй харин нийт дээжний 1.10-8.79 %-д эдгээр элементүүдийн баяжилтын фактор 2-оос 5 хүртэл буюу бага түвшинд баяжилттай байгаа бол Cu, Zn, Pb-ийн баяжилтын фактор нийт дээжний 62.64-37.35 %-д 2-оос бага буюу байгалийн хүчин зүйлийн нөлөөгөөр өнгөн хөрсөнд хуримтлагдсан байна. Харин нийт дээжний 38% (Cu)- 63% (Zn) -д хүний сөрөг нөлөөгөөр хуримтлал үүсгэсэн байна.



Зураг 2. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн баяжилтын факторын тархалт

нь үнэлэхээр элемент тус бүрийн сөрөг нөлөөллийн факторыг Хекансоны аргаар тооцож статистик үзүүлэлтийг 2-р хүснэгтэд нэгтгэн харууллаа. Үр дүнгээс харахад бохирдлын индекс болон баяжилтын факторын адилаар хүнд элементүүдийн

сөрөг нөлөөллийн факторын хамгийн их ба бага утгын ялгаа маш их ба хэлбэлзлийн коэффициент өндөр үзүүлэлттэй байна. Ялангуяа Pb, Cu, Cr-ийн сөрөг нөлөөллийн факторын хэлбэлзлийн коэффициент маш өндөр, Cd, Zn-ын сөрөг нөлөөллийн факторын хэлбэлзлийн коэффициент өндөр үзүүлэлттэй байна. Pb, Cu-ийн бохирдлын хүрээлэн буй орчин болон амьд организмд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийн факторын хамгийн их утга маш их ба их эрсдэлтэй түвшинд байна. Энэ нь Pb, Cu –ийн агуулга зарим газрын цөөхөн хөрсөнд маш буйг харуулж байна. Гэхдээ бүх элементүүдийн сөрөг нөлөөллийн факторыг дундаж үзүүлэлтээр нь харахад бүх хүнд элементүүд нь сөрөг нөлөө үзүүлэхээргүй түвшинд байна. Хүнд элементүүдийн сөрөг нөлөөллийн факторын тархалтыг, судалгаанд хамрагдсан дээжний тоогоор хувиар тооцож гарган гистограммаар 3-р зурагт харууллаа.



Зураг 3. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн сөрөг нөлөөллийн индексийн тархалт

Зурагт үзүүлснээр Co, Ni, Zn-ын сөрөг нөлөөллийн фактор бүх дээжинд 40-өөс бага буюу ямарч эрсдэл үзүүлэхээргүй байна. Харин Cu-ийн хувьд нийт дээжний 0.31 % -д бага, дунд ба их эрсдэлтэй түвшинд, Pb-ны хувьд 3.40 %-д бага, 0.62 %-д дунд зэрэг, 0.62 %-д маш их эрсдэл үзүүлэх хэмжээнд байна. Харин Cd-ийн бохирдлын сөрөг нөлөө нийт дээжний 5.56%-д бага, 1.32 %-д дунд зэргийн эрсдэл үзүүлэх түвшинд байна.

Хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлын түвшиний үнэлгээний аргуудын үр дүнгийн харьцуулалт
Хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлын түвшин, сөрөг нөлөөлөл, бохирдлын эх үүсвэрийн үнэлгээг индексүүдийн аргаар хийж гарсан үр дүнг харьцуулан 6–р хүснэгтэд харууллаа.

Хүснэгт 6. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн бохирдлын түвшин (PI), баяжилтын фактор (EF) болон сөрөг нөлөөллийн индексийн (Er) үр дүнгийн харьцуулалт

Индексүүд	PI	Er	EF
Гол бохирдуулагч элемент	Pb, Zn, Cu, Cr, Ni, Mn, Cd, Co	Cd, Pb, Cu, Ni, Co, Cr, Zn	Pb, Zn, Cu, Cr, Ni, Mn, Cd, Co

Үр дүнгээр хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлын индекс ба баяжилтын факторын үр дүн ижил чиг хандлагыг үзүүлсэн байна. Өөрөөр хэлбэл Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсийг бохирдуулж буй гол хүнд элементүүд нь Pb, Zn, Cu ба эдгээр элементүүд хотын өнгөн хөрсөнд гол төлөв хүний буруутай үйл ажиллагааны улмаас төрөл бүрийн бохирдуулах эх үүсвэрээс үүдэлтэй хуримтлагдсан байна [2, 3, 30]. Харин хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлын сөрөг нөлөө нь Cd, Pb, Cu -ын хувьд хамгийн их байна. Хэдийгээр Zn нь хүний буруутай үйл ажиллагааны улмаас Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд ихээр хуримтлагдсан байгаа ч сөрөг нөлөөлөл нь энэ удаагийн бидний судалгаагаар бага байна. Харин хотын өнгөн хөрсөн дэх Cd-ийн бохирдлын түвшин бага байсан ч сөрөг нөлөөлөл нь их гэсэн үр дүнг үзүүллээ.

Нийт индексийн (PI ба RI) дундаж үзүүлэлтүүдийг олон элементийн нийлбэрээр тооцож хөрсийг бохирдуулах гол эх үүсвэрээс нь хамааруулан 7-р хүснэгтэд үзүүлсэн болно.

Хүснэгт 7. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн нийт бохирдлын түвшиний дундаж (PI) болон сөрөг нөлөөллийн нийт индексийн (RI) харьцуулалт (бохирдлын эх үүсвэрээр)

Нийт дундаж индекс	Бохирдуулах эх үүсвэр
RI	Цахилгаан станц ба үйлдвэр орчим > Гэр хороолол > Хогийн цэг орчим > Зах худалдааны төв > Зүлэгжүүлсэн газар > Төв зам дагуу
PI	Гэр хороолол > Цахилгаан станц ба үйлдвэр орчим > Зах худалдааны төв > Зүлэгжүүлсэн газар > Төв зам дагуу > Хогийн цэг орчим

Бидний энэ удаагийн судалгааны үр дүнгээр Улаанбаатар хотын газар

ДҮГНЭЛТ

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх зарим хүнд элементүүдийн нийт агуулгыг тодорхойлж тархалтын төлөв байдал болон бохирдлын түвшин, эх үүсвэрийн судалгаа ба эдгээр элементүүдийн бохирдлын хүрээлэн буй орчин болон амьд организмд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийн судалгааг хийж гүйцэтгэлээ.

- Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Ni, Co-ын тархалт жигд харин бусад элементүүдийн тархалт жигд бус байна.
- Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд хүнд элементүүдийн нийт агуулга дунджаар Mn (594.16), Zn (135.07), Cr (53.19), Pb (51.44), Cu (40.56), Ni(34.14), Co (11.35) ба Cd (0.75) мг/кг байна
- Хүнд элементүүдийн дундаж агуулгыг эдгээр элементүүдийн хөрсөнд агуулагдах эрүүл ахуйн стандарттай харьцуулахад Zn-аас бусад элементийн агууламж стандартын хэмжээнд илэрсэн байна.

Бохирдлын түвшинг байгалийн цэвэр буюу суурь хөрсөнд агуулагдах хэмжээтэй харьцуулан тооцоход:

- Бохирдлын түвшин дунд зэрэг

нутгийн өнгөн хөрсөнд хүнд элементийн хуримтлал үүсгэж буй гол эх үүсвэр нь гэр хорооллын яндангийн утаа, зуухны үнс нурам, хог хаягдал > цахилгаан станц ба үйлдвэр орчим буюу үйлдвэрийн хог хаягдал, станцаас ялгарах утаа ба үнс нурамны хаягдал > зах худалдааны төвийн үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй байна. Энэ дүгнэлт нь бусад судлаачдын ажил [5, 6] болон өмнө хэрэгжүүлсэн суурь судалгааны сэдэвт ажлуудын [13-16] дүгнэлттэй ижил байна. Хүрээлэн буй орчинд сөрөг нөлөө үзүүлж болохуйц бохирдолтой газар нутаг нь цахилгаан станц ба үйлдвэр орчим > гэр хороолол > хогийн цэг орчмын газар нутаг байна.

боловч нийт газар нутгийн хэмжээг дээжний тоогоор хувилж гаргахад Co, Mn, Cd-бохирдол нийт дээжний 4-17%-д, Ni-ийн бохирдол 53 %-д, Cr, Cu, Pb-бохирдол 72-97 %-д бохирдолтой байна. Харин цайрын агуулга 100% хот орчмын суурь хөрсний агуулгаас хэтэрсэн байна.

- Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсийг бохирдуулж буй гол хүнд элементүүд нь Pb, Zn, Cu ба эдгээр элементүүд хотын өнгөн хөрсөнд гол төлөв хүний буруутай үйл ажиллагааны улмаас буюу нүүрсний утаа, үнс нурам, үйлдвэрийн болон ахуйн хог хаягдлаас үүдэлтэй байна [2, 3, 30-35].
- Өнгөн хөрсөн дэх Cd, Pb, Cu -ийн хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөө нь бусад судлагдсан хүнд элементүүдээс харьцангуй их илэрсэн болно.



НОМ ЗҮЙ

1. Adriano DC (2001). *Trace Elements in Terrestrial Environments Biogeochemistry Bioavailability and Risk of Metals, second ed.* Springer-Verlag, New-York
2. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. *Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ.* - М.: Мир, 1989. - 439 с
3. Tokalioglu S., Yilmaz V., Kartal S. *An assessment on metal sources by multivariate analysis and speciation of metal in soil samples using the BCR sequential extraction procedure // Clan –Soil, Air, Water. 2010. V. 38. № 8. P. 713-718*
4. Alloway B. J. (1995). *Heavy metals in soils, 2nd Ed.* Chapman and Hall, India: Australia
5. Ч.Сономдагва, Ч.Бямбацэрэн, Д.Даваадорж. *Улаанбаатар хотын суурьшлын бүсийн хөрсний бохирдлын судалгааны зарим үр дүн. Шинжлэх Ухааны Академийн Мэдээ, 2016, 01 (217), 114-126.*
6. Кошелева Н.Е., Касимов Н.С., Бажа С.Н., Гунин П.Д., Голованов Д.Л., Ямнова И.А., Энхамгалан С. *Загрязнение почв тяжелыми металлами в промышленных городах Монголии // Вестн. Моск. ун-та. сер. 5. География. 2010. № 3. С. 20-27.*
7. Vyambasuren Ts., Otgontuul Ts., Shabanova E.V., Proydakova O.A., Vasilyeva I.E., Khuukhenkhuu B., Tsendenbaljir D. *Spatial distribution of heavy metal contamination in urban soil of Ulaanbaatar // Proc. 11th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega City in Asia – USMCA2012, 10-12 October 2012, Ulaanbaatar, Mongolia*
8. Vyambasuren Ts, Otgontuul Ts, Khuukhenkhuu B, Vasilyeva I. E, Shabanova E. V. & Proydakova O. *A Multivariate Statistical Approaches to Identify Heavy Metal Sources in Ulaanbaatar Soil. International Journal of Environment, Ecology, Family and Urban Studies (IJEUFUS) Vol. 4, Issue 5, Oct 2014, p 27-34*
9. Vasilyeva I.E., Shabanova E.V., Doroshkov A.A., Proydakova O.A., Otgontuul Ts., Khuukhtnkhuu B., Vyambasuren Ts. *"Distribution of toxic and essential elements in soils of Ulaanbaatar city. Pollution assessment of urban areas." The 9th International Conference "Environment and sustainable development in the Mongolian Plateau and adjacent regions, 2013: p. 67-71.*
10. Batjargal T., Otgonjargal E., Baek K., Yang J.S. *Assessment of metals contamination of soils of Ulaanbaatar Mongolia, J. of Hazardous Materials, 2010 (18): p 872-876*
11. Kasimov et al. *Ecological–Geochemical State of Soils in Ulaanbaatar Eurasian Soil Science, 2011, Vol. 44, No. 7, pp. 709–721*
12. Vyambasuren Ts., Shabanova E.V., Proydakova O.A., Vasilyeva I.E., Khuukhenkhuu B., Otgontuul Ts., Gunicheva T.N. *Study of pollution of the Ulaanbaatar urban areas // Proc. All-Rus. Conf. "Modern problems of Geochemistry", 22-26 October 2012. Irkutsk, Russia. Vol. 1, p128-131.*
13. *Атомын спектроскопийн судалгаа, аргазүй, хэрэглээ - Эрдэм шинжилгээний ажлын тайлан. ШУА-ийн Физик технологийн хүрээлэн, 2008-2010.*
14. *Газрын ховор элемент болон орчны хөрс, усны хүнд элементийн судалгаа, аргазүй ба хэрэглээ - Эрдэм шинжилгээний ажлын тайлан, ШУА-ийн Физик технологийн хүрээлэн, 2010-2013.*
15. *Гончигсумлаа. Ч, Доржготов.Д ба бусад. Улаанбаатар хотын гео-экологийн иж бүрэн судалгаа - Төслийн тайлан, Газарзүйн х³рээлэн, 2007.*
16. *Батхишиг.О. Улаанбаатар хотын эко-геохимийн судалгаа, Төслийн тайлан, Газарзүйн хүрээлэн, 2010*
17. *Нийслэлийн байгаль орчны бохирдлын харилцан хамаарал, нөхөн сэргээх технологийн физик-химийн процессын судалгаа-суурь судалгааны сэдэвт ажил, 2014-2016*
18. *Изучение обеспеченности биофильными элементами и оценка степени загрязнения тяжелыми металлами почвенно-растительного покрова на территории крупных*

- промышленных городов Монголии (Улан-Батор) и России (Иркутская область) – ШУА, ФТХ ба Эрхүүгийн Геохимийн институт хоорондын гэрээт эрдэм шинжилгээний ажил, 2010-2014
19. ISO 10381- 2008: *Soil quality, Sampling, Part 1-5: Guidance on the procedure for the investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination.*
 20. MNS 3298-90 *Soil quality, Sampling, Part 1-5: Guidance on the procedure for the investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination.*
 21. Labusov, V.A., Garanin, V.G., Shelpakova, I.R., 2012. *Multichannel analyzers of atomic emission spectra: current state and analytical potentials. J. Analyt. Chem.* 67(7), 632-641.
 22. Safronova, N., Mazo, G., Korobeinik, G., Shepeleva, E., Zhiltsova, L., 2004. *Application of atomic spectrometric methods coupled with gas chromatography for geochemical exploration. Geostandards and Geoanalytical Research.* 28(2), 291-304. DOI: 10.1111/j.1751-908X.2004.tb00744.x
 23. Gong Qingjie, Deng Jun, Xiang Yunchuan, Wang Qingfei and Yang Liqiang “Calculating Pollution Indices by Heavy Metals in Ecological Geochemistry Assessment and a Case Study in Parks of Beijing “ // *Journal of China University of Geosciences*, Vol. 19, No. 3, p. 230–241
 24. Ntakirutimana T., et al, *Pollution and Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in a Lake*, Pol. J. Environ. Stud. Vol. 22, No. 4 (2013), p.1129-1134
 25. X. Jiang et al.: *Assessment and prediction of soil heavy-metal pollution Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 14, 1599–1610, 2014
 26. Hakanson L (1980) *An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. Water Res* 14(8):975– 1001
 27. Sutherland R.A. *Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. Environmental Geology*, 2000 (39) 611-627.
 28. Blaser P., Zimmermann S., Luster J. & Shotyk W. *Critical examination of trace element enrichments and depletions in soils: As, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn in Swiss forest soils. Science of the Total Environment*, 2000(249) 257-280.
 29. Хөрсний чанар. Хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ. Монгол улсын стандарт-Стандартчилал хэмжилзүйн үндэсний төв. Улаанбаатар, 2008.8с
 30. Manta, D.S., Angelone, M., Bellanca, A., Neri, R., Sprovieri, M., 2002. *Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. The Science of the Total Environment* 300: 229- 243.
 31. Li, X. et al. *Heavy metal contamination of urban soil in an old industrial city (Shenyang) in Northeast China. Geoderma*, 2013 (192), 50-58.
 32. Chen T B, Zheng Y M, Lei M, Huang Z C, Wu H T, Chen H et al., 2005. *Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. Chemosphere*, 60(4): 542–551
 33. Wei B G, Yang L S, 2010. *A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. Microchemical Journal*, 94(2): 99–107
 34. Luo, W., Lu, Y., Gisey, J. P., Wang, T., Shi, Y., Wang, G., et al. (2007). *Effects of land use on concentrations of metals in surface soils and ecological risk around Guanting Reservoir, China. Environ Geochem Health*, 29, 459–471.
 35. W.P. Sun et al. *Sources and geographic heterogeneity of trace metals in the ediments of Prydz Bay, East Antarctica. Polar Research* 2013 (32) 1-9



APPLICATION OF SOME ASSESSMENT APPROACHES TO STUDY OF ULAANBAATAR SURFACE SOIL POLLUTION WITH HEAVY METALS

*Ts.Byambasuren¹, Б.Кхуукхенхуу¹, Shabanova E.V²,
Vasilyva I.E², Г.Очирбат¹, D.Tsedenbaljir¹*

¹*Institute of Physics and Technology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia*

²*Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
e-mail: byambasuren@ipt.ac.mn*

In 324 surface soil samples collected from Ulaanbaatar territory were determined the total content of Ni, Co, Mn, Cr, Mn, Cd, Zn, Cu and Pb by atomic-emission spectrometry with arc excitation (AES arc) via using injection- spilling evaporation way. Have been studied the statistical description of the distribution of heavy metals in urban surface soil. To determine the contamination status and potential ecological risk of heavy metal in surface soil was used index methods such as pollution index (PI), integrated pollution index (IPI), single factor risk element (Er), potential ecological risk index (RI) and enrichment factor (EF).

In the surface soil of Ulaanbaatar area, all the investigated heavy metals except Ni and Co are unevenly distributed. The total content of all studied heavy metal except of Zn in Ulaanbaatar surface soil does not exceed the MPC values. In all of the 324 samples Zn, Pb and Cu shows moderate, considerable and very high pollution index (PI), ranging from 1.02 to 26.67 for Zn, from 0.95 to 68.5 for Pb and from 0.68 to 56 for Cu. The IPI of all heavy metals in the all analyzed samples varied from 0.82 to 17.28, with a mean of 1.36. The mean value of the potential ecological risk indices (RI) of such heavy metals is 56.8, indicating an overall low ecological risk posed by the heavy metals. According values of EF, Pb and Zn were moderately enriched in Ulaanbaatar surface soils are due to human related activities.

Keywords: *surface soil, heavy metal, pollution index, enrichment factor, ecological risk index, mobility factor, Ulaanbaatar, Mongolia;*