



МОНГОЛ УЛСЫН ИХ СУРГУУЛЬ
ШИНЖЛЭХ УХААНЫ СУРГУУЛЬ
ГАЗАРЗҮЙН ТЭНХИМ

Газарзүйн асуудлууд сэтгүүл

Journal of Geographical Issues

Volume 22 (1)

ISSN: 2312-8534

2022

Улаанбаатар хот 2022

Улаанбаатар хотын Баянзүрх дүүргийн хөрсний болон усны хүнд металлын агууламжаас үүсэх эрүүл мэндийн эрсдэлийн үнэлгээний асуудалд

To study health risk assessment from heavy metal contamination in Bayanzurkh district, Ulaanbaatar city

© А.Цэцэгтогтох¹, Б.Марал¹, Д.Даваадорж^{1*}, Б.Базарханд¹
А.Тсетсэгтогтох, В.Марал, D.Davaadorj*, В.Вазарханд

¹Газарзүйн тэнхим, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Монгол Улс

¹Department of Geography, School of Arts & Sciences, National University of Mongolia, Mongolia

*Харилцагч зохиогч: davaadorj@num.edu.mn

*Corresponding author: davaadorj@num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2021.11.09

Засварласан: 2021.03.01

Зөвшөөрөгдсөн: 2022.03.07

Хураангуй

Улаанбаатар хотын Баянзүрх дүүргийн нутаг дэвсгэрт Туул голын Хужирбулан, Амгалан, Улиастай, Хөлийн голын хөндий зэрэг тэгшивтер, налуу багатай гадаргад хүн амын нягтшил ихтэй бөгөөд гэр хороолол төвлөрсөн суурьшилтай. Голын хөндий рүү илүү их төвлөрсөн хандлага бүхий газар ашиглалтын хэв шинж нь хүрээлэн буй орчны хувьд эмзэг нөхцлийг үүсгэж байна. Баянзүрх дүүргийн нутаг дэвсгэрт тархсан хүнд элементийн агууламжийг судалж, түүнээс үүсэх эрүүл мэндийн эрсдэлийг тооцоолох шаардлага тулгарч байна. Энд хөрс, ус, агаарын бохирдол нь хүрээлэн буй чанар болон хүний эрүүл ахуйд сөргөөр нөлөөлөх эрсдэл үүсгэдэг. Судалгааны талбайн хэмжээнд өнгөн хөрсний болон усны чанар болон хүний эрүүл мэндэд сөрөг нөлөөлөл үзүүлэхүйц эрсдэл бүхий цэгүүд илэрсэн. Эдгээр цэгүүд нь үйлчилгээ төвлөрсөн цэгүүд, гэр хорооллын бүсэд илэрч байв. Хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх эрсдэлийн хувьд хөрсний хүнд металлын агууламжаас хоол хүнсээр дамжин хүчний биед хуримтлагдах эрсдэл As, Cd голлож байгаа бол амьсгалын замын хувьд Pb, Cr зэрэг хүнд элементүүд голлох эрсдэл үүсгэж байна. Ундны усны хүнд элементийн агууламж Cr, Cu голлох эрсдэлийг үүсгэж байгааг энэ судалгаагаар тодорхойлов.

Түлхүүр үгс: Хөрсний бохирдол; хүнд металлын бохирдол; Усны бохирдол; Эрүүл мэндийн эрсдэл

Abstract

Bayanzurkh district is covered in wide open valleys of Tuul, Uliastai and Khol rivers. Most of land use and residential areas are lied in riverbed alluvial soils areas with strongly degraded and polluted with anthropogenic impact. Soil and air quality in district areas was higher and its possible to affect the environment and human health. There is a need to study the content of heavy elements in the study area and estimate the health risks. Purpose of this study was to evaluate the heavy metal contamination in topsoil and surface water and to use pollution indexes and estimate the human health risk assessment. According to the study results, heavy metal pollution in the Bayanzurkh district did not exceed the permissible concentration specified in the MNS5850: 2019 standard in most areas. However, there are areas of risk that could adversely affect human health. These points were located in service centers and Ger areas. Our result shown the As, Cd are most high risk from contamination of soil and Cr and Cu are shown the high risk with surface water quality.

Keywords: Soil pollution; Heavy metal lifetimetion; Water pollution; Life-time cancer risk

Оршил

Хөрсний бохирдлын тухай ойлголт нь ХХ зууны аж үйлдвэржилтийн эрчимтэй хөгжлийн үед анх гарч ирсэн ойлголт юм. Хөгжиж буй орнуудад химийн бодис, хог хаягдлыг хадгалах,

©Зохиогчийн оруулсан хувь нэмэр: **А.Цэцэгтогтох:** Судалгааны ажлын үндсэн бичвэр; Өгөгдөл боловсруулалт, үр дүнгийн хяналт; **Б.Марал:** Судалгааны бичвэрийн засвар, үр дүнгийн хяналт; **Д.Даваадорж:** Хээрийн судалгаагаар дээж цуглуулах, бохирдлын үнэлгээ хийх, үр дүнгийн хяналт, засвар; **Б.Базарханд:** Үр дүнгийн хяналт.

цуглуулах, устгах менежмент муу байдгаас үүдэн хөрс, ус их хэмжээгээр бохирдож хүн амын дунд өвчлөл үүсгэж байгааг (World health organization report. 2016) тодорхойлжээ. Ахуйн болон үйлдвэрлэлийн явцад ялгарах хатуу, шингэн, хий хэлбэрийн химийн бодис хөрсөнд хуримтлагдсанаас хөрс хүнд металл болон бусад химийн бодисоор бохирдох үндсэн шалтгаан болж байна. Хөрс хүнд металаар бохирдох явцад хөрсөнд байсан зэс, цайр, хром кадмий зэрэг элементийн байгалийн үйлчлэл нэмэгдэх, шинээр хуримтлагдах, улмаар ургамал усаар дамжин амьд организмд дамжин сөргөөр нөлөөлөх өндөр эрсдэлтэй юм (Аваадорж, 2014).

Нөгөөтэйгүүр хөрсөн бүрхэвч нь хүрээлэн буй орчны бодис, энергийн шилжилтэд суурь болон оролцдог учраас хөрсний бохирдол нь гадарга болон гүний ус, агаар, ургамал бүрхэвчинд дамжих өндөр эрсдэлтэй хоёрдогч бохирдуулагч эх үүсвэр болдог. Ялангуяа 5 мг/см^3 илүү нягттай хүнд металлуудын хувьд ургамал болон усанд шингэж, хуримтлагдан хүн, малын биед дамжин эрүүл мэндийн сөрөг нөлөөлөл үүсгэх өндөр эрсдэлтэй. АНУ-ын Хүрээлэн буй Орчныг Хамгаалах Агентлаг—U.S. Environmental Protection Agency (US EPA)-ийн тодорхойлсноор хүрээлэн буй орчны бохирдол нь хүний биед хоол хүнс, агаарын тоосжилтоор дамжин амьсгалын эрхтэн болон арьсны гадаргууд нэвчин шимэгдэх байдлаар нөлөөлдөг. Харин усанд агуулагдсан бохирдуулагч бодис элементүүд ус уух болон шүршүүр, усанд орох зэргээр дамжин биед нэвчин хуримтлагддаг (Zeng et al., 2015) гэж үзсэн байна. Мөн хот суурин газрын техноген нөлөөлөлд хүчтэй өртөж, анхдагч шинж чанараа алдсан антрисол хөрс морфологи бүтэц, шинж чанар өөрчлөгдсөнөөр хэв шинжүүд байгаль дээр явагддаг үүргээ алдаж, бохирдуулагч бодис элементүүдийг шүүх, шингээн задлах эрчим алдагдаж, геохимийн бодис, элементийн анамоль үүсэх, ус, агаарт хялбар дэгдэх, дамжих эрсдэлтэй болдог байна. Улаанбаатар хотын хувьд 1990 оноос хойш дотоодын шилжилт хөдөлгөөнөөр хотын хүн амын тоо сүүлийн 20-30 орчим жилийн хугацаанд 2-3 дахин нэмэгдсэн. Хот руу чиглэсэн эдийн засаг, нийгмийн, эрүүл мэндийн үйлчилгээ болон сургалттай холбоотой хүн амын тооны хэлбэлзэл 0.3 сая орчимд хэлбэлздэг. Хүн амын хэт их төвлөрөл нь орчны доройтлыг үүсгэж, эрүүл мэндийн хувьд ихээхэн эрсдэл дагуулж байна. Улаанбаатар хотын хөрс, агаарын бохирдлын судалгаануудад бүс нутгийн хөрсний бохирдол холбогдох журам стандартад заасан хүлцэх агууламжаас хэтрэн, хүний эрүүл мэндэд сөрөг нөлөөлөл үзүүлэх эрсдэлтэй (Батхишиг, 2017; Готовсүрэн, 1995; Касимов и др., 2013; Сономдавга нар, 2017; Enkhchimeg et al., 2020) болсон талаар судлаачид дурдсан байдаг.

Хотын хөрс нь байгалийн анхдагч шүүх, шингээх, задлах шинж чанараа алддаг учраас бохирдол нь агаар, ус, ургамалд дамжих, хүн амын дунд хуримтлагдан өвчлөл үүсгэх эрсдэлтэй. Баянзүрх дүүрэгт хүн амын сийрэг нягтшилтай болон түр зуурын нөлөөлөл ихтэй худалдааны төвүүд байрлах учир хөрсний бохирдлын цэгэн бохирдол үүсэж энэ нь хүний хөдөлгөөнөөр дамжин тархах эрсдэлтэй байдаг. Иймд хүний үйл ажиллагаатай шууд холбоосонд ордог хөрс, ундны усны бохирдол-хүнд металл агууламжаас үүсэх эрүүл мэндийн эрсдэлийг тооцоолох хэрэгцээ үүсэж байна. Хүнд элементүүд нь хүний биед нэвчин хуримтлагдсан тохиолдолд өвчлөл үүсгэдэг.

Энэ судалгаагаар Баянзүрх дүүргийн нутаг дэвсгэрт тархсан хүнд элементийн агууламжийг судалж, түүнээс үүсэх эрүүл мэндийн эрсдэлийг тооцоолох шаардлага тулгарч байна. Судалгааны ажлын хүрээнд газар ашиглалтын эрчим, хүн амын нягтшил ихтэй хэсэгт хөрс, усны хүнд металлын бохирдлын судалгааг хийж, бохирдлын өнөөгийн түвшинг тодорхойлох, хөрс болон ундны усанд агуулагдах хүнд элементийн агууламж нь хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх эрсдэлийн нөлөөг үнэлэх зорилго дэвшүүлсэн.

Судалгааны материал, аргазүй

Улаанбаатар хотын Баянзүрх дүүргийн нутаг дэвсгэрт газар ашиглалтын эрчим, хүн амын нягтаршил, хөрсний бохирдлын өмнөх судалгааны дүнд тулгуурлан нийт 104 цэг дээр хэмжилт явуулж, хүрээлэн буй орчинд өргөн тархалттай хүнд элементүүд болох хром (Cr), хар тугалга (Pb), никель (Ni), цайр (Zn), Зэс (Cu), Кобальт (Co), Хүнцэл (As) зэрэг агууламжийг магадлан итгэмжлэгдсэн “Green Lab” хөрсний шинжилгээний лабораторид атом шингээлтийн спектрометрийн аргаар хэмжсэн дүнг ашиглан Nakanson (1980) экологийн эрсдэлийн индексийг (E_r^I) үнэлсэн.

Эрсдэлийн үнэлгээ: Судалгааны талбайн хөрсний хүнд металлын бохирдлын зэргийг үнэлэхийн тулд дэлхийн царцдас болон өнгөн хөрсөнд өргөн тархалттай өвчин үүсгэх эх үүсвэр болдог хром (Cr), никель (Ni), зэс (Cu), цайр (Zn), хар тугалга (Pb) зэрэг бохирдуулагч

бодисын хүнд металлын агууламж үзүүлэлтүүдэд үндэслэн ОУ-д дараах байдлаар хэрэглэгддэг. Үүнд: Бохирдлын фактор - БФ (Contamination factor - Cf), Бохирдлын зэрэг – БЗ (Contamination degree - Cd), Бохирдлын чадавхын индекс – БЧИ (Potential contamination index - Cp) зэрэг олон индекс ашиглан, хөрсний бохирдлын түвшин, нөлөөллийг тооцоолсон.

Хуримтлалын хүчин зүйл (Хуримтлалын фактор): Хөрсний хүнд металлын хуримтлалын фактор 1-тэй тойр бол байгалийн эх үүсвэр буюу газрын царцдаснаас үүдэлтэй гэж үзэх ба харин 1-ээс өндөр бол хүний үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй бохирдол нөлөөлсөн байна гэж үзнэ (Buat-Menard & Chesselet, 1979; Li et al., 2015). Хуримтлалын факторын тооцоололд ихэвчлэн хөнгөнцагаан (Al), төмөр (Fe)-ийн бүс нутгийн хэмжилтийн дүн болон суурь утгыг тооцоололд ашигладаг. Учир нь Al болон Fe нь байгальд хамгийн тархсан, хөрсөн дэх хүчтэй уусгагчаас гадна хүний үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй бохирдолд хамгийн мэдрэг байдаг. Энэ нь шаврын бүтцэд ихээр агуулагдах элемент бөгөөд Al, Fe-ийн харьцаа нь дэлхийн царцдаст харьцангуй тогтмол байдаг.

$$\text{Хуримтлалын фактор} = \frac{Cn_{\text{samples}}}{\frac{Cn_{\text{reference}}}{R}} \tag{I}$$

Энд:

- Cn sample - дээжид тодорхойлсон х металлын концентрац;
- R sample - дээжид тодорхойлсон Fe-ийн концентрац;
- Cn reference - дэлхийн царцдас дахь тухайн металлын дундаж концентрац;
- R reference - дэлхийн царцдас дахь Fe-ийн дундаж концентрац

Хүснэгт 1. Хуримтлалын хүчин зүйлийн бохирдлын зэрэглэл

Хуримтлалын зэрэг	Хуримтлалын түвшин
БЗ<n	Бохирдолгүй
0<XФ<2	Бага бохирдолтой
2<XФ<5	Бохирдолтой
5<БЗ<20	Их бохирдолтой
20<БЗ<50	Маш их бохирдолтой

Хөрсний бохирдлоос үүсэх экологийн эрсдэл:

$$Er = Tr * Cf \tag{II}$$

Tr – Тухайн элементийн хорт бодисын хариу хүчин зүйл:

$$(Pb, Ni, Cu=5; Zn=1, Cd=30, Cr=2, As=10) \text{ (Muller, 1969)}$$

Энд:

- Cf - бохирдлын фактор;
- Er<40 - экологийн эрсдэл бага;
- 40≤Er<80 - экологийн эрсдэл дундаж;
- 80≤Er<160 - экологийн эрсдэл ихтэй;
- 160≤Er<320 - экологийн эрсдэл өндөр;
- Er≥320 - экологийн эрсдэл маш ихтэй

Хөрсний бохирдлоос хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх сөрөг нөлөө, эрүүл мэндийн эрсдэл (Lifetime Cancer Risk - LTCR) индекс (Enkhchimeg et al., 2020)-ийг ашигласан. Өдөр тутам хүлээн авах тун (Daily intake dose) (US EPA, 1996; Ferreira-Baptista & De Miguel, 2005)-гаар тооцоолсон.

$$D_{\text{ing}} = \frac{C * \text{ingR} * EF * ED * CF}{BW * AT} \tag{III}$$

$$D_{\text{inh}} = \frac{C * \text{inhR} * EF * ED * CF}{BW * AT * PEF} \tag{IV}$$

$$D_{\text{derm}} = \frac{C * SA * SL * ABS * EF * ED * CF}{BW * AT} \tag{V}$$

Нийт амьдралын хугацаанд хүлээн авах тун (Lifetime average daily dose) (Li et al., 2014; Ferreira-Baptista & De Miguel, 2005)-гаар тооцоолсон.

$$LADD = C * EF / (AT * PEF) * (inhR_{child} * ED_{child} / BW_{child} + inhR_{adult} * ED_{adult} / BW_{adult}) \quad (VI)$$

Энд:

LADD- Нийт амьдралын хугацаанд хүлээн авах тун

C- Дундаж утгын дээд хязгаар 95%

EF- Эрсдэлд өртөх хугацаа

AT- Дундаж хугацаа

PEF- Тоос дэгдэх хүчин зүйл

inhR child- Арьсаар дамжих

ED child- Өргөлтийн хугацаа

BWchild- Дундаж биеийн жин

Эрсдэлийн түвшин (Hazard quotient)-г дараах томъёогоор тооцсон (Li et al., 2014; Ferreira-Baptista & De Miguel, 2005).

$$HQ = \frac{D}{RfD} \quad (VII)$$

Энд:

HQ- Эрсдэлийн түвшин

D- Өдөрт хүлээн авах тун

RfD- Хяналтын утга

Хорт хавдрын эрсдэл (Life time cancer risk)-ийг дараах томъёогоор тооцов (Li et al., 2014; Ferreira-Baptista & De Miguel, 2005).

$$R = \frac{LADD}{SF} \quad (VIII)$$

Энд:

R- Хорт хавдрын эрсдэл

LADD- Нийт амьдралын хугацаанд хүлээн авах тун

SF- Хяналтын хазайлтын утга

Дундажаас дээд хязгаар хүртэлх тооцоог (Upper liper cent 95 percent for the mean (95% UCL) дараах байдлаар хийв (Gilbert, 1987; EPA, 1996).

$$C_{95\%UCL} = \exp(x + 0.5 * S^2 + \frac{s * H}{\sqrt{n-1}}) \quad (IX)$$

Уны бохирдлоос хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх сөрөг нөлөө, эрүүл мэндийн эрсдэл (Hazard index)-ийн индекс(Zeng et al., 2015)- ийг ашиглав. Өдөр тутам хүлээн авах тун (Daily intake dose)-г дараах байдлаар тооцоолсон (Phan et al., 2013; Wu et al., 2009).

$$CD_{ing} = \frac{C * ingR * EF * ED * CF}{BW * AT} \quad (X)$$

$$CD_{derm} = \frac{C * SA * SL * ABS * EF * ED * CF}{BW * AT} \quad (XI)$$

Эрсдэлийн түвшин (Hazard quotient)-г дараах байдлаар тооцов (Zeng et al., 2015).

$$HQ_{ing/derm} = \frac{CD_{ing/der}}{RfD_{ing/der}} \quad (XII)$$

Энд:

CD_{ing/der}- Өдөрт авах тун

RfD_{ing/der}- Хяналтын стандарт утга

Хамаарлын тун (Corresponding Reference dose)-г дараах байдлаар тооцоолсон (Zeng et al., 2015).

$$RfD_{derm} = RfD_{ing} * ABS_{gi} \quad (XIII)$$

Энд:

RfD_{ing}- Хяналтын утга, ABS_{gi} – Ходоод гэдэсний шингээлтийн хүчин зүйл

Эрсдэлийн индекс (Hazard index)-ийг дараах байдлаар тооцсон (Zeng et al., 2015).

$$HI = \sum(HQ_{ing} + HQ_{derm}) \tag{XIV}$$

‘Hazard quotient’ (HQ) эрсдэлийн түвшин $HQ > 1$ үед хүний эрүүл мэндэд сөргөөр нөөлөхгүй харин ‘Hazard index’ (HI) эрсдэлийн заалт $HI > 1$ үед хүний эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлдөг (Phan et al., 2013) болохыг тодорхойлсон байдаг.

Хүснэгт 2. Эрсдэлийн тооцоололд ашиглагдах хүчин зүйлс (Exposure factors)

Хүчин зүйл	Тодорхойлолт	Утга		Нэгж	Эх сурвалж
		Том хүн	Хүүхэд		
C	Дундаж утгын дээд хязгаар 95 хувь			-	(US EPA, 1991)
BW	Биеийн дундаж жин	70	15	kg	(US EPA, 2004)
ingR	Амьсгалын замаар дамжих	100	200	$m^3 \cdot day^{-1}$	(US EPA, 1991)
inhR	Арьсаар дамжих	20	7.6	$m^3 \cdot day^{-1}$	(Zheng et al., 2010)
PEF	Тоос дэгдэх хүчин зүйл	$1.36 \cdot 10^9$		$m^3 \cdot kg^{-1}$	(US EPA, 2001)
SA	Арьсны гадаргатай шүргэлцэх талбай	5700	2800	cm^2	(US EPA, 2004)
SL	Арьсны бохирдлын хүчин зүйл	0.07	0.2	$mg \cdot m^{-3}$	
EF	Өртөлтийн давтамж	180	180	$days \cdot year^{-1}$	(US EPA, 1991)
ED	Өртөлтийн хугацаа	24	6	years	(US EPA, 2004)
ET	Эрсдэлд өртөх хугацаа	24		$hours \cdot day^{-1}$	
AT _{non-cancer risk}	Дундаж хугацаа	ED*365		days	
AT _{cancer risk}	Дундаж хугацаа	70*365		days	(US EPA, 2004)
ABS	Арьсны шингээлтийн хүчин зүйл	0.03 for As, others 0.001		-	
CF	Хөрвүүлэх утга	$1 \cdot 10^{-6}$		$kg \cdot mg^{-1}$	

*Томьёо III, IV, V, X, XI ашигласан утгууд

Судалгааны үр дүн ба хэлэлцүүлэг

Хөрсөн дэхь хүнд металлын агууламж: Баянзүрх дүүргийн хөрсний мониторингийн судалгааны ажлын хүрээнд газар ашиглалт болон бохирдлын эх үүсвэртэй уялдуулан, судалгааны талбайн хэмжээнд нийт 104 цэгээс хөрсний дээж цуглуулан, өргөн тархалттай Ni, Cd, Co, Cu, Zn зэрэг элементүүд, онцгой хортой As, Pb, Cr болон байгаль дээрх исэлдэн ангижрах үйл явцад идэвхтэй оролцдог Al, Fe зэрэг элементүүдийг агууламжийг лабораторийн нарийвчилсан задлан шинжилгээгээр тодорхойлж, бохирдлын зэрэгт үнэлгээ хийсэн. Хөрсний бохирдлын судалгаанд хяналтын цэг буюу ‘reference point’ утга ашигладаг бөгөөд энэхүү утгад *MNS585:2019* стандартад заасан хүлцэх агууламж болон хотжилтын нөлөөлөл болон бохирдлын эх үүсвэрт өртөөгүй, цэвэр хөрс бүхий талбайгаас хяналтын цэгийн дээж цуглуулан, бүс нутгийн суурь хөрсний агууламж тооцоолсон. Батхишиг (2018) нарын Улаанбаатар хотын техноген нөлөөлөлд өртөөгүй цэвэр хөрсний хүнд элементийн суурь хяналтын утгыг Гачуурт голын хөндий болон Алтанбулаг орчмын бэлчээрийн хөрсний утгаар сонгож авсан.

Хүнд элементийн суурь агууламжийн дүнгээс үзэхэд Баянзүрх дүүргийн хэмжээнд хөрсний хүнд элементийн агууламж Улаанбаатар хотын түвшнээс бага утгатай байна. Энэ дүүргийн нийт нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд бэлчээрийн болон тусгай зориулалтын, рекреацийн бүсийн талбай харьцангуй их, голын хөндий, уулын бэл, хажуугийн доод хэсгээр голлох газар ашиглалтын хэв шинж төвлөрдөг, бохирдлын эх үүсвэр болох томоохон үйлдвэр, агуулахын талбай харьцангуй бөөгнөрсөн шинжтэй зэрэг давуу талуудаас шалтгаалан хөрсний хүнд элементийн агууламж харьцангуй бага, бохирдлын түвшин багатай гэж үздэг.

Хүснэгт 3. Баянзүрх дүүргийн хөрсний хүнд металлын агууламжийн статистик үзүүлэлт

Үзүүлэлт	Ni	Pb	As	Cd	Co	Cr	Cu	Zn
Дундаж	17.72	32.42	20.34	0.50	14.14	21.46	27.51	81.12
Стандарт алдаа	0.60	7.34	0.73	0.00	0.27	0.55	0.86	5.42
Дундаж утга	14.00	16.00	12.00	0.50	8.00	19.85	22.70	69.00
Моод	15.00	21.00	13.00	0.50	9.00	21.00	18.00	69.00
Стандарт хазайлт	6.13	74.81	5.99	0.00	2.25	5.61	8.76	52.03

Хамгийн бага утга	3.70	0.20	8.00	0.50	4.00	5.90	10.00	13.40
Хамгийн их утга	45.00	260.00	41.00	0.50	15.00	36.00	53.00	246.00
MNS5850:2019	150	100	20	3	50	150	100	300
Эрүүл хөрс	16.8	13.8	18	0.5	9.4	22.8	20.4	19

Баянзүрх дүүргийн хөрсний мониторинг судалгааны хүрээнд хийсэн хүнд элементийн агууламжийн статистик дүнгээс үзэхэд нийт 104 цэгийн хүрээнд Pb-ийн агууламж хамгийн их хэлбэлзэлтэй, Ni, Cr, Zn зэрэг элементүүдийн агууламж хэлбэлзэл ихтэй, Cd, Co, As, Cu зэрэг элементүүдийн агууламж харьцангуй тогтвортой, хэлбэлзэл багатай, хөрс үүсгэгч эх чулуулгийн агууламж дээр хотжилтын болон хүний үйл ажиллагааны нөлөөгөөр хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүд нэмэгддэггүй байв (Хүснэгт 3).

Хуримтлалын хүчин зүйл (Enrichment factor) нь хөрсний хүнд металлын хуримтлалын фактор 1-гэй ойр бол байгалийн эх үүсвэр буюу газрын царцдаснаас үүдэлтэй ба харин 1-ээс өндөр бол хүний үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй бохирдол нөлөөлсөн (Phan et al., 2013) гэж үздэг. Баянзүрх дүүргийн хөрсний бохирдлын утгыг ашиглан тооцоолсон баяжмалын хүчин зүйлийн тооцооноос үзэхэд Ni, Pb, As, Cu зэрэг элементүүдийн баяжмалын фактор 10-20 орчим өндөр утгатай хэлбэлзэх бөгөөд энэ нь дүүргийн хөрсөнд агуулагдах эдгээр хүнд элементүүдийн агууламж нь хүний гаралтай хуримтлагдсан болохыг харуулж байна (Хүснэгт 4).

Хүснэгт 4. Баянзүрх дүүргийн хөрсний хуримтлалын хүчин зүйлийн статистик үзүүлэлт

Үзүүлэлтүүд	Ni	Pb	As	Cd	Co	Cr	Cu	Zn
Дундаж	11.75	22.48	6.22	0.45	4.29	15.89	20.10	1.85
Стандарт алдаа	0.40	3.98	0.55	0.02	0.37	0.36	0.64	0.12
Дундаж утга	11.98	14.76	8.05	0.39	6.06	15.96	18.76	1.57
Моод	13.42	0.79	0.00	0.39	0.00	12.24	16.53	1.57
Стандарт хазайлт	3.82	38.20	5.29	0.19	3.55	3.43	6.12	1.19
Хамгийн бага утга	2.92	0.16	0.00	0.29	0.00	4.66	10.87	0.31
Хамгийн их утга	25.32	251.56	18.25	2.16	11.38	22.17	45.95	5.60

Усан дахь хүнд металлын агууламж: Баянзүрх дүүрэг нь Туул, Улиастай, Гачуурт, Хөлийн голын хөндийд байрлах тул голын садраа адаг болон цутгал хэсэг, Туул, Улиастай голуудын гүүр орчмоос гадаргын усны 12 дээж аван өргөн тархалттай хүнд элементүүд болох Ni, Pb, Cd, Zn, Cr, Cu, Zn зэргийг лабораторийн задлан шинжилгээгээр атом шингээлтийн спектрометр аргаар тодорхойлсон. Лабораторийн задлан шинжилгээний хүнд элементийн үр дүнгээс үзэхэд Монгол улсын ундны усны MNS0900:2005 стандартаас давсан үзүүлэлт илрээгүй, гадаргын усны хүрээнд анхаарал татахуйц өндөр агууламж тогтоогдоогүй болно.

Баянзүрх дүүргийн гадаргын усны цэгүүдийн хүнд элементийн статистик дүнгээс үзэхэд онцгой хортой Pb хамгийн их хэлбэлзэлтэй, өргөн тархалттай Ni, Cd, Cu зэрэг элементүүд хэлбэлзэл ихтэй, Cr, Zn элементүүд харьцангуй хэлбэлзэл багатай тогтвортой байв (Хүснэгт 5).

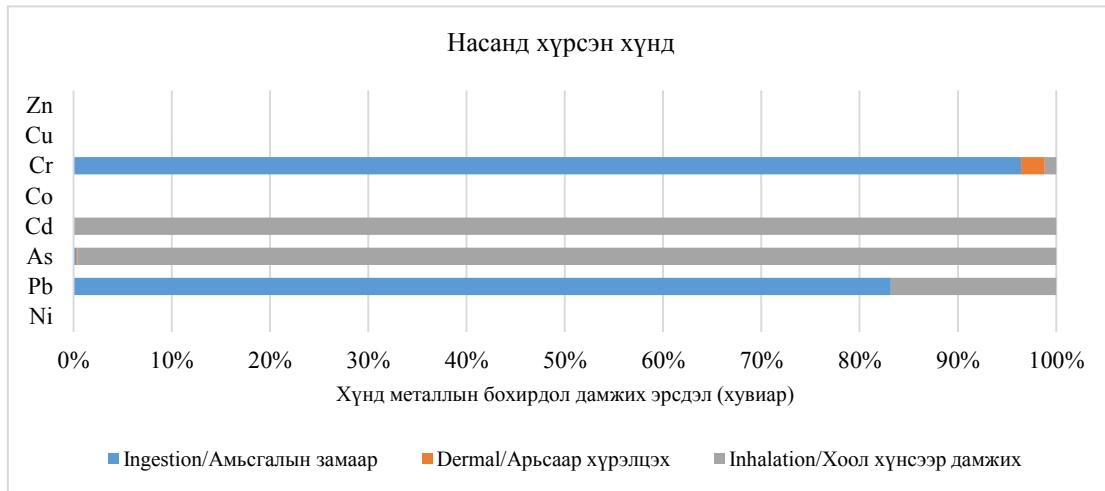
Хүснэгт 5. Баянзүрх дүүргийн гадаргын усны хуримтлалын хүчин зүйлийн статистик үзүүлэлт

Үзүүлэлтүүд	Ni	Pb	Cd	Zn	Cr	Cu
Дундаж	2.11	2.04	3.83	0.03	0.87	1.45
Стандарт алдаа	1.10	1.11	2.25	0.02	0.28	0.48
Дундаж утга	0.75	0.75	0.79	0.01	0.32	0.85
Моод	3.00	3.00	6.00	0.01	0.30	#N/A
Стандарт хазайлт	3.98	4.00	8.11	0.07	1.02	1.72
Хамгийн бага утга	0.34	0.34	0.14	0.00	0.23	0.28
Хамгийн их утга	15.00	15.00	30.00	0.24	3.12	6.30

Эрүүл мэндийн эрсдэлийн үнэлгээ: Хөрсний бохирдол болон өнгөн хөрсөнд агуулагдах хүнд элементийн агууламжаас хүний эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлэх, хорт хавдраар өвчлөх эрсдэлийг 'EPA'-аас 1992 онд боловсруулан гаргасан ба Улаанбаатар хотын хэмжээнд (Enkhchimeg et al., 2020) туршилт судалгаа хийгдсэн байдаг. Баянзүрх дүүргийн хэмжээнд өргөн тархалттай хөрсний хүнд элементийн агууламж нь өдөр тутам хүлээн авах тунг (Daily intake

dose)-ийн тооцооллоор (US EPA, 1996; Ferreira-Baptista & De Miguel, 2005) өдөр тутам хүлээн авах тунг насанд хүрсэн хүн, хүүхдийн хувьд тус тусад ялгаатай бодож гаргадаг.

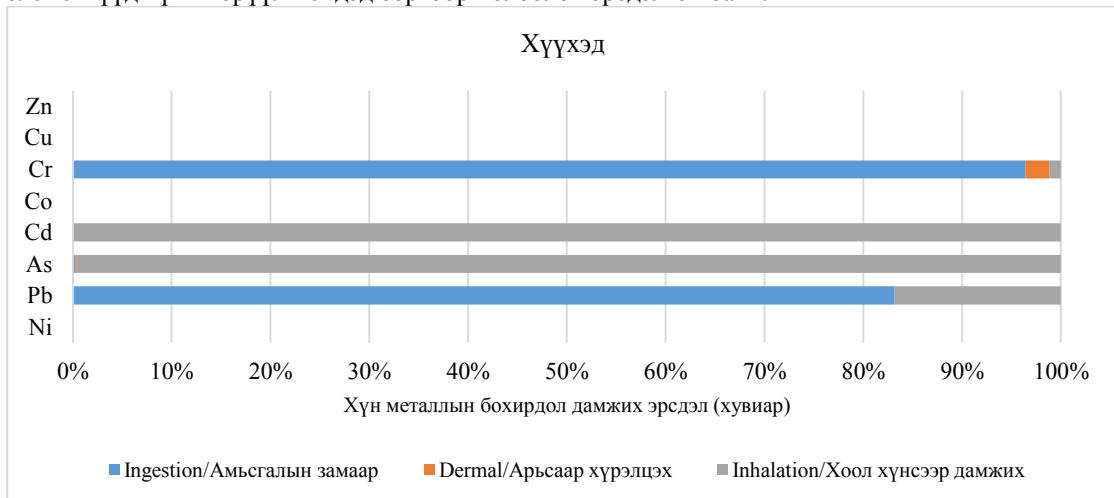
Улаанбаатар хотын агаарын чанарт хар тугалганы агууламж ихээхэн хэлбэлзэлтэй байдаг (Сономдагва нар, 2017). Хар тугалга нь хөрсний өнгөн хэсэгт тунадасжиж замаар буудаг тул агаарын замаар болон хоол хүнсээр дамжин хүний биед хуримтлагдаж байдаг. Байгальд орших хромын хувьд ус, ургамал, тоосоор дамжин хүний биед хуримтлагдах өндөр чадвартай бөгөөд өндөр эрсдэлтэй байдаг (Зураг 1-2).



Зураг 1. Хөрсний хүнд элементийн агууламж насанд хүрэгчдийн эрүүл мэндэд нөлөөлөх эрсдэл

Судалгааны талбайд өргөн тархалттай Ni, Pb, As, Cd, Co, Cr, Zn зэрэг элементүүдийн агууламжид тулгуурлан, эрүүл мэндийн эрсдэл (LTCR)-ийг тооцоолсон. Насанд хүрсэн хүн дээр тооцоолоход хөрсний Cr, Pb хүнд элементүүд тоосжилтоор болон амьсгалын замаар хүний биед хуримтлагдах өндөр эрсдэл үүсч байна.

Улаанбаатар хотын агаарын бохирдолд нүүрсний шаталт болон автомашины угаанаас үүдэлтэй Pb хөрсөнд шингэж хуримтлагддаг. Харин Cd, As хувьд хүний биед хоол хүнсээр дамжин хуримтлагдах эрсдэл үүсгэдэг байна (Зураг 1). Улаанбаатар хотын зарим бүсэд As суурь агууламж утга өндөр бөгөөд төмөрлөг, арьс ширний үйлдвэр болон үйлдвэрийн агуулах байртай холбоотой Cr, Cd агууламж ихтэй цэгүүд ажиглагддаг (Сономдагва нар, 2017). Судалгааны талбайд хөрс болон Ундны усны хүнд элементийн агууламжаас Cr, Pb, Cu, As зэрэг хүнд элементүүд хүний эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлөх эрсдэлтэй байв.

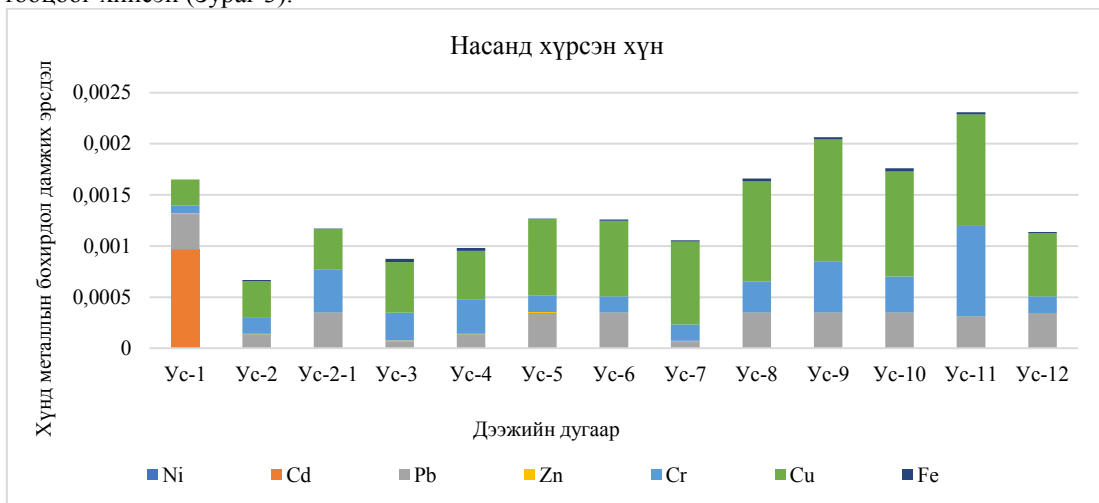


Зураг 2. Хөрсний хүнд элементийн агууламж хүүхдийн эрүүл мэндэд нөлөөлөх эрсдэл

Хүнд элементийн бохирдлоос хүний биед нэвчин хуримтлагдах эрсдэлийг хүүхдийн эрүүл мэндэд нөлөөлөх байдлыг давхар тооцоолдог. Хүүхдийг насанд хүрэгчидтэй харьцуулахад тоосжилтын эрсдэл, орчны бохирдолд өртөх магадлал ихтэй байдаг.

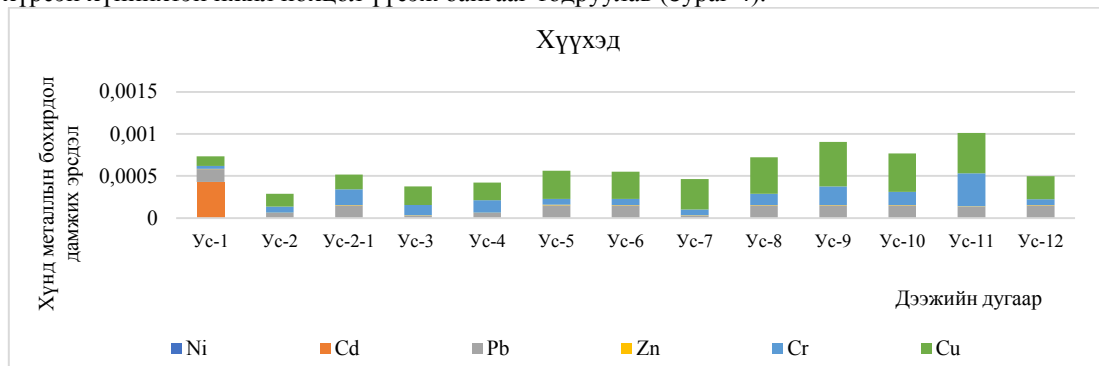
1990 онд Улаанбаатар хотод хүүхдийн үсэнд агуулагдах As-ийн агууламж хөрсний агууламжаас 4-6 дахин өндөр байсан (Готовсүрэн нар, 1995) талаар тэмдэглэсэн. Хөрсний хүнд элементийн агууламж хүний биед нэвчин хуримтлагдах эрсдэлийг хүүхдийн жишээн дээр тооцоход насанд хүрсэн хүнтэй ижил нөхцөл ажиглагдаж байв. Харин Cr-ийн эрсдэлд амьсгалын замын эрсдэл давамгайлж, арьс болон хоол, ундны усаар дамжин хүний биед хуримтлагдах эрсдэл өндөр байв.

Судалгааны талбайд гүний худгуудаас авсан дээжинд өргөн тархалттай хүнд элементийн агууламж тооцож, тухайн элементийн агууламжаас хүний эрүүл мэндэд эрсдэлийг илрүүлэх тооцоог хийсэн (Зураг 3).



Зураг 3. Насанд хүрэгчидэд хүнд металлын бохирдол усаар дамжих эрсдэл

Усны хувьд хүнд элементийн агууламж нь хүний биед ус уух, усанд орох болон амьсгалын замаар дамжих эрсдэлүүдийг голлон анхаардаг. Гадаргын усанд дахь Ni, Pb, Cd, Co, Cr, Zn зэрэг хүнд элементүүдийн агууламжид тулгуурлан эрүүл мэндийн эрсдэлийн индексийг тооцоолж үзэхэд хүний биед хуримтлагдан, хорт хавдар болон бусад өвчлөл үүсгэх өндөр эрсдэл бүхий хүнд элементийн агууламж илрээгүй бөгөөд насанд хүрсэн хүний жишээн дээр тооцоолоход Cd, Cu, Cr зэрэг хүнд элементүүд өндөр утга илэрч байв (Зураг 3). Хүүхдийн жишээн хувьд насанд хүрсэн хүнийхтэй ижил нөхцөл үүсэж байгааг тодруулав (Зураг 4).



Зураг 4. Хүүхдэд хүнд металлын бохирдол усаар дамжих эрсдэл

Судалгаанд голлох өндөр утга буюу эрүүл мэндийн эрсдэл үүсгэхүйц утга бүхий цэгүүд нь ихэвчлэн Улиастай гол- Шархад орчимд төвлөрч, усны чанарт Cd-ийн агууламж өндөр илэрсэн байгаа нь ахуйн хог хаягдал, гэр хорооллын бүс орчимд илэрч байна. Туул голын цутгал Гачуурт, Хөлийн гол, Улиастай голын усны чанарт Cr, Cu агууламж бусад хүнд элементүүдээс илүү агууламжтай илэрч, зонхилон эрүүл мэндийн эрсдэлийг үүсгэж байв.

Улаанбаатар хотын Баянзүрх дүүргийн хэмжээнд Нарантуул олон улсын худалдааны төв, Өгөөмөр, Да Хүрээ, Баянзүрх, Амгалан зэрэг худалдаа үйлчилгээний газруудын орчимд хар тугалганы бохирдол анхаарал татахуйц өндөр хэмжээтэй байв. Харин никель, хром, зэсийн агууламж гэр хорооллын бүсэд зонхилж өндөр утгууд илэрсэн. Улаанбаатар хотын хэмжээнд хийгдсэн өмнөх судалгаануудад гэр хорооллын бүс нь хөрсний доройтол, бохирдлын томоохон эх үүсвэрт болох талаар дурьдсан байдаг (Сономдагва нар, 2017; Enkhchimeg et al., 2021; Batbold et al., 2021). Баянзүрх дүүргийн хэмжээнд хийгдсэн хөрсний судалгааны дүнгээс үзэхэд *MNS5850:2019* стандартад заасан хүлцэх агууламжаас хэтэрсэн үзүүлэлт сул байв. Энэ нь дүүргийн ихэнх нутаг дэвсгэрийг бэлчээр, сувиллын бүс, голын хөндий, уулын ойн бүс эзэлдэгтэй холбоотой юм. Харин хүн ам ихээр төвлөрсөн бага талбайд хөрсний хүнд металлын бохирдол илэрсэн онцлогтой байна.

Хүнд металлын агууламж зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс давсан тохиолдолд хүний эрүүл мэндэд сөрөг нөлөөлөл үзүүлэх бөгөөд удаан хугацааны туршид хүнд элемент хүний биед нэвчин хуримтлагдсанаар хүн амын дунд өвчлөл үүсэх, хорт хавдраар өвчлөх эрсдэлийг нэмэгдүүлдэг. Хүнцлийн хоронд 5 ба түүнээс дээш жил өртвөл арьс, давсаг, уушгины хорт хавдраар өвдөх магадлалтай ба мэдрэлийн архаг хордлого, чихрийн шижин, зүрх судасны тогтолцооны өвчний эрсдэлийг нэмэгдүүлнэ.

Улаанбаатар хотын хэмжээнд хүйтний улиралд агаарын бохирдлын нөлөөгөөр амьсгалын замын өвчлөл нэмэгддэг бол хөрсний бохирдол нь дулааны улиралд хоол боловсруулах эрхтний өвчлөлөөр дамжин идэвхжих эрсдэлтэй байдаг. Харин хар тугалганы улмаас уураг тархины үйл ажиллагаа сулрах, мэдрэлийн эрхтэн тогтолцооны өвчний эрсдэл нэмэгддэг зэрэг нь хүнд элементийн бохирдлоос үүдэлтэй хүний эрүүл мэндийн эрсдэл үүсгэдэг. Энэ судалгааны үр дүнгээс үзэхэд судалгааны талбайн хүн амын төвлөрөл ихтэй бүсэд усны болон хөрсөнд агуулагдах хүнд металлын агууламж ихтэй байгаа нь хүний эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлсөөр байна.

Дүгнэлт

Хүн амын хурдацтай өсөлттэй холбогдон нийслэл хотын гэр хорооллын тэлэлт нэмэгдэж, тус бүсэд амьдарч буй иргэд эрүүл аюулгүй орчинд амьдарч чадаж буй эсэх талаарх асуудал чухал байр суурь эзэлдэг.

Баянзүрх дүүргийн нутаг дэвсгэрт тархсан хүнд элементийн агууламжийг судалж, түүнээс үүсэх эрүүл мэндийн эрсдэлийг тооцоолох шаардлага тулгарч байна. Энд хөрс, ус, агаарын бохирдол нь хүрээлэн буй чанар болон хүний эрүүл ахуйд сөргөөр нөлөөлөх эрсдэл үүсгэдэг.

Баянзүрх дүүргийн нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд хөрсний хүнд металлын 104, усны 12 дээжид хуримтлалын хүчин зүйл, хүний эрүүл мэндийн эрсдэл тоцооллоо. Судалгааны үр дүнгээр насанд хүрсэн хүнд хөрсөн бүрхэвчээр дамжин хүний биед хром, хар тугалга агаарын бохирдолтой уялдан, амьсгалын замаар хуримтлагдах эрсдэл ажиглагдаж байгаа бол кадми, хүнцэл зэрэг нь хоол хүнсээр дамжин хүний биед дамжих эрсдэл өндөр байв.

Хөрсөн бүрхэвчид өндөр агууламжтай илэрсэн хүнцэл, хар тугалга нь хүний мэдрэл, хоол боловсруулах эрхтэн тогтолцоог гэмтээх, хавдар үүсгэх зэрэг олон сөрөг нөлөөтэйг харгалзан цаашид хүрээлэн буй орчны бохирдлын түвшин, түүний нөлөөгөөр хүн амын эрүүл мэндэд эмгэг өөрчлөлт гарах магадлалын талаар иж бүрэн цогцолбор судалгааг явуулах шаардлагатай байна.

Судалгааны талбайн хүн амын төвлөрөл ихтэй бүсэд усны болон хөрсөнд агуулагдах хүнд металлын агууламж ихтэй байгаа нь хүний эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлсөөр байна.

Цаашид хөрсний болон усанд агуулагдах хүний үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй хүнд металлын агууламжийг бууруулах, саармагжуулах, хүнд металаар бохирдсон ус, хөрсийг цэвэршүүлэх арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэх шаардлагатай байна.

Ном зүй

- Аваадорж, Д. (2014). *Хөрс судлал*, Улаанбаатар хот, Адмон принтинг, 362-363
- Батхишиг, О., Оюунбат, П., Болормаа, Ц., Золжаргал, Х., Ихбаяр, Д., Элбэгзаяа, Г., Ганзориг, Ө., Бямбаа, Г., Энхбаяр, Б., ба Золзаяа, М. (2018). *Улаанбаатар хотын хөрсний бохирдол*, Улаанбаатар хот, Газарзүй-Геозкологи хүрээлэн, 12-36
- Готовсүрэн, А., Белоголовав, Г.А., Эрдэнэдэлгэр, Д., Янжмаа, Ж. (1995). *Улаанбаатар хотын экологийн геохимийн судалгааны тайлан*. Геохимийн судалгааны товчоо, Улаанбаатар хот, ЭХГУУЯ, 141-142
- Касимов, Н.С., Лычагин, М.Ю., Евдокимова, А.К., Голованов, Д.Л. и Пиковкий, Ю.И. (1995). *Межгорная котловина /Экогеохимия городских ландшафтов*. Москва, МГУ., 231-248.
- Сономдагва, Ч., Бямбацэрэн, Ч., & Даваадорж, Д. (2016). Улаанбаатар хотын суурьшлын бүсийн хөрсний бохирдлын судалгааны зарим дүн. *Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences*, 114-126.
- Batbold, C., Chonokhuu, S., Buuveijargal, K., & Gankhuyag, K. (2021). Source apportionment and spatial distribution of heavy metals in atmospheric settled dust of Ulaanbaatar, Mongolia. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(33), 45474-45485.
- Buat-Menard, P., & Chesselet, R. (1979). Variable influence of the atmospheric flux on the trace metal chemistry of oceanic suspended matter. *Earth and planetary science letters*, 42(3), 399-411.
- Battsengel, E., Murayama, T., Fukushi, K., Nishikizawa, S., Chonokhuu, S., Ochir, A., ... & Davaasuren, D. (2020). Ecological and human health risk assessment of heavy metal pollution in the soil of the ger district in Ulaanbaatar, Mongolia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(13), 4668.
- Ferreira-Baptista, L., & De Miguel, E. (2005). Geochemistry and risk assessment of street dust in Luanda, Angola: a tropical urban environment. *Atmospheric environment*, 39(25), 4501-4512.
- Gilbert, R. O. (1987). *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. John Wiley & Sons.
- Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water research*, 14(8), 975-1001.
- Li, K., Liang, T., Wang, L., & Yang, Z. (2015). Contamination and health risk assessment of heavy metals in road dust in Bayan Obo Mining Region in Inner Mongolia, North China. *Journal of Geographical Sciences*, 25(12), 1439-1451.
- Muller, G. (1969). Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *Geojournal*, 2, 108-118.
- Phan, K., Phan, S., Huoy, L., Suy, B., Wong, M. H., Hashim, J. H., ... & Kim, K. W. (2013). Assessing mixed trace elements in groundwater and their health risk of residents living in the Mekong River basin of Cambodia. *Environmental Pollution*, 182, 111-119.
- US Environmental Protection Agency (US EPA). (1991). *Standard Default Exposure Factors. The default for Resident Child and Adult*. Боломжтой: <https://www.epa.gov/> (Нэвтэрсэн: 2021.11.29-12.09)
- US Environmental Protection Agency (US EPA). (2001) *Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites*. Office of Solid Waste and Emergency Response detective. Боломжтой: <https://www.epa.gov/> (Нэвтэрсэн: 2021.11.29-12.09)
- US Environmental Protection Agency (US EPA). (2004) *Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment)*. Боломжтой: <https://www.epa.gov/> (Нэвтэрсэн: 2021.11.29-12.09)
- World Health Organization. (2016). *World health statistics 2016: monitoring health for the SDGs sustainable development goals*. World Health Organization.
- Wu, B., Zhao, D. Y., Jia, H. Y., Zhang, Y., Zhang, X. X., & Cheng, S. P. (2009). Preliminary risk assessment of trace metal pollution in surface water from Yangtze River in Nanjing Section, China. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 82(4), 405-409.
- Zeng, X., Liu, Y., You, S., Zeng, G., Tan, X., Hu, X., ... & Li, F. (2015). Spatial distribution, health risk assessment and statistical source identification of the trace elements in surface water from the Xiangjiang River, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(12), 9400-9412.