

Улсын бүртгэлийн

Нууцын зэрэглэл : А

дугаар: .....

Аравтын бүрэн

Төсөл хэрэгжүүлэх гэрээний

ангилалын код .....

дугаар: .....

ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ  
ФИЗИК, ТЕХНОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭН

**“ТОМООХОН ХОТУУДЫН ӨНГӨН ХӨРСНИЙ ХҮНД  
ЭЛЕМЕНТИЙН БОХИРДЛЫН МОНИТОРИНГИЙГ  
СПЕКТРОСКОПИЙН АРГААР ГҮЙЦЭТГЭХ”**

Суурь судалгааны сэдэвт ажлын тайлан

(2017-2019)

Төслийн удирдагч :

Б.Хүүхэнхүү, доктор( Ph.D )

Эрдэм шинжилгээний тэргүүлэх ажилтан

Санхүүжүүлэгч байгууллага :

Шинжлэх ухаан технологийн сан

Захиалагч байгууллага :

Боловсрол, соёл, шинжлэх ухаан, спортын  
яам

Улаанбаатар хот

2019 он

ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ  
ФИЗИК, ТЕХНОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭН

**“ТОМООХОН ХОТУУДЫН ӨНГӨН ХӨРСНИЙ  
ХҮНД ЭЛЕМЕНТИЙН БОХИРДЛЫН  
МОНИТОРИНГИЙГ СПЕКТРОСКОПИЙН АРГААР  
ГҮЙЦЭТГЭХ”**

СУУРЬ СУДАЛГААНЫ СЭДЭВТ АЖЛЫН ТАЙЛАН

2017-2019

Төслийн удирдагч :	Б.Хүүхэнхүү, доктор( Ph.D )
Санхүүжүүлэгч байгууллага :	Шинжлэх ухаан технологийн сан
Захиалагч байгууллага :	Боловсрол, соёл, шинжлэх ухаан, спортын яам
Тайлан өмчлөгч:	Физик, технологийн хүрээлэн Энхтайвны өргөн чөлөө 54Б Улаанбаатар 1330030 Утас: 99456165 И-майл хаяг: <a href="mailto:hunstech@yahoo.co.uk">hunstech@yahoo.co.uk</a>

Улаанбаатар хот

2019 он

**Сэдэвт ажлын гүйцэтгэгчид:**

Б.Хүүхэнхүү	ШУА-ийн ФТХ -ийн Материал судлалын салбарын эрдэм шинжилгээний тэргүүлэх ажилтан, <i>доктор(PhD)</i>
Д.Цэдэнбалжир	ШУА-ийн ФТХ-ийн Материал судлалын салбарын эрдэм шинжилгээний ахлах ажилтан, магистр
Ц.Бямбасүрэн	ШУА-ийн ФТХ-ийн Материал судлалын салбарын эрдэм шинжилгээний дэд ажилтан, <i>докторант</i>
Г.Очирбат	ШУА-ийн ФТХ-ийн Материал судлалын салбарын эрдэм шинжилгээний дэд ажилтан, <i>магистр</i>

## РЕФЕРАТ

### Суурь судалгааны төсөл хэрэгжүүлэх үндэслэл

Хүний сөрөг үйл ажиллагааны үр дүнд хүрээлэн буй орчин, түүний объектууд (ус, ургамал, агаар, хөрс)-ын химийн бүрэлдэхүүн маш ихээр өөрчлөгддөг. Ялангуяа төвлөрсөн суурин газар, үйлдвэрийн бүс нутаг болон геологи, уул уурхайн үйл ажиллагаа явуулж буй нутаг дэвсгэрт хүний буруутай үйл ажиллагааны сөрөг нөлөө асар их байдаг. Үүнээс улбаалан тухайн газар нутгийн хүрээлэн буй орчны төлөв байдалд асар их өөрчлөлт орж улмаар оршин суугчдын эрүүл мэндэд нөлөөлдөг. Учир нь төвлөрсөн суурин газар нь бага талбайд агаар орчин бохирдуулах төрөл бүрийн эх үүсвэр (тээврийн хэрэгсэл, ахуйн болон үйлдвэрийн хог хаягдал гэх мэт) байх ба хөрсөнд явагдах физик химийн болон биологийн процесс нь газар бүр харилцан адилгүй байдаг.

Сүүлийн жилүүдэд хүн амын өсөлт, үйлдвэр үйлчилгээний төвлөрөл, автомашин тээврийн хэрэгслийн ачаалал зэргээс улбаалан Улаанбаатар хотын хүрээлэн буй орчны тэнцвэрт байдал алдагдах, агаар хөрс, ус бохирдох улмаар оршин суугчдын эрүүл аюулгүй орчинд амьдрах эрх зөрчигдөх боллоо. Иймээс хөрсний бохирдлоос үүдэлтэй эрсдлээс сэргийлэх, ихээр бохирдсон газар нутагт бохирдлыг бууруулах арга хэмжээг оновчтой хэрэгжүүлэхэд хөрсөнд агуулагдах химийн элементүүдийн агуулга, тархалтыг бүрэн судлах, эх үүсвэрийг тогтоох, ихээр бохирдсон газар нутгийг илрүүлэх, гол бохирдуулагчийг тогтоох нь зайлшгүй шаардлагатай юм. Иймд байгаль орчны төлөв байдлыг хянах нэн ялангуяа өнгөн хөрсний хүнд элементийн бохирдлын төлөвийг судлах, үнэлэх, хяналт тавих зайлшгүй шаардлагатай.

Хөрсөн дэх химийн элементийн бохирдлын түвшний үнэлгээг цогц явуулах, мониторингийн (судалгаа, шинжилгээ, үнэлгээ, хяналт) системийг бий болгох нь зайлшгүй шаардлагатай, чухал ач холбогдолтой юм.

### **Төслийн зорилго:**

Өнгөн хөрсний хүнд элементийн бохирдлын үнэлгээг цогц явуулах, олон улсад орчин үед түгээмэл хэрэглэгдэж буй атомын спектроскопи, олон хэмжээст ба геостатистикийн, экологи-геохимийн аргазүй, аргачлалыг нэвтрүүлэх, хөрсний хүнд элементийн бохирдлын мониторингийн систем бий болгох

## Төслийн зорилт:

1. Хөрсөнд агуулагдах макро, микроэлементүүд, хүнд металлууд, тэдгээрийн нэгдлүүдийг тодорхойлох,
2. Макро, микроэлементүүд, хүнд металлууд, тэдгээрийн нэгдлүүдийн бохирдлын төрөл буюу буруутай үйл ажиллагааны болон байгалийн эх үүсвэрийг тогтоох
3. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний экологи-геохимийн цогц судалгаа явуулах
4. Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэрийн өнгөн хөрсний хүнд элементийн бохирдлын бүсчилсэн үнэлгээ хийж, зураглал гаргах
5. Судалгаа, шинжилгээний стандартуудыг батлуулах

## Үр дүн, ач холбогдол

Энэ сэдэвт ажлыг гүйцэтгэх төлөвлөгөөт хугацаанд эрдэм шинжилгээ, судалгааны ажлын хүрээнд хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшинд цогц үнэлгээ өгөх, хөрсний геохимийн судалгааг цогц явуулах спектроскопийн болон математик, статистик, геостатистикийн аргуудыг багтаасан хөрсний бохирдлын мониторингийн тоон болон чанарын үнэлгээний аргазүйн цогц бүдүүвчийг гаргасан (Диаграмм-1).



Хөрсний хүнд элементийн бохирдлын судалгааны  
мониторингийн цогц бүдүүвч

Хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшинд цогц үнэлгээ өгөх, хөрсний геохимийн судалгааг цогц явуулахад ач холбогдол бүхий олон улсын тандартыг орчуулж үндэсний стандартуудыг бий болгосон. Үүнд:

1. Хөрсний чанар — суурь агуулгыг тодорхойлох MNS ISO 19258:2019
2. Хөрсний чанар - мониторингийн хөтөлбөрийг бий болгох, засварлах заавар MNS ISO 16133:2019
3. Хөрсний чанар - Физик-химийн шинжилгээнд зориулан дээжийг урьдчилан боловсруулах MNS ISO 11464:2019

Хөрсөн дэх макро, микроэлементүүдийн хүнд металлууд орших эх үүсвэр, геохимийн төлөв байдлын болон төвлөрсөн газрын Pb, Zn, Cu, Cr, Cd, Ni, Co, Mn зэрэг зонхилох хүнд металлуудын бохирдлын түвшний тархалтын картуудыг зохиосон (*Картууд*).

Сэдэвт ажлын үр дүнгээр 1 ном, 14 эрдэм шинжилгээний өгүүлэл, үүнээс мэргэжлийн нэр хүнд бүхий сэтгүүлд 2 өгүүлэл, олон улсын эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэлд 1 өгүүлэл, илтгэлийн хураангуй -6 г хэвлүүлсэн байна.

<b>Агуулга</b>	
РЕФЕРАТ.....	4
НЭР ТОМЪЕОНЫ ТАЙЛБАР .....	8
НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ ОБЪЕКТ, АРГАЗҮЙ.....	11
1.1.Дээжийг химийн шинжилгээнд бэлдэх.....	11
1.2.Судалгааны ажлын үндсэн аргазүй .....	14
ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. УЛААНБААТАР ХОТЫН НУТАГ ДЭВСГЭРИЙН ХӨРСНИЙ ХИМИЙН ЭЛЕМЕНТҮҮДИЙН БОХИРДЛЫН ТҮВШНИЙ ЭКОЛОГИ-ГЕОХИМИЙН ҮНЭЛГЭЭНИЙ АРГАЗҮЙ БОЛОВСРУУЛАХ.....	17
2.1. Хөрсний бохирдлын түвшин, сөрөг нөлөөллийн үнэлгээний үндсэн шалгуур .....	17
2.1.1. Хөрс бохирдуулагч бодис, химийн элементийн зөвшөөрөгдөх хэмжээ.....	17
2.1.2. Бохирдоогүй буюу байгалзан цэвэр хөрсөн дэх элементийн суурь агуулга.....	19
ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ. УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН БАЙГАЛИЙН ЦЭВЭР ХӨРСНИЙ МИКРОЭЛЕМЕНТҮҮДИЙН СУУРЬ АГУУЛГЫН СУДАЛГАА .....	23
3.1. Макро, микро-элементүүдийн нийт агуулга .....	24
3.2. Микроэлементүүдийн биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулга.....	27
ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛЭГ. УЛААНБААТАР ХОТЫН ӨНГӨН ХӨРСНИЙ БОХИРДЛЫН ТҮВШИНЫ ТАРХАЛТ.....	31
ТАВДУГААР БҮЛЭГ. НИЙСЛЭЛ ХОТЫН ӨНГӨН ХӨРСНИЙ ХҮНД ЭЛЕМЕНТҮҮДИЙН ХУУРМАГ НИЙТ АГУУЛГЫН ТАРХАЛТ, БОХИРДЛЫН ТҮВШИН.....	37
ЗУРГААДУГААР БҮЛЭГ. МАКРО, МИКРОЭЛЕМЕНТҮҮД, ХҮНД МЕТАЛЛУУД, ТЭДГЭЭРИЙН ХООРОНДЫН ХАРИЛЦАН ХАМААРЛЫГ СУДЛАХ, ӨНГӨН ХӨРСӨНД ОРШИХ ЭХ ҮҮСВЭРИЙН СУДАЛГАА.....	55
ДОЛООДУГААР БҮЛЭГ НИЙСЛЭЛ ХОТЫН ӨНГӨН ХӨРСНИЙ ХҮНД ЭЛЕМЕНТИЙН ХУРИМТЛАЛЫН ОРОН ЗАЙ ЯЛГАА, ЦАГ ХУГАЦААНЫ ӨӨРЧЛӨЛТИЙН СУДАЛГАА.....	67
7.1. Хүнд элементүүд хуримтлалын орон зай ялгаа .....	67
7.2. Цаг хугацааны өөрчлөлт.....	74
НАЙМДУГУУР БҮЛЭГ. ХӨРСӨН ДЭХ ХҮНД МЕТАЛЛЫН БОХИРДЛЫГ БУУРУУЛАХ, БОХИРДСОН ХӨРСИЙГ ЦЭВЭРШҮҮЛЭХ, НӨХӨН СЭРГЭЭХ ТЕХНОЛОГИУДЫН ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА.....	79
ХӨРСНИЙ БОХИРДОЛТОД ТАВИХ ЭКОЛОГИЙН МОНИТОРИНГИЙН ТОГТОЛЦООНД НЭН ТЭРГҮҮНД ТУЛГАМДСАН СУДАЛГАА, ШИНЖИЛГЭЭНИЙ АРГАЧЛАЛ, ҮНДЭСНИЙ СТАНДАРТУУД БАТЛУУЛАХ .....	82
1. Хөрсний чанар — суурь агуулгыг тодорхойлох MNS ISO 19258:2019.....	82
2. Хөрсний чанар - мониторингийн хөтөлбөрийг бий болгох, засварлах заавар MNS ISO 16133:2019.....	82
3. Хөрсний чанар - Физик-химийн шинжилгээнд зориулан дээжийг урьдчилан боловсруулах MNS ISO 11464:2019 .....	82
НЭГДСЭН ДҮГНЭЛТ:.....	83

## ОРШИЛ

Дэлхийн хэмжээнд хот суурин газрын экосистемын тэнцвэрт байдлыг хадгалах, оршин суугчдын эрүүл аюулгүй амьдрах нөхцлийг хангах нь нийгмийн тулгамдсан асуудлын нэг болсон.

Сүүлийн жилүүдэд хүн амын өсөлт, үйлдвэр үйлчилгээний төвлөрөл, автомашин тээврийн хэрэгслийн ачаалал зэргээс улбаалан Улаанбаатар хотын хүрээлэн буй орчны тэнцвэрт байдал алдагдах, агаар хөрс, ус бохирдох улмаар оршин суугчдын эрүүл аюулгүй орчинд амьдрах эрх зөрчигдөх боллоо. Иймээс хөрсний бохирдлоос үүдэлтэй эрсдлээс сэргийлэх, ихээр бохирдсон газар нутагт бохирдлыг бууруулах арга хэмжээг оновчтой хэрэгжүүлэхэд хөрсөнд агуулагдах химийн элементүүдийн агуулга, тархалтыг бүрэн судлах, , эх үүсвэрийг тогтоох, ихээр бохирдсон газар нутгийг илрүүлэх, гол бохирдуулагчийг тогтоох нь зайлшгүй шаардлагатай ба чухал юм. Иймд байгаль орчны төлөв байдлыг хянах нэн ялангуяа өнгөн хөрсний хүнд элементийн бохирдлын төлвийг судлах, үнэлэх, хяналт тавих зайлшгүй шаардлагатай.

Хөрсөн дэх химийн элементийн бохирдлын түвшиний үнэлгээг цогц явуулах, мониторингийн (судалгаа, шинжилгээ, үнэлгээ, хяналт) системийг бий болгох нь зайлшгүй шаардлагатай, чухал ач холбогдолтой юм. Төвлөрсөн суурин газрын хөрс хүнд металлаар бохирдоход хүний сөрөг нөлөө болон байгалийн гэсэн 2 гол эх үүсвэрээс улбаатай байдаг. Энэ 2 үүсвэрийг ялгаж, гол бохирдуулагч хүнд металл болон макро, элементүүдийн тархалтын төлвийг судлах, бохирдлыг түвшиний тархалтын зураглал хийж гүйцэтгэлээ.

## НЭР ТОМЪЁОНЫ ТАЙЛБАР

**Сидерофиль элемент**- Химийн элементүүдийг геохимийн химийн төлөвөөр нь 4 бүлэгт хуваадаг ба химийн элементүүдийн энэхүү ангиллыг **Гольдшмидт**ийн ангилал гэж нэрлэдэг. **Сидерофиль элемент** гэдэг нь химийн элементүүдийн **Гольдшмидт**ийн ангилалын нэг ангилал нь болно. Грек хэлнээс. sideros – төмөр; philéo – хайр хэмээн орчуулагдсан байна. **Сидерофиль элемент нь химийн үелэх системийн VIII (3 d - 5 d) бүлгийн буюу шилжилтийн элементүүд ба төмөртэй (Fe) хамт гараг ертөнцийн цөмийг бүрдүүлэхэд гол үүрэгтэй оролцдог элементүүд**

**Педоген (Педогенез)** - Грек хэлнээс **pedo-** буюу **pedon** - **хөрс, газар шороо; genesis** – **үүсэх, бий болох** хэмээн орчуулагдсан байна. Тухайн газар, хүрээлэн буй орчин, тодорхой түүхийн (газар ашиглалт) нөлөөллөөр зохицуулагддаг хөрс үүсэх үйл явц юм.

**Педоген элемент** – Тухайн газар, хүрээлэн буй орчин, тодорхой түүхийн (газар ашиглалт) нөлөөллөөр зохицуулагддаг хөрс үүсэх үйл явцын нөлөөнд буй элемент

**Литоген элемент** - хөрс үүсгэгч чулуулгаас хөрсөнд хуримтлагдаж тархсан элементүүд

**Антропоген (anthropogenic) элемент** – хүний үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй (гол төлөв хүрээлэн буй орчны бохирдол ба бохирдуулагч бодисууд) элемент.

**Неогений элсэнцэр шавар**-Кайнойзоны (66 сая жилийн өмнөөс одоо үе хүртэл) эриний 2 дахь үе буюу неогений (23.03 сая жилийн өмнө эхэлж 2.58 сая жилийн өмнө дууссан) үед бий болсон шаварлаг элсэрхэг хурдас.

**Ландшафт**- газрын хотгор гүдгэрийн байдал, хөрсний хэв шинж, ус чийгийн горим, ургамлын бүрхүүл нь ижил газар.

**Кларк** – Хүрээлэн буй орчны объект ( агаар, ус, ургамал, хөрс, чулуулаг) –ийн ба биосферийн амьд биет дэх элементийн дундаж агууламжийн тоон тооцоолол

**К-W шалгуур** - 2 буюу түүнээс дээш, өөр хоорондоо хамаарал бус хувьсагчийн (дээж болон элемент) дунджийн ялгааны эрэмбэлсэн шалгуур. Энэ нь бүх хувьсагчийн утгын эрэмбийн ерөнхий дараалалд тулгуурладаг

**Медиан шалгуур** – 2 буюу түүнээс дээш, өөр хоорондоо хамаарал бус хувьсагчийн (дээж болон ) дунджийн ялгааны шалгуур. Бүх бие даасан хувьсагчийн (дээж )хувьд нийт медианыг тооцоолно. Дараа нь хэмжсэн утгуудаас медиан утгаас бага ба их утгыг тооцоолдог.

**Кластерын шинжилгээ** - хөрсний экологийн судалгаанд түгээмэл хэрэглэгддэг олон хэмжээст статистикийн шинжилгээ юм. Шинжилж буй дээж болон тодорхойлсон химийн элементүүдийг өөр хооронд нь ижил төстэй шинж чанар, төлвөөр нь бүлэглэх гол хэмжигдэхүүнийг тооцох шаардлагатай болдог. Энэхүү хэмжигдэхүүнийг дээжүүдийн хувьд орон зайн (Эвклидийн, Махаланобисын, Хеммингийн) геометр хэмжигдэхүүн ба химийн элементүүдийн хувьд корреляцийн коэффициентээр илэрхийлдэг

**Дендрограмм**- олон хэмжээст кластерын шинжилгээний үр дүнг харуулах тусгай төрлийн диаграмм юм. Дендрограмм нь нэг объект нь бусад объектууд эсвэл объектуудын бүлгүүдтэй хэрхэн төстэй болохыг харуулдаг.

**Факторын шинжилгээ**- хөрсний экологийн судалгаанд түгээмэл хэрэглэгддэг олон хэмжээст статистикийн шинжилгээ юм. Хувьсагчийн тоог багасгах, хувьсагч хоорондын харилцан хамаарлыг тодорхойлдог шинжилгээ юм. Анхны өгөгдлүүдээр (химийн элементүүд ба бусад үзүүлэнлтүүд) олон хувьсагч бүхий матрикс үүсгэх ба мэдээллийн мөн чанарын алдагдалгүйгээр матриксын хэмжээг багасгаж хамгийн их хамааралтай хувьсагчуудыг шинэ хувьсагч болгон бүлэглэдэг. Тэрхүү шинэ мэдээлэл агуулж үүссэн шинэ хувьсагчтай бүлгүүдийг фактор ба гол компонент гэж нэрлэдэг.

## **ТОВЧИЛСОН ҮГИЙН ТАЙЛБАР БА ОРЧУУЛГА**

ГК- гол компонент

PI – pollution index - бохирдлын индекс

Kc- coefficient concentration - коэффициент концентрации

Igeo- geoaccumulation index - геохуримтлалын индекс

EF- enrichment factor - баяжилтын фактор

IPI- integrated pollution index - бохирдлын индексийн нийлбэрийн дунджаар

K<sub>ti</sub>- toxicity coefficient - тухайн элементын хортой чанарын фактор

## **НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ СУДАЛГААНЫ ОБЪЕКТ, АРГАЗҮЙ**

“ТОМООХОН ХОТУУДЫН ӨНГӨН ХӨРСНИЙ ХҮНД ЭЛЕМЕНТИЙН БОХИРДЛЫН МОНИТОРИНГИЙГ СПЕКТРОСКОПИЙН АРГААР ГҮЙЦЭТГЭХ” сэдэвт суурь судалгааны төслийг хэрэгжүүлэхэд Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийг хамарсан өнгөн хөрсний дээж судалгааны үндсэн объект болно.

### **Өнгөн хөрсний дээж авалт**

Хөрсний дээжийг дээж авах стандарт (MNS 3298-91; MNS-ISO-11074-2:2001; Федорец и Медведева, 2009; ИСО10381-5:2008) - ын дагуу авсан. Хөрсний бохирдлын төлөвд бодит үнэлгээ өгөхөд өнгөн хөрсний дээжийн байршлыг жигд тархалттай байхаар ойролцоогоор 1км<sup>2</sup> талбайгаас 1 дээж авах зорилго тавьсан боловч хүний үйл ажиллагаанд ихээр өртсөн бохирдол ихтэй байх магадлалтай газраас арай бага талбайгаас, бохирдол багатай болон үйлдвэрлэл үйлчилгээнээс зайдуу, эдэлбэрт бага өртсөн газраас арай их талбайгаас дээж авсан. Дээжнүүдийн цэгийн байршил буюу уртраг ба өргөрөгийг GPS багажийн тусламжтайгаар тодорхойлсон.

1. 2017 оны өнгөн хөрсний дээжүүдийг төв зам дагуу газраас
2. 2018-2019 оны дээжүүдийг хүнд элементүүдийн хуримтлал, бохирдлын өөрчлөлтийн зүй тогтлыг судлах зорилгоор өмнөх онууд (2010-2011, 2014)-ын зарим цэгийн дээжүүдийг давхцуулж авсан.

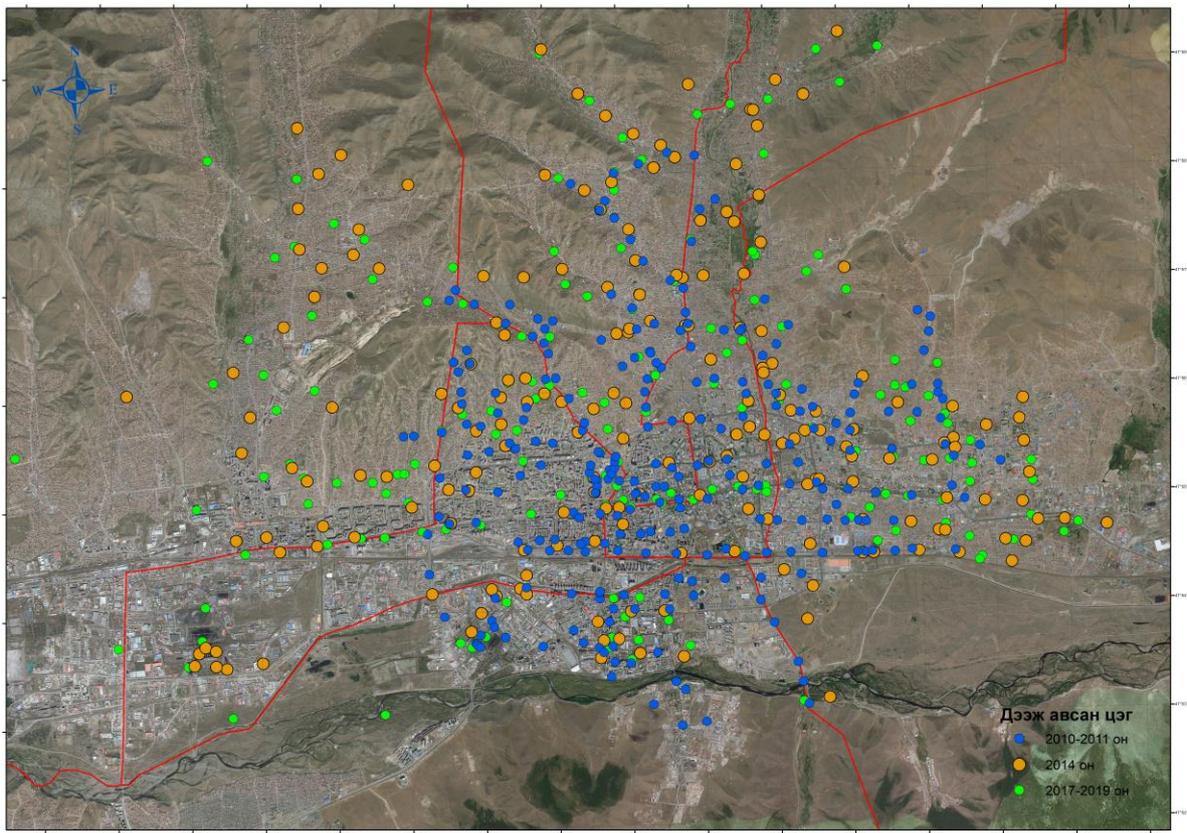
2017-2019 онуудад нийт 300 орчим өнгөн хөрсний дээж цуглуулсан. Дээж авсан цэгийн байршлыг –р зурагт харууллаа.

### **1.1. Дээжийг химийн шинжилгээнд бэлдэх**

Хөрсний дээжийг шинжилгээнд бэлдэх стандарт (ISO 11464:2006) - ын дагуу бэлдсэн.

- хуурай сэрүүн нар тусахааргүй газар дэлгэж, агаарын хуурай дээж болтол хатаасан
- ургамалын үндэс, чулуу болон төрөл бүрийн хог хаягдалаас сайтар цэвэрлэсэн
- цэвэрлэсэн дээжийг 2 мм -ийн диаметртэй шигшүүрээр шигшсэн

- лабораторийн Fritsch-9 нунтаглагч багажаар 0.007 мм (200 меш) болтол ойролцоогоор 3 минут нунтагласан
- тусгайлан бэлтгэсэн цаасан уутанд савлан лабораторийн дугаарыг тэмдэглэсэн
- дээж тус бүрийн жинг химийн задаргаа тус бүрд зориулж бэлдсэн



*Зураг1. Улаанбаатар хотын газар нутгаас өнгөн хөрсний дээж авсан цэгүүдийн байршил*

Хөрсөнд макро, микроэлементүүд хүнд металлууд хөрсийг үүсгэгч анхдагч эрдсүүдээс эх авч орших ба хөрс үүсэх төрөл бүрийн процессууд болон хүний сөрөг үйл ажиллагаанаас хөрсөнд шингэсэн буюу антропоген агуулгаас тогтдог. Хүнд элементүүд нь бохирдоогүй хөрсөнд голчлон анхдагч эрдэст буюу силикат нэгдэлд оршдог. Харин бохирдол ихтэй хөрсөнд антропоген эх үүсвэртэй хүнд элементүүд нь ихэвчлэн хөрсний органик бүрэлдэхүүн хэсэгт болон органик биш эрдсийн гадаргууд төрөл бүрийн химийн нэгдэл үүсгэн шингэсэн байдаг. Тиймээс өнгөн хөрсний бохирдлын төлөв байдал, үнэлгээ, хяналт шинжилгээ (мониторинг), бохирдлыг нөхөн сэргээх зэрэг судалгаа, шинжилгээний ажлуудад микро ба хүнд элементүүдийн зөвхөн нийт агуулгыг тодорхойлох нь хангалтгүй

байдаг. Өөрөөр хэлбэл, тухайн судалгааны ажлын зорилгоос хамааран хөрсний химийн нэгдэл дэх буюу тодорхой нэг фракц дахь химийн элементүүдийн агуулгыг тодорхойлох шаардлагатай байдаг. Хүнд элементүүд нь агаараас төрөл бүрийн хий, бөөгнөрсөн дисперс, тоос, тоосонцор байдлаар газарт бууж тунадасжих эсвэл хур тунадастай хамт уусдаг ба уусдаггүй төрөл бүрийн нэгдлүүд (исэл, карбонат, сульфид, сульфат, силикат зэрэг)-ийн байдлаар хөрсний органик эсвэл минерал бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд нэвчин хөрсийг бохирдуулдаг. Улмаар тухайн газрын байгаль цаг уурын орчин нөхцөл өөрчлөгдөхөд нэг нэгдлээс нөгөө нэгдэлд шилжих, эсвэл чөлөөт ионы хэлбэрт орох ба тодорхой хязгаараас хэтэрвэл амьд организмд болон хүрээлэн буй орчинд сөрөг нөлөө үзүүлдэг.

Энэхүү суурь судалгааны сэдэвт төслийн ажилд хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн нийт агуулга, хүчилд хандлагддаг хуурмаг нийт агуулга, мөн буферийн уусмалд хандлагддаг биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгыг тус тус тодорхойлсон. Өнгөн хөрсөн дэх химийн элементүүдийн агуулгыг тодорхойлох бүх туршилтын ажлыг ШУА-ийн Физик технологийн хүрээлэнгийн Атомын спектроскопийн лаборатори болон ОХУ-ын ШУА-ийн Сибирийг салбарын А.П.Виноградовын нэрэмжит Эрхүүгийн Геохимийн хүрээлэнгийн Оптик спектр ба стандарт загварын лабораторит хийсэн.

Хөрсний хүнд элементийн бохирдлын шинжилгээнд силикат бус нэгдэл дэх буюу карбонат, Fe ба Mn -ийн оксид болон гидроксидод болон органик комплекс нэгдэлд, сульфат нэгдэлд буй агуулгыг ихэвчлэн хуурмаг нийт (pseudototal) агуулга гэж нэрлэдэг. Хуурмаг нийт агуулгыг тодорхойлох нь хүнд ба хортой металлуудын хүрээлэн буй орчны бусад объектууд учруулах урт хугацааны болзошгүй эрсдэлийг үнэлэхэд чухал ач холбогдолтой. Силикат бус нэгдэл дэх хүнд элементүүдийн хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөө нь түүний хөдөлгөөнт байдлаас шууд хамаардаг ба түүний хүрээлэн буй орчинд нөлөөлөх эрсдэлээр нь хөдөлгөөнт ба хөдөлгөөнд орох боломжтой гэж ангилдаг. Хөдөлгөөнт ба хөдөлгөөнд орох боломжтой хүнд элементүүдийн агуулгыг тодорхойлох нь түүний хөрсөнд болон хүрээлэн буй орчны бусад объектуудад (ус, гүний ус, ургамал) шилжих процесс болон түүнд үзүүлэх сөрөг нөлөөг үнэлэх, улмаар хөрсний бохирдлын төлөв байдалд бодит үнэлгээ өгөхөд чухал ач холбогдолтой.

Харин хөрсний төрөл бүрийн эрдсийн гадаргууд харьцангуй сул цахилгаан статик харилцан үйлчлэлээр холбогдсон буюу ион солилцооны

процессоор задрах боломжтой агуулгыг биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулга гэнэ.

## 1.2. Судалгааны ажлын үндсэн аргазүй

“ТОМООХОН ХОТУУДЫН ӨНГӨН ХӨРСНИЙ ХҮНД ЭЛЕМЕНТИЙН БОХИРДЛЫН МОНИТОРИНГИЙГ СПЕКТРОСКОПИЙН АРГААР ГҮЙЦЭТГЭХ” сэдэвт суурь судалгааны төслийг хэрэгжүүлэхэд дараах аргуудыг сонгон авч хэрэглэсэн болно.

*Төслийг хэрэгжүүлэхэд хийгдсэн судалгааны ажлууд ба сонгон авч хэрэглэсэн үндсэн аргууд*

Судалгааны ажлууд	Сонгон авч хэрэглэсэн үндсэн аргууд
<p>Дээжний химийн задаргаа</p> <p>Химийн элементүүдийн нийт, хуурмаг нийт, биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгыг тус тус бүр тодорхойлоход хөрсний дээжийг химийн задаргааны нэг удаагийн аргаар задалсан.</p>	<p>1. хөрсөн дэх химийн элементүүдийн нийт агуулгыг тодорхойлохоор хөрсний дээжийг гурвалсан хүчлийн холимогоор (<math>\text{HNO}_3 + \text{HF} + \text{HClO}_4</math>) задалж уусмалд шилжүүлсэн (Пройдакова, 2009).</p> <p>2. хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгыг тодорхойлохоор хөрсний дээжийг (<math>\text{HNO}_3</math> ба <math>\text{H}_2\text{O}_2</math>) хүчлүүдийн хольцоор силикат нэгдлийг гүйцэд уусгалгүйгээр задалсан (Хавезов и Цалев, 1983; Nomeda Sabiene and Dalia Marija Brazauskiene, 2004)</p> <p>3. ацетат аммонийн (<math>\text{CH}_3\text{COONH}_4</math>) буферийн уусмалд хандлах аргаар дээжийг бэлдсэн. Хөрс ба ацетат аммонийн харьцаа 1:5 байхаар тооцно (ГОСТ ISO 22036-2014).</p>
<p>Элементийн агуулга тодорхойлох судалгаа:</p>	<p>Макро ба микроэлементүүдийн нийт болон биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулга, хүнд элементүүдийн нийт, хуурмаг нийт ба биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулга) агуулгуудыг тодорхойлсон. Элементүүдийн агуулгуудыг тодорхойлоход:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ илрүүлэх хязгаар</li> <li>✓ мэдрэх чадвар</li> <li>✓ үнэмшил, нарийвчлал</li> <li>✓ хэмжилтийн бүтээмж</li> </ul> <p>зэргээрээ өөр хоорондоо ялгаа бүхий атомын спектроскопийн аргуудаар тодорхойлсон (Васильева и Шабанова, 2012; Gunicheva, 2012).. Үүнд:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. РФА:-рентген флюоресценцийн спектроскопи;</li> <li>2. ДР-АЭС:-атомын цацаргалтын спектроскопийн нуман атомчлалын:(i)-нүүрсэн электродын сувагт атомчлах ба (ii)-налуу чигт барлуулсан нүүрсэн электродын дундуур үлээлгэн атомчлах;</li> <li>3. ПФ-АЭС:-атомын цацаргалтын спектроскопийн дөлийн фотомерийн арга;</li> <li>4. Пл-ААС:-атомын шингээлтийн спектроскопийн дөлөн атомчлалын арга;</li> <li>5. ИСП-АЭС:- индукцийн холбоост плазмын атомын цацаргалтын спектроскопийн арга</li> </ol>
<p>Хөрсөнд агуулагдах элементүүдийн тархалтын төлөв, геохимийн шинж чанарыг судлах, бохирдлын эх үүсвэрийг тогтоох, хүнд элементүүдийн орон зайн ялгаа (газар ашиглалтаас хамааруулсан) болон цаг хугацааны өөрчлөлтийн судалгаа:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Олон хэмжээст статистикийн Корреляци</li> <li>Гол компонентын арга,</li> <li>Фактор анализ,</li> <li>кластер анализын аргууд;</li> <li>Дискриминант функцийн шинжилгээ</li> <li>К-W ба ANOVA тест</li> </ul>
<p>Аюулгүй болон аюултай бүсийг тусгаарлах, тухайн бүс нутагт болоод орчинд металлын өндөр агууламж бүхий</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• газарзүйн мэдээлэлийн системийн болон Геостатистикийн интерполяцийн крикингийн арга</li> </ul>

халуун цэгүүдийг тогтоох, Гол бохирдуулагч элементүүдийн орон зайн тархалтын зураглал үйлдэх:	
Хөрсний экологи-геохимийн төлөвийг үнэлэх судалгаа	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Дан болон олон элементийн бохирдлын индексүүдийг тооцож бохирдлын түвшинг үнэлэх</li> </ul>

**ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ**  
**ХӨРСНИЙ ХИМИЙН ЭЛЕМЕНТҮҮДИЙН БОХИРДЛЫН**  
**ТҮВШНИЙ ЭКОЛОГИ-ГЕОХИМИЙН ҮНЭЛГЭЭНИЙ ОЛОН**  
**УЛСЫН АРГАЗҮЙГ УЛААНБААТАР ХОТЫН НУТАГ**  
**ДЭВСГЭРИЙН ӨНГӨН ХӨРСНИЙ ХҮНД ЭЛЕМЕНТИЙН**  
**БОХИРДЛЫГ ҮНЭЛЭХЭД НЭВТРҮҮЛЭХ**

Хөрс бол хүрээлэн буй орчин ба экосистемийн хамгийн гол объект. Учир нь хөрс бол ус, агаар, ургамал зэрэг хүрээлэн буй орчны бусад объекттой харьцуулахад хөдөлгөөн багатай, тогтвортой тул агаарын бохирдлын төлөв байдлыг үнэлэхэд хамгийн тохирсон объект юм.

Төвлөрсөн суурин газрын хөрс нь бохирдоход агаар, гадаргуугийн болон гүний ус, ургамал бохирдох эх үүсвэр болдог. Иймд хот суурин газрын хөрсний экологийн төлөв байдал болон экосистемийг бүхэлд нь хэвийн хэмжээнд байлгахын тулд бохирдлыг судлах, хяналтын системт бий болгох ба цогц үнэлгээ хийх хэрэгтэй. Хөрсний экологи-геохимийн цогц үнэлгээг түүний экосистемд гүйцэтгэх үндсэн үүрэгтэй нь уялдуулан хийдэг. Энэ нь түүний орчны бусад объектоос (ус, хөрс гэх мэт) ялгарах нэг онцлог болдог.

**2.1 Хөрсний бохирдлын түвшин, сөрөг нөлөөллийн үнэлгээний үндсэн шалгуур**

Олон улсын практикт хөрсний экологи-геохимийн үнэлгээг хөрсний гүйцэтгэх үүрэг, функцэнд суурилж үнэлгээний тоон шинжилгээний ба чанарын аргаар дараах 3 үндсэн чиглэлээр үнэлдэг.

- Хөрсний чанар эрүүл ахуй
- Хүний буруутай үйл ажиллагааны улмаас хөрсний геохимийн төлөв байдлын өөрчлөлт
- Хөрсний бохирдлын хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөлөл

Үнэлгээний үндсэн шалгуур:

- Хөрс бохирдуулагч бодис, химийн элементийн зөвшөөрөгдөх хэмжээний стандарт
- Бохирдоогүй буюу байгалын цэвэр хөрсөн дэх элементийн суурь агуулга

**2.1.1. Хөрс бохирдуулагч бодис, химийн элементийн зөвшөөрөгдөх хэмжээ**

Химийн элемент, тэдгээрийн хөрсөнд агуулагдах нэгдлийн зөвшөөрөгдөх хэмжээ нь тухайн химийн элемент, нэгдлийн агуулга нь хүн болон амьд организмд сөрөг нөлөө үзүүлэхгүй байх хэмжээ юм. Энэ стандарттай харьцуулан үнэлэх нь хөрсний бохирдолд чанарын үнэлгээ хийж буй хамгийн анхан шатны энгийн арга юм.

Хөрс бохирдуулагч бодис, химийн элементийн зөвшөөрөгдөх хэмжээний стандарт нь хамгийн анх 1970-д онд ОХУ-д батлагдсан байна. Энэ үзүүлэлт нь тухайн бүс нутгийн хөрсний геохимийн онцлогийг харгалзаагүй зэрэг учир дутагдалтай байсан учир 1992 онд хөрсний механик бүтэц болон рН-ийн төлөвийг

давхар тооцоолсон элемент, химийн нэгдлийн хөрсөн дэх бохирдуулагч бодис химийн элементүүд зөвшөөрөгдөх шалгуурыг батлан мөрдлөг болгох болжээ (ГН 2.1.7.2041, 2006). Үүнээс хойш гадны өөр бусад улс орнуудад өөр өөрсдийн үнэлгээний мөн чанар, шалгуураар хөрс бохирдуулагч бодис, химийн элементийн зөвшөөрөгдөх хэмжээний стандартыг хөрсөнд агуулагдах химийн элементүүдийн нийт агуулга, биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгуудад болон хөрсний шинж чанараас хамааруулан түүнчлэн газар ашиглалтын онцлог зэргээр тогтоосон байна (Семенов и Королева, 2019; ГН 2.1.7.2041,2006). Жишээ нь:

- Германд хөрсний бохирдлоос үүдэлтэй гүний ус бохирдохоос сэргийлэн стандарт хэмжээг тогтоосон байдаг ба энэ шалгуур нь тухайн улсын газар нутгийн бүсчлэлээс хамааран өөр өөр хэмжээтэй байдаг. Мөн энд хөрсний нэвчилтийн шинж чанарыг давхар тооцсон байдаг. Түүнчлэн хүүхдийн тогтоолын талбай, суурьшлын бүс, амралт зугаалгын газар, үйлдвэрийн бүс газарт As, Cd, Cr, Hg Ni, Pb зэрэг хортой элементүүдийн ерөнхий триггерийн түвшин (Generic trigger levels) ба хөрс дэх металлын агууламжийг анхааруулах агуулгын хэмжээг (Warning levels for metal content in soils) хөрсний механик бүрэлдэхүүнээс хамааруулан мөн жилийн ачааллын хэмжээг тогтоосон байна (BbodSchV, 1999).
- Нидерландад 2000 онд батлагдсан стандартыг мөрдлөг болгодог ба энэ стандарт нь суурь хөрсөнд агуулагдах хэмжээ, хөрс бохирдуулагч бодисын зөвшөөрөгдөх хэмжээ болон интеграл зөвшөөрөгдөх хэмжээг тогтоосон байна (Crommentuijn T., Sijim D., de Bruijin J. et al, 2000; Lijzen et al, 2001).
- АНУ-ын стандарт нь Хүрээлэн буй орчныг хамгаалах нийгэмлэгийн баримт бичиг ба хөрс болон гүний усанд байх химийн элементүүд, нефтийн бүтээгдэхүүнийг нормчилж өгсөн байна. Энэ нь хүний эрүүл мэнд, хүрээлэн буй орчин, нийгэмд учруулах аюулаас урьдчилан сэргийлэх, сөрөг үр дагаврыг үнэлэхэд чиглэгдсэн байна (Eco-SSLs, 1999).

Энэ үзүүлэлтээр хөрсний бохирдлыг үнэлэхэд хөрсийг тухайн стандартын шаардлагад нийцэж буй эсвэл нийцэхгүй байна гэсэн хоёр категори хуваадаг. Энэхүү арга нь төвлөрсөн суурин газар болон үйлдвэрийн бүс нутаг дахь хөрсний бохирдолд үнэлгээ хийхэд хүний сөрөг үйл ажиллагааны оролцоог тооцож илрүүлдэггүй. Түүнчлэн тухайн газар нутгийн геологийн тогтоц, байгаль цаг уур болон хөрс үүсэх процессийн онцлог зэргээс хамааран ижил төстэй хөрс байвч элементүүдийн агуулга нь харилцан адилгүй байдаг учир бодит үнэлгээнээс зөрүүтэй байдаг.

Манай улсын тухайд хөрс бохирдуулагч бодис, химийн элементийн зөвшөөрөгдөх хэмжээний стандарт MNS8550-2008 ихэнх элементүүдийн хувьд хөрсний шинж чанараас хамааруулан батлагдсан байдаг. Өөрийн орны энэхүү стандартыг Герман (BbodSchV, 1999), Нидерланд (Crommentuijn T., Sijim D., de Bruijin J. et al, 2000; Lijzen et al, 2001) ба Орос Улсын (ГН 2.1.7.2041,2006) стандартуудтай харьцуулан –р хүснэгтэд харууллаа

Хүснэгт . Хөрс бохирдуулагч бодис, химийн элементийн зөвшөөрөгдөх хэмжээний стандарт MNS8550-2008-ыг Герман (BbodSchV, 1999), Нидерланд (Crommentuijn T., Sijim D., de Bruijn J. et al, 2000; Lijzen et al, 2001) ба Орос Улсын (ГН 2.1.7.2041,2006) стандартуудтай харьцуулсан байдал

Элемент	MNS 5850: 2008	ГН 2.1.7.2041,2006	Нидерланд		Герман (BbodSchV, 1999)			
			(Crommentuijn T., Sijim D., de Bruijn J. et al, 2000)	(Lijzen et al, 2001)	Хүүхдийн тоглоомын талбай	суурьшлын бүс	Парк/ амралтын бүс	үйлдвэрийн бүс
<b>Mn</b>	-	1,500						
<b>Ba</b>	-	150	165	890				
Sr	-	5						
F	200	-						
Cr	150	(VI) 0.05	100	-	200	400	1000	1000
V	150	-	43	-				
<b>Zn</b>	300	-	160	350				
<b>Rb</b>	-	-						
Ni	150	-	38	100	70	140	350	900
Mo	5	-	254.00	190				
<b>Li</b>	-	-						
<b>Cu</b>	100	-	40	96				
Sb	-	-	3.50	-				
<b>Pb</b>	100	32	40	580	200	400	1000	2000
Sn	50	-	53	-				
<b>Co</b>	50	-	33	43				
<b>B</b>	-	2						
<b>As</b>	6	-	34	85	25	50	125	140
<b>Cd</b>	3	-	1.60	13	10	20	50	60
<b>Bi</b>	-	-						
<b>Hg</b>	2		2.2	36	10	20	50	80

### 2.1.2. Бохирдоогүй буюу байгалийн цэвэр хөрсөн дэх элементийн суурь агуулга

Хөрсөн дэх химийн элементүүдийн зөвшөөрөгдөх хэмжээний стандартыг микроэлементүүдийн (хүнд металлын) бохирдлын үнэлгээнд хамгийн өргөн дэлгэр хэрэглэдэг. Энэхүү шалгуур үзүүлэлт нь төвлөрсөн суурин газар болон үйлдвэрийн бүс нутаг дахь хөрсний бохирдолд үнэлгээ хийхэд хүний буруутай

үйл ажиллагааны оролцоог тооцож илрүүлдэггүй. Мөн тухайн газар нутгийн геологийн тогтоц, байгаль цаг уур болон хөрс үүсэх процессийн онцлог зэргээс хамааран ижил төстэй хөрс байвч элементүүдийн агуулга нь харилцан адилгүй байдаг. Иймд төвлөрсөн суурин болон үйлдвэрийн бүс нутгийн хөрсний хүнд металлын бохирдлыг бодитой үнэлэхэд байгалийн унаган төрхөө алдаж бохирдоогүй цэвэр буюу суурь хөрсөн дэх химийн элементүүдийн геохимийн судалгаа хийж агуулгыг тогтоон судалгааны харьцуулах материал болгон хэрэглэх нь зайлшгүй шаардлагатай буюу чухал ач холбогдолтой.

## 2.1 Хөрсний бохирдлын түвшин, бохирдлын сөрөг нөлөөллийг үнэлэх аргазүй

### Хөрсний бохирдлын түвшин

Төвлөрсөн суурин болон үйлдвэрийн бүс нутгийн хөрсний химийн элементийн бохирдлыг бодитой үнэлэхэд, байгалийн унаган төрхөө алдаж өөрчлөлтөд ороогүй, бохирдоогүй цэвэр буюу суурь хөрсөнд геохимийн судалгаа хийж дэх химийн элементүүдийн агуулгыг тогтоон судалгааны харьцуулах материал болгох ба энэ шалгуурт үндэслэн төрөл бүрийн индекс, коэффициентийг тооцож, хүний сөрөг үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй хөрсний геохимийн төлөв байдлын өөрчлөлт, хөрсний бохирдлын түвшинг үнэлдэг аргуудыг сүүлийн жилүүдэд гадны улс оронд өргөн дэлгэр хэрэглэж байна. Үүнд: бохирдлын индекс (PI), коэффициент концентраци (Kc), геохуримтлалын индекс (Igeo), баяжилтын фактор (EF) зэрэг болно (Kowalska et al, 2018; Caeiro et al, 2005; Wong et al, 2006; Водяницкий, 2010; Dung et al, 2013). Эдгээр ажлуудад өөгөгдсөн бохирдлын индекс (PI), геохуримтлалын индекс (Igeo), баяжилтын фактор (EF) -ийн математик томъёолол болон түвшиний ангилалыг 2-р хүснэгтэд нэгтгэн харууллаа.

Хүснэгт 2. Бохирдлын индекс (PI), геохуримтлалын индекс (Igeo), баяжилтын фактор (EF) -ийн математик томъёолол болон түвшиний ангилал

Индексүүд	Бохирдлын индекс	Геохуримтлалын индекс	Баяжилтын фактор
Томъёо	$PI = \frac{C_i}{C_{BG}}$	$I_{geo} = \log_2 \frac{C_i}{1.5C_{BG}}$	$EF = PI \frac{R_{BG_i}}{R_{Soil_i}}$
Ялгаа, онцлог	Суурь хөрсөн дэх агуулгаас хэд дахин их	1,5 –коэффициент Судалж буй болон суурь хөрсөн дэх микроэлементүүдийн Байгалийн болон хүний үйл ажиллагааны) ялгааг нормчилдаг	1. Судалж буй болон суурь хөрсөн дэх микроэлементүүдийн ялгааг хөрс үүсгэгч гол макроэлементүүд (Al, Fe, Si)-ийн агуулгаар нормчилж өгдөг. 2. Тархах эх үүсвэрийг (Байгалийн болон хүний үйл ажиллагааны) ялгадаг
ангилал	Бохирдлын түвшиний критерин		
1.Бохирдолгүй 2.Бага 3.Дунд зэрэг 4.Их 5.Маш их	PI < 1 1 < PI < 3 3 < PI < 6 6 < PI < 12 PI < 12	Igeo < 0 0 < Igeo < 1 1 < Igeo < 3 3 < Igeo < 5 Igeo < 5	EF < 2 2 < EF < 5 5 < EF < 20 20 < EF < 40 EF < 40

Энд,  $C_i$ - хөрсөн дэх элементийн нийт агуулга (мг/кг),  $C_{BG}$  – суурь хөрсөн дэх элементийн нийт агуулга (мг/кг), **1.5** - байгаль дахь агуулгын хэлбэлзэл болон маш бага антропоген агуулгыг тооцох индекс, R- хөрсөнд агуулагдах хамгийн тогтвортой элемент (Al, Si, Fe, Mn, Sc, Zr).

Бохирдлын индекс (PI) буюу коэффициент концентрации (Kc), геохимитлалын индекс (Igeo), баяжилтын фактор (EF)-ийн бохирдлын түвшний ангилалыг олон судлаачид судалгааны зорилго, зорилтоос хамааран хоорондоо ялгаатай авч үзсэн байдаг. Энэ нэг сэдэвт ажлын зорилгын хүрээнд харьцуулах замаар 5 ангилалыг сонгож авсан. Баяжилтын фактор нь  $0.5 < EF < 2$  байвал хөрсөн дэх микроэлементүүдийн баяжилт болоогүй буюу микроэлементүүдийн агуулга нь литоген үүсэлтэй, харин  $2 < EF$  байвал хөрсөн дэх микроэлементүүдийн баяжилт хүний үйл ажиллагааны улмаас ямар нэг эх үүсвэрээс үүдэн хөрсөнд хуримтлагдсан байна гэж үздэг (Sutherland et al, 2000). Төвлөрсөн суурин газрын хөрс нь төрөл бүрийн эх үүсвэрүүдээс үүдэлтэй олон тооны бохирдуулагч бодисоор бохирддог. Иймд хөрсний бохирдлыг олон элементүүдийн бохирдлын индексийн нийлбэрийн дунджаар үнэлдэг ба дараах томъёо ёсоор тооцдог (Kowalska et al, 2018; Wong et al, 2006; Водяницкий, 2010).

$$IPI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{BG}} \quad (1)$$

Энд: n- дээжний тоо,  $C_i$ - хөрсөн дэх элементийн нийт агуулга (мг/кг),  $C_{BG}$  – суурь хөрсөн дэх элементийн нийт агуулга (мг/кг). Бохирдлыг дараах 4 түвшинд ангилна. Үүнд:  $IPI < 1$ , бохирдолгүй ба бага бохирдсон;  $1 < IPI < 2$ , дунд зэрэг бохирдолтой;  $2 < IPI < 5$ , их бохирдсон;  $5 < IPI$ , маш их бохирдсон (Wong et al, 2006).

### **Хөрсний бохирдлын сөрөг нөлөөлөл**

Хөрсөн дэх химийн элементүүдийн хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөө нь химийн элементүүдийн хортой ба аюултай агуулгаар илэрхийлэгддэг. Хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн бохирдлын амьд организм болон хүрээлэн буй орчны бусад объектод үзүүлэх сөрөг нөлөөллийн үнэлгээг бохирдлын түвшинд хүнд элементийн хортой чанарын факторыг давхар тооцож үнэлэх аргыг олон улсын практикт хэрэглэдэг (Водяницкий, 2010; Al-Anbari et al, 2015; Baran et al, 2018).

Хөрсний бохирдлын хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийн үнэлгээний аргуудын математик томъёолол болон түвшиний ангилал, өөр хоорондын ялгааг нэгтгэн хүснэгт 3-т харууллаа.

Хүнд элементийн хортой чанарын факторыг үнэлэх арга нь улс орнуудын хувьд өөр өөр байна. Хамгийн өргөн хэрэглэгддэг аргууд нь Хекансоны арга ба Водяницкийн арга юм (Hakanson, 1980; Водяницкий, 2010). Эдгээр аргуудад элементийн хортой чанарын факторын утга нь өөр өөр байна. Хекансоны аргад элементийн хортой чанарын факторыг  $Hg (40) < Cd (30) < As (10) < Cu (5) < Pb (5) < Cr (2) < Zn (1)$  бол Водяницкийн аргад элементийн хортой чанарын фактор нь элементүүдийн биологийн идэвхийн зэргээс хамаарч (As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn) -

хамгийн хортой элементүүд ба хортой чанарын фактор нь-1.5; Co, Ni, Mo, Cu, Cr Sb)-дунд зэргийн элементүүд ба хортой чанарын фактор нь-1.0; Ba, V, W, Mn, Sr)-хамгийн хор багатай элементүүд ба хортой чанарын фактор нь-0.5 байна.

Түүнчлэн өнгөн хөрсний бохирдлын үнэлгээний өөр нэг чухал үзүүлэлт бол тухайн элементийн хөдөлгөөнт агуулгыг тодорхойлж, хөдлөлзүйн хүчин зүйлийг тооцож хүрээлэн буй орчны бусад объект (ус, ургамал, амьд организм)-д үзүүлэх сөрөг нөлөөг үнэлэх юм.

Хүснэгт 3. Хүнд элементүүдийн бохирдлын сөрөг нөлөөлөл

Арга	Хортой чанарын фактор		Хөдлөлзүйн фактор
	Хекансон	Водяницкий	
Томьёо	$E_{r_i} = PI \cdot T_r^i$	$Z_{c_t} = PI \cdot K_t^i$	$F_{mobility} \% = \frac{C_m}{C_t} \cdot 100$
Ангилал	Бохирдлын түвшин		Хөдөлгөөнт фракцийн стандарт
<ul style="list-style-type: none"> <li>• эрсдэлгүй</li> <li>• бага эрсдэлтэй</li> <li>• дунд зэрэг</li> <li>• их эрсдэлтэй</li> <li>• маш их эрсдэлтэй</li> </ul>	<p><math>E_r &lt; 40</math></p> <p><math>40 &lt; E_r &lt; 80</math></p> <p><math>80 &lt; E_r &lt; 160</math></p> <p><math>160 &lt; E_r &lt; 320</math></p> <p><math>E_r &gt; 320</math></p>	<p><math>Z_c &lt; 8</math></p> <p><math>8 &lt; Z_c &lt; 16</math></p> <p><math>16 &lt; Z_c &lt; 32</math></p> <p><math>32 &lt; Z_c &lt; 64</math></p> <p><math>64 &lt; Z_c</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 21.8 (Cd)</li> <li>• 8.8 (Pb)</li> <li>• 3.4 (Ni)</li> <li>• 3.1 (Zn)</li> <li>• 2.8 (Cu)</li> <li>• 2.7 (Cr)</li> </ul>

Энд:  $T_{ri}$  ба  $K_{ti}$ -тухайн элементын хортой чанарын фактор,  $PI_i$  -  $i$  элементийн бохирдлын индекс.

**ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ**  
**УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН БАЙГАЛИЙН ЦЭВЭР ХӨРСНИЙ**  
**МИКРОЭЛЕМЕНТҮҮДИЙН СУУРЬ АГУУЛГЫН СУДАЛГАА**

Төвлөрсөн суурин газрын экосистемийг хэвийн хэмжээнд байлгахын тулд хүрээлэн буй орчны гол объектуудын хяналтыг системтэйгээр явуулах, бохирдлыг судлах ба үнэлгээг цогц хийх шаардлагатай байдаг.

Төвлөрсөн суурин газрын хөрс бохирдоход агаар, гадаргуугийн болон гүний ус, ургамал бохирдох эх үүсвэр болдог. Хөрс нь ус, агаар, ургамал зэрэг хүрээлэн буй орчны бусад объектой харьцуулахад хөдөлгөөн багатай, тогтвортой тул агаарын бохирдлын төлөв байдлыг үнэлэхэд хамгийн тохирсон объект юм.

Олон улсын практикт хөрсний экологийн болон биогехимийн үнэлгээг түүний экосистемд гүйцэтгэх үүрэгт суурилж хийдэг ба үнэлгээний гол шалгуур үзүүлэлтүүдийг (хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ, суурь агуулга) нормчилж тогтоосон байдаг.

Манай улсад хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээний стандартыг 2008 онд тогтоож, хөрсний хүнд металлын бохирдлын үнэлгээ хийхэд гол шалгуур болгож байгаа билээ. Хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ гэдэг нь тухайн элементийн агуулга нь хүн болон амьд организмд сөрөг нөлөө үзүүлэхгүй байх дээд хэмжээ юм. Энэ стандарт хэмжээтэй харьцуулан үнэлэх нь хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийг нь үнэлэх хөрсний бохирдлын экологийн үнэлгээний хамгийн анхан шатны энгийн арга юм.

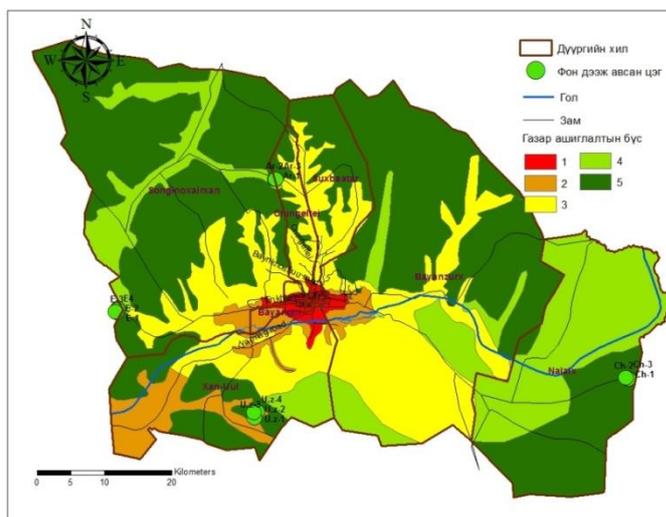
Харин хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ нь төвлөрсөн сууринг, үйлдвэрийн бүс нутгийн хөрсний геохимийн болон биогехимийн судалгаа, бохирдлын түвшиний үнэлгээ хийхэд хүний буруутай үйл ажиллагааны оролцоог тооцдоггүй гэж олон улсын судлаачид үздэг. Учир нь тухайн газар нутгийн геологийн тогтоц, байгаль цаг уур болон хөрс үүсэх процессийн онцлог зэргээс хамааран ижил төстэй хөрс байвч, элементүүдийн агуулга нь харилцан адилгүй байдаг. Иймд тухайн бүс нутгийн байгалийн цэвэр буюу суурь хөрсөнд агуулагдах элементүүдийн агуулгын хэмжээг судлах, тогтоох нь төвлөрсөн суурин газрын бохирдлыг бодитой үнэлэх, бохирдлын эх үүсвэрийг тогтоох улмаар химийн элементүүдийн бохирдлыг бууруулах арга хэмжээ авахад нэн чухал шалгуур үзүүлэлт юм.

Улаанбаатар хот орчмын суурь буюу байгалийн унаган төрхөө алдаж бохирдоогүй цэвэр хөрсөн дэх элементүүдийн суурь агуулгын судалгааны ажлууд төдийлөн сайн хийгдээгүй ба Москвагийн их сургууль болон ШУА-ын Газарзүйн хүрээлэн хоорондын хамтын судалгааны ажлын хүрээнд болон зарим судлаачид зөвхөн өөрсдийн судалгааны ажлын хүрээнд цөөн тооны дээжинд тодорхой хэдэн элементийн агуулгыг тодорхойлсон байна.

Бид энэ судалгааны ажлын хүрээнд Улаанбаатар хот орчмын байгалийн унаган төрхөө алдаагүй цэвэр хөрсөнд агуулагдах микроэлементүүдийн нийт

болон биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгыг тогтоож, үр дүнг бусад судлаачдын судалгааны ажлын үр дүн, стандарт хэмжээтэй харьцуулан суурь хөрсний экологийн болон биогеохимийн төлөв байдалд үнэлгээ хийх улмаар стандарт болгон баталгаажуулах зорилго тавьсан.

Сүүлийн 20 гаруй жил Улаанбаатар хотын ихэнх газар нутаг хүний үйл ажилгааны хүчтэй нөлөөнд орж байгалийн унаган төрхөд нь өөрчлөлт орсон буюу өөрөөр хэлбэл бохирдолд өртсөн тул Улаанбаатар хотын байгалийн унаган төрхөө алдаагүй суурь хөрсний дээжүүдийг 2014 онд гаргасан суурьшлын бүсийн хүрээнд хотын төвөөс 20-40 гаруй км-ийн зайд Улаанбаатар хотын өмнө зүгт Өвөр зайсан, хойд зүгт Ар гүнт, зүүн зүгт Цонжинболдог орчим, баруун зүгт Эмээлт орчмын газар нутгийг тус тус сонгосон. Судалгааны дээжийг нэг газраас 4 цэгийн дунджаар тооцож хөрсний дээж авах стандартуудын дагуу авч шинжилгээнд бэлдсэн. Дээж авсан цэгүүдийн байршлыг 1 -р зурагт харууллаа.



Зураг 1. Суурь хөрсний судалгааны дээж авсан газрын байршил

### 3.1. Макро, микро-элементүүдийн нийт агуулга

Улаанбаатар хот орчмын байгалийн унаган төрхөө харьцангуй алдаж бохирдоогүй цэвэр буюу суурь хөрсний геохимийн ерөнхий төлөв байдалд үнэлгээ хийх зорилгоор суурь хөрсөн дэх Si, Al, Fe, Ca, K, Na, Mg, Ti, P, S -ийн нийт агуулгыг дэлхийн кларктай харьцуулан 4 -р хүснэгтэд нэгтгэлээ.

- Улаанбаатар хот орчмын байгалийн унаган төрхөө алдаагүй суурь хөрсөнд, хөрс үүсгэгч чулуулгийн үндсэн элементүүд болох Si, Fe, Al, Ti -ийн нийт агуулга нь дэлхийн кларкаас ялимгүй бага буюу ойролцоо утгатай байна.
- Хөрсний шим тэжээлийн үндсэн макроэлементүүдийн нийт агуулга нь дэлхийн кларкаас харьцангуй их буюу  $1.17 (Ca) < 1.31 (P) < 1.48 (Mg) < 1.62 (K) < 1.84 (S) < 2.38 (Na)$  дахин их байна.

Хөрсөн дэх химийн элементүүдийн агуулга, тэдгээрийн хоорондын хамаарал нь тухайн хөрсний эрдсийн найрлага болон бүтцийг торхойлдог ба хөрс бүрт харилцан адилгүй байдаг. Si -цахиур нь дэлхийн царцдаст хамгийн их хэмжээгээр, Al ба Fe нь хөрсний эрдсүүдэд харьцангуй их хэмжээгээр агуулагддаг байна. Ca, P, Mg, K, S, Na-ийн нийт агуулга хот орчмын суурь хөрсөнд дэлхийн кларкаас их байгаа нь хот орчмын хөрсний геохимийн онцлогтой холбоотой байж болох юм.

*Хүснэгт 4. Макроэлементүүдийн нийт агуулга,мг/кг*

Элемент	Дэлхийн кларк	C <sub>BG</sub>	Монгол улсын зөвшөөрөгдөх хэмжээ	ОХУ-ын ПДК
Si	333000	295000	-	-
Al	71200	67000	-	-
Fe	38000	29000	-	-
Ca	13700	16000	-	-
K	13600	22000	-	-
Na	6300	15000	-	-
Mg	6000	8900	-	-
Ti	4600	3870	-	-
P	800	1050	-	-
S	500	920	-	160

Манай улсад макроэлементүүдийн нийт агуулгын хөрсөнд агуулагдах зөвшөөрөгдөх хэмжээний стандарт ер батлагаагүй, зөвхөн S-ийн нийт агуулгын хувьд ОХУ-ын стандарт батлагдсан байна (ГН 2.1.7.2041,2006). Энэ стандарттай Улаанбаатар хот орчмын цэвэр хөрсөнд агуулагдах S-ийн нийт агуулгын харьцуулахад Улаанбаатар хот орчмын суурь хөрсөнд S-ийн нийт агуулгын хэмжээ бараг 6 дахин их хэмжээгээр илэрсэн байна.

Улаанбаатар хот орчмын байгалийн унаган төрхөө харьцангуй алдаагүй цэвэр хөрсөн дэх микроэлементүүдийн нийт агуулгын суурь хэмжээг 5-р хүснэгтэд нэгтгэн үзүүлэв. Байгалийн цэвэр буюу суурь хөрсний микроэлементүүдийн биогеохимийн ба экологийн ерөнхий төлөв байдалд үнэлгээ хийх зорилгоор дэлхийн кларк, Улаанбаатар хот орчмын байгалийн унаган төрхөө алдаагүй суурь хөрсөнд элементийн агуулга тогтоосон бусад судлаачийн судлагааны ажлын үр дүн (Кошелева и др, 2010), Монгол улсын MNS:5850-2008 стандарт буюу хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээний стандарт, Байгаль нуур орчмын болон Байгаль нуур орчмын түлш эрчим хүчний цогцолбор газруудын хөрсөн дэх хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээний стандартууд (Гребенщикова и др, 2008) - тай харьцуулсан.

Элементүүдийн суурь агуулга гэж хүний сөрөг нөлөөлөлд өртөөгүй болон хамгийн бага хэмжээгээр өртсөн газрын хөрсөнд, хөрсний байгалийн бүтэцтэй холбоотой агуулагдах агуулга юм. Хөрсөн дэх химийн элементүүдийн нийт агуулга (total) гэдэг нь хөрс үүсэх процест бий болсон ба хүний үйл

ажилгаанаас үүдэлтэйгээр хөрсөнд хуримтлагдсан (pseudototal) элементүүдийн агуулгын нийлбэрийг хэлнэ. Хөрсний бохирдлын ерөнхий төлөвийг үнэлэхэд хөрсний химийн элементүүдийн нийт агуулгыг тодорхойлдог.

Хүснэгт 5. Микроэлементүүдийн нийт агуулга, мг/кг

Элемент	Дэлхийн кларк	Суурь хөрс (C <sub>VG</sub> )		Хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээний стандарт		
		Бидний ажил	(Кошелева и др, 2010)	MNS:5850-2008	Санина и др, 2002	Гребенщикова и др, 2008
Mn	545	710	660	-	1.500	1.500
Ba	400	700	-	-	150	-
Sr	300	290	-	-	5	-
F	200	450	-	-	-	-
Cr	190	45	66	60-100	(VI) 0.05	100
V	100	83	84	100-130	-	150
Zn	50	60	52	100-50	-	110
Rb	50	93	-	-	-	-
Ni	40	33	29	60-100	-	80
Mo	30	1.90	1.20	2.0-3.0	-	4.00
Li	30	32	-	-	-	-
Cu	20	25	42	60-80	-	60
Sb	15	1.20	-	-	-	-
Pb	10	20	27	70-50	32	-
Sn	10	2.80	2.80	30-40	-	-
Co	10	18	8	30-40	-	30
B	5	35	-	-	2	-
As	4	12	-	-	-	30
Cd	0.05	1.00	-	1-3	-	-
Bi	0.0002	0.50	-	-	-	-

Байгалийн цэвэр хөрсөнд дэх микроэлемент тухайн газар нутгийн хөрс үүсгэгч эх чулуулгийн өгөршлийн геохимийн болон биогеохимийн процессын үр дүнд уламжлагдан хөрсөнд оршдог ба тухайн хөрсөнд хэр хэмжээгээр агуулагдах нь хөрс үүсгэгч эх чулуулгийн онцлог, тухайн газар нутгийн байгаль цаг уурын нөхцөл болоод хөрсний шинж чанараас ихээхэн хамаардаг.

Улаанбаатар хот орчмын байгалийн унаган төрхөө алдаагүй буюу суурь хөрсний дээжинд хийсэн судалгаагаар Mn, Ba, F, Sr-ийн агуулга 290-710 мг/кг; Rb, V, Zn, Cr, Ni, Li, Cu, Pb, B, Co, As-ны агуулга 12-93 мг/кг; Bi, Cd, Sn, Sb, Mo-ийн агуулга 10-аас бага мг/кг хэмжээгээр илэрсэн ба бусад судлаачийн үр дүнтэй харьцуулахад V-ийн агуулга ойролцоо, Sn-ийн агуулга ижил илэрсэн байна. Харин бусад элементүүдийн агуулга зөрүүтэй байна. Энэ нь дээж авсан газар болон микроэлементүүдийн агуулгыг тодорхойлсон арга нь өөр өөр байсан зэргээс хамаарах магадлал өндөр юм.

Улаанбаатар хот орчмын байгалийн унаган төрхөө алдаагүй цэвэр хөрсөнд дэх микроэлементүүдийн нийт агуулгыг дэлхийн кларктай харьцуулахад Li, Sr, V, Ni-ийн агуулга Улаанбаатар хот орчмын хөрсөнд дэлхийн кларкын хэмжээнд; Mn, Cu, Zn, Rb, Co, Ba, B, As, F, Pb, Bi, Cd-ын агуулга дэлхийн кларкаас их харин Sn,

Cr, Sb, Mo-ийн агуулга дэлхийн кларкаас бага хэмжээтэй илэрлээ. Энэ нь Улаанбаатар хотын газар нутгийн геологийн тогтоц, геохимийн төлөв байдлын онцлогийг илэрхийлж байна.

Манай улс болон ОХУ-ын хөрс бохирдуулагч бодис, элементуудийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээний стандартын утга бараг бүх элементүүдийн хувьд ижил түвшинд тогтоогджээ. Улаанбаатар хот орчмын байгалийн унаган төрхөө алдаагүй цэвэр хөрсөн дэх судлагдсан бүх микроэлементүүдийн нийт агуулгын суурь хэмжээ хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээний стандартуудаас бага илэрсэн байна.

### **3.2. Микроэлементүүдийн биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулга**

Микроэлементүүд хөрсөнд чөлөөт ионы (хөдөлгөөнт) болон хөрсний бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд шингэж хуримтлагдсан (хөдөлгөөнгүй) хэлбэрт байдаг ба хөрсөн дэх химийн элементүүдийн хөдөлгөөнт агуулга нь хөрсний экологи геохимийн судалгаа, шинжилгээ, хяналт үнэлгээний хамгийн ач холбогдол бүхий хэмжээ юм (ГН 2.1.7.2041,2006).

Хөрсөнд агуулагдах микроэлементүүдийн хөдөлгөөнт агуулга гэдэг нь хөрсний орчин өөрчлөгдөхөд хөрсний үндсэн бүрэлдэхүүнүүдээс (эрдэс, органик-эрдэс болон органик бүрэлдэхүүн гэх мэт) салж чөлөөт ионы байдалд шилжих ба улмаар ургамал болон гүний усанд шингэж тодорхой хязгаараас хэтэрсэн тохиолдолд (хөрс ихээр бохирдоход) хүрээлэн буй орчинд сөрөг нөлөө үзүүлдэг.

Хөрсөнд агуулагдах микро-элементүүдийн биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгын хэмжээг тогтоох нь нэн ялангуяа хүнд металл, хортой элементүүдийн ус, ургамлаар дамжин амьд организмд үзүүлэх сөрөг нөлөөг үнэлэх хамгийн боломжит агуулга юм. Хөрсөнд чөлөөт ионы төлөвт оршдог агуулга. Хөрс хүнд металл, хортой элементүүдээр ихээр бохирдоход энэ агуулгын хэмжээ маш их болдог.

Микроэлементүүдийн биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгыг ГОСТ ISO 22036-2014 стандартын дагуу тодорхойлсон. Үүнд: цуухүчлийн аммонийн буферийн уусмалд (рН=4.8) хөрсийг хандалж, индукцийн холбоост плазмын атомын цацаргалтын спектроскопийн аргаар микроэлементүүдийн биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгын концентрацийг тодорхойлсон.

Улаанбаатар хот орчмын байгалийн унаган төрхөө алдаагүй цэвэр хөрсөнд агуулагдах микроэлементүүдийн биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгын хэмжээг дэлхийн дундаж болон хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээний стандарттай харьцуулан 6 -р хүснэгтэд үзүүлжээ.

Монгол улсын хувьд хөрсөнд агуулагдах микроэлементүүдийн биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгын эрүүл ахуйн зөвшөөрөгдөх хэмжээний стандарт хараахан батлагдаагүй болно. Иймд энэ ажилд ОХУ-ын стандартыг судалгааны ажилдаа харьцуулахаар сонгож авсан болно. Энэ стандартад зөвхөн Pb, Mn, Cr(VI), Zn-ийн биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгын стандарт батлагдсан байна (ГН 2.1.7.2041,2006).

*Хүснэгт 6. Микроэлементүүдийн биологийн идэвхит  
хөдөлгөөнт агуулгын хэмжээ, мг/кг*

Элемент	Дэлхийн дундаж (Виноградов, 1962)	Бидний ажлаар (СВГ)	Хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээний стандарт (ОХУ) (ГН 2.1.7.2041,2006)
Ba	138	21	-
Sr	-	17	-
Zn	9.6	1.1	23
Rb	-	1.1	-
Li	-	0.39	-
Bi	-	0.29	-
Co	1.1	0.20	5
F	-	-	2.8
As	2.7	< 0.2	-
B	1.9	< 0.2	-
Cd	0.06	< 0.2	-
Cr	0.3	< 0.2	(III) 6
Cu	2.9	< 0.2	3
Mn	110	< 0.2	140
Mo	0.9	< 0.2	-
Ni	18	< 0.2	4
Pb	4.4	< 0.2	6
Sb	-	< 0.2	-
Sn	1.4	< 0.2	-
V	-	< 0.2	-

Улаанбаатар хот орчмын байгалийн унаган төрхөө алдаагүй цэвэр хөрсөнд As, B, Cd, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn ба V –ийн биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгын хэмжээ <0.2 мг/кг –аас бага, Li, Bi ба Co-ын агуулга 0.39-0.20 мг/кг, Rb ба Zn-ын агуулга 1.1 мг/кг харин Ba ба Sr-ын агуулга хариоцан 21 ба 17 мг/кг илэрсэн байна. Ba, Mn, Zn, Co, As, Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb ба Sn-ны биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгын хэмжээ хөрсөнд агуулаглах дэлхийн дундаж тогтоогдсон бол зөвхөн Zn, Co, F, Cr(III), Cu, Mn, Ni ба Pb-ны биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгын Хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээний стандарт батлагдсан байна.

Бидний судалгааны ажлаар Улаанбаатар хот орчмын суурь хөрсөн дэх микроэлементүүдийн биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгын хэмжээ нь микроэлементүүдийн биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгын дэлхийн дундаж болон хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээний

стандарт (ОХУ)-аас багаар илэрлээ. Энэ нь Монгол улсын хөрсний хэв шинжийн онцлог буюу Улаанбаатар хот орчмын хөрс микроэлементийн агуулгаар дутмаг болохыг харуулж байна.

Улаанбаатар хот орчмын байгалийн унаган төрхөө алдаагүй цэвэр хөрсөн дэх микроэлементүүдийн суурь агуулгын мужийг, Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийн өнгөн хөрсөн дэх микроэлементүүдийн агуулгын (2010-2017 онуудад ШУА-ийн ФТХ–нд хийгдсэн судалгааны ажлын үр дүн) мужтай харьцуулан 7 -р хүснэгтэд нэгтгэн үзүүлээ.

*Хүснэгт 7. Улаанбаатар хот орчмын цэвэр хөрсний болон хотын өнгөн хөрсөн дэх микроэлементүүдийн нийт болон биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгын муж*

Элемент	Агуулга, мг/кг			
	Нийт агуулга		Биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулга	
	C <sub>BG</sub>	C <sub>дээж</sub>	C <sub>BG</sub>	C <sub>дээж</sub>
Sr	310-340	210 -1590	9.6-21	12-510
B	24-45	13-350	< 0.2	< 0.2-76
Mn	490-790	99-6900	30-74	8.0-300
V	59-96	10-180	< 0.2	< 0.2-0.4
Cr	27-57	21-960	< 0.2	0.22-15
Mo	1.0-2.0	1.0-28	< 0.2	< 0.2-3.6
Sn	2.0-4.0	< 0.2-78	< 0.2	2.3-14
Pb	13-22	3.0-1400	<0.2-0.25	< 0.2-6640
Cu	13-28	7.0-2700	< 0.2	< 0.2-150
Zn	41-93	26-1280	0.55-1.7	0.66-250
Cd	0.96-2.1	0.4-3.1	< 0.2	< 0.2-2.0

Улаанбаатар хот орчмын цэвэр хөрсний микроэлементүүдийн нийт агуулгын доод хэмжээ Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний микроэлементүүдийн нийт агуулгын доод хэмжээнээс Мо–оос бусад микроэлементүүдийн хувьд их харин микроэлементүүдийн нийт агуулгын дээд хэмжээ нь бүх микроэлементүүдийн хувьд бага илэрсэн байна.

Улаанбаатар хот орчмын цэвэр хөрсний микроэлементүүдийн биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгын суурь хэмжээний доод муж Mn–аас бусад микроэлементүүдийн хувьд бага харин дээд хязгаар нь бүх микроэлементүүдийн хувьд маш өндөр илэрсэн байна. Энэ нь Улаанбаатар хот орчмын цэвэр хөрс нь байгалийн болон хүний сөрөг нөлөөлөлд өртөөгүй, экологийн тэнцвэрт байдлаа хадгалж байгааг харуулж байна. Иймд байгалийн унаган төрхөө алдаагүй цэвэр хөрсөн дэх микроэлементүүдийн нийт болон биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгын энэхүү үр дүнг Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний хүнд элементийн бохирдлын үнэлгээний харьцуулах гол шалгуур үзүүлэлт болгон хэрэглэж болохыг харуулж байна.

Улаанбаатар хот орчмын цэвэр, унаган хөрсний микроэлементүүдийн нийт болон биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгуудыг атомын спектроскопийн

аргуудаар харьцуулан тодорхойлсон. Үр дүнг бусад судалгааны ажил болон стандарт хэмжээтэй харьцуулан бохирдож унаган тархаа алдаагүй цэвэр хөрсөн дэх микроэлементүүдийн тархалтын геохимийн төлөв байдалд үнэлгээ хийлээ.

Дэлхийн кларк хэмжээтэй харьцуулахад Улаанбаатар хот орчмын байгалийн унаган төрхөө алдаагүй цэвэр хөрсөнд Bi, Cd, B, As, F, Pb, Rb, Co, Ba - ийн нийт агуулга их; Sn, Cr, Sb, Mo- ийн нийт агуулга их бага ба хэлбэлзэл ихтэй байгаа нь Улаанбаатар хот орчмын хөрс болоод хөрс үүсгэгч чулуулгийн геохимийн онцлогийг илэрхийлж байна.

Судалгааны үр дүнгээр Улаанбаатар хот орчмын цэвэр хөрс нь байгалийн болон хүний сөрөг нөлөөлөлд өртөөгүй, экологийн тэнцвэрт байдлаа хадгалж байгааг харуулж байна. Иймд судалгаагаар тогтоосон энэхүү үр дүнг Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний микроэлементүүдийн бохирдлын түвшин болон бохирдлын сөрөг нөлөөллийг үнэлэхэд харьцуулах гол шалгуур болно. Учир нь:

1. Хот орчмын хөрсөнд агуулагдах химийн элементүүдийн агуулга дэлхийн дундаж хэмжээнд байгаа учир экологийн тэнцвэрт байдлаа хадгалж байна гэж үздэг
2. Хот орчмын цэвэр буюу нөлөөлөлд өртөөгүй хөрс хөрс нь тухайн бүс нутгийн хөрсний онцлогийн бүрэн илэрхийлдэг.
3. Элементийн хөдөлгөөнт агуулга учир Хот суурин газрын өнгөн хөрсний микроэлементүүдийн бохирдлын түвшин болон бохирдлын сөрөг нөлөөллийг үнэлэх шалгуур болдог.

**ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛЭГ  
УЛААНБААТАР ХОТЫН ӨНГӨН ХӨРСНИЙ  
БОХИРДЛЫН ТҮВШНИЙ ТАРХАЛТ**

Төслийн тайлант хугацаанд Улаанбаатар хотын газар нутгаас цуглуулсан 300 орчим хөрсний дээжинд тодорхойлсон микроэлементүүдийн нийт агуулгын геометр дундаж утгыг Улаанбаатар хот орчмын байгалын цэвэр хөрсөн дэх элементийн агуулга (3-р бүлэг, Хүснэгт 5), дэлхийн кларк (Виноградов, 1962) болон хөрс бохирдуулагч бодисын зөвшөөрөгдөх хэмжээний (хөрсний механик бүтцээс хамаарсан утга) стандарт (MNS 5850:2008)- тай харьцуулан –р хүнэгтэд харууллаа.

*Хүснэгт 8 Улаанбаатар хөрсний микроэлементүүдийн нийт агуулгын геометр дундаж  $C_{GM}$ , Улаанбаатар хот орчмын байгалын цэвэр хөрсөн дэх элементийн дундаж агуулга  $C_{BG}$ , дэлхийн кларк болон хөрс бохирдуулагч бодисын зөвшөөрөгдөх хэмжээний (хөрсний механик бүтцээс хамаарсан утга) стандарт*

Элемент	Содержание (мг/кг)			
	$C_{GM}$	$C_{BG}$	кларк	MNS 5850:2008 (хөрсний механик бүтцээс хамаасан)
<b>Ag</b>	0.20	-	-	-
<b>As</b>	10	12	4	2.0-6.0
<b>B</b>	53	35	5	15-25
<b>Ba</b>	656	700	400	-
<b>Bi</b>	0.70	0.50	0.0002	-
<b>Cd</b>	0.75	1	0.05	1.0-3.0
<b>Co</b>	11	18	10	30-40
<b>Cr</b>	53	45	190	60-100
<b>Cu</b>	41	25	20	60-80
<b>F</b>	459	450	200	100-200
<b>Ge</b>	1.8	-	-	-
<b>Li</b>	23	32	30	-
<b>Mn</b>	594	710	545	-
<b>Mo</b>	25	1.9	30	2.0-3.0
<b>Ni</b>	34	33	40	60-100
<b>Pb</b>	51	20	10	70-50
<b>Rb</b>	85	93	50	-
<b>Sb</b>	3.1	1.2	15	-
<b>Sn</b>	5.0	2.8	10	30-50
<b>Sr</b>	424	290	300	600-800
<b>Tl</b>	0.73	-	-	-
<b>V</b>	65	83	100	100-130
<b>Zn</b>	135	60	50	100-50

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх микроэлементүүдийн нийт агуулгын дунджийг дэлхийн кларктай харьцуулахад:

- Дэлхийн кларкаас бага: Cr, V, Li, Sb, Sn, Mo
- Дэлхийн кларктай ойролцоо: Ni, Co, Mn, Sr
- Дэлхийн кларкаас их: Cu, Pb, Zn, Cd, Ba, F, Rb, As, B, Bi байна.

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх микроэлементүүдийн нийт агуулгын дунджийг Улаанбаатар хот орчмын суурь хөрстэй харьцуулахад:

- Улаанбаатар хот орчмын суурь хөрсөн дэх агуулгаас бага: Cd, Co, Mn, V, F
- Улаанбаатар хот орчмын суурь хөрсөн дэх агуулгатай ойролцоо: Ni, Cr, Ba, F, Rb
- Улаанбаатар хот орчмын суурь хөрсөн дэх агуулгаас их: Cu, Cr, Pb, Zn, Sr, B, Sn, Sb, Mo, Bi байна.

Хотын өнгөн хөрсөн дэх микроэлементүүдийн агуулгыг хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээний стандарттай харьцуулахад F, Zn, B, As-ийн дундаж агуулга стандартын хүлцэх агуулгаас их харин бусад микроэлементүүдийн дундаж агуулга хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээний стандартын хүлцэх агуулгын хэмжээнд байна.

Олон улсад өнгөн хөрсөн дэх микроэлементүүд, хүнд металлын бохирдлын түвшин болон бохирдлын сөрөг нөлөөллийг тухайн элементийн хөрсөнд агуулагдах дундаж хэмжээг фонын буюу байгалын цэвэр хөрсөн дэх суурь агуулгат нь харьцуулан бохирдлын индекс (PI), баяжилтын фактор (EF), геохуримтлалын индекс (Igeo) ба сөрөг нөлөөллийн фактор (Er) гэсэн нэг элементийн индексүүдээр үнэлдэг. Түүнчлэн төвлөрсөн суурин газрын хүрээлэн буй орчны бохирдол маш олон эх үүсвэрээс улбаалан олон төрлийн химийн элемент тэдгээрийн нэгдлээр бохирддог учир бохирдлын индекс (PI) ба эрсдлийн фактор (Er)-ыг олон элементүүдэд тооцож бохирдлын нийт индекс Zc, бохирдлын дундаж нийт индекс (IPI) ба нийт эрсдлийн фактор (RI) гэсэн олон элементүүдийн нийлбэрийн дундаж үзүүлэлтүүдээр үнэлдэг.

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний хүнд элементүүдийн бохирдлын түвшин болон бохирдлын сөрөг нөлөөллийн судалгааг хүнд элемент тус бүрийн агуулгын дунджийг Улаанбаатар хот орчмын байгалийн цэвэр хөрсөн дэх химийн элементүүдийн суурь агуулгатай харьцуулан бохирдлын индекс (PI), баяжилтын фактор (EF), геохуримтлалын индекс (Igeo) ба сөрөг нөлөөллийн фактор (Er) гэсэн нэг элементийн индексүүдээр үнэлсэн ажлууд 2000-2018 онуудын судалгааны дээжүүдэд хийгдэж байсан.

Экологийн мониторингийн олон улсын жишигт нийцсэн тогтолцоог судалж, нийслэл хотын өнгөн хөрсний бохирдолтод мэргэжлийн хяналт тавих аргачлал боловсруулах зорилтын хүрээнд Хөрсөн дэх микроэлементүүд, хүнд

металлуудын бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийг үнэлэх дээрх аргуудыг харьцуулан судалж Ю.Н.Водяницкийн аргыг сонгосон (Водяницкий, 2010). Хөрсөн дэх микроэлементүүд, хүнд металлуудын бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийг дараах томъёо ёсоор тооцдог.

$$K_c = C_i / C_\phi \quad Z_{c_i} = \sum (K_{k_i} * K_{t_i}) - (n - 1). \quad (2)$$

Zc- нийт бохирдол; Kк(PI) – элемент тус бүрийн бохирдлын түвшин; n- хөрсийг бохирдуулж буй элементийн тоо; C<sub>if</sub> и C<sub>i</sub> – суурь агуулга ба хөрсөнд агуулагдах тухайн элементийн агуулга мг/кг; K<sub>t</sub>- тухайн элементийн хортой чанарын фактор.

Энэ арга нь хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийг давхар тооцдог давуу талтай. Микроэлементүүдийн хортой чанарын ангилал ба харгалзах факторын утгыг хүснэгт 8-д үзүүлсэн.

*Хүснэгт 9. Хөрсөн дэх элементүүдийн хортой чанарын Факторын ангилал ба харгалзах факторын утга (Большаков и др, 1999)*

<i>хортой чанарын ангилал</i>	Кт	Химийн элементүүд
1	1.5	As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn, Ni, Cr
2	1.0	B, Co, Mo, Cu, Sb
3	0.5	Ba, V, W, Mn, Sr

Бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөлөл“-ийг дараах 5 түвшнээр үнэлнэ (Водяницкий, 2010). Үүнд: Z<sub>ст</sub> < 16 -аюулгүй; 16 < Z<sub>ст</sub> < 32 – бага зэргийн аюултай; 32 < Z<sub>ст</sub> < 64-аюултай; 64 < Z<sub>ст</sub> < 128 – их аюултай; Z<sub>ст</sub> >> 128 – маш их аюултай

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд агуулагдах микроэлементүүдийн бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийн индексийг (Z<sub>ст</sub>) Водяницкийн аргаар газар ашиглалтаас нь хамааруулан тооцсон. Индексийн (Z<sub>ст</sub>) статистик үр дүнг 10 -р хүснэгтэд, гол бохирдуулагч элементүүдийн газар ашиглалтын байдлын хамаарлыг 11 -р хүснэгтэд тус тус нэгтгэлээ. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд агуулагдах микроэлементүүдийн бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийн орон зайн тархалт ба түүний түвшинг 2-р зурагт үзүүлсэн.

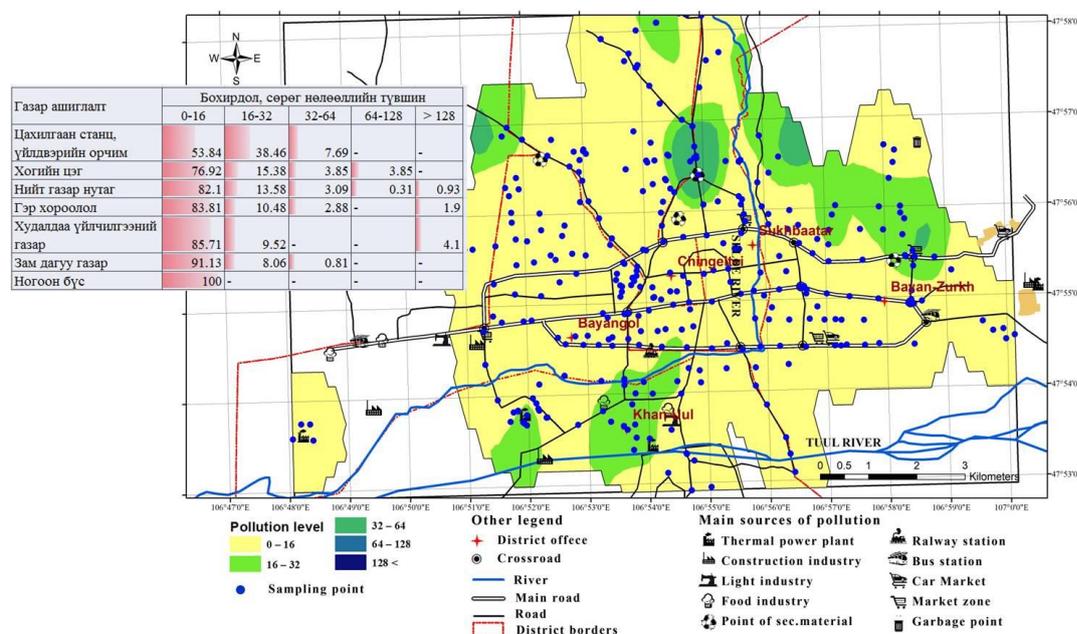
Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд агуулагдах микроэлементүүдийн бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөлөл (Z<sub>ст</sub>) нийт газар нутгийн хувьд дунджаар 7.29-15.16 буюу аюулгүй (Z<sub>ст</sub> < 16) түвшинд байна. Харин гэр хорооллын болон худалдаа үйлчилгээний газар нутгаас авсан зарим газрын дээжинд Z<sub>ст</sub>-ийн утга маш өндөр (259.75) буюу аюултай (Z<sub>ст</sub> >> 128) түвшинд ба Z<sub>ст</sub>-ийн утга маш их хэлбэлзэлтэй (C.V, % 164) байгаа нь эдгээр

газрын хөрс микроэлементүүд болон хүнд металаар ихээр бохирдсон болохыг харуулж байна.

Хүснэгт 10. Микроэлементүүдийн бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийн индексийн (Zст) статистик үр дүн (Газар ашиглалтын ангиллаар)

Статистик параметр	Газар ашиглалт ба бүс						
	0	1	2	3	4	5	6
N	324	124	104	26	26	22	21
Дундаж	13.05	9.49	14.14	18.83	14.28	8.05	22.65
GM	9.29	8.33	9.35	15.16	8.5	7.29	11.56
Медиан утга	8.98	8.28	9.32	15.46	8.47	7.91	11.1
Бага утга	1	2.08	2	4.5	1	2.48	3.87
Их утга	259.75	60.96	224.53	48.23	88.1	18.22	259.75
10 %	4.28	4.6	4.28	4.63	3.28	4.46	5.95
90 %	20.81	15.32	20.96	34.42	27.3	11.12	18.88
SD	21	6	25	12	19	4	54
C.V	164	66	180	63	133	44	241
Winsorized дундаж	10.76	9.08	11	18.53	13.17	7.85	11.25
Grubbs тест	11.52	8.24	8.26	2.49	3.88	2.86	4.35
p-утга	0	0	0	0.21	0	0.03	0

Газар ашиглалт ба бүс: 0-Нийт газар нутаг; 1-Автомашин, зам дагуух газар; 2-Гэр хороолол; 3-Цахилгаан станц, үйлдвэр орчим; 4-Хогийн цэг; 5-Ногоон бүс; 6-Зах, худалдааны төв



Зураг 2. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд агуулагдах микроэлементүүдийн бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөлөл

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд агуулагдах микроэлементүүдийн бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийн орон зайн тархалтын зургаас харахад гэр хорооллын газрын түлээ нүүрс борлуулах цэг, хуучин түүхий эд цуглуулж байсан газар болон, автозамын тойргийн орчимд  $Z_{ст}$ -ийн утга ихээр илэрсэн байна. Судалгаанд хамрагдсан нийт дээжний хувьд микроэлементүүдийн бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөлөл ( $Z_{ст}$ ) бага зэргийн аюултай ( $16 < Z_{ст} < 32$ ) болон аюултай ( $32 < Z_{ст} < 64$ ) түвшний эзлэх хувь гэр хороолол, хогийн цэг, цахилгаан станц болон үйлдвэрийн бүс нутгийн болон хогийн цэг орчмын дээжинд ихэсч байна. Харин их аюултай ( $64 < Z_{ст} < 128$ ) болон маш их аюултай ( $Z_{ст} \gg 128$ ) утга Гэр хороолол болон худалдаа үйлчилгээний газрын дээжинд илэрсэн байна.

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд агуулагдах микроэлементүүд тус бүрийн бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийн индексийн ( $Z_{ст}$ ) дундаж утгыг газар ашиглалт буюу гол бохирдуулагч эх үүсвэрээс нь хамааруулан хүснэгт 11-т үзүүлээ.

*Хүснэгт 11. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд агуулагдах гол бохирдуулагч микроэлементүүд тус бүрийн бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийн индексийн ( $Z_{ст}$ ) утга (Газар ашиглалтын ангиллаар)*

Элемент	Газар ашиглалт					
	1	2	3	4	5	6
Sb	31.4	2.8	2.69	2.09	1.61	2.88
Pb	9.49	2.52	2.81	2.33	1.91	2.51
Cu	8.21	1.55	1.5	1.64	2.43	1.58
Sn	6.49	1.64	1.86	1.78	2.18	1.7
Zn	5.7	2.17	2.22	2.22	2.47	2.46
Mo	3.21	1.25	1.2	0.94	2.99	1.14
B	3.21	1.44	1.62	1.42	1.36	1.71
Mn	2.47	0.79	0.82	0.98	0.98	0.85
Bi	2.44	1.34	1.34	1.27	2	1.37
Cr	2.19	1.19	1.08	1.11	1.94	1.11
Cd	2.01	0.66	0.81	0.7	1.14	0.75
Ni	1.25	0.98	1.08	1.15	1.07	1.07
F	1.22	0.92	1.05	1.14	1.48	1.02
As	0.88	0.74	0.9	0.74	1.13	0.9
V	0.75	0.74	0.82	0.81	0.76	0.83
Li	0.66	0.67	0.76	0.73	0.65	0.77
Co	0.59	0.56	0.7	0.73	0.67	0.66

*Газар ашиглалт ба бүс: 1-Зах, худалдааны төв; 2-Автомашин, зам дагуух газар; 3- Гэр хороолол; 4- Ногоон бүс; 5-Цахилгаан станц, үйлдвэр орчим; 6-Хогийн цэг*

11-р хүснэгтийн үр дүнгээр Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийн хөрсийг гол төлөв Sb, Pb, Cu, Sn, Zn, Mo, B, Mn, Bi, Cr, Cd зэрэг элементүүд бохирдуулж байгаа ба объект тус бүрээр ангилж харвал

- ✓ Зах, худалдааны төвийн дээжинд – Sb, Pb, Cu, Sn, Zn, Mo, B, Mn, Bi, Cr, Cd
- ✓ Автомашин, зам дагуух газрын дээжинд - Sb, Pb, Zn, Cu, Sn
- ✓ Гэр хороололын хөрсөнд - Sb, Pb, Zn, Cu, Sn
- ✓ Ногоон бүс бүхий газрын хөрсөнд - Sb, Pb, Zn, Cu, Sn
- ✓ Цахилгаан станц, үйлдвэр орчмын дээжинд - Cu, Sn, Zn, Mo, Bi, Cr, Pb, Sb
- ✓ Хогийн цэг орчмын дээжинд - Sb, Pb, Zn, Sn, Cu, B, Bi, Mo гэсэн үр дүнг харууллаа.

Хотын өнгөн хөрсийг ихээр бохирдуулж буй гол элементүүд нь Pb, Sb, Zn ба цахилгаан станц болон үйлдвэрийн орчимд Sn, худалдаа үйлчилгээний төв бүхий газрын дээжинд Mo, Bi, Cd, Cr, B, Sn-ийн үзүүлэлт өндөр байна. Pb ба Zn нь төвлөрсөн суурин газрын хүрээлэн буй орчны гол бохирдуулагч элемент ба эдгээр элементүүд хотын өнгөн хөрсөнд гол төлөв хүний буруутай үйл ажиллагааны улмаас төрөл бүрийн бохирдуулах эх үүсвэрээс үүдэлтэй хуримтлагдсан байна.

Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөнд Pb ба Zn -ын 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 болон өмнө хэрэгжүүлсэн суурь судалгааны сэдэвт ажлуудын 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. Улаанбаатар хотын хувьд дулааны эх үүсвэртээ гол төлөв түүхий нүүрс хэрэглэдэг ба сүүлийн жилүүдэд авто тээврийн хэрэгслийн тоо улам нэмэгдэх болсон мөн хүн амын төвлөрөлийн улмаас ахуйн хог хаягдал ихэсч ил задгай хаягдах болсон зэрэг нь хөрсний микроэлементүүдийн бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийг нэмэгдүүлж байна.

**ТАВДУГААР БҮЛЭГ**  
**НИЙСЛЭЛ ХОТЫН ӨНГӨН ХӨРСНИЙ ХҮНД**  
**ЭЛЕМЕНТҮҮДИЙН ХУУРМАГ НИЙТ АГУУЛГЫН ТАРХАЛТ,**  
**БОХИРДЛЫН ТҮВШИН**

2018-2019 онуудад Улаанбаатар хотын газар нутгаас цуглуулсан өнгөн хөрсний 215 ш дээжинд Co, Mn, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr ба Pb-ийн хуурмаг нийт агуулгыг АШС-ийн дөлөн атомчлалын аргаар тодорхойлж Нийслэл хотын өнгөн хөрсний бохирдлын бүсчилсэн үнэлгээг хийсэн.

Хүнд элементийн хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулга гэдэг нь хааны дарс (HCl:HNO<sub>3</sub> (3:1v/v) болон азотын хүчил ба устөрөгчийн хэт ислийн хольцонд уусдаг, хөрсний силикатын нэгдлээс бүрэн задраагүй, металлын агуулга юм.

Төрөл бүрийн эх үүсвэрээс хүрээлэн буй орчинд тархаж хөрсөнд улмаар исэл, карбонат, сульфид, сульфат зэрэг нэгдэл байдлаар хөрсөнд хуримтлагддаг ба хөрсний орчин өөрчлөгдөхөд нэг нэгдлээс нөгөө нэгдэлд хялбар шилждэг ба хөрсний бохирдлын үнэлгээний чухал хэмжигдэхүүн юм.

Co, Mn, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr ба Pb-ийн хуурмаг нийт агуулгын тархалтын статистик үр дүнг 12 –р хүснэгтэд нэгтгэсэн.

*Хүснэгт 12. Co, Mn, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr ба Pb-ийн хуурмаг нийт агуулгын тархалтын статистик үр дүн*

Статистик үзүүлэлт	Хүнд металл							
	Co	Mn	Cd	Cu	Zn	Ni	Cr	Pb
Хамгийн их утга	16.54	230.47	2.73	<b>460.35</b>	97.07	46.87	<b>442.42</b>	<b>797.93</b>
Дундаж (μ)	7.43	163.76	1.03	24.14	56.59	16.69	31.85	33.40
Медиан утга	<b>7.36</b>	<b>163.02</b>	<b>0.99</b>	<b>15.83</b>	<b>56.47</b>	<b>15.75</b>	<b>27.57</b>	<b>18.23</b>
Хамгийн бага утга	2.96	66.61	0.53	6.56	18.66	7.13	11.86	5.58
STD	1.91	25.35	0.27	45.15	13.61	4.77	30.34	87.01
C.V	3.65	643	0.08	2038	185	23	920	7570
K	2.24	0.45	7.16	78.79	0.27	9.04	158.40	53.51
S	0.77	0.03	1.72	8.57	0.03	2.13	11.78	7.03
C <sub>BG</sub>	<b>9.43</b>	<b>168</b>	<b>0.84</b>	<b>13.8</b>	<b>50.1</b>	<b>19.93</b>	<b>25.95</b>	<b>11.2</b>
*Стандарт	<b>12</b>	<b>600</b>	<b>1</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>36</b>	<b>15</b>	<b>60</b>

*C<sub>BG</sub> - хот орчмын унаган төрхөө алдаагүй байгалын цэвэр буюу суурь хөрсөнд агуулагдах хуурмаг нийт агуулгын суурь агуулга*

*\*Стандарт (ОХУ)- хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандарт - (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын) (Чулджиян, 1988)*

Хотын өнгөн хөрсөн дэх хүнд металлуудын хуурмаг нийт агуулгыг хот орчмын суурь буюу унаган төрхөө алдаагүй байгалын цэвэр хөрсөнд агуулагдах суурь агуулга болон хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандарттай харьцуулж Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний хүнд элементийн бохирдлын экологийн болон геохимийн үнэлгээ хийлээ.

Манай улсын хувьд 2008 онд хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ стандарт батлагдсан ба энэ стандартыг хөрсний хүнд элементийн бохирдолд үнэлгээ хийхэд гол стандарт болгон харьцуулдаг. Энэ стандарт нь хөрсөнд агуулагдах элементүүдийн нийт агуулгаар тогтоогдсон ба харин хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандарт хараахан батлагдаагүй болно. Тиймд энэ ажилд ОХУ-ын стандартыг авч харьцуулсан (Чулджиян, 1988).

Хөрсөн дэх хүнд металлын хуурмаг нийт агуулга (мг/кг)-ын тархалтын статистик үзүүлэлтээс харахад элементүүдийн тархалт жигд бус байна. Ялангуяа Pb, Cu, Zn, Mn -ын вариаци их, жигд тархалтын тоон үзүүлэлтүүд өндөр байна. Хот орчмын байгалийн цэвэр хөрсөн дэх хүнд металлуудын суурь агуулгатай харьцуулахад Cd, Cu, Zn, Cr, Pb -ны дундаж агуулга хотын өнгөн хөрсөнд ихээр илэрсэн байна.

Хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандарттай харьцуулахад Cr-оос бусад хүнд элементүүдийн дундаж агуулга стандартаас бага, харин хүнд элементүүдийн хамгийн их агуулга Mn-аас бусад элементүүдийн хувьд ихээр илэрсэн байна.

Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөн хүнд металлуудын хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын хэмжээг хот орчмын байгалийн цэвэр буюу бохирдоогүй хөрсөнд агуулагдах хүнд металлуудын хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын суурь агуулгад харьцуулан бохирдлын түвшинг тооцсон.

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний бохирдлын түвшний бүсчилсэн үнэлгээг төвийн 6 дүүрэг тус бүрээр хийж, Cd, Co, Mn, Ni, Cr, Cu, Pb, Zn зэрэг элемент тус бүрээр гаргаж (зураг 3 – 10 болон гистограмм 1 - 8) харууллаа.

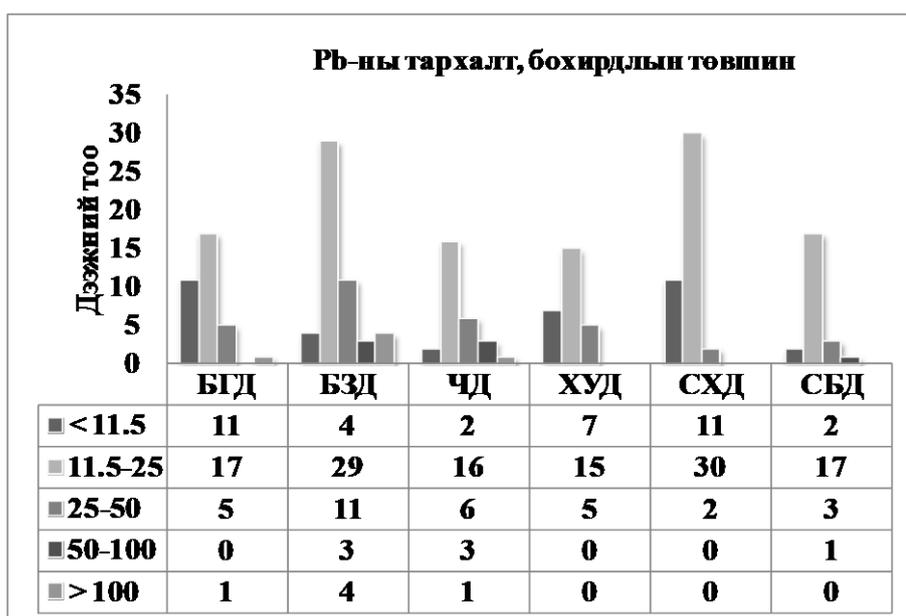
### **Хар тугалга (Pb) –ны хуурмаг нийт агуулгын тархалт, бохирдлын түвшин.**

Хартугалга (Pb) нь онцгой хортой хүнд металл юм. Хөрсөнд дунджаар 10 мг/кг –ийн хэмжээтэй байдаг (Виноградов, 1962).

ОХУ-ын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын) зөвшөөрөгдөх стандарт (Чулджиян, 1988) - аар 60 мг/кг – аас хэтэрвэл хортой гэж үздэг.

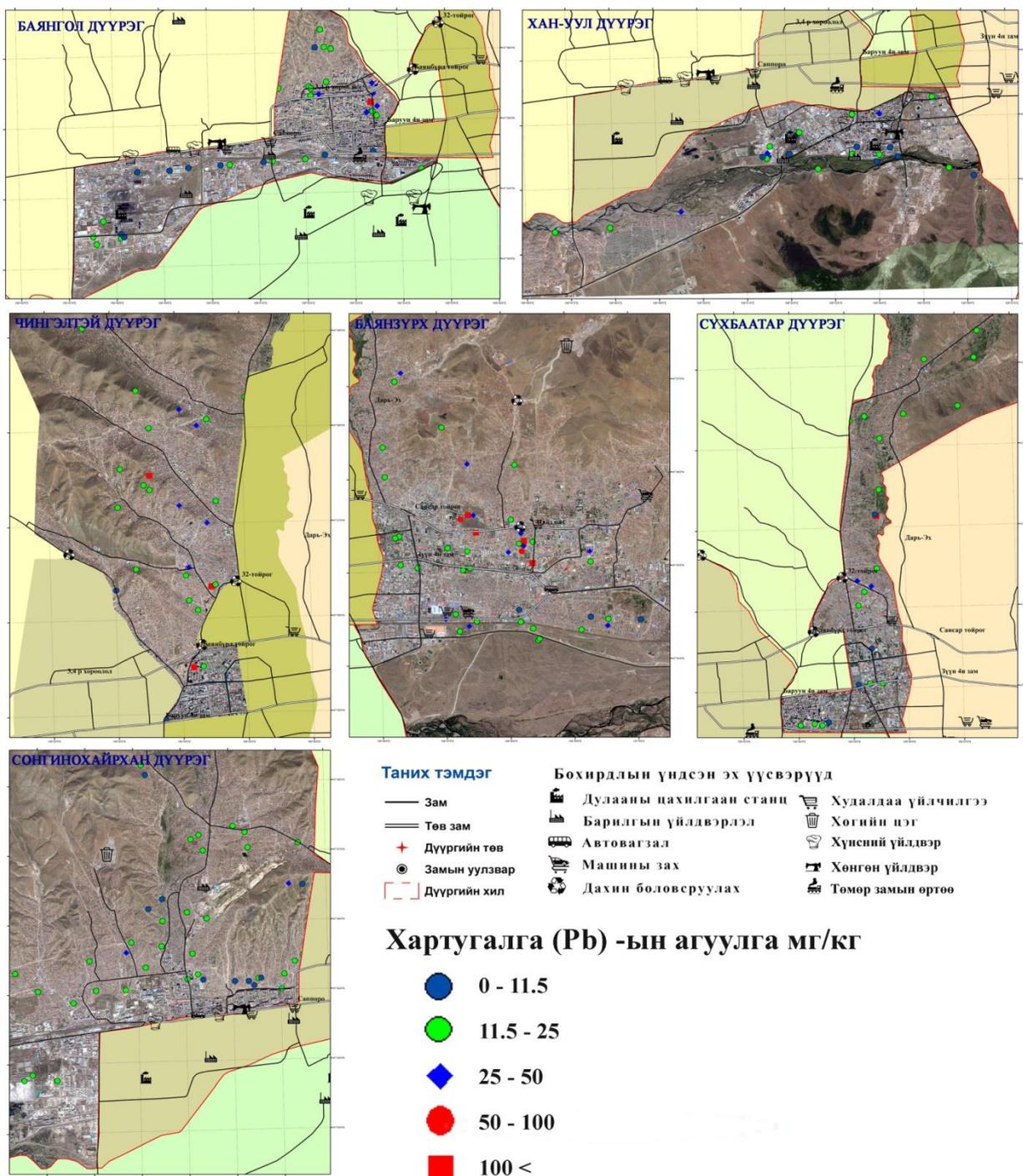
Бидний судалгааны ажлаар Улаанбаатар хот орчмын байгалийн цэвэр буюу бохирдоогүй хөрсөнд хартугалга (Pb) –ны нийт агуулгын суурь хэмжээ 20 мг/кг, хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын суурь агуулга 11.2 мг/кг гэж (Бямбасүрэн ба бусад, 2018) тогтоогдсон бол өөр судлаачдын ажилд 27 мг/кг байна. Бидний өмнөх жилүүдийн судалгааны ажлаар Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөнд 67.8 мг/кг (2003), 64.8 мг/кг (2010) ба 39.1 мг/кг (2014), тус тус тодорхойлогдсон байна. Энэ удаагийн судалгаагаар 5.58-797.93 мг/кг буюу хэлбэлзэл ихтэй жигд бус тархалттай, дунджаар (медиан утга) 18.23 мг/кг (дундаж -33.40 мг/кг) илэрсэн байна. Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөн дэх хартугалга (Pb) –ны хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын дундаж хот орчмын унаган төрхөө алдаагүй байгалийн цэвэр буюу суурь хөрсөнд агуулагдах хуурмаг нийт агуулгын суурь

агуулгаас их, харин ОХУ – ын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандарт - (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын)-аас багаар илэрсэн байна. Гэвч Баянзүрх дүүргээс авсан 7 (1-өргөрөг 47.9233, уртраг 106.9587; 2-өргөрөг 47.9258 уртраг 106.9548; 3-өргөрөг 47.9264, уртраг 106.9582; 4-өргөрөг 47.9265, уртраг 106.9567; 5-өргөрөг 47.9176, уртраг 106.9733; 6-өргөрөг 47.9198, уртраг 106.9706; 7- өргөрөг 47.9216. уртраг 106.97120), Чингэлтэй дүүргээс авсан 4 (1- өргөрөг 47.95858, уртраг 106.8926; 2-өргөрөг 47.93891 уртраг 106.9078; 3-. өргөрөг 47.9390, уртраг 106.9085; 4-өргөрөг 47.9247, уртраг 106.9028) ба Баянгол дүүргээс авсан 1 ( өргөрөг 47.9212, уртраг 106.8899) дээжинд хартугалга (Pb) –ны хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын хэмжээ маш их 100-794.93 мг/кг илэрсэн нь байгалын цэвэр хөрсөн дэх суурь агуулгаас 5-40 дахин их байна.



Гистограмм 1. Хартугалгын тархалт, бохирдлын түвшин дүүрэг тус бүрээр.

Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөн дэх хартугалга (Pb) –ны хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын хэмжээг хот орчмын байгалийн цэвэр буюу бохирдоогүй хөрсөнд хартугалга (Pb) –ны хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын суурь агуулгад харьцуулан бохирдлын түвшинг тооцсон үр дүнгээр Улаанбаатар хотын нийт газар нутаг бага ба дунд зэргийн (суурь агуулгаас 1-2.6 дахин) бохирдолтой байна. Хөрсний хартугалга (Pb) –ны бохирдлын түвшинг дүүрэг тус бүрээр авч үзвэл Хан-Уул (ХУД, n=27) ба Сонгинохайрхан (СХД, n=43) дүүргийн нутаг дэвсгэрийн өнгөн хөрсний хартугалга (Pb) –ны бохирдлын түвшин бага, Баянгол (БГД, n=34) ба Сүхбаатар (СБД, n=23) дүүргийн нутаг дэвсгэрийн өнгөн хөрсний хартугалга (Pb) –ны бохирдлын түвшин дунд зэргийн харин Баянзүрх (БЗД, n=51) ба Чингэлтэй (ЧД, n=28) дүүргүүдийн нутагт их ба маш их бохирдол бүртгэгдэж байна.



Зураг 3. Хартугалгын орон зайн тархалт дүүрэг тус бүрээр.

**Цайр (Zn) - ын хуурмаг нийт агуулгын тархалт, бохирдлын түвшин.**

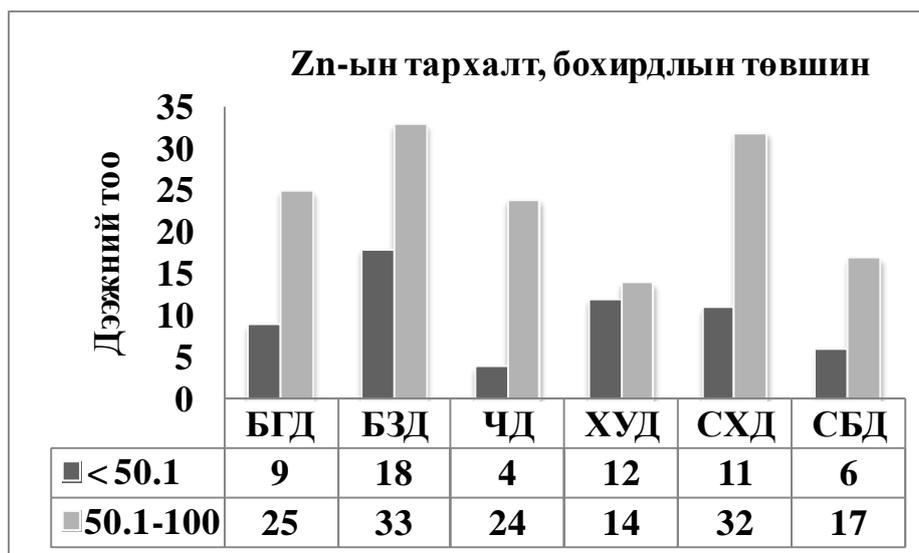
Цайр (Zn) нь биологийн идэвхт хүнд металл юм. Хөрсөнд дунджаар 50 мг/кг байдаг (Виноградов, 1962). Газар нутгийн байгаль цаг уурын онцлог, хөрсний голлох хэв шинжээс хамааран манай орны хөрсөнд цайрын нийт хэмжээ 9.95-140 мг/кг –ийн хэмжээтэй тогтоогдсон байна (Лосолмаа ба бусад, 1971).

ОХУ-ын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын) зөвшөөрөгдөх стандартаар 60 мг/кг –аас хэтэрвэл хортой гэж үздэг (Чулджиян, 1988).

Бидний судалгааны ажлаар Улаанбаатар хот орчмын байгалийн цэвэр буюу бохирдоогүй хөрсөнд цайр (Zn) -ын нийт агуулгын суурь хэмжээ 60 мг/кг, хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын суурь агуулга 50.1 мг/кг гэж тогтоогдсон бол өөр судлаачдын ажилд цайр (Zn) -ын нийт агуулга 52 мг/кг байна.

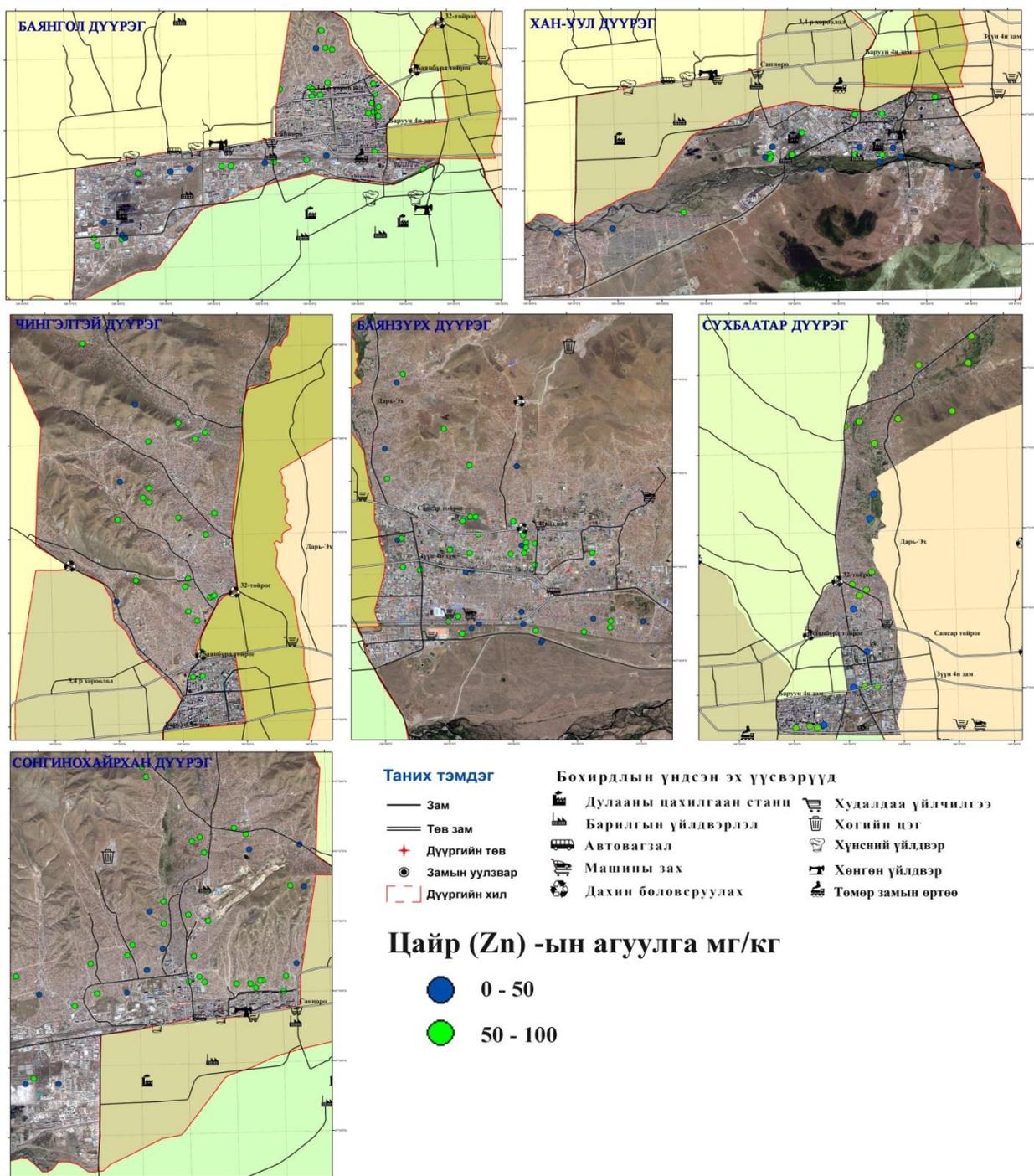
Бидний өмнөх жилүүдийн судалгааны ажлаар цайр (Zn)-ын агуулга Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөнд 70.7 мг/кг (2010) ба 93.7 (2014), мг/кг –р тус тус тодорхойлогдсон байна. Энэ удаагийн судалгаагаар 18.66-97.07 мг/кг жигддүү тархалттай, дунджаар (медиан утга) 56.47 мг/кг (дундаж -56.59 мг/кг) илэрсэн байна.

Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөн дэх цайр (Zn)-ын хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын дундаж хот орчмын унаган төрхөө алдаагүй байгалийн цэвэр буюу суурь хөрсөнд агуулагдах хуурмаг нийт агуулгын суурь агуулгаас их, харин ОХУ – ын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандарт - (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын)-ын хэмжээнд байна.



*Гистограмм 2. Цайрын тархалт, бохирдлын түвшин дүүрэг тус бүрээр*

Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөн дэх цайр (Zn)-ын хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын хэмжээг хот орчмын байгалийн цэвэр буюу бохирдоогүй хөрсөнд цайр (Zn)-ын хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын суурь агуулгад харьцуулан бохирдлын түвшинг тооцсон үр дүнгээр Улаанбаатар хотын нийт газар нутаг бохирдолгүй ба бага зэргийн бохирдолтой байна.



Зураг 4. Цайрын орон зайн тархалт дүүрэг тус бүрээр

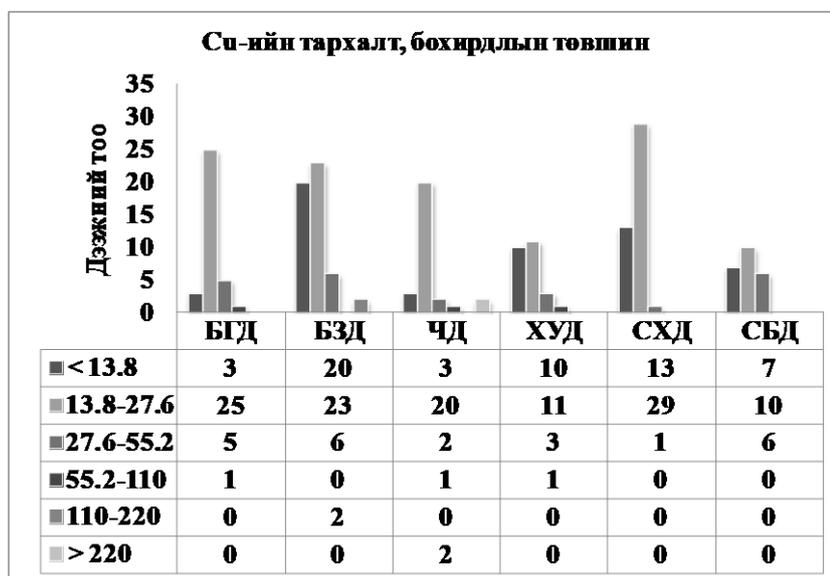
### Зэсийн (Cu) хуурмаг нийт агуулгын тархалт, бохирдлын түвшин.

Хөрсөнд зэсийн (Cu) нийт хэмжээ дунджаар 20мг/кг (Виноградов, 1962) байхаас манай орны хөрсөнд газар нутгийн онцлог, хөрсний хэв шинжээс хамаарч дунджаар 1.7-60.7 мг/кг тогтоогджээ (Лосолмаа ба бусад, 1971). Улаанбаатар орчмын унаган төрхөө алдаагүй байгалийн цэвэр буюу суурь хөрсөнд агуулагдах зэсийн (Cu) нийт агуулгын хэмжээ 25 мг/кг –аар тогтоогдсог байна. Зэс (Cu) нь

хөрсний органик бодис, ялзмагийн хэмжээтэй уялдаатай хялбар уусдаг нэгдлийн байдалтай хөрсний дээд давхаргаар тархдаг.

ОХУ-ын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын) зөвшөөрөгдөх стандартаар 50 мг/кг –аас хэтэрвэл хортой гэж үздэг (Чулджиян, 1988).

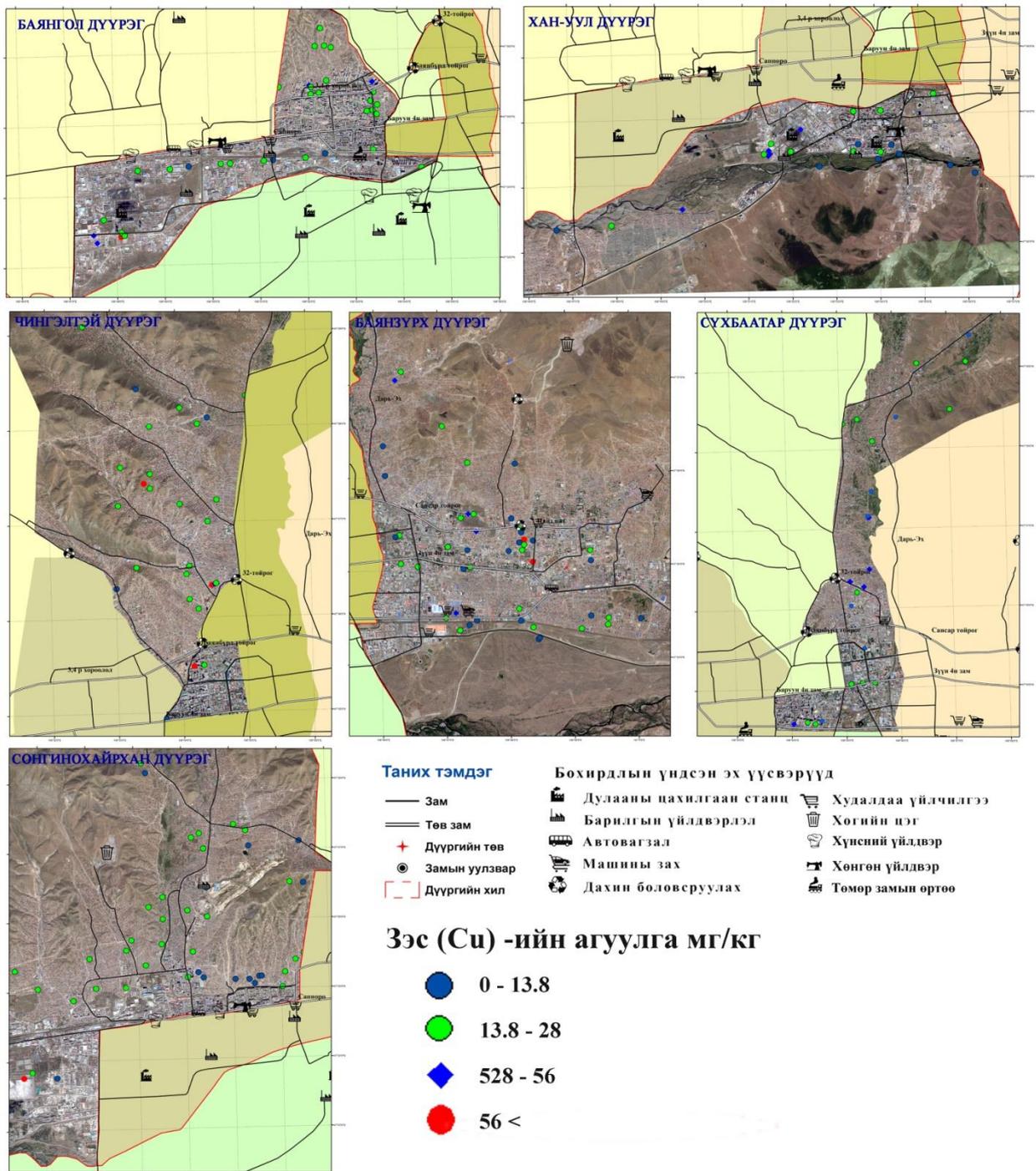
Бидний өмнөх судалгааны ажлаар Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд зэс (Cu) –ийн хуурмаг нийт агуулга 22.5 мг/кг (2014) - 40.5 мг/кг (2003) тус тус илэрсэн байна. Энэ удаагийн судалгаагаар 6.65-460.35 мг/кг буюу хэлбэлзэл ихтэй дунджаар 15.83 мг/кг илэрсэн байна. Дундаж утгаар нь авч үзвэл Улаанбаатар хот орчмын унаган төрхөө алдаагүй байгалийн цэвэр буюу суурь хөрсөнд агуулагдах хуурмаг нийт агуулгын суурь агуулгын хэмжээнээс их, харин ОХУ-ын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандарт - (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын) стандартаас бага байна.



*Гистограмм 3. Зэсийн орон зайн тархалт, бохирдлын түвшин дүүрэг тус бүрээр*

Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсний дээжин дэх зэс (Cu) –ийн хуурмаг нийт агуулгын бохирдлын түвшин ихэнх дээжинд бага бохирдолтой ба бохирдолгүй байна.

Дүүрэг тус бүрээр авч үзвэл зэс (Cu) –ийн хуурмаг нийт агуулгын бохирдлын түвшин Сонгинохайрхан (СХД, n=43) ба Сүхбаатар (СБД, n=23) дүүргүүдийн дээжинд Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний дээжин дэх зэс (Cu) –ийн хуурмаг нийт агуулгын бохирдлын түвшиний хэмжээнд буюу гол төлөв бага ба бохирдолгүй байна.



Зураг 5. Зэсийн орон зайн тархалт дүүрэг тус бүрээр

Харин Баянгол дүүргийн 1 (өргөрөг 47.8902, уртраг), Баянзүрх дүүргийн 2 (1-өргөрөг 47.9176, уртраг 106.9733; 2- өргөрөг 47.9176, уртраг 106.9711) байршлын буюу Цайз захын хажуугийн шатахуун түгээх цэг ба цайны газрын үүд, Чингэлтэй дүүргийн 3 байршил (1- өргөрөг 47.95858, уртраг 106.8926; 2-өргөрөг 47.93891 уртраг 106.9078; 3-өргөрөг 47.9247, уртраг 106.9028) лын дээжинд маш их бохирдолтой байгаа нь байгалын цэвэр хөрсөн дэх суурь агуулгаас 2-10 дахин их байна. Мөн зэс (Cu) –ийн хуурмаг нийт агуулга маш ихээр илэрсэн байршил

хартугалга (Pb)-ны хуурмаг нийт агуулгын бохирдлын түвшин маш их байсан байршлуудтай Баянзүрх, Чингэлтэй дүүрэгт давхцаж байгаа нь ажиглагдаж байна. Үүнээс гадна зэс (Cu) –ийн хуурмаг нийт агуулгын бохирдлын түвшин 3 болон 4 дүгээр дулааны цахилгаан станц орчмын газруудад маш их байна.

### Cr -ын хуурмаг нийт агуулгын тархалт, бохирдлын түвшин.

Хром (Cr) нь хөрсөнд 190 мг/кг хэмжээтэй байдаг (Виноградов, 1962). Хромын агуулга манай орны хөрсөнд тухайн газар нутгийн онцлог, хөрсний хэв шинжээс хамааран дунджаар 10.2-398.0 мг/кг хэмээн судлагджээ (Лосолмаа ба бусад, 1971).

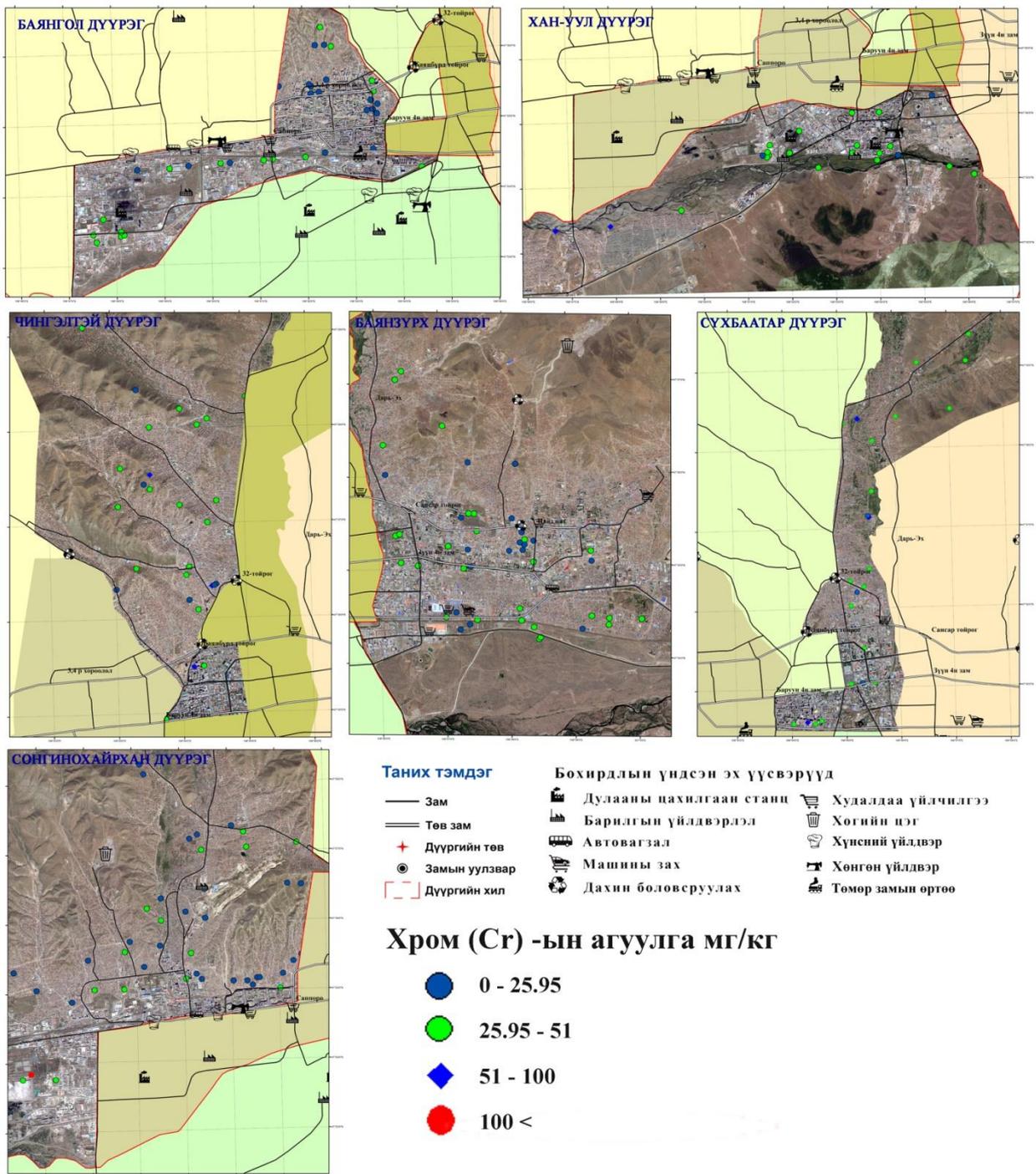
ОХУ-ын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын) зөвшөөрөгдөх стандартаар 15 мг/кг –аас хэтэрвэл хортой гэж үздэг (Чулджиян, 1988).



Гистограмм 4. Хромын орон зайн тархалт дүүрэг тус бүрээр

Бидний энэ удаагийн судалгаагаар Улаанбаатар хот орчмын суурь буюу бохирдоогүй, унаган төрхөө алдаагүй цэвэр хөрсөнд хром (Cr) – ын нийт агуулга 45 мг/кг, хуурмаг нийт агуулга 25.95 мг/кг илэрсэн байна.

Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөнд хром (Cr) – ын хуурмаг нийт агуулгын тархалт хэлбэлзэл ихтэй жигд бус байна. Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөнд хром (Cr) – ын хуурмаг нийт агуулгын хэмжээ 11.86-442.42 мг/кг буюу дунджаар 27.57 мг/кг –ын хэмжээтэй илэрсэн нь хуурмаг нийт агуулгын суурь агуулга болон ОХУ-ын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын) зөвшөөрөгдөх стандартаас их байна.



Зураг 6. Хромын орон зайн тархалт дүүрэг тус бүрээр

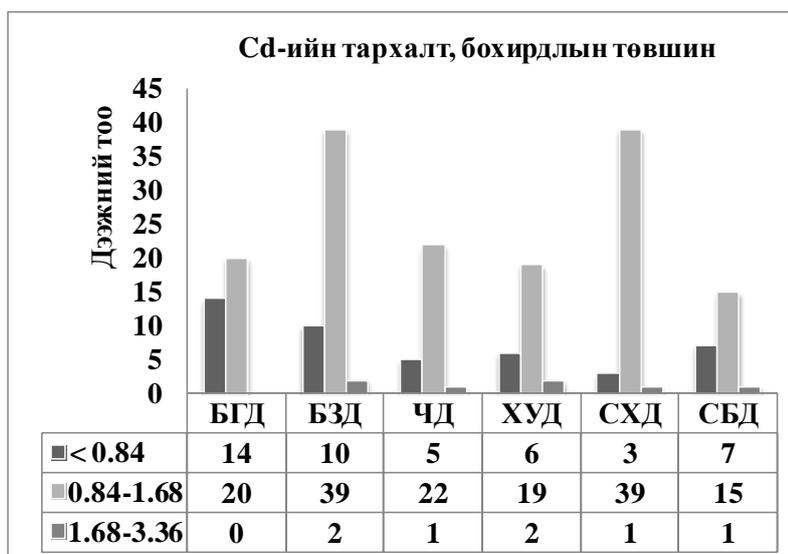
Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсний дээжин дэх хром (Cr) –ын хуурмаг нийт агуулгын тархалтыг дүүрэг тус бүрээр авх үзвэл Баянгол (БГД, n=34) ба Баянзүрх (БЗД, n=51) дүүргүүдийн ихэнх дээжинд бохирдолгүй ба бага бохирдолтой байна. Чингэлтэй (ЧД, n=28), Хан-Уул (ХУД, n=27), Сүхбаатар (СБД, n=23) дүүргүүдийн дээжинд тус бүр 3 (10, 11, 13 % нийт дээжний ) дээж дунд зэргийн бохирдолтой, ихэнх дээжинд бага бохирдолтой нийт дээжний 65 %-д хром (Cr) –ын бохирдолгүй цэвэр байлаа. Харин Сонгинохайрхан дүүргийн

нутагт 4 дүгээр дулааны цахилгаан станц орчмын 1 дээжинд (өргөрөг 47.8973, уртраг 106.7623) хром (Cr) – ын хуурмаг нийт агуулгын хамгийн их агуулга байгалын цэвэр хөрсөн дэх суурь агуулгаас 4 дахин их байна. Мөн энэ байршилд зэс (Cu) –ийн хуурмаг нийт агуулгын бохирдлын түвшин маш их байсан төдийгүй 3 болон 4 дүгээр дулааны цахилгаан станц орчмын дээжүүдийг бусад байршилтай харьцуулахад хром (Cr) – ын нийт агуулгын бохирдлын түвшин өндөр байгаа нь ажиглагдсан.

### Кадмийн (Cd) хуурмаг нийт агуулгын тархалт, бохирдлын түвшин.

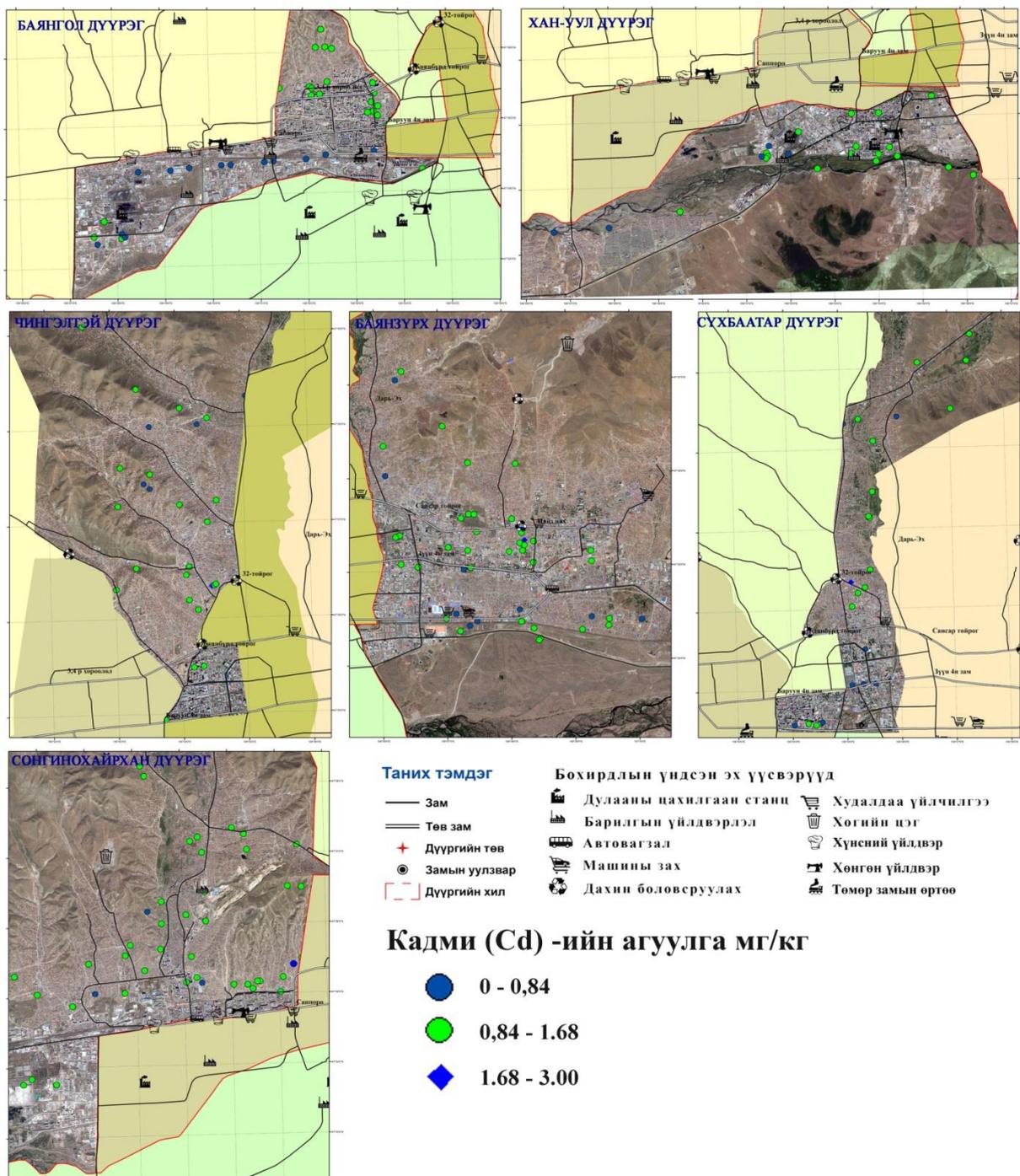
Кадмий нь хөрсөнд 0.05 мг/кг хэмжээтэй байдаг (Виноградов, 1962). ОХУ - ын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын) зөвшөөрөгдөх стандартаар 1 мг/кг –аас хэтэрвэл хортой гэж үздэг (Чулджиян, 1988).

Бидний өмнөх судалгааны ажлаар Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд кадмийн агуулга дунджаар 0.3 (2010) -1.13 (2003) мг/кг хэмээн судлагджээ. Бидний энэ удаагийн судалгаагаар Улаанбаатар хот орчмын суурь буюу бохирдоогүй, унаган төрхөө алдаагүй цэвэр хөрсөнд кадмий (Cd)-н нийт агуулга 1 мг/кг, хуурмаг нийт агуулга 0.84 мг/кг илэрсэн байна.



Гистограмм 5. Кадмийн орон зайн тархалт, бохирдлын түвшин дүүрэг тус бүрээр

Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөнд кадмий (Cd)-н хуурмаг нийт агуулгын тархалт харьцангуй жигд (дундаж утга (1.03) ба медиан утга (0.99) ойролцоо) байна. Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөнд кадмий (Cd)-н хуурмаг нийт агуулгын хэмжээ 0.53-2.73 мг/кг буюу дунджаар 1.03 мг/кг хэмжээтэй илэрсэн нь хуурмаг нийт агуулгын суурь агуулга болон ОХУ-ын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын) зөвшөөрөгдөх стандартаас их байна.



Зураг 7. Кадмийн орон зайн тархалт дүүрэг тус бүрээр

Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөн дэх кадмий (Cd)–н бохирдлын түвшин дунд зэрэг байна. Өнгөн хөрсөн дэх кадмий (Cd)–н бохирдолтын түвшинг дүүрэг тус бүрээр авч үзвэл Баянгол дүүргийн ихэнх дээжинд бохирдолгүй ба бага бохирдолтой, Баянзүрх, Хан-Уул, Сүхбаатар, Сонгинохайрхан дүүргүүдийн ихэнх дээжинд бага бохирдолтой, Баянзүрх ба Хан-Уул дүүргүүдийн тус бүр 2 дээжинд, Чингэлтэй, Сүхбаатар, Сонгинохайрхан дүүргүүдийн тус бүр 1

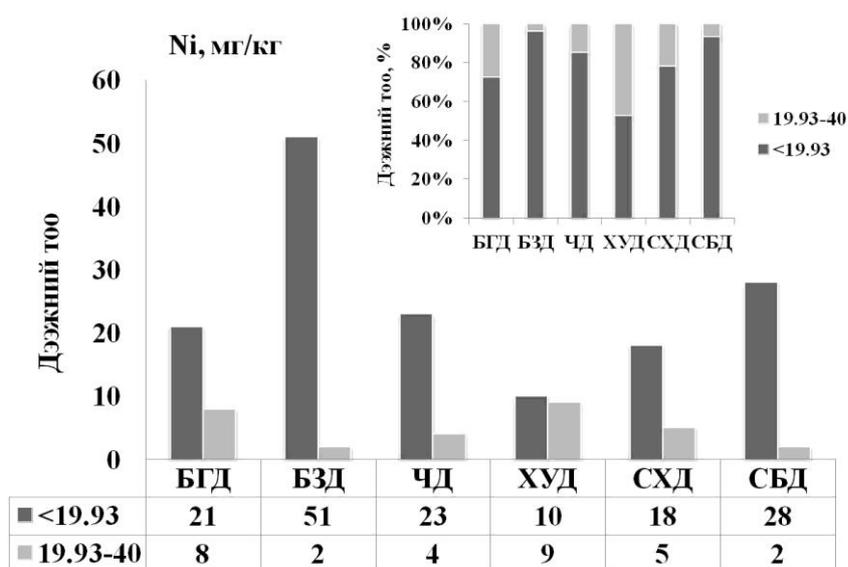
дээжинд дунд зэргийн бохирдолтой байна. Кадмий (Cd) – н бохирдолтын түвшин дунд зэргийн бохирдолтой буюу бусад байршлаас харьцангуй өндөр агуулгатай гарсан дээжүүд нь хартугалга (Pb), зэс (Cu)- ийн бохирдолтын түвшин маш их гарсан байршилтай давхцаж байна.

Мөн эдгээр байршилд хоёрдогч түүхий эд авах боловсруулах цэг, авто машины тос задгайгаар борлуулах цэгүүд болон барилгын материал борлуулах цэгүүд олоноор байрладаг нь дээж цуглуулах явцад ажиглагдсан. Энэ нь үйлдвэрийн хог хаягдал, машины дугуйн элэгдэл, тосолгооны эд материал зэрэг нь хөрсөн дэх кадмийн бохирдлын эх үүсвэр, шалтгаан болдог гэсэн судлаачдын судалгааны материал, үр дүн, дүгнэлтүүдтэй тохирч байгааг дурдах нь зүйтэй.

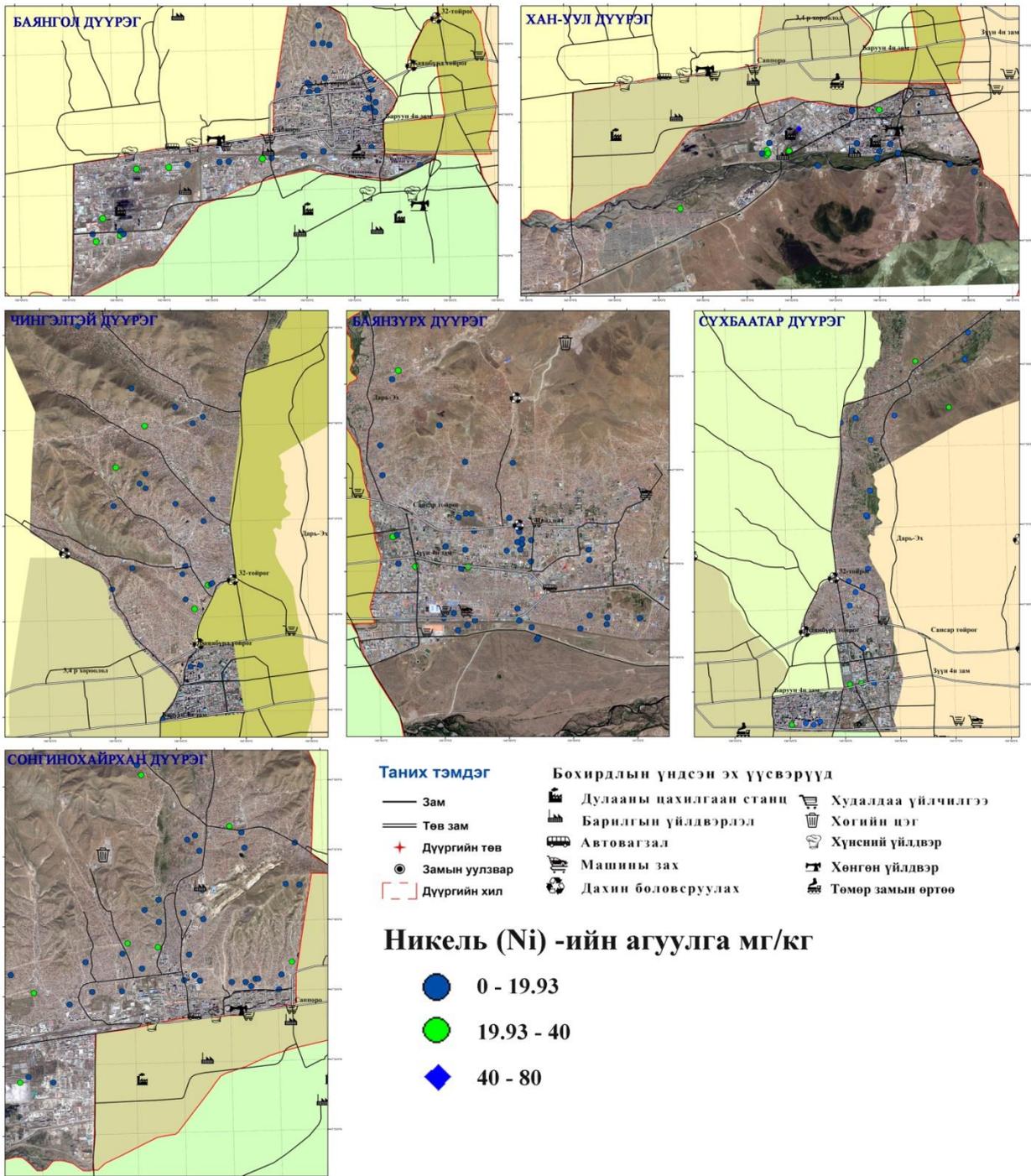
### Никель (Ni) –ийн хуурмаг нийт агуулгын тархалт, бохирдлын түвшин.

Хөрсөнд агуулагдах никель (Ni) –ийн дундаж буюу кларк 40 мг/кг (Виноградов, 1962), манай орны голлох хэв шинжийн байгалийн цэвэр хөрсөнд газар нутгийн онцлог, хөрсний хэв шинжээс хамааран дунджаар 9.1-134.9 мг/кг байдаг (Лосолмаа ба бусад, 1971). Никель (Ni) нь гол төлөв хөрсний ялзмагийн агуулга, механик бүтэц болон хөрсөнд агуулагдах төмрийн хэмжээтэй уялдан өөрчлөгддөг байна.

Никель (Ni) –ийн нийт агуулга Улаанбаатар хот орчмын суурь буюу унаган төрхөө алдаагүй байгалийн цэвэр хөрсөнд 33 мг/кг, хуурмаг нийт агуулга 19.93 мг/кг байна (Бямбасүрэн ба бусад, 2018). ОХУ-ын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын) зөвшөөрөгдөх стандартаар (Ni) –ийн хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын дундаж 36 мг/кг –аас хэтэрвэл хортой гэж үздэг (Чулджиян, 1988).



Гистограмм б. Никелийн бохирдлын түвшиний орон зайн тархалт дүүрэг тус бүрээр



Зураг 8. Никелийн орон зайн тархалт дүүрэг тус бүрээр

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх никель (Ni) –ийн хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын дундаж Улаанбаатар хот орчмын суурь буюу унаган төрхөө алдаагүй байгалийн цэвэр хөрсөн дэх Ni –ийн агуулга болон ОХУ-ын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын) зөвшөөрөгдөх стандартаас багаар илэрсэн байна. Никель (Ni) –ийн хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын тархалт, бохирдлын түвшнийг дүүрэг тус бүрээр гаргасан

үр дүнгээр өнгөн хөрсний ихэнх дээжинд никель (Ni) –ийн хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын хэмжээ суурь агуулгын хэмжээнээс багаар илэрсэн ба нийт дээжний 3.7-47.36 хувьд 1.87 дахин их буюу бохирдлын түвшин бага байна. Жишээ нь: БГД (29 дээжнээс 8 дээжинд буюу 27.6 хувьд); БЗД (53 дээжнээс 2 дээжинд буюу 3.7 хувьд); ЧД (27 дээжнээс 4 дээжинд буюу 14.8 хувьд); ХУД (19 дээжнээс 9 дээжинд буюу 47.36 хувьд); СХД (30 дээжнээс 5 дээжинд буюу 16.7 хувьд); СБД (23 дээжнээс 2 дээжинд буюу 8 хувьд)

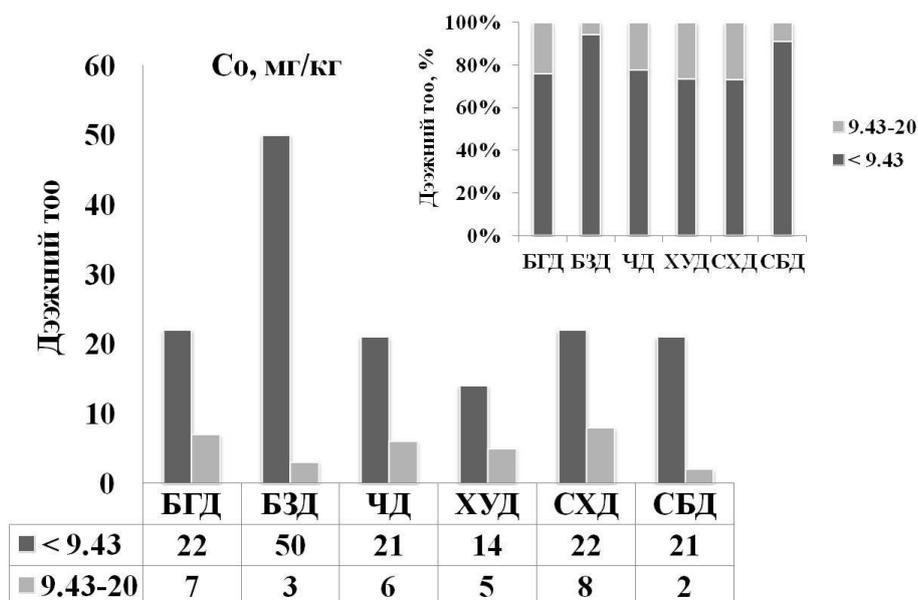
### Кобальт (Co)-ын хуурмаг нийт агуулгын тархалт, бохирдлын түвшин.

Кобальтыг хэт суурилаг лавын үндсэн элемент гэдэг. Кобальтын хэмжээ хөрсөнд дунджаар 10 мг/кг байдаг (Виноградов, 1962). Кобальт нь хоёр валенттай нэгдлийн байдалтайгаар хөрсөнд байна.

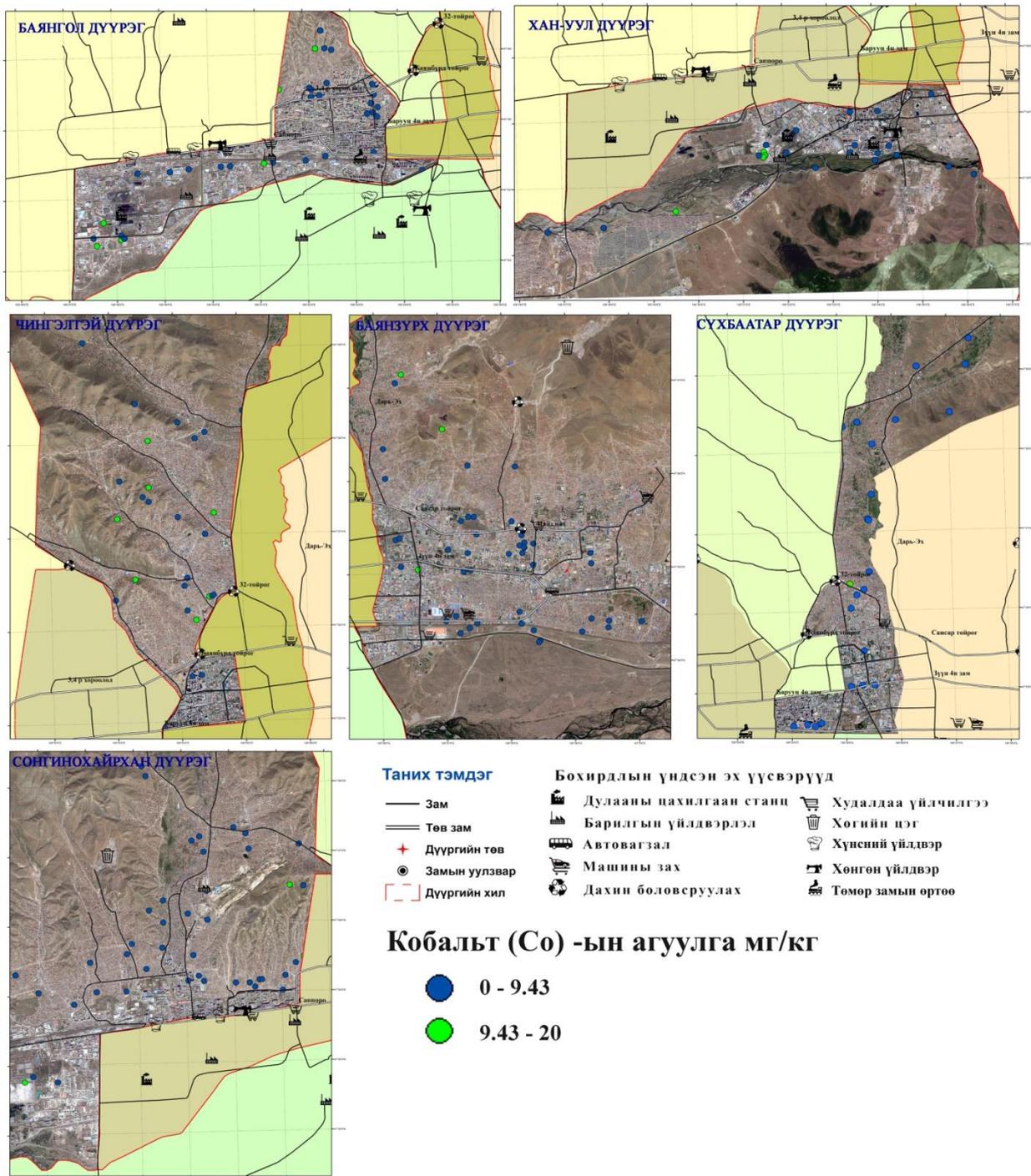
Газар нутгийн цаг уурын байдал, хөрсний хэв шинжээс хамаараад манай орны голлох хэв шинжийн хөрсөнд дунджаар 6.40-10.30 мг/кг буюу дэлхийн дундаж агуулгын хэмжээнд байдаг (Лосолмаа ба бусад, 1971).

ОХУ-ын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын) зөвшөөрөгдөх стандартаар 12 мг/кг –аас хэтэрвэл хортой гэж үздэг (Чулджиян, 1988).

Улаанбаатар хот орчмын байгалийн цэвэр, бохирдоогүй хөрсөнд кобальт (Co)-ын нийт агуулга 18 мг/кг, хуурмаг нийт агуулга **9.43** мг/кг, Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөнд хуурмаг нийт агуулга дунджаар 7.25-8.83 мг/кг тус тус илэрсэн нь дэлхийн дундаж болон Монгол улсын дундаж хэмжээнд байна.



Гистограмм 7. Кобальтын бохирдлын түвшиний орон зайн тархалт дүүрэг тус бүрээр



Зураг 9. Кобальтын орон зайн тархалт дүүрэг тус бүрээр

Кобальт (Co)-ын хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын тархалт, бохирдлын төвшнийг дүүрэг тус бүрээр гаргасан үр дүнгээр өнгөн хөрсний ихэнх дээжинд кобальт (Co)-ын хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын хэмжээ суурь агуулгын хэмжээнээс багаар илэрсэн ба нийт дээжний зөвхөн 5.7-26 хувьд 1.8 дахин их буюу бага бохирдолтой байна. Жишээ нь: БГД (29 дээжнээс 7 дээжинд буюу 24 хувьд); БЗД (53 дээжнээс 3 дээжинд буюу 5,7 хувьд); ЧД (27 дээжнээс 6 дээжинд буюу 22 хувьд); ХУД (19 дээжнээс 5 дээжинд буюу 26 хувьд); СХД (30 дээжнээс 8 дээжинд буюу 27 хувьд); СБД (23 дээжнээс 2 дээжинд буюу 8 хувьд)

### Манган (Mn) - ны хуурмаг нийт агуулгын тархалт, бохирдлын түвшин.

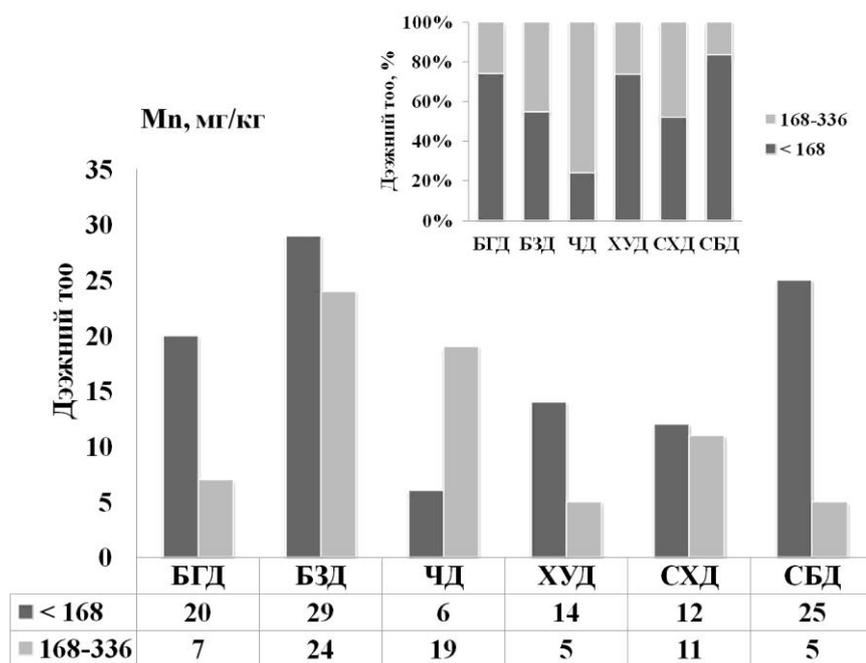
Манган (Mn) - ны хэмжээ хөрсөнд дунджаар 545 мг/кг байдаг (Виноградов, 1962). Газар нутгийн цаг уурын байдал, хөрсний хэв шинжээс хамаараад манай орны голлох хэв шинжийн хөрсөнд дунджаар 100-934.6 мг/кг байдаг (Лосолмаа ба бусад, 1971).

ОХУ-ын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын) зөвшөөрөгдөх стандартаар 600 мг/кг –аас хэтэрвэл хортой гэж үздэг (Чулджиян, 1988).

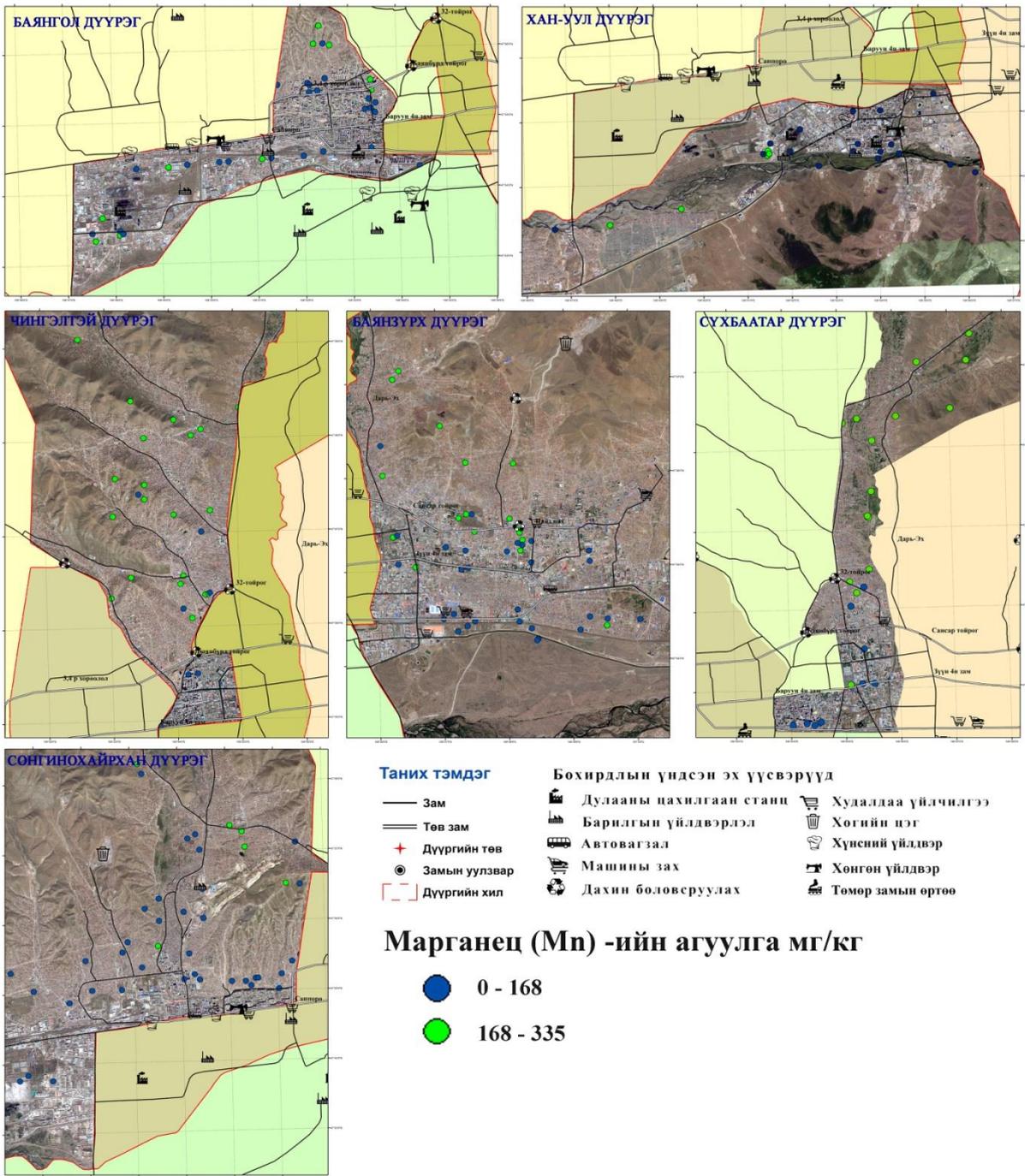
Улаанбаатар хот орчмын байгалийн цэвэр, бохирдоогүй хөрсөнд Манган (Mn) - ны нийт агуулга 710 мг/кг, хуурмаг нийт агуулга 168 мг/кг, Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөнд хуурмаг нийт агуулга дунджаар 101-230 мг/кг тус тус илэрсэн нь дэлхийн дундаж, Монгол улсын дундаж хэмжээнээс багаар илэрсэн байна.

Манган (Mn) - ны хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын тархалт, бохирдлын төвшнийг дүүрэг тус бүрээр гаргаж 16-ийн а, б зургуудад харууллаа.

Зургаас харахд дүүрэг тус бүрээс цуглуулж шинжилсэн өнгөн хөрсний ихэнх дээжинд Манган (Mn) - ны хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын хэмжээ суурь агуулгын хэмжээнээс багаар илэрсэн байна.



Гистограмм 8. Кобальтын бохирдлын түвшиний тархалт дүүрэг тус бүрээр



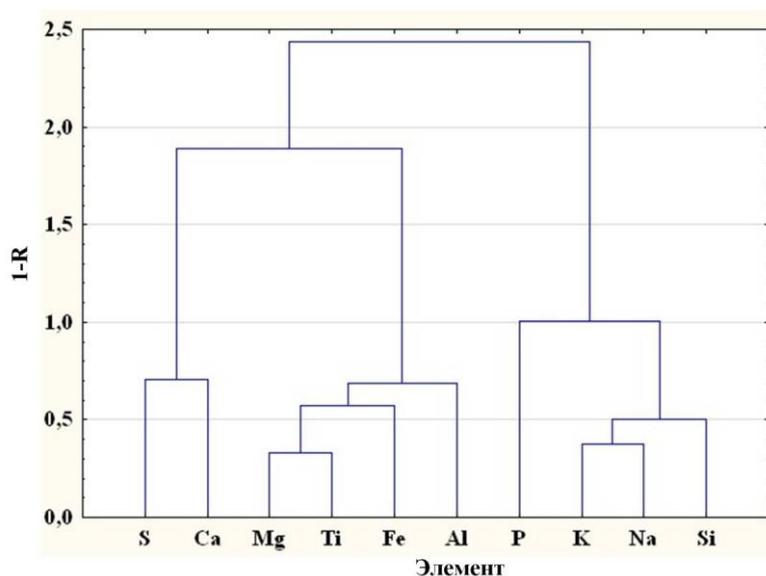
Зураг 10. Марганецийн орон зайн тархалт дүүрэг тус бүрээр

**ЗУРГААДУГААР БҮЛЭГ**  
**МАКРО, МИКРОЭЛЕМЕНТҮҮД, ХҮНД МЕТАЛЛУУД, ТЭДГЭЭРИЙН**  
**ХООРОНДЫН ХАРИЛЦАН ХАМААРЛЫГ СУДЛАХ, ӨНГӨН**  
**ХӨРСӨНД ОРШИХ ЭХ ҮҮСВЭРИЙН СУДАЛГАА**

Хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн хоорондын хамаарал, бохирдлын эх үүсвэрийн үзүүлэлтийн статистик боловсруулалтыг сайжруулах төлөвлөгөөний хүрээнд Макро, микроэлементүүд, хүнд металлууд, тэдгээрийн хоорондын харилцан хамаарлыг судлах, өнгөн хөрсөнд орших эх үүсвэрийг (хүний хүчин зүйлийн болон байгалийн эх үүсвэр) тогтоох судалгааны ажлыг хийсэн. Энэ нь өнгөн хөрсний бохирдлын шалтгааныг оновчтой тогтоох, гол бохирдуулагч бодисыг илрүүлэх, ихээр бохирдсон газрыг цэвэршүүлэх технологийг зөв соноход чухал ач холбогдолтой.

Элементүүдийн хоорондын харилцан хамаарал нь тэдгээрийн ерөнхий нэг шинж чанар болон ижил төстэй эх үүсвэрийг илэрхийлдэг.

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх макро, микроэлементүүдийн хөрсөнд орших эх үүсвэр, геохимийн төлөв байдлын судалгааг хемометрийн олон хувьсагчит статистикийн корреляцийн шинжилгээ, кластер ба фактор анализын аргуудаар судаллаа. Корреляцийн шинжилгээ, фактор ба кластер анализыг макро ба микроэлементүүд тус бүрд болон макро ба микроэлементүүд хооронд судалж, үр дүнг 11-21 дугаар зургууд, ба 12 -15 дугаар хүснэгтүүдэд тус тус нэгтгэсэн.



*Зураг 11. Макроэлементүүдийн кластер анализын дендрограм*

Өнгөн хөрсөн дэх макроэлементүүд нь хөрсний механик бүрэлдэхүүний төлөв, хөрсийг бүрдүүлж буй эрдсийн бүтцийг илэрхийлдэг. Үүнд: Si, K, Na нь O<sub>2</sub>-той нэгдэж хөрсийг үүсгэгч эрдэс чулуулгийг бүрдүүлж хөрсний элсэрхэг фракцыг бий болгодог. Харин Mg, Ti, Fe, Al нь O<sub>2</sub>-той нэгдэж хөрсийг үүсгэгч чулуулгийн үндсэн шаварлаг эрдсийг бүрдүүлдэг элементүүд юм. P нь хөрсний

органик бүрэлдэхүүнд зонхилж агуулагддаг гол элемент, Ca, S хөрсөнд карбонат болон сульфат байдлаар агуулагддаг.

*Хүснэгт 12. Макроэлементүүдийн фактор анализын үр дүн*

Статистик үзүүлэлт	ГК-1	ГК-2	ГК-3
Хувийн утга	3.42	2.57	1.04
Нийт дисперс, %	34.23	59.92	70.35
Элемент	Факторын коэффициент		
Ca	<b>0.726</b>	0.181	0.085
S	<b>0.618</b>	-0.413	-0.333
Si	<b>-0.829</b>	0.155	0.021
K	<b>-0.809</b>	-0.085	0.417
Na	-0.506	0.021	<b>0.628</b>
P	0.052	0.122	<b>0.821</b>
Mg	0.129	<b>0.917</b>	0.098
Ti	-0.115	<b>0.802</b>	0.062
Fe	0.306	<b>0.701</b>	-0.420
Al	-0.300	<b>0.649</b>	0.337

*Хүснэгт 13. Макроэлементүүдийн хоорондын корреляцийн коэффициент*

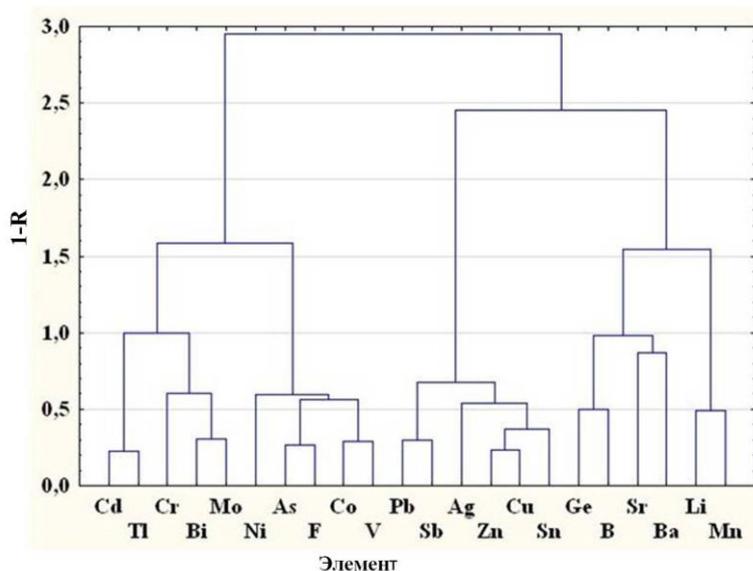
Элемент	Si	Na	K	P	Al	Mg	Fe	Ti	S	Ca
Si	1.00									
Na	0.47*	1.00								
K	0.61*	0.65*	1.00							
P	-0.07	0.18	0.20	1.00						
Al	0.27*	0.33*	0.39*	0.28*	1.00					
Mg	0.07	0.06	0.08	0.30*	0.53*	1.00				
Fe	-0.23	-0.39*	-0.18	0.05	0.24	0.55*	1.00			
Ti	0.34*	0.10	0.25*	0.33*	0.37*	0.58*	0.20	1.00		
S	-0.46*	-0.45*	-0.55*	-0.16	-0.46*	-0.33*	-0.08	-0.40*	1.00	
Ca	-0.35*	0.00	-0.51*	-0.02	-0.14	0.16	-0.06	-0.08	0.28*	1.00

Хүснэгт 13-д харуулснаар макроэлементүүдийн хоорондын корреляцийн коэффициент нь эдгээр элементүүдийн Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд орших эх үүсвэрийг тогтооно.

Кластер ба фактор анализын үр дүнгээр (зураг-11, хүснэгт 12) Si, Al, Fe, Ca, Mg, Ti, Na, K, P, S нь [P- (K-Na-Si)] - [(S-Ca) - (Mg-TiFe-Al)] гэсэн 3 групп буюу 3 гол компонентийг бүрдүүлж байгаа ба эдгээр гол компонентүүд нь хөрсний тодорхой фракцийг илэрхийлнэ. Үүнд: P-(K-Na-Si) –ийн бүлэг буюу гол компонент ГК-1 нь хөрсний элсэрхэг фракцийг төлөөлнө. Хөрсийг бүрдүүлэх элс нь Монгол орны хуурай уур амьсгалын нөхцөлд газар нутгийн геологийн тогтцыг бүрдүүлэх голлох эрдсүүдийн буюу кварц, хээрийн жонш, шавар, гипс зэргийн механик өгөршлийн үр дүнд бий болдог (Герасимов и др 1984; Norra et al. 2006). Газар нутагт түүнчлэн натри ба калийн өндөр агууламж бүхий терригенийн (эх газрын) хувирмал чулуулаг ихээхэн тархдаг. Энэхүү групп буюу гол компонент

дэх цахиур нь кварц хэлбэрээр хөрсний элсэрхэг фракцийг тодорхойлдог. Гол компонент ГК-1-д фосфор нэгдэж байгаа нь Улаанбаатар хотын өнгөн хөрс натригаар баялаг ба хөрсний рН –ийн хэмжээ 6,5 –аас их зэрэг нь фосфатын шингээлт хөрсөнд их явагдаж байгааг нотолж байна (Maurice 2009). Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний шаварлаг (Mg-TiFe-Al)-(S-Ca) фракцуудыг хооронд ялгахад бага зэрэг төвөгтэй байсан ба бид энэ судалгааны ажлаар ГК-3 буюу (Mg-Ti-Fe-Al) –ийн группыг Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд шаварлаг фракцийг бүрдүүлж байна гэж үзлээ. Учир нь групп (S-Ca) элементүүд буюу ГК-2-ийн S нь нүүрсний утаанаас үүдэлтэй Улаанбаатар хотын агаарыг бохирдуулагч гол химийн элементүүдийн нэгээр нэрлэгдсэн байна (Amgalan et al. 2016). Улаанбаатар хотод халаалтын үед цахилгаан эрчим хүчний 90 %-г дулааны цахилгаан станцуудад болон галлагааны бусад зууханд 0,2 -3,2 % хүртэл хүхрийн агуулгатай нүүрс шатааж гаргадаг (Erdenetsogt et al. 2009).

Өнгөн хөрсөн дэх дараах микроэлементууд, металлууд Mn, Li, Ba, Ge, Sn, Cu, Zn, Ag, Sb, Pb, Mo, Bi, Cr, Tl, Cd, V, Co, F, As, Ni нь хими физикийн шинж чанар, геохимийн төлөв байдал болон өнгөн хөрсөнд тархсан төлөв зэргээс хамааран (Mn-Li-Ba-Sr-B-Ge), (Pb-Sb-Ag-Cu-Zn-Sn) ба (Ni-Co-V-As-F)-(Mo-Bi-Cd-Cr-Tl) гэсэн 3 групп бүрдүүлсэн буюу 4 эх үүсвэртэй байна. (Зураг 12).



Зураг 12. Микроэлементүүдийн кластер анализын дендрограм

Хүснэгт 13- аас харахад Mn, Ba, Li, B, Ge болон хөрсний элсэрхэг болон шаварлаг фракцийг бүрдүүлж буй голлох макроэлементүүд хоорондын эерэг хамаарал нь Mn, Ba, Li, B, Ge-ийн байгалийн эр үүсвэрийг гэрчилж байна. Хөрсний шаварлаг фракцийн элементүүдтэй Mn ба Li хүчтэй хамааралтай байна. Mn ба Li-ийн Улаанбаатар хотын хөрсөнд орших эх үүсвэр нь карбонь хувирмал судлууд ба неогений элсэнцэр шаварууд юм. Хөрсний шаварлаг ба элсэрхэг фракцийн голлох элементүүд (Mg-Ti-Fe-Al) и (K-Na-Si)-тэй Улаанбаатар хотын хөрсний гол бохирдуулагч микроэлемент, хүнд металлууд ((Pb-Sb-Ag-Cu-Zn-Sn)

ба (Ni-Co-V- As-F) - (Mo-Bi-Cd-Cr-Tl)) сөрөг хамаарлыг харуулсан бол (Cu-Sb)- (Mo-Bi-Cd-Cr-Tl) нь хүхэртэй эерэг хамаарлыг үзүүлж байна. Эдгээр элементүүдийн Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх агуулга судалгааны нийт дээжний 50-90% -д бүс нутгийн байгалийн цэвэр буюу суурь хөрсөн дэх агуулгаас ихээр илэрсэн ба хүхрийн агуулгатай эерэг хамаарлыг үзүүлж байсан. Иймд Улаанбаатар хотын өнгөн хөрс (Pb-Sb-Ag-Cu-Zn-Sn) и (Ni-Co-V- As-F) - (Mo-Bi-Cd-Cr-Tl) зэрэг групп элементүүдээр гол төлөв нүүрс шаталтын болон автотээврийн нөлөөгөөр бохирдож байна (Chou 2012; Chai et al. 2015). Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх P ба Ca - ийн Ni, Co, V, As, F, Ag зэрэг микроэлементүүдтэй эерэг хамаарлыг харуулж байгаа нь тэдгээрийг органик бодисын тунадасжих явцад өнгөн хөрсөнд үүсэхэд оролцдог педоген элементүүд болохыг тодорхойлж байна.

*Хүснэгт 13. Макро ба микроэлементүүдийн хоорондын корреляци*

Элемент	Si	Na	K	P	Al	Mg	Fe	Ti	Ca	S
Mn	-0.08	-0.26*	-0.02	0.31*	0.40*	0.75*	0.72*	0.48*	0.03	-0.19
Li	0.28*	0.09	0.35*	0.33*	0.62*	0.73*	0.51*	0.43*	-0.33*	-0.37*
Ba	-0.12	0.06	0.09	0.31*	0.03	0.05	0.03	0.00	-0.08	0.12
Sr	-0.11	0.10	-0.17	0.17	0.10	-0.15	-0.14	0.05	0.37*	0.11
B	0.07	0.16	0.25*	0.04	0.33*	0.22	0.36*	0.11	-0.05	-0.38*
Ge	0.03	-0.05	0.00	0.19	0.30*	0.24	0.33*	-0.06	0.14	-0.15
F	-0.76*	-0.33*	-0.36*	0.14	-0.20	-0.18	0.30*	-0.31*	0.10	0.24
Ni	-0.39*	-0.05	-0.17	0.26*	0.03	0.01	0.08	0.06	0.22	0.16
Co	-0.67*	-0.29*	-0.29*	0.41*	-0.07	0.12	0.25*	-0.05	0.14	0.07
V	-0.40*	-0.12	-0.12	0.44*	0.25*	0.42*	0.45*	0.27*	-0.10	-0.38*
As	-0.63*	-0.44*	-0.41*	-0.06	-0.20	-0.14	0.30	-0.23	0.09	0.24
Pb	0.25*	-0.17	-0.09	0.15	0.06	0.06	-0.08	0.12	0.05	0.23
Cu	-0.42*	-0.41*	-0.47*	-0.11	-0.29*	-0.26*	0.06	-0.29*	0.34*	0.49*
Zn	-0.20	-0.29*	-0.34*	0.01	-0.09	0.02	0.18	-0.13	0.25*	0.20
Sn	-0.08	-0.27*	-0.24	0.02	-0.12	-0.15	0.04	-0.25*	0.20	0.18
Ag	-0.09	-0.22	-0.05	0.61*	0.08	0.09	0.08	0.05	0.07	0.19
Sb	0.00	-0.23	-0.25*	-0.22	-0.18	-0.11	0.05	0.00	-0.01	0.28*
Mo	-0.34*	-0.46*	-0.60*	-0.34*	-0.48*	-0.32*	0.12	-0.57*	0.34*	0.73*
Cr	-0.02	-0.41*	-0.39*	-0.19	-0.44*	-0.39*	0.02	-0.30*	-0.06	0.50*
Tl	-0.37*	-0.31*	-0.40*	0.01	-0.37*	-0.22	0.01	-0.45*	0.32*	0.45*
Bi	-0.32*	-0.38*	-0.32*	-0.11	-0.29*	-0.26*	0.21	-0.24	0.09	0.46*
Cd	-0.65*	-0.39*	-0.51*	0.12	-0.36*	-0.19	0.17	-0.41*	0.35*	0.58*

Фактор анализын гол компнентын шинжилгээний үр дүнгээр Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх макро, микроэлементүүд (32 элемент) нь 9 гол компонентыг (ГК) бүрдүүлж байна. Үр дүнг хүснэгт 13 –д нэгтгэн харууллаа.

Эдгээр 9 гол компонент нийт дисперсийн хэмжээ 82.49 % байна. Гол компонент (ГК) тус бүрийн дисперс 7.79 -оос 1.01 ба нийт дисперс нь 24.3 -аас 3.16 % байна. Фактор анализын гол компнентын шинжилгээний Communality коэффициент нь Al, Ba, Bi, Ca, Cr, Fe, Ni, P, Sb, Sr и Zn зэрэг элементүүдээс бусад элементүүдийн хувьд өндөр утгыг үзүүлж байгаа ихэнх элементүүд гол

компонент тус бүрийг сайн ялгаж буйг харуулж байна. Харин бага утгатай Communalities коэффициент нь үзүүлж байгаа нь тухайн элементийн гол компонентийг ялгах чадвар муу байгаа ба хөрсөнд химийн элемент ба тэдгээрийн нэгдлүүд, органик бодисын агууламж, бусад шинж чанаруудын судалгааг нарийвчлан хийх хэрэгтэйг харуулж байна.

*Хүснэгт 14. Макро, микроэлементүүдийн фактор анализын үр дүн*

Статистик үзүүлэлт	ГК-1	ГК-2	ГК-3	ГК-4	ГК-5	ГК-6	ГК-7	ГК-8	ГК-9
Хувийн утга	7.79	5.08	3.25	2.37	2.13	1.90	1.57	1.30	1.01
Нийт дисперс, %	24.33	40.22	50.38	57.78	64.43	70.37	75.28	79.33	82.49
Элемент	Факторын утга								
Si	-0.829	0.021	-0.033	0.035	0.123	-0.328	-0.201	-0.074	-0.013
K	-0.408	-0.082	-0.232	0.304	0.340	-0.462	-0.316	-0.167	-0.190
Na	-0.349	-0.275	-0.258	0.194	0.295	-0.428	0.202	-0.331	-0.168
P	0.185	0.227	-0.023	0.822	0.031	-0.137	0.076	-0.133	-0.035
F	0.846	-0.087	0.146	0.070	0.254	0.216	-0.029	0.130	-0.060
Co	0.819	0.138	0.021	0.348	-0.061	0.095	0.079	-0.091	-0.143
As	0.778	-0.054	0.110	-0.186	0.190	0.137	-0.056	0.164	0.263
V	0.712	0.384	-0.117	0.140	0.012	-0.275	-0.161	-0.260	0.011
Ni	0.465	-0.015	0.118	0.323	-0.130	-0.302	0.349	0.490	-0.131
Mg	-0.009	0.869	-0.013	0.046	-0.013	-0.187	0.103	-0.282	0.028
Fe	0.307	0.784	0.048	-0.167	0.199	0.112	-0.160	0.209	0.017
Ti	-0.143	0.547	-0.105	0.143	-0.182	-0.527	0.118	-0.092	0.114
Al	-0.180	0.487	-0.039	0.197	0.309	-0.403	0.093	-0.184	-0.099
Mn	0.175	0.873	0.048	0.149	0.136	-0.019	0.032	0.038	-0.028
Li	-0.226	0.782	-0.150	0.257	0.128	-0.104	-0.244	-0.082	-0.125
Ba	0.230	-0.058	0.031	0.443	0.406	0.033	-0.059	-0.119	0.605
Sr	-0.053	-0.076	-0.101	0.225	0.192	0.101	0.772	0.124	0.024
B	0.169	0.229	-0.033	-0.201	0.820	-0.259	0.025	0.011	-0.057
Ge	-0.004	0.302	0.445	0.141	0.709	0.135	0.089	-0.104	0.068
Sn	-0.027	-0.074	0.847	0.102	0.197	0.317	-0.012	0.029	-0.063
Cu	0.281	-0.167	0.751	0.023	-0.120	0.232	0.170	0.268	0.085
Zn	0.209	0.023	0.699	-0.049	0.145	-0.008	0.037	0.108	0.466
Pb	-0.384	0.100	0.576	0.370	-0.123	0.124	0.056	0.095	0.460
Ag	0.022	0.184	0.469	0.715	-0.152	0.105	-0.001	0.205	-0.055
S	0.110	-0.200	0.046	0.027	-0.247	0.655	0.193	0.373	0.290
Ca	0.142	0.020	0.279	-0.179	-0.116	0.183	0.805	-0.148	-0.038
Mo	0.078	-0.148	0.290	-0.259	0.095	0.773	0.133	0.264	0.197
Tl	0.122	-0.094	0.272	0.140	-0.090	0.783	0.128	0.006	-0.411
Cd	0.487	-0.056	0.178	0.192	-0.081	0.680	0.211	0.147	-0.089
Bi	0.158	-0.042	0.266	-0.057	0.155	0.204	0.056	0.786	0.101
Cr	-0.109	-0.148	0.014	-0.014	-0.215	0.307	-0.086	0.761	0.119
Sb	-0.074	-0.052	0.187	-0.179	-0.151	-0.023	0.008	0.199	0.800

Гол компонентын шинжилгээний үр дүнгээр Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх макро, микроэлементүүд 9 гол компонентыг (ГК) бүрдүүлж байгаа ба бүх элементүүд нэмэх болон хасах утгатай гол компонент (ГК) –ийг бүрдүүлж байна.

- F>Co>As>V>>Cd>Ni – ГК-1; Mn>Mg>Fe>Li>Ti>>Al – ГК-2;  
Sn>Cu>Zn>Pb>>Ag>Ge – ГК-3; P>Ag>>Ba – ГК-4; B>Ge>>Ba – ГК-5;  
Tl>Mo>Cd>S – ГК-6; Ca>Sr – ГК-7; Bi>Cr>Ni – ГК-8; Sb>Ba>>Zn>Pb – ГК-9.
- Si>K in ГК-1; Ti>>K>Na>Al – ГК-6; Sb>Ba>Zn≈Pb – ГК-9

Зарим элементүүд хэд хэдэн гол компонент (ГК) -д голлох үүрэгтэй орж байгаа нь тухайн элементийн геохимийн төлөв болон өнгөн хөрсөнд орших эх үүсвэр нь өөр өөр болохыг харуулж байна. Жишээ нь:

- K ба Cd (факторын нэмэх утгатайгаар ГК-1 ба ГК-6);
- Ni (факторын нэмэх утгатайгаар ГК-1 ба ГК-8);
- Al and Ti (факторын нэмэх утгатайгаар ГК-2 болон факторын нэмэх утгатайгаар ГК-6);
- Ag (факторын нэмэх утгатайгаар ГК-3 ба ГК-4);
- Ge (факторын нэмэх утгатайгаар ГК-3 ба ГК-5);
- Pb and Zn (факторын нэмэх утгатайгаар ГК-3 ба ГК-9);
- Ba (факторын нэмэх утгатайгаар ГК-4, PC-5 ба ГК-9);
- Tl (факторын нэмэх утгатайгаар ГК-6 ба факторын нэмэх утгатайгаар ГК-9).

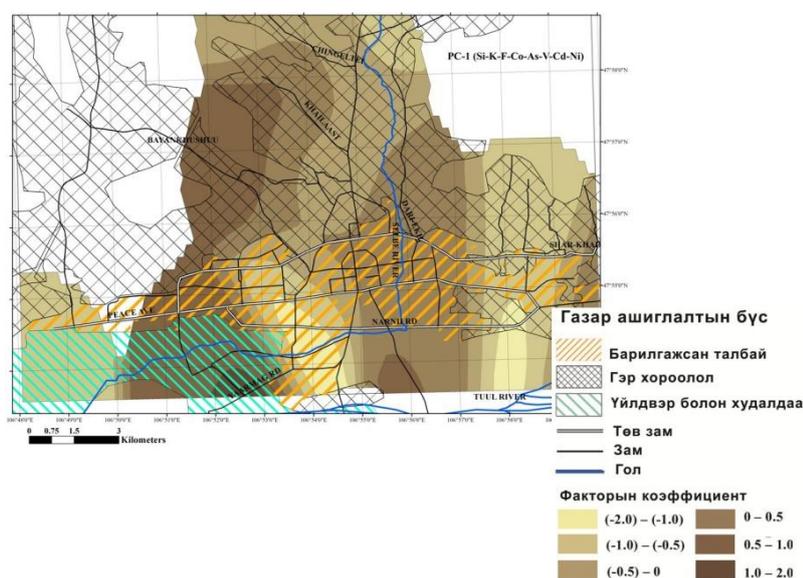
Судалгааны үр дүнгээс харахад Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд тодорхойлсон нийт макро, микроэлементүүдээс химийн элементүүдийн геохимийн ангиллаар дэлхийн царцдасын хамгийн өргөн тархсан элементүүд нь ГК-1(Si, K), ГК-2 (Al, Mg, Fe, Mn, Ti); ГК -4 (P), ГК -6 (Na, K, Ti, S) ба ГК -7 (Ca) гэсэн 5 гол компонентод, харин тунамал чулуулаг ба хөрсний бүтэц, бүрэлдэхүүнийг тодорхойлдог литоген элементүүд нь ГК-1 ба ГК-2-ийг бүрдүүлж байна. Эдгээр гол компонентууд нь Si, K, F, Co, As, V, Cd, Ni ба Mn, Mg, Fe, Li, Ti, Al зэрэг хөрсний голлох макро болон микроэлементүүдээс бүрдэж байгаа ба эдгээр элементүүдийн гол компонентийг ялгах чадварын үзүүлэлт нь сайн байлаа.

Эхний гол компонент нь сидерофилийн элементүүдийг ялгаж байгаа бол хоёр дахь гол компонент нь хөрсний шаварлаг фракцын үндсэн элементүүдийг тодорхойлж байна. ГК-1-ийг бүрдүүлж буй микроэлементүүд нь ГК-2-ийг бүрдүүлж буй манганы фазтай холбоотой байдаг (Водяницкий 2008). Иймд рентген дифрактометр, NIR-спектрометрийн аргаар болон химийн аргаар хөрсөнд агуулагдах химийн элементүүдийн хоорондын хамаарлыг нарийн тогтоох нь химийн элементээр ихээр бохирдсон хөрсийг цэвэршүүлэх, нөхөн сэргээх зохистой аргыг сонгоход чухал ач холбогдолтой. Түүнчлэн, Al, Fe, Ni-ийн гол компонентийн Communalitы коэффициент буюу гол компонентийг ялгах чадвар бага байгаа энэ судалгааны ажлаар нарийвчлан судлаагүй хөрсний зарим органик-биологийн процесс нь хөрсний бүрэлдэхүүнд нөлөөлдөг болохыг харуулж байна.

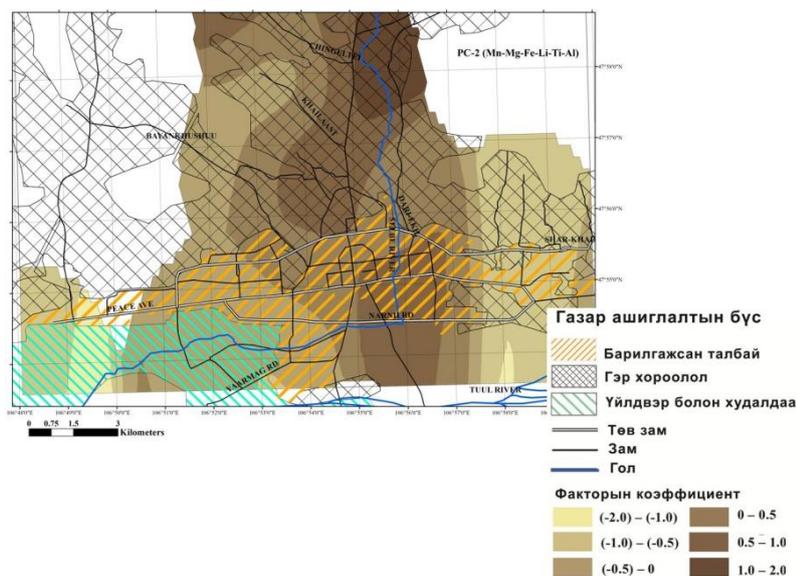
Бүлэг буюу гол компонент (ГК) үүсгэж буй элементүүдийн хувийн дисперсийн коэффициент нь бүлэг бүрдүүлж буй бүх элементүүдийн хамаарлын тохиолдлыг илэрхийлдэг ба цэг тус бүрд бодогддог тодорхой хэмжээсгүй өгөгдөл

юм. Гол компонентын хувийн дисперсийг ашиглан тухайн ГК –ийг бүрдүүлж буй элементүүдийн тархалтын зураглалыг үйлдэж болох ба энэ нь тухайн газар нутгийн (өнгөн) хөрсөнд явагдаж буй бүх процесс (биогеохимийн болон бохирдлын гэх мэт)- ийг нэгэн зэрэг илэрхийлэх давуу талтай.

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх макро, микроэлементүүдийн геохимийн төлөв байдлын орон зайн тархалтыг өнгөн хөрсөнд орших эх үүсвэрээр нь буюу макро,микроэлементүүдийн бүлэг үүсгэсэн байдлаар нь тухайн бүлгийн үүсгэж буй элементүүдийн гол компонент (ГК) -ийн хувийн дисперс (factor score) –ийн коэффициентыг ашиглан интерполяцийн аргаар тархалтын зураглалыг үйлдэж дараах зургуудад үзүүлээ.

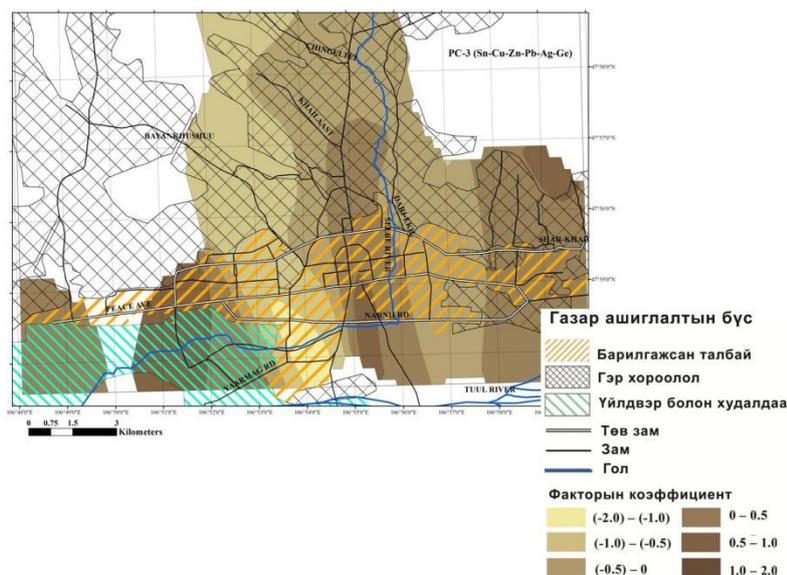


Зураг 13. ГК-1-ийн орон зайн тархалт

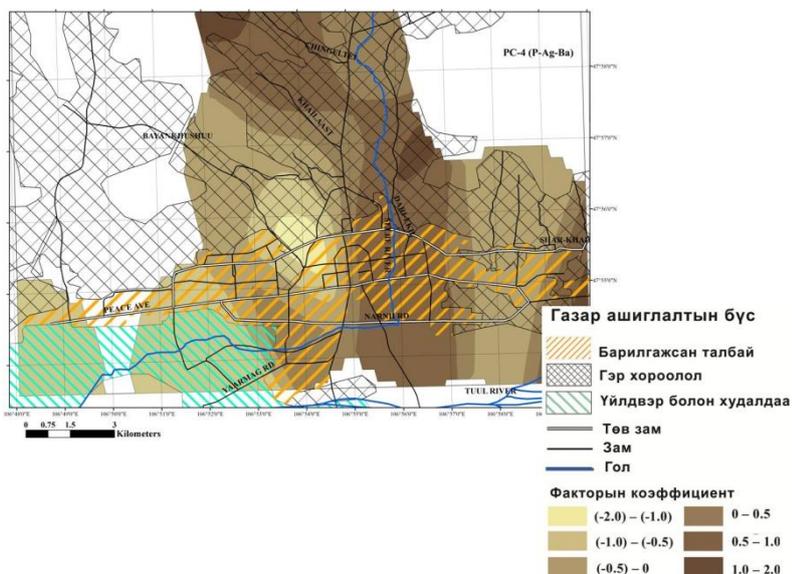


Зураг 14. ГК-2-ийн орон зайн тархалт

ГК-1 ба ГК-2 -ийг бүрдүүлж буй голлох элементүүдийн Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд тархсан төлөв байдал нь Улаанбаатар хотын газарзүйн байрлал буюу ландшафтийн (газрын хотгор гүдгэр, ургамлын аймгийн төрөл зүйл, ус чийгийн горим) нөхцөлтэй харилцан уялдаатай байна (Christensen et al. 2018; Steinnes and Lierhagen 2018). F, As, V, Co, Ni-ийн компонент үүсгэж буй коэффициентийн утга ба ГК-1 ба ГК-2-ийн Mn ба Li-ийн төлөв байдал хөрс үүсэх процессийн (педоген) болон хөрс үүсгэгч гол чулуулгийн (литоген) шинж чанарыг харуулж байна.



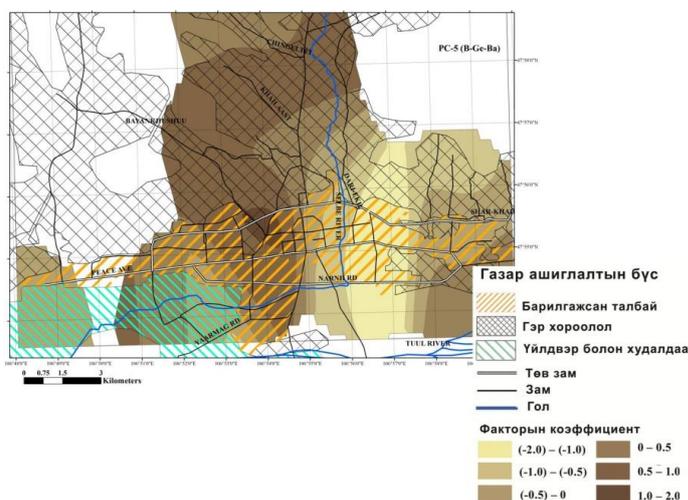
Зураг 15. ГК-3-ийн орон зайн тархалт



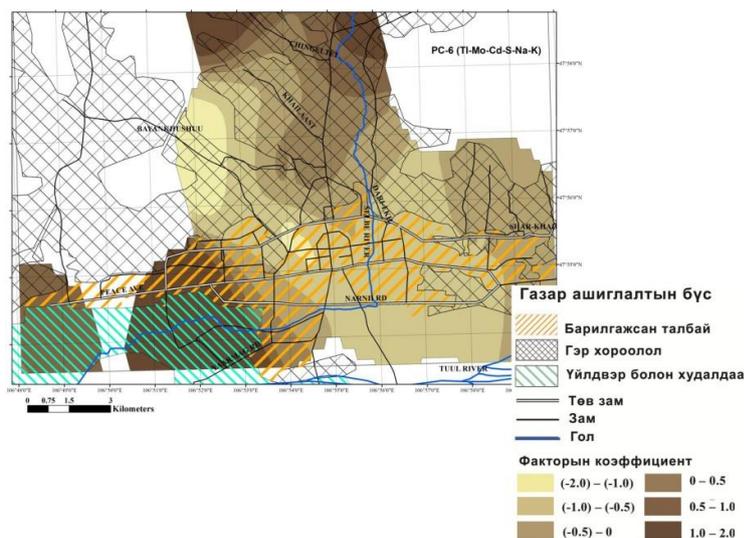
Зураг 16. ГК-4-ийн орон зайн тархалт

ГК-3 -ийг бүрдүүлж буй Sn-Cu-Zn-Pb-Ag-Ge зэрэг элементүүд нь дэлхийн кларк болон хот орчмын цэвэр хөрсөнд агуулагдах эдгээр элементийн суурь агуулгатай харьцуулахад ихэнх дээжинд өндөр хэмжээгээр илэрсэн ба

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд ихээр хуримтлагдаж бохирдол үүсгэж байна. Ялангуяа Cu, Pb, Sn ба Zn-ын хуримтлал болон тархалт гол төлөв төв зам дагуу болон тээврийн хэрэгсэлийн зогсоол хавийн газраар буйг харуулж байна (зураг 14). Гэхдээ Sn-Cu-Zn-Pb-Ag-Ge-ийн тархалтыг зөвхөн автомашин тээврийн хэрэгслээс улбаалсан хөрсний бохирдол гэж дүгнэхэд учир дутагдалтай байна. Учир нь Zn ба Pb нь ГК-9-д бас голлох элемент болж байгаа ба Ag ба Ge нь ГК-4 and ГК-5 -ийн бүрэлдэхүүнд орж байна. ГК-4-ийг бүрдүүлж буй P-Ag-Ba зэрэг элементүүд (зураг 15) Улаанбаатар хотын газар нутагт Сэлбэ гол дагуу, Хайлааст болон Чингэлтэйн газар нутгийн гэр хорооллын 3 гол цэгт ихээр агуулагдаж байна. Энэ нь ГК-4 -ийн гол эх үүсвэр нь ил задгай хогийн цэгээс эх үүсвэртэй болохыг харуулж байна. Фосфор ба баригийн кумулятив коэффициент бага ба эдгээр элементүүд нь гол төлөв хөрсний органик нэгдэлтэй холбоотой байдаг. Энэ ажилд хөрсний органик нэгдлийн үр дүнг оруулаагүй болно.

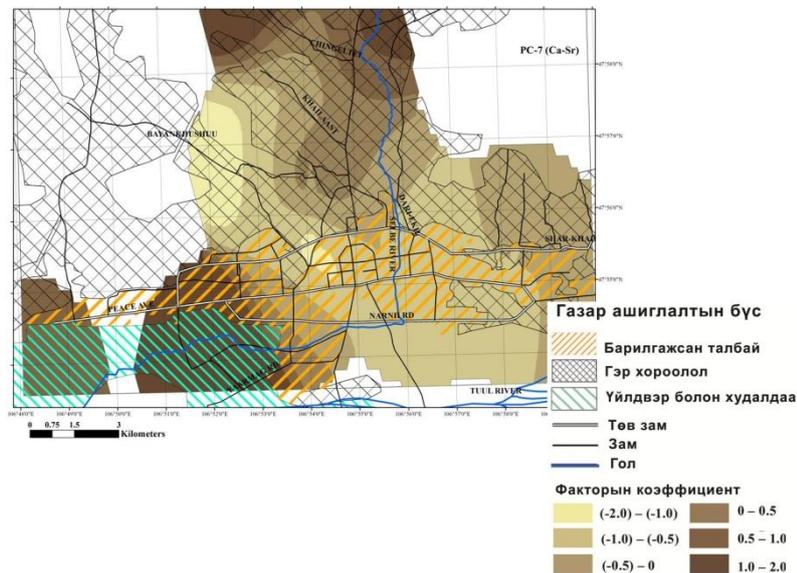


Зураг 17. ГК-5-ийн орон зайн тархал



Зураг 18. ГК-6-ийн орон зайн тархалт

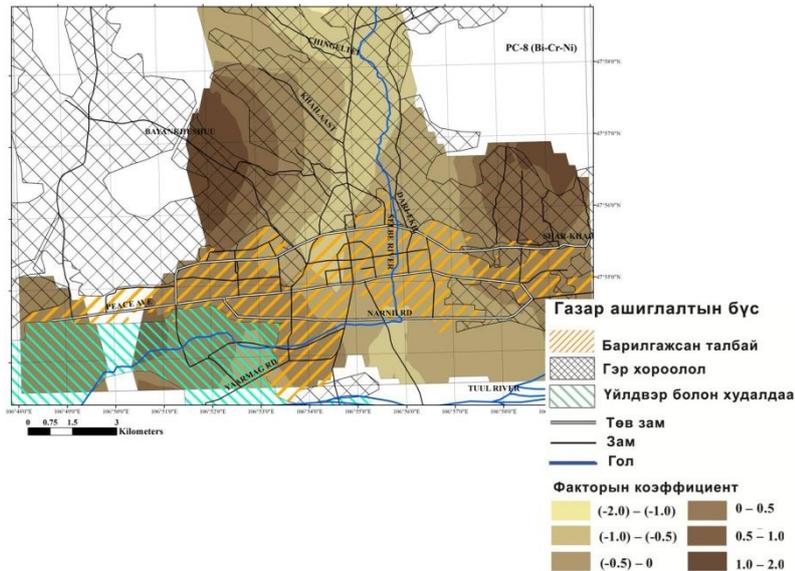
(B-Ge-Ba) ба (Ti-Mo-Cd-S-Na-K-Ti) бүлэг элементүүд ГК-5 ба ГК-6 бүрдүүлж байгаа ба энэ 2 факторын Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд тархах төлөв ижил буюу гол төлөв гэр хорооллын газар нутгаар тархсан байна. Энэ нь Улаанбаатар хотын гэр хорооллын өнгөн хөрсөнд нүүрсний шаталтаас үүссэн эрдэс бодис ихээр хуримтлагдаж буйг харуулж байна. Бороо орох үед өндөрлөг газар байрлах гэр хорооллын нутгаас бохирдуулагч эдгээр элементүүдээр баяжсан хог, үнс нам дор газарлуу нүүдэллэж хуримтлагдах магадлал их юм. ГК-6 бүрдүүлж буй хүхэр нь хөрсөнд хортой элемент бүхий комплекс үүсгэх боломжтой бөгөөд эдгээр нь биологийн шингээлт өндөртэй (70 % -иас дээш) ба органик бодисоор хангалтгүй хөрсөнд амьдардаг организмд маш хортой (Чоу 2012). Харин хөрсөнд кали, натри, хөнгөн цагаан, титаны агууламж нэмэгдвэл эдгээр шинж чанарууд сулрах боломжтой байдаг.



Зураг 19. ГК-7-ийн орон зайн тархалт

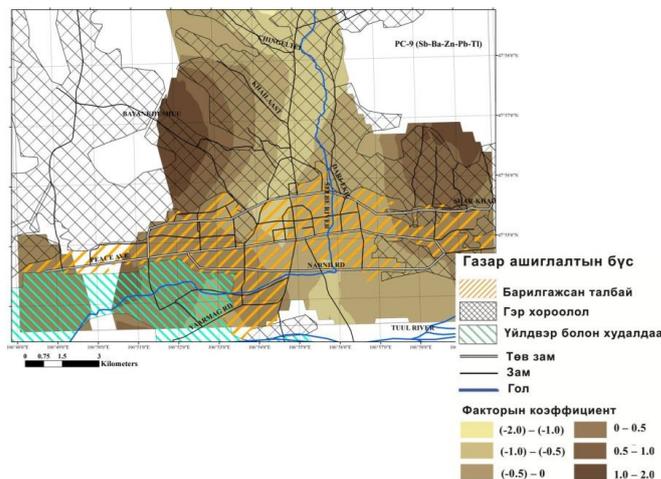
(Ca-Sr) ба (Bi-Cr-Ni) бүлэг элементүүд ГК-7 ба ГК-8 -ийг бүрдүүлж байна. Эдгээр элементүүд хөрсний органик бодисуудтай нэгдэл үүсэх магадлалтай байдаг. ГК-7 ба ГК-8-ийн 5 гол элементийн дотроос зөвхөн никель нь өөр (ГК-1) факторт давхар орж байгаа. Кальци, стронций, висмут нь хөрсөн бүрхэвчид хуримтлагдах хандлагатай байна.

ГК-7 -г бүрдүүлж буй элементүүдийн тархалт нь гэр хорооллын нутаг дэвсгэр буюу Баянхошуу (баруун хойд дүүрэг) болон Шар-Хад (зүүн хойд дүүрэг) -ны газар нутаг, гол төлөв нүүрс, мод, нүүрс зарах цэгүүдийн ойролцоо газраар тэмдэглэгдсэн байна. Энэ нь гэр хороололд дулааны эх үүсвэртэй Налайх, Багануур, Шивээ-Овоо гэх мэт олон ордуудын нүүрсийг хэрэглэдэгтэй холбоотой.



Зураг 20. ГК-8-ийн орон зайн тархалт

ГК-8-ийн элементүүд нь үйлдвэрлэлийн бүсэд буюу дулааны цахилгаан станцууд № 2, 3, 4-ийн газар нутаг, түүнчлэн хуучин ашиглалтгүй станцтай ойрхон тархсан байна. Висмут, хром, никель нь химийн урвалж бодис ашигладаг арьс шир боловсруулах жижиг үйлдвэрүүд болон дулааны цахилгаан станцуудын ойролцоо тэмдэглэгдсэн байна.



Зураг 21. ГК-9-ийн орон зайн тархалт

ГК-9 ба Sb-Ba-Zn-Pb-Tl зэрэг элементүүдийн бүлэг гол төлөв хотын зах газраар буюу гэр хорооллын нутаг дэвсгэрт тархсан байна. Иймд энэ бүлэг элементүүд нь эх үүсвэр гэр хорооллын дулааны эх үүсвэр буюу нүүрсний утаа, үнс нурмаас үүдэлтэй байна.

Энэхүү бүлгийн үр дүнг нэгтгэхэд:

Макро, микроэлементүүд, хүнд металлууд, тэдгээрийн хоорондын харилцан хамаарлыг судлах, өнгөн хөрсөнд орших эх үүсвэрийг (хүний хүчин зүйлийн болон байгалийн эх үүсвэр) тогтоох судалгаагаар дэлхийн царцдасын хамгийн өргөн тархсан элементүүд нь ГК-1(Si, K), ГК-2 (Al, Mg, Fe, Mn, Ti); ГК-4 (P), ГК-6 (Na, K, Ti, S) ба ГК-7 (Ca) гэсэн 5 гол компонентод бүлэг үүсгэсэн ба голлох макроэлементүүд (Si, Al, Fe, Ca, Mg, Ti, Na, K, P, S) нь [P- (K-Na-Si)] - [(S-Ca) - (Mg-Ti-Fe-Al)] гэсэн 3 гол компонентийг бүрдүүлж байгаа ба эдгээр гол компонентүүд нь хөрсний тодорхой фракцийг илэрхийлнэ. Харин микроэлементууд, металлууд нь (Mn-Li-Ba-Sr-B-Ge), (Pb-Sb-Ag-Cu-Zn-Sn) ба (Ni-Co-V-As-F)-(Mo-Bi-Cd-Cr-Tl) зэрэг 3 эх үүсвэр (Байгалийн, хөрс үүсэх үйл ажиллагаа, хүний сөрөг үйл ажиллагаа) -ийг харуулж байна. Үүнд:

1. Mn, Ba, Li, B, Ge болон хөрсний элсэрхэг (K-Na-Si) болон шаварлаг фракц (Mg-TiFe-Al)-ийг бүрдүүлж буй голлох макроэлементүүд хоорондын эерэг хамаарал нь Mn, Ba, Li, B, Ge-ийн байгалийн эх үүсвэр (Улаанбаатар хотын геологийн тогтцыг бүрдүүлж буй карбоны үеийн хувирмал чулуулаг ба неогений үеийн элсэнцэр шаваруудын өгөршил)-ийг гэрчилж байна. Улаанбаатар хотын ургамлан бүрхэвч хотжилт болон хүн амын төвлөрөлийн нөлөөгөөр ихээр талхлагдсаны улмаас хөрс үүсгэгч чулуулаг давхрага ил гарч өгөршилд орж Mn, Ba, Li, B, Ge зэрэг элементийг агуулсан өгөршлийн тоос хотын агаарт сарних шалтгаан болж байна.
2. Харин (Pb-Sb-Ag-Cu-Zn-Sn) групп элементүүдийг хүний хүчин зүйлийн нөлөөгөөр буюу антропоген элементүүд гэж нэрлэж болно. Учир нь эдгээр элементүүд хөрсний гол фракцуудтай сөрөг, харин S ба Ca-тай эерэг хамааралтай, бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийн Zst коэффициентийн утга өндөр (-р бүлгийн -р хүснэгт) байна. Энэ нь Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлын гол эх үүсвэр түлш эрчим хүч, тээврийн хэрэгслийн нөлөөгөөрөөр хөрсөнд хуримтлал үүсгэж хөрсийг бохирдуулж байна.
3. Тэгвэл (Ni-Co-V-As-F)-(Mo-Bi-Cd-Cr-Tl) групп элементүүд нь хөрсний гол фракцуудтай сөрөг, харин S ба Ca-тай эерэг хамааралтай хэдий ч бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийн Zst коэффициентийн бага утгыг үзүүлж байна. Иймд хөрс үүсэх процессийн дүнд буюу педоген эх үүсвэртэй гэж нэрлэж болно.

**ДОЛООДУГААР БҮЛЭГ**  
**НИЙСЛЭЛ ХОТЫН ӨНГӨН ХӨРСНИЙ ХҮНД**  
**ЭЛЕМЕНТИЙН ХУРИМТЛАЛЫН ОРОН ЗАЙ ЯЛГАА, ЦАГ**  
**ХУГАЦААНЫ ӨӨРЧЛӨЛТИЙН СУДАЛГАА**

Хөрсөнд хүнд металлууд хуримтлагдахад хөрс үүсэх процесс өөрчлөгдөх, хөрсний орчин рН шүлтлэгжих, органик бодисын хэмжээ нэмэгдэх, шим тэжээлийн элементүүдийн тэнцвэрт байдал алдагдах, хөрсний өөрөө цэвэрших чадвар алдагдах зэргээр экологийн чухал үүргээ биелүүлж чадахаа больдог.

Нийслэл хотын өнгөн хөрсний хүнд металлын бохирдлын тархалтын судалгааны хүрээг өргөтгөх, нарийвчлан явуулах зорилгоор элементүүдийн хуримтлалын орон зай ялгаа, цаг хугацааны өөрчлөлтийн судалгаа хийж, гол бохирдуулагч химийн элементүүдийн хуримтлалын зүй тогтлыг хөрсний органик бодисын хэмжээ болон хөрсний орчны төлөв байдлаас нь хамааруулан судалсан.

**Хөрсний шинж чанар:** Энэ судалгаагаар Улаанбаатар хот орчмын байгалийн цэвэр буюу суурь хөрсний орчин (рН) сул хүчиллэг (6.61), харин Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний рН –ийн хэмжээ харьцангуй жигд (V, % - 0.22) сул хүчиллэгээс (5.62) шүлтлэг (8.97), дунджаар сул шүлтлэг (7.52) байна. Органик бодисын агууламж 2.27-36.39 % буюу дунджаар 7.66 % байна. Хотын өнгөн хөрсний органик бодисын хэмжээ дунджаар Улаанбаатар хот орчмын байгалийн цэвэр буюу суурь хөрсний органик бодисын агуулгатай ойролцоо хэдий ч хэлбэлзэл (46.73 %) ихтэй байгаа нь нэг талаас хотын хөрсний олон янз байдал болоод зарим газрын хөрсөнд органик бодисын хэмжээнд өөрчлөлт илэрснийг илтгэж байна.

*Хүснэгт 15 . Хөрсний органик бодис (%) ба рН –ийн судалгаа*

	BG	Их утга	Дундаж	Медиан	Бага утга	σ	V, %
ганик	7.95	36.39	9.47	7.66	2.27	6.83	46.73
рН	6.61	8.97	7.45	7.52	5.62	0.47	0.22

**7.1. Хүнд элементүүд хуримтлалын орон зай ялгаа**

Төвлөрсөн суурин газрын хөрсөнд хүнд элементүүд хуримтлагдаж хөрсийг бохирдуулах төлөв, чиг хандлага нь цаг хугацаа болон орон зайн хувьд өөр өөр байдаг ба гол төлөв хүн амын төвлөрөл, тээврийн хэрэгслийн тоо хэмжээ зэрэг бохирдуулагч эх үүсвэрийн байдлаас ихээхэн хамаардаг .

Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэрийн өнгөн хөрсөн дэх микроэлементүүдийн тархалтын орон зайн ялгааг А-гэр хороолол орчим (n=105); В-зам дагуух газар, автомашин тээврийн хэрэгсэл (n=123); С-үйлдвэр, цахилгаан станц орчим (n=26); D-зах, худалдааны газар (n=21); Е-хогийн цэг (n=26); F-зүлэгжүүлсэн газар (n=23) зэрэг бохирдуулагч эх үүсвэрүүдээс хамааруулан объект тус бүрийн болоод микроэлементүүдийн групп тус бүрийн хувьд дунджийн ялгааг параметрийн бус Kruskal-Wallis (K-W) ба дисперсийн шинжилгээний (ANOVA)

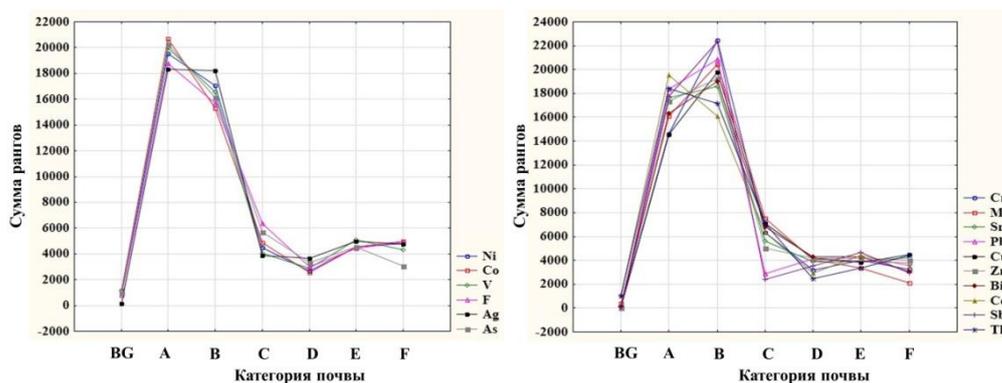
шалгуурын үзүүлэлтээр ба орон зайн ялгааг олон хэмжээст дискриминант функцийг шинжилгээний аргаар судалсан.

Объект тус бүрийн хувьд элементүүдийн (Байгалийн, хөрс үүсэх үйл ажиллагаа, хүний сөрөг үйл ажиллагаа) групп тус бүрийн дундаж агуулгыг харьцуулан, дунджийн ялгааны K-W ба ANOVA шалгуур хянаж 9 –р хүснэгтэд болон 13 –р зурагт үзүүллээ.

9 – р хүснэгтэд нэгтгэсэн үр дүнгээр Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх микроэлементүүдийн агуулга объект тус бүрийн хувьд харилцан адилгүй байна. Объект тус бүрийн хувьд элемент тус бүрийн дундаж агуулгыг Улаанбаатар хот орчмын суурь хөрсөн дэх агуулгатай харьцуулахад:

- В, Cr, Pb, Sn, Zn, Cu, Bi, Ag ба Sb-ийн дундаж агуулга хот орчмын суурь хөрсөнд агуулагдах эдгээр элементүүдийн агуулгаас их
- Li, Ni, Co, V ба Cd-ийн дундаж агуулга хот орчмын суурь хөрсөнд агуулагдах эдгээр элементүүдийн агуулгаас бага
- Mn, Mo ба F-ийн дундаж агуулга зарим групп дээжинд хот орчмын суурь хөрсөнд агуулагдах эдгээр элементүүдийн агуулгаас их илэрсэн байна.

Дунджийн ялгааны шалгуураар (медиан тест) Sn ба Zn-ээс бусад бүх микроэлементүүдийн дундаж агуулга бүх 6 групп (гэр хороолол орчим, зам дагуух газар, автомашин тээврийн хэрэгсэл, үйлдвэр, цахилгаан станц орчим, зах, худалдааны газар, хогийн цэг ба зүлэгжүүлсэн газар) дээжүүдийн хувьд ялгаатай байна. Өөрөөр хэлбэл Sn ба Zn нь Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийн дээжинд хуримтлал үүсгэсэн байна гэж үзэж болно. В, Cr, Pb, Sn, Zn, Cu, Bi, Ag ба Sb-ийн стандар хазайлтын өндөр утга болон суурь агуулгаас нэмэгдсэн хэмжээ нь Улаанбаатар хотын өнгөн хөрс нь, хүн ам ихээр төвлөрсөн дэлхийн бусад улс орны нэгэн адил, эдгээр элементүүдээр бохирдсоныг илтгэж байна.



Зураг 22. Параметрийн бус Kruskal-Wallis (K-W) рангийн нийлбэр

Зураг 22 -т харуулснаар параметрийн бус Kruskal-Wallis (K-W)-ийн рангийн нийлбэр гэр хороолол орчмын болон зам дагуух газрын дээжинд бусад групп дээжүүдээс өндөр үзүүлэлттэй байгаа нь гэр хороолол орчмын болон зам дагуух газрын хөрс микроэлементүүдээр бохирдсоныг илтгэж байна.

Хүснэгт 16. Микроэлементүүдийн дунджийн ялгаа объект тус бүрээр ба ялгааны K-W

Элемент	Процесс	Бохирдуулагч эх үүсвэрүүдээс хамааруулан объектууд														K-W шалгуур		Медиан шалгуур	
		BG		A		B		C		D		E		F		H	p	$\chi^2$	p
		С	±	С	±	С	±	С	±	С	±	С	±	С	±				
Mn	Байгалийн үзэгдэл	682.50	22.13	598.00	11.93	566.83	8.70	859.62	191.38	797.14	235.64	611.15	22.97	700.43	24.52	29.58	0.0000	25.18	0.0003
Li		38.50	2.96	24.29	0.42	21.95	0.43	21.92	1.39	22.10	0.99	26.04	1.17	25.26	0.85	45.57	0.0000	37.66	0.0000
B		34.75	4.31	59.02	1.91	51.58	1.22	49.54	3.00	59.67	5.03	66.96	8.33	50.04	1.31	27.56	0.0001	22.69	0.0009
Ge		1.11	0.12	2.09	0.07	1.71	0.04	1.79	0.12	1.82	0.14	2.12	0.25	1.84	0.07	39.17	0.0000	23.26	0.0007
Ni	Хөрс үүсэх үйл ажиллагаа	43.25	6.69	36.69	0.81	32.80	0.58	37.85	2.81	32.05	1.26	36.58	2.02	38.56	1.50	<b>25.33</b>	<b>0.0003</b>	<b>22.06</b>	<b>0.0012</b>
Co		18.00	2.42	12.96	0.31	10.43	0.25	13.46	1.25	10.35	0.45	12.79	1.03	13.55	0.68	53.03	0.0000	39.02	0.0000
V		83.25	5.31	69.30	1.14	62.21	1.02	68.12	5.84	62.67	1.66	70.54	2.99	68.78	2.14	31.96	0.0000	31.36	0.0000
As		11.75	0.75	11.70	0.63	9.11	0.21	16.82	2.43	9.81	0.41	11.88	1.28	9.05	0.39	39.10	0.0000	33.53	0.0000
F		487.50	72.61	480.48	9.63	422.36	8.64	739.62	76.97	440.00	15.98	473.85	22.55	520.43	22.03	47.92	0.0000	36.49	0.0000
Ag		0.10	0.01	0.26	0.02	0.29	0.08	0.24	0.06	0.45	0.14	0.34	0.07	0.30	0.03	<b>19.08</b>	<b>0.0040</b>	<b>19.55</b>	<b>0.0033</b>
Cr	Хүний сөрөг үйл ажиллагаа	38.50	2.18	50.45	1.68	55.46	1.49	133.31	37.87	51.26	2.86	52.88	3.67	50.17	2.04	39.46	0.0000	25.27	0.0003
Mo		1.93	0.21	2.44	0.10	2.58	0.15	6.86	0.86	2.80	0.27	2.59	0.41	1.86	0.10	68.59	0.0000	39.43	0.0000
Sn		2.78	0.31	6.51	0.93	4.71	0.12	6.95	0.92	6.99	1.63	5.19	0.52	5.24	0.28	<b>23.10</b>	<b>0.0008</b>	<b>12.43</b>	<b>0.0530</b>
Pb		18.50	2.02	87.89	17.75	54.37	2.17	42.35	4.41	65.14	7.76	66.31	10.86	51.13	3.81	<b>23.98</b>	<b>0.0005</b>	<b>15.62</b>	<b>0.0150</b>
Cu		23.25	2.10	50.86	13.05	40.47	1.19	65.27	5.66	68.19	22.82	46.69	8.01	42.09	1.79	58.05	0.0000	49.45	0.0000
Zn		60.00	5.26	142.57	6.51	140.89	9.32	157.23	11.52	159.05	16.58	205.92	58.13	138.78	8.04	<b>17.59</b>	<b>0.0073</b>	<b>7.94</b>	<b>0.2420</b>
Bi		0.53	0.01	0.69	0.02	0.68	0.01	1.09	0.11	0.81	0.07	0.70	0.03	0.64	0.02	43.17	0.0000	32.23	0.0000
Cd		1.31	0.31	0.87	0.04	0.71	0.03	1.29	0.13	0.80	0.12	0.81	0.06	0.72	0.03	44.99	0.0000	28.00	0.0001
Sb		1.17	0.12	3.97	0.37	3.82	0.24	2.48	0.41	8.01	4.66	4.23	0.76	2.75	0.28	<b>34.21</b>	<b>0.0000</b>	<b>15.46</b>	<b>0.0170</b>
Tl		1.03	0.12	0.80	0.03	1.50	0.82	1.39	0.10	0.64	0.04	0.67	0.04	0.87	0.07	58.28	0.0000	33.84	0.0000

BG – Бохирдоогүй байгалийн цэвэр буюу суурь хөрс; A-гэр хороолол орчим (n=105); B-зам дагуух газар, автомашин тээврийн хэрэгсэл (n=123);

C-үйлдвэр, цахилгаан станц орчим (n=26); D-зах, худалдааны газар (n=21); E-хогийн цэг (n=26); F-зүлэгжүүлсэн газар (n=23)

Мөн олон хэмжээст дискриминант функцийн шинжилгээнд бохирдуулагч эх үүсвэрүүд буюу А-гэр хороолол орчим (n=105); В-зам дагуух газар, автомашин тээврийн хэрэгсэл (n=123); С-үйлдвэр, цахилгаан станц орчим (n=26); D-зах, худалдааны газар (n=21); E-хогийн цэг (n=26); F-зүлэгжүүлсэн газар (n=23) зэрэг объектуудыг хамаарах хувьсагч, харин микроэлементүүдийн нийт агуулгын Вох-Сох хувиргалт хийсэн өгөгдлүүдийг үл хамаарах хувьсагч болгон авсан.

Хүснэгт 17. Олон хэмжээст дискриминант функцийн шинжилгээний статистик үр дүн

Элемент	Процесс	Загвар дахь элементийн тоо	Уликсын $\lambda$	F-статистик	Уликсын $\lambda$	F-утга	p-утга
Li	Байгалийн үзэгдэл	4	0,6883	F(24,1110)= 5.2294 p< 0.0000	0.8401	<b>11.6874</b>	0.0000
B					0.7199	2.4358	0.0257
Mn					0.7284	3.0870	0.0060
Ge					0.7238	2.7298	0.0134
Ni	Хөрс үүсэх үйл ажиллагаа	6	0,5934	F(36,1390)= 4.8747 p< 0.0000	0.5979	0.4054	0.8753
V					0.6034	0.8891	0.5031
Ag					0.5980	0.4144	0.8693
Co					0.6325	3.4741	0.0024
F					0.7337	<b>12.4552</b>	0.0000
As					0.6205	2.4100	0.0272
Sn	Хүний сөрөг үйл ажиллагаа	10	0,4116	F(60,1639)= 5.0452 p< 0.0000	0.4283	2.1083	0.0521
Pb					0.4185	0.8689	0.5180
Tl					0.4127	0.1321	0.9922
Cr					0.4770	<b>8.2601</b>	0.0000
Mo					0.4830	<b>9.0126</b>	0.0000
Cu					0.4314	2.4989	0.0224
Zn					0.4413	3.7431	0.0013
Bi					0.4311	2.4557	0.0246
Cd					0.4594	<b>6.0355</b>	0.0000
Sb					0.4391	3.4669	0.0025

Олон хэмжээст дискриминант функцийн шинжилгээний ерөнхий статистик үр дүнгээр (хүснэгт – 17) Уликсын  $\lambda$ - 0,19182 ба түүнд харгалзах  $F(140) = 4,0518$  ба  $p < 0.0000$  байгаа нь As, Co, Ni, Zn, Li, V, Mn, Ag, B, Bi, Cd, Cr, Cu, F, Ge, Pb, Mo, Sb, Sn ба Tl зэрэг микроэлементүүд А-гэр хороолол орчим (n=105), В-зам дагуух газар, автомашин тээврийн хэрэгсэл (n=123), С-үйлдвэр, цахилгаан станц орчим (n=26), D-зах, худалдааны газар (n=21), E-хогийн цэг (n=26) ба F-зүлэгжүүлсэн газар (n=23) зэрэг 6 групп дээжүүдийг өөр хооронд нь маш сайн ялгаж байгааг илтгэж байна. Судалгааны үр дүнгээр групп дээжүүдэл Ag, B, Bi, Cd, Cr, Cu, F, Ge, Mo, Pb, Sb, Sn ба Tl-ийн агуулга өөр өөр, харин As, Co, Ni, Zn, Li, V ба Mn-ийн агуулга ижил түвшинд байгааг харуулж байна. Түүнчлэн Уликсын  $\lambda$  –ын утга 0.186-0.213 хооронд үр дүн үзүүлж байгаа нь нэг группын дээжүүд дэх элементүүдийн агуулга ижил түвшинд байгааг илтгэж байна.

Групп дээжүүд хоорондын харилцан хамаарлыг Маханболисын зайн квадратын аргаар тооцож олсон үр дүнг 18 –р хүснэгтэд нэгтгэн харууллаа.

Хүснэгт 18. Групп дээжүүд хоорондын хамаарал

Групп элемент	df	Хөрсний ангилал	BG	A	B	C	D	E	F
Байгалийн үзэгдэл	4,318	<b>BG</b>	0	12.146 (0.0000)	13.390 (0.0000)	13.306 (0.0000)	12.413 (0.0000)	9.315 (0.0000)	8.753 (0.0000)
		<b>A</b>	12.728	0	6.605 (0.0004)	5.115 (0.0005)	2.934 (0.0209)	2.196 (0.0693)	1.510 (0.1989)
		<b>B</b>	13.962	0.471	0	3.522 (0.0079)	2.272 (0.0613)	6.915 (0.00002)	2.694 (0.0310)
		<b>C</b>	15.498	0.991	0.663	0	1.280 (0.2776)	6.945 (0.00002)	2.178 (0.0713)
		<b>D</b>	14.917	0.677	0.512	0.445	0	3.202 (0.0134)	2.263 (0.0622)
		<b>E</b>	10.850	0.425	1.301	2.157	1.113	0	2.651 (0.0134)
		<b>F</b>	10.372	0.323	0.561	0.721	0.833	0.877	0
Хөрс үүсэх үйл ажиллагаа	6,316	<b>BG</b>	0	2.124 (0.0503)	3.782 (0.0012)	6.407 (0.0000)	3.556 (0.0020)	2.088 (0.0544)	1.901 (0.0802)
		<b>A</b>	3.360	0	5.099 (0.00005)	15.274 (0.0000)	1.896 (0.0809)	0.211 (0.9731)	2.238 (0.0394)
		<b>B</b>	5.950	0.549	0	18.767 (0.0000)	0.352 (0.9082)	1.856 (0.0880)	4.051 (0.0006)
		<b>C</b>	11.265	4.467	5.329	0	9.278 (0.0000)	10.240 (0.0000)	8.758 (0.0000)
		<b>D</b>	6.450	0.661	0.120	4.868	0	1.064 (0.3841)	2.651 (0.0560)
		<b>E</b>	3.671	0.062	0.527	4.801	0.558	0	1.903 (0.0798)
		<b>F</b>	3.401	0.723	1.274	4.374	1.472	0.951	0
Хүний сөрөг үйл ажиллагаа	10,312	<b>BG</b>	0	1.677 (0.0849)	2.064 (0.0270)	4.941 (0.0000)	2.382 (0.0098)	1.908 (0.0434)	1.643 (0.0935)
		<b>A</b>	4.479	0	3.031 (0.0011)	25.049 (0.0000)	1.893 (0.0454)	1.444 (0.1599)	0.730 (0.6964)
		<b>B</b>	5.481	0.550	0	24.837 (0.0000)	1.290 (0.2348)	1.0578 (0.3949)	0.681 (0.7419)
		<b>C</b>	14.665	12.367	11.906	0	14.110 (0.0000)	16.499 (0.0000)	16.751 (0.0000)
		<b>D</b>	7.295	1.113	0.740	12.496	0	1.377 (0.1897)	1.230 (0.2707)
		<b>E</b>	5.664	0.713	0.507	13.057	1.220	0	0.657 (0.7643)
		<b>F</b>	4.962	0.398	0.362	14.121	1.153	0.554	0

18- р хүснэгт дэх үр дүнгээр: С-үйлдвэр, цахилгаан станц орчмын өнгөн хөрсний дээжүүд бусад бүх групп дээжүүдээс ялгаатай буюу Маханболисын зайн квадратын утга нь 10.37-14.34-ийн хооронд хэлбэлзэж байна. А-гэр хороолол орчмын хөрсний дээжүүдийн микроэлементүүдийн агуулга, В-зам дагуух газрын болон Е- хогийн цэг орчмын хөрсний дээжүүдийн микроэлементүүдийн агуулгатай ойролцоо буюу Маханболисын зайн квадратын утга нь 1.254-1.980 байна. Харин В-зам дагуух газрын дээж хогийн цэг орчмын дээжтэй микроэлементүүдийн аргуулгаараа ижил байна. Түүнчлэн 23-р зурагт харуулснаар Гэр

хороолол орчмын, зам дагуух газрын хөрс болон үйлдвэр, цахилгаан станц орчмын хөрс микроэлементүүдээр бохирдсоныг илтгэж байна. Иймд чухам ямар элемент нь А-гэр хороолол орчим, В-зам дагуух газар, автомашин тээврийн хэрэгсэл болон С-үйлдвэр, цахилгаан станц орчмын хөрсний дээжүүдийг ялгаж байгааг илүү нарийвчлалтай тодорхойлохын тулд олон хэмжээст дискриминант шинжилгээний алхамт аргын дискриминант функцийн ангиллын болон ангиллын матрицын шинжилгээг хийж алхамт аргын горим бүрд гаргаж авсан үр дүнг 19 –р хүснэгтэд нэгтгэсэн.

Хүснэгт 19. Дискриминант функцийн ангилал ба матриц

ЭЛЭМЕНТ	Standard mode (Wilks' Lambda: .31598 approx. F (80,1462)=4.9445 p<0.0000)						Forward stepwise mode (Wilks' Lambda: .31765 approx. F (70,1456)=5.6658 p<0.0000)						Backward stepwise mode (Wilks' Lambda: .51977 approx. F (15,872)=15.564 p<0.0000)					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Ni	0.42	0.48	0.27	0.41	0.43	0.48	0.42	0.48	0.27	0.40	0.42	0.47						
Co	-1.27	-1.56	-1.10	-1.49	-1.38	-1.18	-1.27	-1.56	-1.10	-1.49	-1.38	-1.18						
V	0.50	0.49	0.42	0.49	0.52	0.46	0.50	0.49	0.42	0.49	0.52	0.46						
Cr	0.01	0.01	0.05	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.06	0.03	0.03	0.03
Mo	-1.01	-0.78	-0.01	-0.91	-1.05	-1.14	-0.98	-0.74	0.02	-0.88	-1.01	-1.10	-0.03	0.13	1.09	0.18	0.04	-0.32
Sn	0.53	0.26	0.08	0.34	0.30	0.41	0.53	0.26	0.07	0.34	0.30	0.41						
Pb	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02						
Cu	-0.05	-0.03	-0.02	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05	-0.03	-0.02	-0.03	-0.04	-0.04						
Zn	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01						
Bi	12.81	12.37	18.44	14.86	12.84	12.47	12.74	12.30	18.36	14.85	12.78	12.41						
Cd	4.40	3.50	6.54	3.61	4.12	2.30	4.39	3.49	6.52	3.62	4.11	2.30						
F	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03
Ag	0.03	0.13	0.00	0.44	0.12	0.22												
Sb	-0.27	-0.25	-0.43	-0.16	-0.27	-0.27	-0.27	-0.25	-0.43	-0.16	-0.27	-0.27						
As	-0.20	-0.25	-0.22	-0.24	-0.23	-0.37	-0.20	-0.25	-0.22	-0.24	-0.23	-0.37						
Tl	0.12	0.13	0.12	0.10	0.12	0.13												
Тогтмол	-26.64	-22.98	-39.45	-25.84	-28.34	-28.44	-26.42	-22.71	-39.23	-25.64	-28.13	-28.17	-7.84	-6.47	-22.94	-8.54	-9.14	-10.52
Дисперс, %	58.10	79.67	65.38	4.76	3.85	21.74	59.05	80.49	65.38	4.76	3.85	21.74	43.81	73.17	61.54	0.00	0.00	0.00
Нийт дисперс, %	56.48						57.10						46.91					

Олон хэмжээст дискриминант шинжилгээний алхамт аргын шинжилгээний үр дүнгээс харахад:

- Ангилалын функцийн шинжилгээний стандарт горимд бүх микроэлементүүд (As, Co, Ni, Zn, Li, V, Mn, Ag, B, Bi, Cd, Cr, Cu, F, Ge, Pb, Mo, Sb, Sn ба Tl) зэрэг микроэлементүүд нийт дисперсийн 77 %-ийг үзүүлж байна.
- харин ангилалын функцийн шинжилгээний өмнөөс оруулах (backward stepwise mode) горимд
- 17 микроэлементүүд нийт дисперсийн 76 %-ийг бүрдүүлж орон зайн ялгааг харуулж байна.
- тэгвэл ангилалын функцийн шинжилгээний буцааж ялгах (backward stepwise mode)-горимд Cr, Cu, Ge, Mo, Pb, Sb, Tl and V зэрэг 8 элемент нийт дисперсийн 71 %-ийг бүрдүүлж орон зайн хувьд илүү ялгаатай байгааг харуулж байна.

Олон хэмжээст дискриминант функцийн шинжилгээний үр дүнгээр: Cr, Cu, Ge, Mo, Pb, Sb, Tl ба V зэрэг микроэлементүүд А-гэр хороолол орчим, В-зам дагуух газар, автомашин тээврийн хэрэгсэл болон С-үйлдвэр, цахилгаан станц орчмын хөрсний дээжүүдийг өөр хооронд ялгаж байна. Хэдийгээр Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Sn, Zn ба Bi-ийн агуулга өндөр байгаа ч энэ гурван групп хөрсний дээжүүдийг өөр хооронд нь ялгахгүй байгаа нь эдгээр групп дээжүүдэд Sn, Zn ба Bi-ийн агуулга ойролцоо агуулгатай байгааг илтгэж байна. Энэ нь А, В ба С группын хөрсөнд эдгээр элементүүд ойролцоо агуулгатай ба хөрсөнд тархах нэг эх үүсвэртэй бол харин Cr, Cu, Ge, Mo, Pb, Sb, Tl ба V – ийн агуулга ба тархах эх үүсвэр нь Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд өөр өөр болохыг нотолж байна.

## 7.2. Цаг хугацааны өөрчлөлт

Цаг хугацааны өөрчлөлтийг үнэлэхдээ Co, Mn, Cr, Cd, Zn, Cu ба Pb-ийн хүчилд уусах буюу хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх тархалт, агуулга, бохирдлын өөрчлөлтийг цаг хугацаа болон хөрсний шинж чанараас хамааруулан судаллаа. Мөн Улаанбаатар хотын газар нутгаас цуглуулсан өнгөн хөрсний 2003 оны 410, 2010 оны 70, 2014 оны 118, 2018 оны 215 нийт 713 дээжүүд харьцуулан дүгнэлээ.

**Элементийн агуулга, тархалт:** Хотын өнгөн хөрсөн дэх Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Co, Mn-ийн хуурмаг нийт (pseudo-total) буюу хүчилд уусах агуулгын хөрсөнд агуулагдах дундаж агуулгыг хот орчмын суурь буюу унаган төрхөө алдаагүй байгалийн цэвэр хөрсөнд агуулагдах суурь агуулга болон хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандарттай харьцуулж 1-р хүснэгтэд нэгтгэлээ. Тархалтын төлвийг Co ба Pb-ны жишээгээр 24-р зурагт харуулсан.

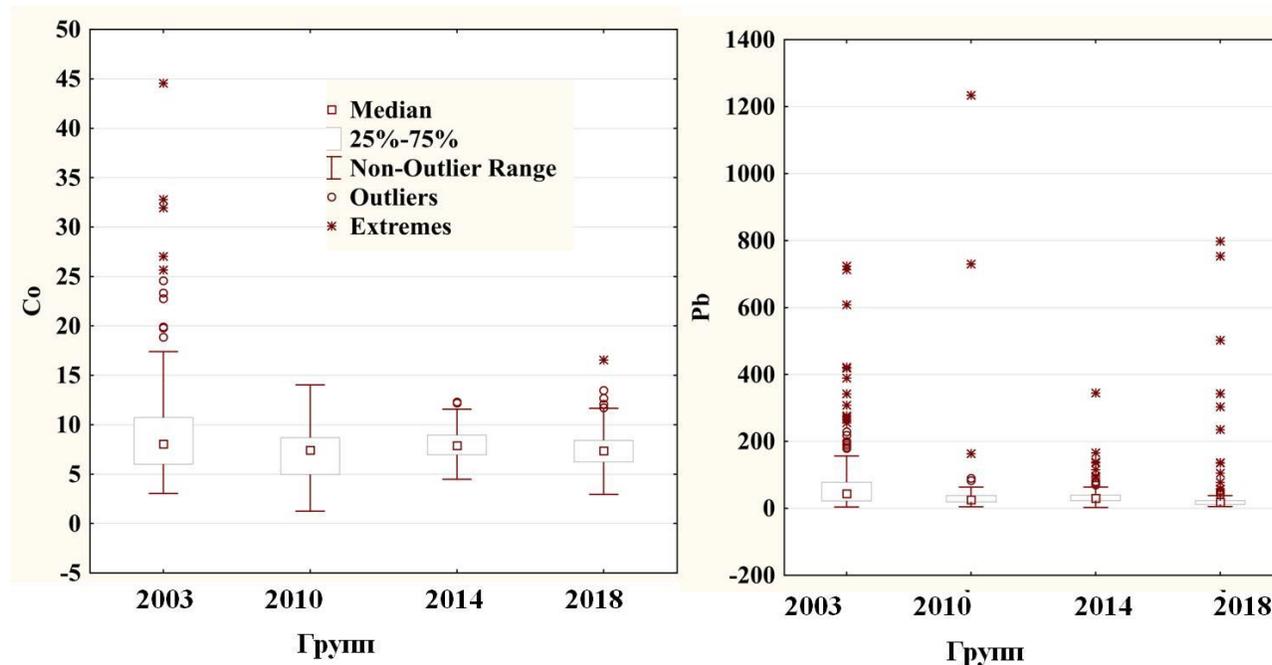
Хүснэгт 20. Хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын хөрсөнд агуулагдах дундаж, мг/кг

Групп	n	Хүнд элементүүд							
		Co	Mn	Zn	Pb	Cu	Cr	Ni	Cd
2003	410	8.83	-	-	67.8	40.5	-	21.32	1.13
2010	57	7.25	159	70.7	64.8	47.9	18.32	15.59	0.3
1014	117	8.08	204	93.7	39.1	22.5	43.54	10.78	0.57
2018	215	7.43	164	56.6	33.4	24.1	31.85	16.69	1.03
C <sub>BG</sub>		9.43	168	50.1	11.2	13.8	25.95	19.93	0.84
*Стандарт		12	600	60	60	50	15	36	1

C<sub>BG</sub> - хот орчмын унаган төрхөө алдаагүй байгалын цэвэр буюу суурь хөрсөнд агуулагдах хуурмаг нийт агуулгын суурь агуулга; \*Стандарт (ОХУ)- хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандарт - (хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулга)

Үр дүнгээс харахад (хүснэгт-13) Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт (pseudo-total) буюу хүчилд уусах агуулгын өөрчлөлт элемент

тус бүрийн хувьд харилцан адилгүй байна. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх хүнд металлуудын хуурмаг нийт буюу хүчилд уусах агуулга нийт агуулгын адилаар жигд бус тархалттай байна. Co ба Pb-ны хуурмаг нийт буюу хүчилд уусах агуулгын тархалтын ерөнхий төлвийг жишээгээр 14-р зурагт харууллаа.



Зураг 24. Co ба Pb-ны хуурмаг нийт буюу хүчилд уусах агуулгын тархалтын ерөнхий төлөв

2003 оны дээжүүдэд Co, Pb, Cu, Ni ба Cd-ийн хуурмаг нийт (pseudo-total) буюу хүчилд уусах агуулгын дундаж хэмжээ сүүлд хийгдсэн бусад онууд (2010-2018) - ынхаас их байна. Харин 2010-2018 онуудад Cd-ийн хэмжээ бүх хугацааны туршид (2010-2018) ихэссэн бол Cu, Ni -ийн агуулга 2014 онд буураад 2018 онд нэмэгдсэн, Co, Mn, Zn, Cr ба Pb-ны агуулга 2014 онд өсөөд 2018 онд буурсан хэмжээтэй байна.

Хотын өнгөн хөрсөн дэх хүнд металлуудын агуулгыг хот орчмын суурь буюу унаган төрхөө алдаагүй байгалийн цэвэр хөрсөнд агуулагдах суурь агуулга болон хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандарттай харьцуулж Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний хүнд элементийн бохирдлын экологийн болон геохимийн үнэлгээ хийлээ.

Манай улсын хувьд 2008 онд хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ стандарт батлагдсан ба энэ стандартыг хөрсний хүнд элементийн бохирдолд үнэлгээ хийхэд гол стандарт болгон харьцуулдаг. Энэ стандарт нь хөрсөнд агуулагдах элементүүдийн нийт агуулгаар тогтоогдсон ба харин хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт агуулгын хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн

зөвшөөрөгдөх стандарт хараахан батлагдаагүй учир энэ ажилд ОХУ-ын стандартыг авч харьцуулсан.

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд судалгаа явуулсан бүх цаг хугацааны туршид Со-ын хуурмаг нийт буюу хүчилд уусах агуулгын дундаж хэмжээ хот орчмын суурь буюу унаган төрхөө алдаагүй байгалийн цэвэр хөрсөнд агуулагдах суурь агуулгын хэмжээнээс бага, Cu, Zn ба Pb-ны хуурмаг нийт буюу хүчилд уусах агуулгын дундаж хэмжээ хот орчмын суурь буюу унаган төрхөө алдаагүй байгалийн цэвэр хөрсөнд агуулагдах суурь агуулгын хэмжээнээс ихээр илэрсэн байна. Харин Mn, Ni, Cd ба Cr –ийн хэмжээ харилцан өөрчлөгдсөн байна. Хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандартын хэмжээнээс Zn, Cr-ийн дундаж утга Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд ОХУ-ын стандартаас их илэрсэн байна.

Энэ судалгааны ажлын үр дүнг 2008 оноос 2012 оны хооронд Улаанбаатар хотын газар нутгаас цуглуулсан өнгөн хөрсний дээжинд хийсэн шинжилгээний бусад судалгааны ажлын үр дүнтэй харьцуулахад хэдийгээр судалгаа хийсэн нөхцөл аргагүй хувьд өөр ч элементүүдийн агуулгын дундаж утгууд, тархалтын төлөв ижил ба захын гэр хорооллын болон үйлдвэрийн бүс нутгийн хөрсөнд бохирдол өндөр гарсан байна.

Өнгөн хөрсөн дэх хүнд элементүүдийн хуурмаг нийт (pseudo-total) буюу хүчилд уусах агуулгын цаг хугацаанаас хамаарах өөрчлөлтийг олон хэмжээст дискриминант шинжилгээний алхамт аргаар тооцоолсон. Энэ арга нь Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд ямар элемент нь илүү хуримтлал үүсгэж бохирдуулж буйг ялгаж харуулах ба үр дүнг 14-р хүснэгтэд нэгтгэлээ.

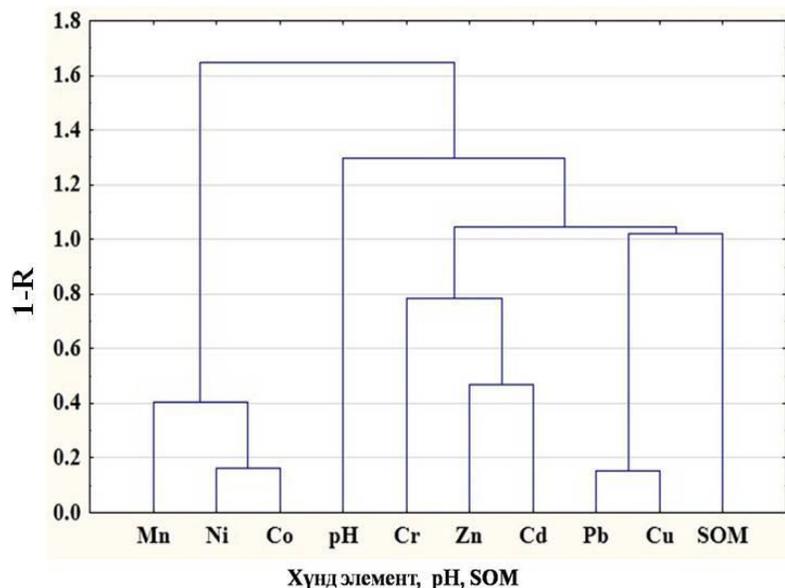
Хүснэгт 21. Олон хэмжээст дискриминант шинжилгээний алхамт аргын статистик үр дүн

Элемент	Стандарт горим				Forward stepwise горим				Backward stepwise горим			
	Wilks' λ: 0.19; F (16,758)=60.72; p<0.0000				Wilks' λ: 0.19; F (14,760)=69.52; p<0.0000				Wilks' λ: 0.19; F (10,764)=94.62; p<0.0000			
	Wilks' λ	F	p	R <sup>2</sup>	Wilks' λ	F	p	R <sup>2</sup>	Wilks' λ	F	p	R <sup>2</sup>
Co	<b>0.194</b>	<b>2.157</b>	<b>0.117</b>	<b>0.751</b>	<b>0.194</b>	<b>2.135</b>	<b>0.120</b>	<b>0.754</b>				
Mn	0.242	48.806	0.000	0.713	0.242	48.778	0.000	0.715	0.270	67.493	0.000	0.787
Zn	0.252	58.755	0.000	0.767	0.253	59.651	0.000	0.772	0.271	68.850	0.000	0.806
Pb	0.196	4.001	0.019	0.577	0.197	5.030	0.007	0.905				
Cu	<b>0.192</b>	<b>0.162</b>	<b>0.851</b>	<b>0.583</b>								
Cr	0.203	11.214	0.000	0.975	0.204	11.322	0.000	0.976	0.210	10.230	0.000	0.985
Ni	0.273	80.317	0.000	0.663	0.276	83.003	0.000	0.689	0.285	81.999	0.000	0.722
Cd	0.389	194.340	0.000	0.800	0.391	196.279	0.000	0.805	0.399	190.834	0.000	0.823

Үр дүнгээр Со стандарт горим ба Forward stepwise горимд (Wilks' λ-0.194), Cu стандарт горимд (Wilks' λ-0.192) өөрчлөлтийг хамгийн тод харууллаа. Энэ нь 2010-2018 онуудад Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд судалгаа явуулсан бүх цаг хугацааны туршид

Pb ба Cu-ийн бохирдол, Co-ын сарнилын төлөв өөр харин Mn, Zn, Cr, Ni ба Cd –ын бохирдлын төлөв ижил болохыг харууллаа.

**Элементийн төлөв ба шинж чанар хоорондын хамаарал:** Cu, Cr, Ni, Zn, Co, Cd ба Mn-ны бохирдол хөрсний орчин өөрчлөгдөхөд нэг төлвөөс нөгөөд шилжих, улмаар хүрээлэн буй орчны бусад объектод шилжих төлөв хөрсний органик бодис болон хөрсний орчноос ихээхэн хамаардаг ба энэ хамаарлын судалгааг олон хэмжээст статистикийн кластер ба фактор анализыг аргаар хийсэн үр дүнг 15-р зураг болон 15-р хүснэгтэд тус тус харууллаа.



Зураг 25. Хүнд элемент ба хөрсний шинж чанар хоорондын хамаарлын дендрограмм

Хүснэгт 22. Хүнд элемент ба хөрсний шинж чанар хоорондын хамаарал

Статистикүзүүлэлт	ГК-1	ГК-1	ГК-1
Хувийн утга	3.70	1.95	1.51
Дисперс, %	36.96	19.51	15.06
Нийт дисперс, %	36.96	56.46	71.53
Элемент	Факторын утга		
Pb	<b>0.918</b>	-0.163	0.107
Cu	<b>0.893</b>	0.231	0.124
Cd	<b>0.683</b>	0.403	-0.092
Zn	<b>0.549</b>	0.409	-0.203
Ni	0.069	<b>0.943</b>	0.102
Co	0.006	<b>0.840</b>	0.279
Mn	0.306	<b>0.725</b>	0.205
Cr	0.159	0.493	-0.207
SOM	0.222	0.012	<b>0.846</b>
pH	0.172	-0.187	<b>-0.877</b>

Кластер болон факторын шинжилгээгээр хүнд элементүүдийн хөрсний шинж чанараас хамаарч [Co-Ni-Mn]-[(Cu-Pb-SOM)-(Cd-Zn-Cr-pH)] гэсэн 3 групп (кластер болон фактор) бүрдүүлж байна.

Cu ба Pb нь хөрсний органик бодистой тогтвортой нэгдэл үүсгэж хуримтлагддаг, харин Cd, Zn, Cr хөрсний орчин саармагжих болон шүтлэгжих үед хөрсөнд тогтвортой нэгдэл байдлаар хуримтлагдаж бохирдол үүсгэдэг. Харин Co, Ni ба Mn нь хөрс бүрдүүлэгч гол шаварлаг эрдсийн бүрэлдэхүүнд нягт холбогдож агуулагддаг болохыг илтгэж байна.

**НАЙМДУГУУР БҮЛЭГ**  
**ХӨРСӨН ДЭХ ХҮНД МЕТАЛЛЫН БОХИРДЛЫГ БУУРУУЛАХ, БОХИРДСОН**  
**ХӨРСИЙГ ЦЭВЭРШҮҮЛЭХ, НӨХӨН СЭРГЭЭХ ТЕХНОЛОГИУДЫН**  
**СУДАЛГААНЫ ТОЙМ.**

Технологийн дэвшил, үйлдвэржилт, хотжилт зэргээс улбаалсан орчны бохирдол, ялангуяа хөрсний бохирдол жилээс жилд нэмэгдэх хандалагатай болсон өнөө үед дэлхийн шинжлэх ухааны чиг хандлага эдийн засгийн хэмнэлттэй, байгальд ээлтэй технологийг хүрээлэн буй орчны бохирдлыг бууруулах, хүрээлэн буй орчны объектийг нөхөн сэргээх сайжруулах технологийн судалгаанд анхаарал хандуулах болсон.

Хөрсөн дэх хүнд металлын хортой агуулгыг бууруулах, хөрсийг цэвэршүүлэх, бохирдсон хөрсийг нөхөн сэргээх технологиудыг хэрэглээний төрлөөр “in-situ” (тухайн газарт нь) ба “ex-situ” (хуулах, зөөвөрлөх) гэж 2, аргазүйн хувьд тусгаарлах, зайлуулах ба тогтворжуулах гэж 3 ангилдаг бол хөрс болон бохирдуулагч бодисд үйлчлэх үйлчлэлээр нь физик, хими, биологийн гэж ангилдаг.

Хөрсний бохирдол ялангуяа хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлыг бууруулах, хортой агуулгын хэмжээг багасгах, хөрсийг сайжруулах болон нөхөн сэргээхэд биологийн арга нь физик, химийн аргатай харьцуулахад өртөг хямд, цэвэршүүлэх, нөхөн сэргээх процесс нь тухайн газар дээрээ (физик болон механикаар газарт нөлөөгүй) болон байгалийн хуулиар явагддаг ба хүний байнгын үйл ажиллагаа шаардаггүй зэрэг давуу талтай.

Биологийн аргын зэрлэг ургамал ашиглах хувилбар нь тухайн хөрсний шинж чанар, хэв шинж төрөл, хөрсөн дэх тухайн элементийн агуулга, элементийн биологийн хүртээмж болон сонгож авсан ургамлын ургах эрчим, хугацаа, ургамлын ялгаруулах биомассын хэмжээ зэрэг хүчин зүйлүүдээс хамааран физик, химийн аргатай харьцуулахад хөрсний бохирдлыг бууруулах, бохирдсон хөрсийг бүрэн гүйцэд нөхөн сэргээхэд урт хугацаа шаарддаг сул талтай. Биологийн аргын ашигт бичил биетнээр болон генийн аргаар гаргаж авсан ургамалаар бохирдлыг бууруулах технологи нь зэрлэг ургамал ашиглах хувилбараас арай бага хугацаа шаарддаг.

Дээрх нөхөн сэргээх арга бүр өөр өөрийн сул болон давуу талтай бөгөөд мөн тухайн арга тодорхой нэг элементийн бохирдлыг бууруулахад чиглэсэн, эсвэл хэд хэдэн элементэд зэрэг үр нөлөөтэй байдаг нь харагдаж байна.

Тухайлбал: Хүнд элементүүдийн бага зэргийн бохирдолттой бага талбайтай хөрсөнд химийн өтгөрүүлэх, уусгалтын аргууд, цахилгаан кинетик арга болон эгэл биетнээр нөхөн сэргээх нь үр дүнтэй бол томоохон хэмжээний талбайтай хөрсөнд хөрсийг дахин байршуулах эсвэл ургамлаар нөхөн сэргээх аргууд үр дүнтэй байна.

Хүнд элементүүдээр их бохирдолттой хөрсөнд химийн шилжүүлэх технологи үр дүнтэй байх нь харагдаж байна. Гэхдээ хөрсний болон тухайн элементийн шинж чанараас хамаарч тогтворжуулагч бодисын сонголт чухал алхам болж байна.

Иймээс хөрсөн дэх хүнд элементийг бууруулах нөхөн сэргээх үедээ тухайн хөрс нь гол төлөв ямар элементээр бохирдсон, аль элементийг нь бууруулах нэн шаардлагатай байгаа зэрэг, мөн бохирдсон хөрсний хэмжээг харгалзан үзэж нөхөн сэргээх аргыг дангаар нь эсвэл хослуулсан байдлаар сонгож хэрэглэвэл үр дүнтэй юм.

Ургамал ашиглан хөрсөн дэх хүнд металлын хортой агуулгыг бууруулах, хөрсийг цэвэршүүлэх, бохирдсон хөрсийг нөхөн сэргээх технологийг дангаар нь болон бусад аргатай хослуулан хэрэглэх нь (i) хүрээлэн буй орчинд ээлтэй; (ii) эдийн засгийн хэмнэлттэй; (iii) төвлөрсөн газар ногоон байгууламжийг сайжруулж хүртээжмийг нэмэгдүүлэх; (iv) хөрсний биологийн болоод агрохимийн шинж чанарыг давхар сайжруулах, орчны экологийн тэнцвэрийг хадгалах зэрэг давуу талтай нь харагдаж байна.

**Biological remediation буюу “Ургамал болон ашигтай бичил биетнийг ашиглан хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлыг бууруулах, хортой агуулгын хэмжээг багасгах, хөрсийг сайжруулах, нөхөн сэргээх арга”**

Биологийн аргаар хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлыг бууруулах, хортой агуулгын хэмжээг багасгах, хөрсний бүтцийг сайжруулж нөхөн сэргээх технологийг цэвэр ногоон технологи хэмээн хөгжингүй оронд маш өргөн дэлгэр ашиглаж байна. Энэ аргад ургамал болон ашигтай бичил биетнийг тус тусад нь болон хослуулан хэрэглэж орчны, ялангуяа хөрсний хүнд элементийн бохирдлыг бууруулах, хортой агуулгын хэмжээг багасгах, хөрсний бүтцийг сайжруулж нөхөн сэргээх ажлуудыг хийж байна.

Phytoremediation: Phyto-грекээс –фито буюу ургамал гэж орчуулагдана. Remediation-латин үг ба зайлуулах, сэргээх гэсэн үг.

**Phytoremediation** технологийн мөн чанар ургамал ашиглан хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлыг бууруулах, хортой агуулгын хэмжээг багасгах, хөрсний бүтцийг сайжруулж нөхөн сэргээхэд оршино. Бусад уламжлалт аргаас онцлог бөгөөд давуу тал нь тухайн бохирдсон газарт нь (in-situ) явуулах ба хөрсийг ухах зөөх зэрэг эвдрэл үүсгэдэггүй, бохирдуулдаггүй, хөрсөн дэх нүүстөрөгчийн хэмжээг нэмэгдүүлэх, тэжээлийн элементүүдийн тэнцвэрийг хадгалах, хөрсний биохимийн процессийг сайжруулах зэрэг давуу талуудтай цэвэр ногоон технологи юм.

Хүнд металаар бохирдсон хөрсийг цэвэршүүлэх, нөхөн сэргээх, хүнд элементийн бохирдлыг бууруулахад хөрснөөс металлыг өөртөө шингээж хуримтлуулах чадвартай ургамлыг ашиглах санааг анх 1983 онд Чейни хэмээх судлаач гаргасан ба ургамалын хүнд металлыг зайлуулах чадварт үндэслэсэн улмаар дамжуулж хүнд металлын бохирдлыг бууруулах технологийг боловсруулсан байна. Ургамлын тусламжаар хөрсийг цэвэршүүлэх

арга нь сүүлийн 300 жилийн турш практикт хэрэгжиж ирсэн байна. Энэхүү технологи нь хүнд металлын байгалийн агууламж өндөртэй ургамлаар эрдэс хүдэр хайж олборлох биогеохимийн аргад үндэслэгдсэн буюу хүнд металл ихээр агуулагдах хөрсөнд ургах тэсвэртэй ургамлын тусламжаар хүнд металлын бохирдлыг бууруулах, хөрсийг цэвэршүүлэх нөхөн сэргээх арга юм.

Хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлыг бууруулах, хортой агуулгын хэмжээг багасгах, хөрсний бүтцийг сайжруулж нөхөн сэргээх үйл ажиллагааны хүрээгээр нь *Phytoremediation* буюу *ургамал* ашиглан хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлыг бууруулах, хортой агуулгын хэмжээг багасгах, хөрсний бүтцийг сайжруулж нөхөн сэргээх технологийн энэхүү аргыг (i) *ургамал* ашиглан хөрсөн дэх хүнд элементийг тогтворжуулах; (ii) *ургамал* ашиглан хөрсөн дэх хүнд элементийг хандлах; (iii) *ургамал* ашиглан хөрсөн дэх хүнд элементийг ууршуулах гэж 3 ангилдаг ба эхний 2 арга нь илүү найдвартай өөр өөрийн гэсэн давуу тал онцлогтой.

*Phytoremediation* буюу *ургамал* ашиглан хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлыг бууруулах, хортой агуулгын хэмжээг багасгах, хөрсний бүтцийг сайжруулж нөхөн сэргээх технологийн үр ашиг нь тухайн газар нутгийн байгаль цаг уурын онцлог, хөрсний физик-химийн шинж чанар, хөрсөн дэх металлын биологийн хүртээмж, тухайн ургамалын үндэсний хэмжээ, хүнд металлыг шингээж иш навч, цэцэг зэрэг газрын дээд хэсэгтээ хүнд металлыг хуримтлуулах, хувиргах болон хоргүйжүүлэх чадвар зэрэг олон зүйлээс хамаардаг. Иймд ургамлын сонголт чухал үүрэгтэй. Илүү гүнд, сахлаг үндэстэй ургадаг ургамал хөрсөн дэх хүнд элементийн бохирдлыг бууруулах, хортой агуулгын хэмжээг багасгах, хөрсний бүтцийг сайжруулж нөхөн сэргээх чадвар илүү.

Сүүлийн үед гадаад улс оронд *ургамал* ашиглан хөрсөн дэх хүнд элементийг хандлах зориулалтаар хөрснөөс металлыг өөртөө шингээж хуримтлуулах чадвартай ургамлуудыг нээн илрүүлж өрөн дэлгэр хэрэглэсээр байна. Одоогоор 500 гаруй (400 орчим гипераккумулят – ургамлууд) зүйлийн бүлгийн ургамлууд байна. Гол төлөв цэцэгт ургамлууд, бут сөөгийг энэхүү ногоон технологид хамгийн өргөн хэрэглэгдэж байна. Хөрснөөс металлыг шингээж өөртөө хуримтлуулах чадвартай ургамлыг ашиглаж хүнд металлаар бохирдсон хөрсийг цэвэршүүлэх, нөхөн сэргээх, хүнд элементийн бохирдлыг бууруулах энэхүү технологи нь хүнд элементийн бохирдлын дунд зэргийн түвшин бүхий хөрсийг цэвэршүүлэх, нөхөн сэргээхэд тохиромжтой технологи ба хөрсийг цэвэршүүлэх, нөхөн сэргээх сүүлийн шатанд нь хелат болон комплекс нэгдэл үүсгэх боломжтой өөр бусад аргатай хослуулбал илүү үр дүнтэй.

**ХӨРСНИЙ БОХИРДОЛТОД ТАВИХ ЭКОЛОГИЙН МОНИТОРИНГИЙН  
ТОГТОЛЦООНД НЭН ТЭРГҮҮНД ТУЛГАМДСАН СУДАЛГАА,  
ШИНЖИЛГЭЭНИЙ АРГАЧЛАЛ, ҮНДЭСНИЙ СТАНДАРТУУД  
БАТЛУУЛАХ**

- 1. Хөрсний чанар — суурь агуулгыг тодорхойлох MNS ISO 19258:2019**
- 2. Хөрсний чанар - мониторингийн хөтөлбөрийг бий болгох, засварлах заавар  
MNS ISO 16133:2019**
- 3. Хөрсний чанар - Физик-химийн шинжилгээнд зориулан дээжийг урьдчилан  
боловсруулах MNS ISO 11464:2019**

## НЭГДСЭН ДҮГНЭЛТ:

Улаанбаатар хотын хүрээлэн буй орчны тэнцвэрт байдал алдагдах, агаар хөрс, ус бохирдох улмаар оршин суугчдын эрүүл аюулгүй орчинд амьдрах эрх зөрчигдөх боллоо. Иймээс хөрсний бохирдлоос үүдэлтэй эрсдлээс сэргийлэх, ихээр бохирдсон газар нутагт бохирдлыг бууруулах арга хэмжээг оновчтой хэрэгжүүлэхэд хөрсөнд агуулагдах химийн элементүүдийн агуулга, тархалтыг бүрэн судлах, эх үүсвэрийг тогтоох, ихээр бохирдсон газар нутгийг илрүүлэх, гол бохирдуулагчийг тогтоох нь зайлшгүй шаардлагатай ба чухал юм.

Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийг хамарсан өнгөн хөрсний дээжүүд судалгааны үндсэн объект болно. Түүнчлэн энэ судалгааны ажлын хүрээнд Улаанбаатар хот орчмын байгалийн унаган төрхөө алдаагүй цэвэр хөрсөнд (суурьшлын бүсийн хүрээнд хотын төвөөс 20-40 гаруй км-ийн зайнд Улаанбаатар хотын өмнө зүгт Өвөр зайсан, хойд зүгт Ар гүнт, зүүн зүгт Цонжинболдог орчим, баруун зүгт Эмээлт орчмын газар нутгийг тус тус сонгосон) агуулагдах микроэлементүүдийн нийт болон биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгыг тогтоож, үр дүнг бусад судлаачдын судалгааны ажлын үр дүн, стандарт хэмжээтэй харьцуулан суурь хөрсний экологийн болон биогеохимийн төлөв байдалд үнэлгээ хийсэн ба үр дүнг судалгааны ажлын харьцуулах материал болгосон.

“ТОМООХОН ХОТУУДЫН ӨНГӨН ХӨРСНИЙ ХҮНД ЭЛЕМЕНТИЙН БОХИРДЛЫН МОНИТОРИНГИЙГ СПЕКТРОСКОПИЙН АРГААР ГҮЙЦЭТГЭХ” сэдэвт ажлын зорилт, зорилгын хүрээнд 2017-2019 онуудад цуглуулсан Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийг хамарсан өнгөн хөрсний 300 орчим дээжүүдэд макро, микроэлементүүд, хүнд металлуудын нийт агуулга, хүчилд хандлагддаг хуурмаг нийт агуулга, мөн буферийн уусмалд хандлагддаг биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгыг тус тус тодорхойлсон. Өнгөн хөрсөн дэх химийн элементүүдийн агуулгыг тодорхойлох бүх туршилтын ажлыг ШУА-ийн Физик технологийн хүрээлэнгийн Атомын спектроскопийн лаборатори болон ОХУ-ын ШУА-ийн Сибирийг салбарын А.П.Виноградовын нэрэмжит Эрхүүгийн Геохимийн хүрээлэнгийн Оптик спектр ба стандарт загварын лабораторит хийсэн.

Хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшинд цогц үнэлгээ өгөх, хөрсний геохимийн судалгааг цогц явуулах спектроскопийн болон математик, статистик, геостатистикийн аргуудыг багтаасан хөрсний бохирдлын мониторингийн тоон болон чанарын үнэлгээний аргазүйн цогц бүдүүвчийг гаргасан (*Диаграмм-1*).

## ҮР ДҮНГ НЭГТГЭН ДАРААХ ДҮГНЭЛТЭД ХҮРЛЭЭ.

1. Улаанбаатар хот орчмын байгалийн унаган төрхөө алдаагүй цэвэр хөрсөнд агуулагдах химийн элементүүдийн агуулгыг Дэлхийн кларк хэмжээтэй харьцуулахад
  - ✓ Улаанбаатар хот орчмын байгалийн унаган төрхөө алдаагүй суурь хөрсөнд, хөрс үүсгэгч чулуулгийн үндсэн элементүүд болох Si, Fe, Al, Ti - ийн нийт агуулга нь дэлхийн кларкаас ялимгүй бага буюу ойролцоо утгатай байна.
  - ✓ Хөрсний шим тэжээлийн үндсэн макроэлементүүдийн нийт агуулга нь дэлхийн кларкаас харьцангуй их буюу  $1.17 (Ca) < 1.31 (P) < 1.48 (Mg) < 1.62 (K) < 1.84 (S) < 2.38 (Na)$  дахин их байна.
  - ✓ Li, Sr, V, Ni-ийн агуулга Улаанбаатар хот орчмын хөрсөнд дэлхийн кларкын хэмжээнд;
  - ✓ Mn, Cu, Zn, Rb, Co, Ba, B, As, F, Pb, Bi, Cd-ын агуулга дэлхийн кларкаас их
  - ✓ Sn, Cr, Sb, Mo-ийн агуулга дэлхийн кларкаас бага хэмжээтэй илэрлээ.  
Энэ нь Улаанбаатар хотын газар нутгийн геологийн тогтоц, геохимийн төлөв байдлын онцлогийг илэрхийлж байна. Улаанбаатар хот орчмын суурь хөрсөн дэх микроэлементүүдийн биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгын хэмжээ нь микроэлементүүдийн биологийн идэвхит хөдөлгөөнт агуулгын дэлхийн дундаж болон хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээний стандарт (ОХУ)-аас багаар илэрлээ. Энэ нь Монгол улсын хөрсний хэв шинжийн онцлог буюу Улаанбаатар хот орчмын хөрс микроэлементийн агуулгаар дутмаг болохыг харуулж байна.
2. Элементүүдийн хоорондын харилцан хамаарал нь тэдгээрийн ерөнхий нэг шинж чанар болон ижил эх үүсвэрийг илэрхийлдэг. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх макро, микроэлементүүдийн хөрсөнд орших эх үүсвэр, геохимийн төлөв байдлын судалгааг хемометрийн олон хувьсагчит статистикийн корреляцийн шинжилгээ, кластер ба фактор анализын аргуудаар судаллаа. Корреляцийн шинжилгээ, фактор ба кластер анализыг макро ба микроэлементүүд тус бүрд болон макро ба микроэлементүүд хооронд судалсан.
  - ✓ Кластер ба фактор анализын үр дүнгээр Si, Al, Fe, Ca, Mg, Ti, Na, K, P, S нь  $[P - (K - Na - Si)] - [(S - Ca) - (Mg - Ti - Fe - Al)]$  гэсэн 3 групп буюу 3 гол компонентийг бүрдүүлэх ба хөрсний тодорхой фракцийг илэрхийлнэ.
  - ✓ Өнгөн хөрсөн дэх Mn, Li, Ba, Ge, Sn, Cu, Zn, Ag, Sb, Pb, Mo, Bi, Cr, Tl, Cd, V, Co, F, As, Ni нь хими физикийн шинж чанар, геохимийн төлөв байдал болон өнгөн хөрсөнд тархсан төлөв зэргээс хамааран (Mn-Li-Ba-Sr-

B-Ge), (Pb-Sb-Ag-Cu-Zn-Sn) ба (Ni-Co-V-As-F)-(Mo-Bi-Cd-Cr-Tl) гэсэн 3 групп бүрдүүлсэн буюу 4 эх үүсвэртэй байна.

- ✓ Фактор анализын гол компонентын шинжилгээний үр дүнгээр Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх макро, микроэлементүүд 9 гол компонентыг (ГК) бүрдүүлж байгаа ба зарим элементүүд хэд хэдэн гол компонент (ГК) -д голлох үүрэгтэй орж байгаа нь тухайн элементийн геохимийн төлөв болон өнгөн хөрсөнд орших эх үүсвэр нь өөр өөр болохыг харуулж байна. Дэлхийн царцдасын хамгийн өргөн тархсан элементүүд нь ГК-1(Si, K), ГК-2 (Al, Mg, Fe, Mn, Ti); ГК -4 (P), ГК -6 (Na, K, Ti, S) ба ГК -7 (Ca) гэсэн 5 гол компонентод, харин тунамал чулуулаг ба хөрсний бүтэц, бүрэлдэхүүнийг тодорхойлдог литоген элементүүд нь ГК-1 ба ГК-2-ийг бүрдүүлж байна.
- ✓ Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх макро, микроэлементүүдийн геохимийн төлөв байдлын буюу өнгөн хөрсөнд орших эх үүсвэрээр орон зайн тархалтын зураглал гаргасан. ГК-1 ба ГК-2 -ийг бүрдүүлж буй голлох элементүүдийн Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд тархсан төлөв байдал нь Улаанбаатар хотын газарзүйн байрлал буюу ландшафтийн (газрын хотгор гүдгэр, ургамлын аймгийн төрөл зүйл, ус чийгийн горим) нөхцөлтэй харилцан уялдаатай байна. ГК-3 -ийг бүрдүүлж буй Sn-Cu-Zn-Pb-Ag-Ge элементүүд Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Cu, Pb, Sn ба Zn зэрэг элементүүдийн хуримтлал болон тархалт гол төлөв төв зам дагуу болон тээврийн хэрэгслийн зогсоол хавийн газраар буюу гол төлөв Улаанбаатар хотын хөрсөнд гол төлөв автомашин, тээврийн хэрэгслэлээс улбаатай болохыг харуулж байна. ГК-4-ийг бүрдүүлж буй P-Ag-Ba зэрэг элементүүд Улаанбаатар хотын газар нутагт Сэлбэ гол дагуу, Хайлааст болон Чингэлтэйн газар нутгийн гэр хорооллын 3 гол цэгт ихээр агуулагдаж байна. Энэ нь ГК-4 -ийн гол эх үүсвэр нь ил задгай хогийн цэгээс эх үүсвэртэй болохыг харуулж байна. ГК-5 ба ГК-6 бүрдүүлж байгаа (B-Ge-Ba) ба (Tl-Mo-Cd-S-Na-K-Ti) бүлэг элементүүд Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд тархах төлөв ижил буюу гол төлөв гэр хорооллын газар нутгаар тархсан байна. Энэ нь Улаанбаатар хотын гэр хорооллын өнгөн хөрсөнд нүүрсний шаталтаас үүссэн эрдэс бодис ихээр хуримтлагдаж буйг харуулж байна. ГК-7 -г бүрдүүлж буй элементүүдийн тархалт нь гэр хорооллын нутаг дэвсгэр буюу Баянхошуу (баруун хойд дүүрэг) болон Шар-Хад (зүүн хойд дүүрэг) -ны газар нутаг, гол төлөв нүүрс, мод, нүүрс зарах цэгүүдийн ойролцоо газраар тэмдэглэгдсэн ба нь гэр хорооллын дулааны эх үүсвэрт Налайх, Бага-нуур, Шивээ-Овоо зэрэг олон ордуудын нүүрсийг хэрэглэдэгтэй холбоотой. ГК-8-ийн элементүүд нь үйлдвэрлэлийн бүсэд буюу дулааны цахилгаан станцууд № 2, 3, 4-ийн газар нутаг, түүнчлэн хуучин ашиглалтгүй станцтай ойрхон тархсан

байна. Висмут, хром, никель нь химийн урвалж бодис ашигладаг арьс шир боловсруулах жижиг үйлдвэрүүд болон дулааны цахилгаан станцуудын ойролцоо тэмдэглэгдсэн байна. ГК-9 -ийг Sb-Ba-Zn-Pb-Tl зэрэг элементүүд бүрдүүлж байгаа ба байгалийн болон техногенийн эх үүсвэрийн аль нь болохыг тодорхойлоход хүндрэлтэй байлаа.

3. Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэрийн өнгөн хөрсөн дэх микроэлементүүдийн тархалтын орон зайн ялгааг А-гэр хороолол орчим (n=105); В-зам дагуух газар, автомашин тээврийн хэрэгсэл (n=123); С-үйлдвэр, цахилгаан станц орчим (n=26); D-зах, худалдааны газар (n=21); E-хогийн цэг (n=26); F-зүлэгжүүлсэн газар (n=23) зэрэг бохирдуулагч эх үүсвэрүүдээс хамааруулан объект тус бүрийн хувьд микроэлементүүд тус бүрийн дунджийн ялгааг K-W ба ANOVA тестээр ба орон зайн ялгааг олон хэмжээст дискриминант шинжилгээний аргаар судаллаа.

- ✓ Дунджийн ялгааны шалгуураар (медиан тест) Sn ба Zn-ээс бусад бүх микроэлементүүдийн дундаж агуулга бүх 6 групп (гэр хороолол орчим, зам дагуух газар, автомашин тээврийн хэрэгсэл, үйлдвэр, цахилгаан станц орчим, зах, худалдааны газар, хогийн цэг ба зүлэгжүүлсэн газар) дээжүүдийн хувьд ялгаатай байна. Өөрөөр хэлбэл Sn ба Zn нь Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийн дээжинд хуримтлал үүсгэсэн байна гэж үзэж болно. В, Cr, Pb, Sn, Zn, Cu, Bi, Ag ба Sb-ийн стандарт хазайлтын өндөр утга болон суурь агуулгаас нэмэгдсэн хэмжээ нь Улаанбаатар хотын өнгөн хөрс нь, хүн ам ихээр төвлөрсөн дэлхийн бусад улс орны нэгэн адил, эдгээр элементүүдээр бохирдсоныг илтгэж байна.
- ✓ Kruskal-Wallis (K-W)-ийн рангийн нийлбэр гэр хороолол орчин болон зам дагуух газрын дээжинд бусад групп дээжүүдээс өндөр үзүүлэлттэй байгаа нь гэр хороолол орчин болон зам дагуух газрын хөрс микроэлементүүдээр бохирдсоныг илтгэж байна.
- ✓ С-үйлдвэр, цахилгаан станц орчмын өнгөн хөрсний дээжүүд бусад бүх групп дээжүүдээс ялгаатай.
- ✓ А-гэр хороолол орчмын болон хөрсний дээжүүдийн микроэлементүүдийн агуулга, В-зам дагуух газрын болон E- хогийн цэг орчмын хөрсний дээжүүдийн микроэлементүүдийн агуулгатай ойролцоо
- ✓ Гэр хороолол орчин, зам дагуух газрын хөрс болон үйлдвэр, цахилгаан станц орчмын хөрс микроэлементүүдээр бохирдсоныг илтгэж байна.
- ✓ Cr, Cu, Ge, Mo, Pb, Sb, Tl ба V зэрэг микроэлементүүд А-гэр хороолол орчим, В-зам дагуух газар, автомашин тээврийн хэрэгсэл болон С-үйлдвэр, цахилгаан станц орчмын хөрсний дээжүүдийг өөр хооронд ялгаж байна.

- ✓ А, В ба С группын хөрсөнд Sn, Zn ба Bi-ийн агуулга ойролцоо ба хөрсөнд тархах нэг эх үүсвэртэй бол харин Cr, Cu, Ge, Mo, Pb, Sb, Tl ба V –ийн агуулга ба тархах эх үүсвэр нь Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд өөр өөр болохыг дискриминант функцийн шинжилгээ нотолж байна.
4. Улаанбаатар хотын газар нутгаас цуглуулсан өнгөн хөрсний 2003 оны 410, 2010 оны 70, 2014 оны 118, 2018 оны 215 нийт 713 дээжүүдэд тодорхойлсон Co, Mn, Cr, Cd, Zn, Cu ба Pb-ийн хүчилд уусах буюу хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх тархалт, агуулга, бохирдлын бохирдлын өөрчлөлтийг цаг хугацаа болон хөрсний шинж чанараас хамааруулан судаллаа. Судалгаа явуулсан бүх цаг хугацааны туршид Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд судалгаа Pb ба Cu-ийн бохирдол, Co-ын сарнилын төлөв өөр харин Mn, Zn, Cr, Ni ба Cd –ын бохирдлын төлөв ижил байлаа.
- Cu ба Pb нь хөрсний органик бодистой тогтвортой нэгдэл үүсгэж хуримтлагдсан байхад, Cd, Zn, Cr хөрсний орчин саармагжих болон шүлтлэгжих үед хөрсөнд тогтвортой нэгдэл байдлаар хуримтлагдаж бохирдол үүсгэж байна.
- Co, Ni ба Mn нь хөрс бүрдүүлэгч гол шаварлаг эрдсийн бүрэлдэхүүнд нягт холбогдсон байна.
5. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний микроэлементүүд (Li, Sr, V, Ni Mn, Cu, Zn, Rb, Co, Ba, B, As, F, Pb, Bi, Cd Sn, Cr, Sb, Mo) - ийн бохирдлын түвшни тархалтын судалгааг Хөрсөн дэх микроэлементүүд, хүнд металлуудын бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийг үнэлэх олон улсад хэрэглэгддэг аргуудыг харьцуулан судалж Ю.Н.Водяницкийн аргыг сонгосон (Водяницкий, 2010). Энэ арга нь хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийг давхар тооцдог давуу талтай. Бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөлөл“-ийг  $Z_{ст} < 16$  -аюулгүй;  $16 < Z_{ст} < 32$  – бага зэргийн аюултай;  $32 < Z_{ст} < 64$ -аюултай;  $64 < Z_{ст} < 128$  – их аюултай;  $Z_{ст} \gg 128$  – маш их аюултай зэрэг 5 түвшингээр газар ашиглалтын байдлаар нь ангилж үнэллээ. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд агуулагдах микроэлементүүдийн бохирдлын түвшин, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийн орон зайн тархалтын зургаас харахад  $Z_{ст}$ -ийн утга
- ✓ гэр хорооллын газрын түлээ нүүрс борлуулах цэг, хуучин түүхий эд цуглуулж байсан газар болон,
  - ✓ автозамын тойргийн орчимд өндөр байна.
6. Төвлөрсөн суурин газрын өнгөн хөрсний гол бохирдуулагч хүнд металлууд болох Co, Mn, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr ба Pb-ийн бохирдлын тархалтын түвшиний судалгааг Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийн хувьд буюу төвийн 6 дүүрэг тус (бүсчилсэн судалгаа) бүрд гаргалаа. Судалгааг 2017-2018 онуудад Улаанбаатар хотын газар нутгаас цуглуулсан өнгөн хөрсний 215 ш дээжээр хийсэн.
- ✓ **Pb-ны бохирдлын түвшин:** Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөн дэх хартуалга (Pb) –ны хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын хэмжээг хот

орчмын байгалын цэвэр буюу бохирдоогүй хөрсөнд хартуалга (Pb) –ны хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын суурь агуулгад харьцуулан бохирдлын түвшинг тооцсон үр дүнгээр Улаанбаатар хотын нийт газар нутаг бага ба дунд зэргийн (суурь агуулгаас 1-2.6 дахин) бохирдолтой байна. Дүүрэг тус бүрээр авч үзвэл Хан-Уул (ХУД, n=27) ба Сонгинохайрхан (СХД, n=43) дүүргийн нутаг дэвсгэрийн өнгөн хөрсний хартуалга (Pb) –ны бохирдлын түвшин бага, Баянгол (БГД, n=34) ба Сүхбаатар (СБД, n=23) дүүргийн нутаг дэвсгэрийн өнгөн хөрсний хартуалга (Pb) –ны бохирдлын түвшин дунд зэргийн харин Баянзүрх (БЗД, n=51) ба Чингэлтэй (ЧД, n=28) дүүргүүдийн нутагт их ба маш их бохирдол бүртгэгдэж байна.

- ✓ **Zn-ын бохирдлын түвшин:** Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөн дэх цайр (Zn)-ын хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын хэмжээг хот орчмын байгалын цэвэр буюу бохирдоогүй хөрсөнд цайр (Zn)-ын хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын суурь агуулгад харьцуулан бохирдлын түвшинг тооцсон үр дүнгээр Улаанбаатар хотын нийт газар нутаг бохирдолгүй ба бага зэргийн бохирдолтой байна.
- ✓ **Cu) –ийн бохирдлын түвшин:** Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсний дээжин дэх зэс (Cu) –ийн хуурмаг нийт агуулгын бохирдлын түвшин ихэнх дээжинд бага бохирдолтой ба бохирдолгүй байна. Дүүрэг тус бүрээр авч үзвэл Сонгинохайрхан (СХД, n=43) ба Сүхбаатар (СБД, n=23) дүүргүүдийн дээжинд бохирдолгүй, Баянгол (БГД, n=34) ба Хан-Уул (ХУД, n=27) дүүргүүдийн өнгөн хөрсний 5 ба 3 дээж тус бүрд бохирдолтой, 1 дээжинд их бохирдолтой байна. Баянзүрх (БЗД, n=51) ба Чингэлтэй (ЧД, n=28) дүүргүүдийн тус бүр 2 дээжинд маш их бохирдолтой байгаа нь Хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх хэмжээний 5850:2008 стандартын зэс (Cu) –ийн аюултай агуулгын хэмжээнд байна.
- ✓ **Cr – ын бохирдлын түвшин:** Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсний дээжин дэх хром (Cr) – ын хуурмаг нийт агуулгын тархалтыг дүүрэг тус бүрээр авч үзвэл Баянгол (БГД, n=34) ба Баянзүрх (БЗД, n=51) дүүргүүдийн ихэнх дээжинд бохирдолгүй ба бага бохирдолтой байна. Чингэлтэй (ЧД, n=28), Хан-Уул (ХУД, n=27), Сүхбаатар (СБД, n=23) дүүргүүдийн дээжинд тус бүр 3 дээж буюу нийт дэжний 10-13 %-д дунд зэргийн бохирдолтой, ихэнх дээжинд бага бохирдолтой байна. Харин Сонгинохайрхан дүүргийн 1 дээжинд хром (Cr) – ын хуурмаг нийт агуулгын хамгийн их агуулга хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх хэмжээний 5850:2008 стандартын хортой агуулгаас ихээр илэрсэн, ихэнх буюу нийт дэжний 65 %-д хром (Cr) – ын бохирдолгүй цэвэр байлаа.

- ✓ **Cd – ийн бохирдолтын түвшин:** Улаанбаатар хотын газар нутгийн өнгөн хөрсөн дэх кадмий (Cd) – н бохирдолтын түвшин дунд зэрэг байна. Өнгөн хөрсөн дэх кадмий (Cd) – н бохирдлын түвшинг дүүрэг тус бүрээр авч үзвэл Баянгол (БГД, n=34) дүүргийн ихэнх дээжинд бохирдолгүй ба бага бохирдолтой, Баянзүрх (БЗД, n=51), Хан-Уул (ХУД, n=27), Чингэлтэй (ЧД, n=28), Сүхбаатар (СБД, n=23), Сонгинохайрхан (СХД, n=43) дүүргүүдийн ихэнх дээжинд бага бохирдолтой ба Баянзүрх (БЗД, n=51) ба Хан-Уул (ХУД, n=27) дүүргүүдийн дээжинд тус бүр 2 дээжинд, Чингэлтэй (ЧД, n=28), Сүхбаатар (СБД, n=23), Сонгинохайрхан (СХД, n=43) дүүргүүдийн тус бүр 1 дээжинд дунд зэргийн байна. Үйлдвэрийн хог хаягдал, машины дугуйн элэгдэл, тосолгооны эд материал зэрэг хөрсөн дэх кадмийн бохирдлын эх үүсвэр болдог.
  - ✓ **Никель (Ni) –ийн бохирдлын түвшин:** Дүүрэг тус бүрээс цуглуулж шинжилсэн өнгөн хөрсний ихэнх дээжинд никель (Ni) –ийн хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын хэмжээ суурь агуулгын хэмжээнээс багаар илэрсэн ба нийт дээжний 3.7-47.36 хувьд 1.87 дахин их буюу бага бохирдолтой байна. Үүнд: БГД (29 дээжнээс 8 дээжинд буюу 27.6 хувьд); БЗД (53 дээжнээс 2 дээжинд буюу 3.7 хувьд); ЧД (27 дээжнээс 4 дээжинд буюу 14.8 хувьд); ХУД (19 дээжнээс 9 дээжинд буюу 47.36 хувьд); СХД (30 дээжнээс 5 дээжинд буюу 16.7 хувьд); СБД (23 дээжнээс 2 дээжинд буюу 8 хувьд)
  - ✓ **Со-ын бохирдлын түвшин:** Дүүрэг тус бүрээс цуглуулж шинжилсэн өнгөн хөрсний ихэнх дээжинд кобальт (Co)-ын хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын хэмжээ суурь агуулгын хэмжээнээс багаар илэрсэн ба нийт дээжний зөвхөн 5.7-26 хувьд 1.8 дахин их буюу бага бохирдолтой байна. Жишээ нь: БГД (29 дээжнээс 7 дээжинд буюу 24 хувьд); БЗД (53 дээжнээс 3 дээжинд буюу 5,7 хувьд); ЧД (27 дээжнээс 6 дээжинд буюу 22 хувьд); ХУД (19 дээжнээс 5 дээжинд буюу 26 хувьд); СХД (30 дээжнээс 8 дээжинд буюу 27 хувьд); СБД (23 дээжнээс 2 дээжинд буюу 8 хувьд)
  - ✓ **Mn –ны бохирдлын түвшин:** Дүүрэг тус бүрээс цуглуулж шинжилсэн өнгөн хөрсний ихэнх дээжинд Манган (Mn) - ны хуурмаг нийт (pseudo-total) агуулгын хэмжээ суурь агуулгын хэмжээнээс багаар илэрсэн байна.
7. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшиний судалгааны хүрээнд хөрсний хүнд элементийн бохирдлыг бууруулахад гадаад улс оронд түгээмэл хэрэглэдэг аргыг сонгох үүднээс Хөрсөн дэх хүнд металлын бохирдлыг бууруулах, бохирдсон хөрсийг цэвэршүүлэх, нөхөн сэргээх технологиудын харьцуулсан судалгааг хэвлэлийн эх сурвалжуудад тулгуурлан тоймлолоо. Хөрсний хүнд элементийг бохирдлыг бууруулах хамгийн тохиромжтой арга нь биологийн буюу тухайн бүс нутгийн хөрсний голлох хэв

шинж ба байгаль цаг уурын нөхцөлд тохирсон ургамалыг тарималжуулах нь хамгийн тохиромжтой байна. .

- ✓ Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийн хөрсний хүнд металлын бохирдол бага ба дунд зэрэг ба гол төлөв гэр хороололын болон худалдаа үйлчилгээний газарт болон үйлдвэрийн бүсэд бохирдол бүртгэгдэж байна. Энэ нь хүний сөрөг үйл ажиллагааны улмаас хөрсний ургамлан бүрхэвч нь талхлагдсан. Гэр хорооллын газар нутагт ахуйн гаралтай хог хаягдлын улмаас хиймэл өнгөн давхрага бий болсон. Хөрсний үндсэн шинж алдагдаж макро микроэлементүүдийн тэнцвэрт байдал алдагдаж хөрс өөрийгөө нөхөн сэргээх чадваргүй болсон. Иймд хөрсний шинж чанарыг сайжруулах, бохирдлыг бууруулах, гол бохирдуулагч элементүүдийн сөрөг нөлөөг бууруулахад тухайн бүс нутгийн хөрсний голлох хэв шинж ба байгаль цаг уурын нөхцөлд тохирсон ургамалыг тарималжуулах нь хамгийн тохиромжтой.
- ✓ Улаанбаатар хот нь Монгол орны хөрс ургамлан бүрхэвчийн мужлалаар хээрийн ба ойт хээрийн бүсэд хамрагддаг. Гол төлөв нугын аллювийн хөрс, хээрийн хүрэн шороон хөрс, зонхилдог. Иймд нугын болон хээрийн өвслөг ургамлыг (ерхөг, согоовор, хялгана) тарималжуулах нь илүү ач холбогдолтой.

**“ТОМООХОН ХОТУУДЫН ӨНГӨН ХӨРСНИЙ ХҮНД ЭЛЕМЕНТИЙН  
БОХИРДЛЫН МОНИТОРИНГИЙГ СПЕКТРОСКОПИЙН АРГААР ГҮЙЦЭТГЭХ”  
сэдэвт суурь судалгааны төслийг хэрэгжүүлэх хугацааны эрдэм шинжилгээний  
өгүүлэлийн жагсаалт**

1. Ц.Бямбасурэн, Б.Хүүхэнхүү, Шабанова Е.В., Васильева И.Е., Г.Очирбат, Ц.Цэдэнбалжир. **“Application of some assessment approaches to study of Ulaanbaatar surface soil pollution with heavy metals”** Proceedings of the Mongolian Academy of Science Vol. 57 No 01(221) 2017, p.18-28; DOI: <http://dx.doi.org/10.5564/pmas.v57i221.749>
2. Ц.Бямбасурэн, Б.Хүүхэнхүү, Шабанова Е.В., Васильева И.Е., Б.Энхзул. **“The some results of investigation of heavy metals mobile forms in Ulaanbaatar soil”** Proceedings of the Mongolian Academy of Science, Vol. 57 No 03(223) 2017, p.21-36; DOI: <https://doi.org/10.5564/pmas.v57i3.886>
3. G.Ochirbat, B.Enkhzul, Ts.Byambasuren, E.V.Shabanova, I.E.Vasilyeva, B.Khuukhenkhuu **“The study of forms of heavy metals in Ulaanbaatar surface soil by AAS methods”** // III Всероссийская молодёжная научная конференция с международным участием) в Улан-Удэ май 2017. стр 292-293.
4. Ts.Byambasuren, Vasilyeva I.E., Shabanova E.V., G. Ochirbat, B.Khuukhenkhuu, D.Tsedenbaljir, Korolkov A.T. **Background concentration of microelements in Ulaanbaatar regional natural surface soil.** *Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences*, 58(2), 2018. P. 15-24. <https://doi.org/10.5564/pmas.v58i2.1001>
5. Ц.Бямбасурэн, Шабанова Е.В., Васильева И.Е., Корольков А. Т Б.Хүүхэнхүү, Г.Очирбат. **Экологическое описание почв г.Улан-Батора с помощью методов многомерного статистического анализа.** Сборник VII Всероссийский симпозиума "Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий" XIV Всероссийские чтения памяти академика А.Е. Ферсмана "Рациональное природопользование", "Современное минералообразование". 22–25 /VIII, 2018, г.Чита, Россия, стр 122-128.
6. Ц.Бямбасурэн, Шабанова Е.В., Васильева И.Е., Корольков А.Т , Г.Очирбат, Б.Энхзул, Б.Хуухэнхуу **“Результаты многомерного статистического анализа комплексных геохимических элементов в почвах г.Улан-Батора”.** Сборник: «Социально-экологические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий» // Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, посвящ. 100-летию Иркут. гос. ун-та. 23 апр. 2018 г. стр 256-258.
7. Byambasuren Ts., E.V. Shabanova, I.E. Vasilyeva, A.T. Korolkov, Ochirbat G., Enkhzul B., Tsedenbaljir D., Khuukhenkhuu B. **Identification of technogenic and anthropogenic sources of trace elements in Ulaanbaatar soil.** Book of Abstracts GMIT Symposium on Environmental Science and Engineering GMIT Nalaikh. 31 August – 2 September 2018. P.34
8. Ц. Бямбасурэн, Е. В. Шабанова, А. Т. Корольков, И. Е. Васильева, Г. Очирбат, Б. Хуухэнхуу. **Распределение микроэлементов в почвах г.Улан-Батора.** Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2018. Т. 26. С. 31–45. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.26.31>

9. Elena V. Shabanova, Ts. Byambasuren, G.Ochirbat, Irina E. Vasil'eva, B. Khuukhenkhuu and Alexei T. Korolkov (2019) Relationship between major and trace elements in ulaanbaatar soils: a study based on multivariate statistical analysis. *Geography, Environment, Sustainability*, Vol.12, No 3, p. 199-212  
<https://DOI-10.24057/2071-9388-2019-18>
10. Ts.Byambasuren, Alexei T.Korolkov, Elena V.Shabanova, Irina E.Vasil'eva, B.Khuukhenkhuu, G.Ochirbat , D.Tsedenbaljir. Geological features of the Ulaanbaatar territory as the base soil formation. Abstract volume // The 16th East Eurasia International Workshop- “Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia” 16-21 September. 2019. Ulaanbaatar, Mongolia. P63.
11. Ts.Byambasuren, G.Ochirbat, Elena V.Shabanova, Irina E. Vasil'eva, B.Khuukhenkhuu, D.Tsedenbaljir, Alexei T.Korolkov. Ulaanbaatar soil heavy metal pollution and spatial distribution. Proceeding The 2nd International conference on environmental science and technology. 13-16 June 2019, Ulaanbaatar, Mongolia. p.264
12. Ц.Бямбасурэн, Шабанова Е.В., Васильева И.Е., Корольков А.Т., Г.Очирбат, Б.Хуухэнхуу. **Биогеохимическая характеристика макро и микроэлементов в почве г.Улан-Батора.** Сборник «Социально-экологические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий» // Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых посвященная 100-летию высшего биологического образования в Восточной Сибири. Иркутск, 22 апреля 2019 года. Стр 155-157.
13. Ш.Мөнхжаргал, Ц.Очирхүү, Б.Бат-Эрдэнэ, Д.Баярчимэг, Ө.Доржханд, б.хүүхэнхүү оптик спектроскоди, плазм болон нанобүтцийн чиглэлийн сургалт судалгаанд атомын спектрограц PGS2 маркын багажийг автоматжуулан ашиглах боломж. МУИС-ийн Эрдэм шинжилгээний бичиг (ФИЗИК), 2019 №29 (518), 38-40 хуудас.
14. Tsagaan Byambasuren, Byambaa Khuukhenkhuu, Ganbaatar Ochirbat and Darizav Tsedenbaljir. Temporal variation of the pseudo total content of heavy metals in Ulaanbaatar soil. *Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences*, Vol.59. No 03(231) 2019. p.28-31.DOI: <https://doi.org/10.5564/pmas.v59i3.1243>

## НОМ ЗҮЙ

1. Al-Anbari, R., Abdul Hameed, M. J., Obaidy, Al, & Fatima, H. A. A. (2015). Pollution loads and ecological risk assessment of heavy metals in the urban soil affected by various anthropogenic activities. *International Journal of Advanced Research*, 2, 104–110.
2. Amgalan N., Narantsetseg T. and Shagijamva D. (2016). Valuations of elemental concentrations of particle matter in Ulaanbaatar, Mongolia. *Open Journal of Air Pollution*, 5(4), pp. 160-169. doi: 10.4236/ojap.2016.54012
3. Baran, A., Wiczorek, J., Mazurek, R., Urban´ski, K., & Klimkowicz-Pawlas, A. (2018). Potential ecological risk assessment and predicting zinc accumulation in soils. *Environmental Geochemistry and Health*, 40(1), 435–450.
4. Большаков В.А., Водяницкий Ю.Н., Борисочкина Т.И., Кахнович З.Н., Мясников В.В. Методические рекомендации по оценке загрязнения городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами. М.: Почв. Ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 1999. 31 с.
5. Caeiro, S., Costa, M. H., Ramos, T. B., Fernandes, F., Silveira, N. & Coimbra, A. (2005). Assessing heavy metal contamination in Sado Estuary sediment: An index analysis approach. *Ecological Indicators*, 5, 151–169.
6. Chen T., Liu X.M., Zhu M.Z., Zhao K.L., Wu J.J., Xu J.M. and Huang P. (2008). Identification of trace element sources and associated risk assessment in vegetable soils of the urbanrural transitional area of Hangzhou, China. *Environmental Pollution*, 151(1), pp. 67-78. doi: 10.1016/j.envpol.2007.03.004
7. Chou C.-L. (2012). Sulfur in coals: A review of geochemistry and origins. *International Journal of Coal Geology*, 100, pp.1-13. doi:10.1016/j.coal.2012.05.009
8. Christensen E.R., Steinnes E. and Eggen O.A. (2018). Anthropogenic and geogenic mass input of trace elements to moss and natural surface soil in Norway. *Science of the Total Environment*, 613-614, pp. 371-378. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.094
9. Dung, T. T. T., Cappuyns, V., Swennen, R., & Phung, N. K. (2013). From geochemical background determination to pollution assessment of heavy metals in sediments and soils. *Reviews in Environmental Science & Biotechnology*, 12, 335–353.
10. Erdenetsogt B.-O., Lee I., Bat-Erdene D. and Jargal L. (2009). Mongolian coal-bearing basins: Geological settings, coal characteristics, distribution, and resources. *International Journal of Coal Geology*, 80, pp. 87-104. doi: 10.1016/j.coal.2009.08.002
11. Gianina Elena DAMIAN. NEW APPROACHES REGARDING REMEDIATION TECHNIQUES OF HEAVY METAL CONTAMINATED SOILS FROM MINING AREAS. *STUDIA UBB AMBIENTUM*, LXIII, 1, 2018, pp. 15-31 DOI:10.24193/subbambientum.2018.1.02
12. Gong, Q., Deng, J., Xiang, Y., Wang, Q., & Yang, L. (2008). Calculating pollution indices by heavy metals in ecological geochemistry assessment and a case study in parks of Beijing. *Journal of China University of Geosciences*, 19, 230–241.

13. Gunicheva T. (2012). Application of nondestructive X-Ray fluorescence method (XRF) in soils, friable and marine sediments and ecological materials. In: Panagiotaras D., ed., *Geochemistry – Earth's System Processes*. InTech, pp. 371-388. Available from: <http://www.intechopen.com/books/geochemistry-earth-s-system-processes/application-of-nondestructive-wavelength-dispersive-x-ray-fluorescence-wd-xrf-method-in-soils-friabl>
14. Hakanson, L. An ecological risk index for aquatic. *Pollution control: A sedimentological approach*. *Water Research*, 1980, 14, 975–1001.
15. J.B Kowalska, R.Mazurek, M.Ga, siorek. T.Zaleski. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination–A review. *Environ Geochem Health*. 2018, 40. pp. 2395–2420. <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0106-z>
16. Laghlimi, M., Baghdad, B., El Hadi, H. and Bouabdli, A. (2015) Phytoremediation Mechanisms of Heavy Metal Contaminated Soils: A Review. *Open Journal of Ecology*, 5, 375-388. <http://dx.doi.org/10.4236/oje.2015.58031>
17. Mench et al. Phytomanagement of Cu-Contaminated Soils. *Frontiers in Ecology and Evolution*. September 2018 | Volume 6 | Article 123
18. Müller, G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *GeoJournal*, 1969, 2, 108–118.
19. N.Bolan et al. Remediation of heavy metal(loid)s contaminated soils – To mobilize or to immobilize? *Journal of Hazardous Materials* 266 (2014) 141– 166.
20. Nomedā Sabiene, Dalia Marija Brazauskiene. Determination of heavy metal mobile forms by different extraction methods. *EKOLOGIJA*. 2004. 1. P.36-41.
21. Norra S., Lanka-Panditha M., Kramar U. and Stuben D. (2006). Mineralogical and geochemical patterns of urban surface soils, the example of Pforzheim, Germany. *Applied Geochemistry*, 21, pp. 2064-2081. doi: 10.1016/j.apgeochem.2006.06.014
22. Sana Khalid, Muhammad Shahid, Nabeel Khan Niazi, Behzad Murtaza, Irshad Bibi, et al.. A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils. *Journal of Geochemical Exploration*, Elsevier, 2016, 182, pp.247 - 268. <10.1016/j.gexplo.2016.11.021>. <hal-01577861v2>
23. Soil cover and soils of Mongolia. (1984). In: I.P. Gerasimov, N.A. Nogina, Dorjgotov D., ed. Moscow: Science. (in Russian).
24. Steinnes E. and Lierhagen S. (2018). Geographical distribution of trace elements in natural surface soils: Atmospheric influence from natural and anthropogenic sources. *Applied Geochemistry*, 88, pp. 2-9. doi: 10.1016/j.apgeochem.2017.03.013
25. Sutherland RA, Tolosa CA, Tack FMG, Verloo MG. (2000). Characterization of selected element concentrations and enrichment ratios in background and anthropogenically impacted roadside areas. *Arch Environ Contam Toxicol* 38: 428-438.
26. Vodyanitskii Yu.N. (2008). Heavy metals and metalloids in soils. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil science Institute. (in Russian).

27. Zuzanna SZCZEPANIAK, Mateusz SYDOW, Justyna STANINSKA-PIĘTA. Monitoring and remediation of heavy metal polluted soils – a review „Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering” 2016, Vol. 61(4)
28. Васильева И.Е., Шабанова Е.В. Дуговой атомно-эмиссионный анализ для исследования геохимических объектов. Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2012. Т.78. № 1-II. с.14-24.
29. Виноградов. А.П.(1962). Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры.-Геохимия № 7. с 555 – 571.
30. Водяницкий Ю. Н. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами. Почвоведение. 2010. №10. с.1276-1280.
31. Водяницкий Ю.Н. Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах// Почвоведение. 2012. №3. С. 368-375
32. Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический регион) / Науч. ред. М.И. Кузьмин. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. 234 с.
33. Ж.Лосолмаа, Д.Майдан, Ү.Чулуунбат. Монгол орны хөрсний микроэлементийн нийт хэмжээ. ФМХ бүтээл № 10. 1971 он.
34. З.Цэвээн, З.Дамдинсүрэн, Ц.Бямбасүрэн, Д. Цэдэнбалжир, Г.Батбаяр, Ч.Батсүх, Б.Энхболд. Улаанбаатр хотын өнгөн хөрсний хортой хүнд элементүүдийн бохирдолыг атомын шингээлтийн ба цацаргалтын спектрийн аргаар судалсан дүнгээс. ФТХ-ийн бүтээл, 30, 2003.
35. 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.
36. Пройдакова О.А., Васильева И.Е. Способ совершенствования схем пробоподготовки и атомно-абсорбционного анализа геохимических проб // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2009. – Т. 75, № 4. – С.6-15.
37. Санина Н.Б., Чернов А.Ю., Пройдакова О.А., Арсентьева А.Г. Распределение и баланс токсичных металлов в природно-техногенных системах топливноэнергетических комплексов Прибайкалья//Геоэкология. Инженерная геология Гидрогеология. Геокриология. 2002. № 2. С.145-155.
38. Семенов И., Королева Т. Мировой опыт нормирования содержания химических элементов в почве. Экология и промышленность России. 2019;23(2):62-67. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-2-62-67>.
39. Федоренко Н. Г., Медведева М. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.
40. Х.Чулджиян, С.Корвета, З.Фацек. Тяжелые металлы в почвах и растениях // Экологическая конференция. Братислава. 1988. Вып.1. С.5-24.
41. Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ. Пер. с болг. – Л.: Химия. Ленингр. Отделение.1983. 144 с

42. Ц. Бямбасурэн, Е. В. Шабанова, О. А. Пройдакова, И. Е. Васильева, Б. Хуухэнхуу, Ц. Отгонтуул, and Т. Н. Гуничева, Изучение степени загрязнения почвенного покрова города Улан-Батор. Всероссийское совещание, Современные проблемы геохимии, Иркутск (Россия), 2012: р. 128-131.
43. Ц.Бямбасурэн, Б.Хүүхэнхүү, Г.Очирбат, Васильева И.Е., Шабанова Е.В., Д.Цэдэнбалжир, Корольков А. Т. “Улаанбаатар хот орчмын байгалийн цэвэр хөрсний микроэлементүүдийн суурь агуулгын судалгаа” Шинжлэх ухааны академийн мэдээ сэтгүүл, 2018, 58-р боть, № 02 (226), х 15-24. DOI: <http://dx.doi.org/10.5564/pmas.v58i2.1001>
44. Ю.Е. Саев, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др Геохимия окружающей среды . – М.: Недра, 1990. – 335 с
45. MNS 3298-91. Байгаль хамгаалал. Хөрс. Шинжилгээний дээж авахад тавигдах ерөнхий шаардлагууд. Үндэсний стандартчиллын эрдэм шинжилгээний хүрээлэн Улаанбаатар хот, 1991 он, х.1-7.
46. MNS:5850-2008: Хөрсний чанар. Хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ. Монгол улсын стандарт – Стадартчилал, хэмжилзүйн үндэсний тов. Улаанбаатар. 2008, 6с.
47. MNS-ISO-11074-2:2001-Хөрсний дээж авахтай холбогдох нэр томъёо тодорхойлолт.
48. ГН 2.1.7.2041-2006. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
49. ГОСТ ISO 22036-2014 Качество почвы. Определение микроэлементов в экстрактах почвы с использованием атомно-эмиссионной спектроскопии индуктивно связанной плазмы (ИСП-АЭС)
50. ISO10381-5:2008 (ГОСТ Р 53123-2008) Soil quality. Sampling. Part 1-5. Guidance on the procedure for the investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination. Стандартиформ, Москва, 2009, стр 1-9.
51. Методические указания по определению микроэлементов в почвах и растениях. /Под ред. Пейве Я.В. – Изд-во АН Латвийской ССР, 1959 г. – 163 с.
52. BBodSchV. Bundes-Bodenschutz-und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999. Bundesgesetzblatt I, 1554. 33 p.
53. Crommentuijn T., Sijim D., de Bruijin J. et al. Maximum permissible and negligible concentrations for metals and metalloids in the Netherlands, taking into account background concentrations. Journal of Environmental Management. 2000. Vol. 60. P. 121—143.
54. Lijzen J.P.A., Baars A.J., Otte P.F., Rikken M.G.J., Swartjes F.A., Verbruggen E.M.J., van Wezel A.P. Technical Evaluation of the Intervention Values for Soil. Sediment and Groundwater. RIVM Report 711701. 2001. 147 p.
55. Eco-SSLs. Guidance for Developing Ecological Soil Screening Levels (Eco-SSLs). Review of Existing Soil Screening Benchmarks. 1999. 91p.

