

Улсын бүртгэлийн

Нууцын зэрэглэл : А

дугаар:

Аравтын бүрэн

Төсөл хэрэгжүүлэх гэрээний

ангилалын код

дугаар:

ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ
ФИЗИК, ТЕХНОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭН

**“СУУРИН ГАЗРЫН ХӨРСНИЙ БОХИРДЛЫН СПЕКТРОСКОПИЙН СУДАЛГАА,
ГЕОСТАТИСТИК ЗАГВАРЧЛАЛ”**

Суурь судалгааны сэдэвт ажлын тайлан
(2020-2022)

Төслийн удирдагч :

Э.Нямдаваа, доктор(Ph.D)

Эрдэм шинжилгээний ахлах ажилтан

Санхүүжүүлэгч байгууллага :

Шинжлэх ухаан технологийн сан

Захиалагч байгууллага :

Боловсрол, Шинжлэх ухааны яам

Улаанбаатар хот

2022 он

ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ
ФИЗИК, ТЕХНОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭН

**“СУУРИН ГАЗРЫН ХӨРСНИЙ БОХИРДЛЫН СПЕКТРОСКОПИЙН СУДАЛГАА,
ГЕОСТАТИСТИК ЗАГВАРЧЛАЛ”**

СУУРЬ СУДАЛГААНЫ ТӨСЛИЙН ТАЙЛАН
2020-2022

Төслийн удирдагч :	Э.Нямдаваа доктор (Ph.D) ШУА-ийн ФТХ-ийн Инновац технологийн лабораторийн эрхлэгч, эрдэм шинжилгээний ахлах ажилтан
Санхүүжүүлэгч байгууллага :	Шинжлэх ухаан технологийн сан
Захиалагч байгууллага :	Боловсрол, Шинжлэх ухааны яам
Тайлан өмчлөгч:	Физик, технологийн хүрээлэн Энхтайвны өргөн чөлөө 54Б Улаанбаатар 1330030 Утас: 976-11-452313 И-майл хаяг: ipt@mas.ac.mn

Улаанбаатар хот
2022 он

Сэдэвт ажлын гүйцэтгэгчид:

Ц.Бямбасүрэн

ШУА-ийн ФТХ-ийн Инновац технологийн лабораторийн эрдэм шинжилгээний дэд ажилтан, *докторант*

Г.Очирбат

ШУА-ийн ФТХ-ийн Инновац технологийн лабораторийн эрдэм шинжилгээний дэд ажилтан, *магистр*

О.Азжая

ШУА-ийн ФТХ-ийн Инновац технологийн лабораторийн *инженер, магистр*

РЕФЕРАТ

Суурь судалгааны төсөл хэрэгжүүлэх үндэслэл: Сүүлийн жилүүдэд хүн амын нягтрал, үйлдвэр үйлчилгээний төвлөрөл, автомашин тээврийн хэрэгслийн ачаалал зэргээс улбаалан Улаанбаатар хотын хүрээлэн буй орчны тэнцвэрт байдал алдагдаж, агаар хөрс, ус бохирдож улмаар оршин суугчдын эрүүл аюулгүй орчинд амьдрах эрх зөрчигдөх болсон.

Иймд хөрсний хөрсөнд агуулагдах химийн элементүүдийн агуулга, тархалтыг бүрэн судлах, гол бохирдуулагчийг ба түүний эх үүсвэрийг тогтоох, ихээр бохирдсон газар нутгийг илрүүлэх, хэмжээг нь тогтоох нь бохирдлоос үүдэлтэй эрсдлээс сэргийлэх, ба зайлшгүй чухал юм

Төслийн зорилго: Суурин газрын хөрсний бохирдлын спектроскопийн судалгаа, геостатистик загварчлал-г гаргах

Төслийн зорилт: Суурь судалгааны төслийг хэрэгжүүлэхэд дараахи зорилтуудыг дэвшүүлсэн. Үүнд

- Хөрсний физик химийн зарим шинж чанарын үзүүлэлтүүд (органик нүүрстөрөгч (Corg); pH; хөрсний эрдсийн судалгаа) ба хөрсөнд агуулагдах химийн элементүүд (макро, микроэлэментүүд, хүнд металлууд)–ийг уламжлалт болон спектроскопийн аргаар тодорхойлох,
- Өгөгдөлд боловсруулалт хийж тархалтыг судлах, агуулгыг тогтоох, бохирдлын түвшинг үнэлэх, гол бохирдуулагчийн бохирдлын эх үүсвэрийг тогтоох,
- Хөрсний бохирдлын түвшиний орон зайн тархалтын зураглал үйлдэх ба геостатистикийн аргуудаар загварчлах (геостатистик анализын орон зайн интерполяцийн кригингийн арга ба сансрын мэдээ ашиглан орон зайн статистик загварчлалыг боловсруулах)

Суурь судалгааны төслийн хүрээнд хийж гүйцэтгэсэн эрдэм шинжилгээний ажлуудын гол үр дүнгүүдийг 12 хүснэгт ба 12 зураг, 3 гистограмм бүхий нийт 4 бүлэгт багтаан эмхэтгэлээ.

1-р бүлэгт суурь судалгааны төсөлт ажлын судалгааны гол объект буюу Улаанбаатар хотын нийт газар нутгаас цуглуулсан өнгөн хөрсний 90 гаруй дээжинд хийж гүйцэтгэсэн хөрсний физик химийн шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон уламжлалт болон спектроскопийн аргазүй ба аргачлалын мэдээлэл

болон хөрсний микроэлементүүдийн бохирдлын түвшиний орон зайн тархалтын геостатистик загварчлалын онол аргагүйн мэдээллийг тусгасан.

2-р бүлэгт Улаанбаатар хотын өнгөн физик химийн зарим шинж чанарын (хөрсний органик нүүрстөрөгч (Corg), хөрсний pH болон хөрсний эрдсийн) шинжилгээний үр дүнг нэгтгэсэн.

3-р бүлэгт Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх макро, микроэлементүүд ба хүнд металлуудын тархалтын судалгаа, агуулгын эколог геохимийн онцлог ба хотын өнгөн хөрсөнд орших эх үүсвэр, гол бохирдуулагч элементүүдийн хөрсний шинж чанар, хөрсөн дэх макроэлементүүдийн агуулгаас хамаарах хамаарлын судалгааны үр дүнг нэгтгэсэн

4-р бүлэгт Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний микроэлементүүд, хүнд металлуудын бохирдлын түвшин, нийт бохирдлын (IPI, Zct) орон зайн тархалтын интерполяцийн кригингийн үр дүнг болон зарим хүнд металлын бохирдлын орон зайн тархалтыг интерполяцийн кригингийн аргаар үйлдсэн зураглалыг сансрын мэдээлэл ашиглан үйлдсэн тархалттай харьцуулан судалсан үр дүнг нэгтгэв.

Түлхүүр үг: суурин газар, хөрсний бохирдол, хүнд метал, микроэлемент, спектроскопи, геостатистик загварчлал

АГУУЛГА

Нэр томъёоны тайлбар	7
Товчилсон үгийн тайлбар ба орчуулга	9
СЭДВИЙН ҮР ДҮНГИЙН ДААЛГАВАР	12
НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ: СУДАЛГААНЫ ОБЪЕКТ, АРГАЗҮЙ	13
1.1 Өнгөн хөрсний дээж авалт, дээжийг химийн шинжилгээнд бэлдэх	13
1.2 Туршилт, судалгааны аргазүй	15
1.2.1 Хөрсний дээжний химийн шинжилгээ	15
1.2.2 Өгөгдөлд боловсруулалт хийх, тархалт, агуулгыг тогтоох судалгаа	17
1.3 Хөрсний бохирдлын түвшиний геостатистик загварчлал	20
1.3.1 Геостатистик анализын орон зайн интерполяцийн кригингийн арга	20
1.3.2 Сансрын мэдээ ашиглан хөрсөн дэх элементүүдийн тархалтын орон зайн статистик загварчлалыг боловсруулах	21
ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ: ХӨРСНИЙ ШИНЖ ЧАНАРЫН СУДАЛГАА	23
2.1 Хөрсний органик нүүрстөрөгч (Corg) болон рН _(H2O) -ийн судалгаа	23
2.2 Хөрсний дээжүүдийн эрдсийн рентген бүтцийн спектрийн шинжилгээ	26
ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ: ХӨРСӨН ДЭХ ЭЛЕМЕНТҮҮДИЙН ТАРХАЛТ АГУУЛГА, УЛААНБААТАР ХОТЫН ӨНГӨН ХӨРСНИЙ ЭКОЛОГ ГЕОХИМИЙН ТӨЛӨВ	29
3.1 Макро ба микроэлементүүд, хүнд металлуудын тархалт, агуулга	29
3.2 Өнгөн хөрсний эколог геохимийн төлвийн судалгаа	32
3.3 Элементүүдийн бохирдлын эх үүсвэр, гол бохирдуулагч элемент, макроэлемент ба зарим шинж чанарын хоорондын судалгаа	34
3.3.1 Кластер ба фактор анализын гол компонентын шинжилгээ	34
3.3.2 Гол компонентын регрессийн (PCR) шинжилгээ	40
ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛЭГ: УЛААНБААТАР ХОТЫН ХӨРСНИЙ МИКРОЭЛЕМЕНТИЙН БОХИРДЛЫН ТҮВШИНИЙ ТАРХАЛТЫН ГЕОСТАТИСТИК АНАЛИЗ	44
4.1 Өнгөн хөрсний микроэлементийн бохирдлын түвшин	44
4.2 Хөрсний микроэлементийн бохирдлын түвшиний орон зайн тархалтын геостатистик загварчлал	47
4.2.1 Өнгөн хөрсний микроэлементийн бохирдлын түвшиний орон зайн тархалтын геостатистик анализын интерполяцийн кригингийн анализ	47
4.2.2 Хиймэл дагуулуудын мэдээ ашиглан хөрсөн дэх микроэлементүүдийн тархалтыг загварчлах	50
Дүгнэлт	54
Хэвлэн нийтлүүлсэн ном, э/ш –ний өгүүлэл, бүтээлийн жагсаалт	57
Э/ш -ний хурал, зөвлөлгөөн, семинарт хэлэлцүүлсэн илтгэл	59
Ном зүй	60
Хавсралт 1	63
Хавсралт 2	64

Нэр томъёоны тайлбар

Нэр томъёо	Тайлбар
Сидерофиль элемент	Химийн элементүүдийг геохимийн 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 (3d - 5d) бүлгийн буюу шилжилтийн элементүүд ба төмөртэй (Fe) хамт гариг 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 агуулгын дундаж

К-W шалгуур	2 буюу түүнээс дээш, өөр хоорондоо хамаарал бус хувьсагчийн (дээж болон элемент) дунджийн ялгааны эрэмбэлсэн шалгуур. Энэ нь бүх хувсагчийн 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, хуьсагч 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 хуьсагч болгон бүлэглэдэг. Тэрхүү шинэ мэдээлэл агуулж үүссэн шинэ хувьсагчтай бүлгүүдийг фактор ба гол компонент гэж нэрлэдэг.

Товчилсон үгийн тайлбар ба орчуулга

ГК- гол компонент

PCR- гол компонентийн регрессийн шинжилгээ

IPI- integrated pollution index - бохирдлын индексийн нийлбэрийн дунджаар

K_{ti} - toxicity coefficient - тухайн элементын хортой чанарын фактор

Хүснэгтийн жагсаалт

<i>Хүснэгт 1. Хөрсний дээжний химийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох шинжилгээний аргазүй болон багаж төхөөрөмжийн мэдээлэл</i>	16
<i>Хүснэгт 2. Өгөгдөл боловсруулалтын аргазүй, аргачлал, программ хангамжийн мэдээлэл</i>	18
<i>Хүснэгт 3. Sentinel-2 хиймэл дагуулын сувгийн үзүүлэлтүүд</i>	21
<i>Хүснэгт 4. Corg ба рН-ийн тархалт (засаг захиргааны нэгжийн ангиллаар)</i>	24
<i>Хүснэгт 5. Corg ба рН-ийн тархалт (Газар ашиглалтын төрлөөр)</i>	24
<i>Хүснэгт 6. Хөрсний эрдсийн рентген бүтцийн судалгааны үр дүн</i>	28
<i>Хүснэгт 7. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний макро ба микроэлемент, хүнд металлуудын агуулга, тархалт</i>	30
<i>Хүснэгт 8. Микроэлементүүд, хүнд металлуудын фактор анализын гол компонентын үр дүн</i>	36
<i>Хүснэгт 9. Макроэлемент, хөрсний рН, органикнүүрстөрөгч(Corg), гол компонент хоорондын корреляцийн коэффициент</i>	40
<i>Хүснэгт 10. Гол компонентууд 1-7 ба макроэлементууд, хөрсний шинж чанар хоорондын гол компонентын регрессийн загварчлалын үр дүн</i>	42
<i>Хүснэгт 11. Хөрсний микроэлементүүд, хүнд металлуудын бохирдлын индекс (PI) ба нийт бохирдлын индексүүд (IPI, Zct) - ийн статистик үр дүн</i>	44
<i>Хүснэгт 12. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний Zn ба Pb-ны тархалтын зургуудын алдааны утга</i>	53

Зургийн жагсаалт

<i>Зураг 1. Улаанбаатар хотын газар нутгаас өнгөн хөрсний дээж авсан цэгүүдийн байршил</i>	13
<i>Зураг 2. Sentinel-2 хиймэл дагуулын суваг, түүний долгионы урт</i>	21
<i>Зураг 3. Хөрсний $pH_{(H_2O)}$ ба органик нүүрстөрөгч (Corg)-ийн тархалийн статистик үр дүн</i>	23
<i>Зураг 4. Микроэлементүүдийн кластер анализын дендрограмм</i>	35
<i>Зураг 5. Хөрсний нийт бохирдлын индексүүд(Zct, IPI)- ийн статистик үзүүлэлт (дүүрэг тус бүрээр)</i>	45
<i>Зураг 6. Хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшиний тархалт (Zct –индексийн утгаар)</i>	48
<i>Зураг 7. Хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшиний тархалт</i>	49
<i>Зураг 8. Улаанбаатар хотын хөрсний чийгийн болон давсжилтын индекс</i>	50
<i>Зураг 9. Хартугалганы (Pb) тархалтыг загварчилсан үр дүн (интерполяцийн крингингийн арга)</i>	53
<i>Зураг 10. Хартугалганы (Pb) тархалтыг загварчилсан үр дүн (Сансрын мэдээ ашигласан)</i>	53
<i>Зураг 11. Цайр (Zn) тархалтыг загварчилсан үр дүн (интерполяцийн крингингийн арга)</i>	53
<i>Зураг 12. Цайр (Zn) тархалтыг загварчилсан үр дүн (Сансрын мэдээ ашигласан)</i>	53

Суурин газрын хөрсний бохирдлын спектроскопийн судалгаа, геостатистик загварчлал” нэртэй

суурь судалгааны төсөл хэрэгжүүлэх, санхүүжүүлэх
2020 оны 04 дугаар сарын 28 -ны өдрийн ШУСС-2020/15
дугаар гэрээний 1 дүгээр хавсралт

СЭДВИЙН ҮР ДҮНГИЙН ДААЛГАВАР

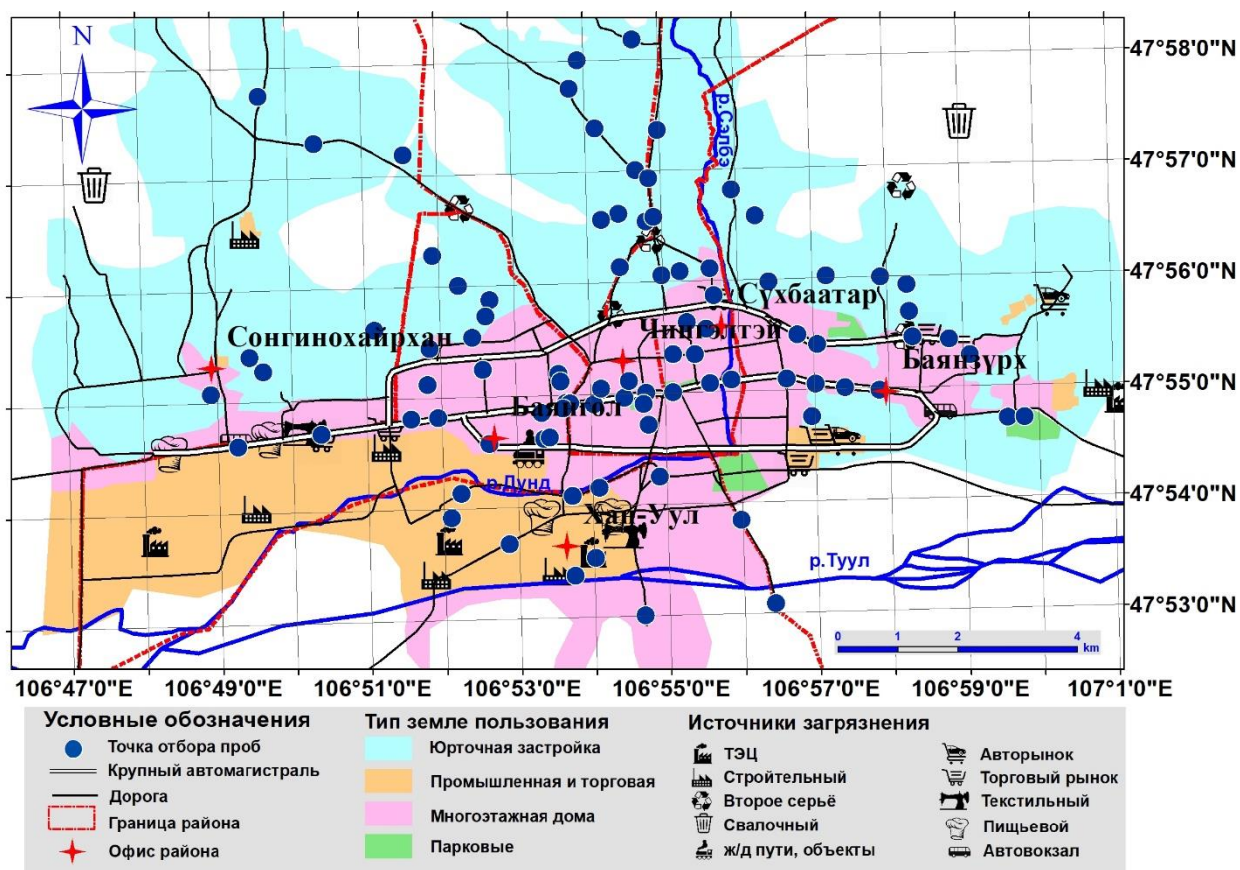
д/д	Төслөөр бий болох үр дүн	Тоо хэмжээ	Үр дүнгийн үзүүлэлт	Үр дүнг хүлээлгэн өгөх хугацаа (он, сар)
1	Хөрсний экологийн төлөв байдлыг морфологи, физик, химийн шинж чанараар үнэлэх.	1	Эрдэм шинжилгээний өгүүлэл, дотоод, гадаад, мэргэжлийн сэтгүүл	2021 оны 06-р сар
2	Хөрсний физик- химийн шинж чанар, эрдсийн судалгааг хөрсний үе давхаргаар нь судлах	2	Эрдэм шинжилгээний өгүүлэл 2 Гадаадад 1 дотоод 1 ЭШИ- 1	2022 оны 06-р сар
3	Хөрсний физик - химийн шинж чанар, эрдсийн болон макро, микро-элементүүд, хүнд металлууд хоорондын харилцан хамаарал, хөрсний үе давхаргын өөрчлөлтийг олон хэмжээст болон геостатистик аргаар загварчлах.	3	Олон хэмжээст болон геостатистик загварчлал гаргаж хүрээлэнгийн ЭЗ-өөр батлуулах Эрдэм шинжилгээний өгүүлэл- 2 Гадаадад- 1 /IP- өндөртэй/ Дотоод -1 ЭШИ- 1	2022 оны 06-р сар
4	Нийслэл хотын хөрсний төлөв байдлын үр дүнгүүдийг нэгтгэж, бүсчилсэн үнэлгээ хийж, зураглал гаргаж, нэг сэдэвт бүтээл хэвлүүлнэ.	3	ЭЗ-өөр батлуулсан. Зураглал зохиох //15 зураглал/ Эрдэм шинжилгээний өгүүлэл- 2 Гадаадад - 1 /IP- өндөртэй/ Дотоод -1 ЭШИ - 1	2022 оны 12-р сар
5	Төслийн эцсийн тайлан бичиж захиалагч, санхүүжүүлэгчид хүлээлгэн өгөх	1	Төслийн эцсийн тайлан	2021 оны 12-р сард багтаана.

НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ: СУДАЛГААНЫ ОБЪЕКТ, АРГАЗҮЙ

“Суурин газрын хөрсний бохирдлын спектроскопийн судалгаа, геостатистик загварчлал” сэдэвт суурь судалгааны төслийн судалгааны үндсэн объект нь Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийг хамруулан цуглуулсан өнгөн хөрсний 90 гаруй дээж болно.

1.1 Өнгөн хөрсний дээж авалт, дээжийг химийн шинжилгээнд бэлдэх

Судалгааны дээжийг хөрсний дээж авах стандарт болон бусад холбогдох аргачлал, аргазүйг (ISO10381-5:2008; MNS-ISO-11074-2:2001; MNS 3298-91; Федорец и Медведева, 2009;) мөрдөж 0-10 см-ийн гүнээс конвертын аргаар авсан.



Зураг 1. Улаанбаатар хотын газар нутгаас өнгөн хөрсний дээж авсан цэгүүдийн байршил

Хөрсний хүнд элементийн бохирдлын төлөвд бодит үнэлгээ өгөхөд өнгөн хөрсний дээжийн байршлыг жигд тархалттай байхаар ойролцоогоор 1км² 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

дээжийг цуглуулсан. Хээрийн судалгааг 2021 оны 9 сард явуулсан. Хотын газар нутгаас нийт 92 ш дээж цуглуулсан. Хөрсний бохирдлын өөрчлөлтийн төлөв, зүй тогтлыг судлах зорилгоор өмнөх онууд (2010, 2011, 2017, 2019)-ын зарим цэгийн дээжүүдийг давхцуулж авсан.

Хөрсний дээжүүдийн цэгийн байршлыг сонгохдоо Улаанбаатар хотын идэвхтэй бүс нутгийг 12 x 8 буюу 96 бүсэд хуваан, хүн ам харьцангуй ихээр төвлөрсөн 12 бүсээс жигд тархалттайгаар, нэг дээжийг 1м² талбайгаас ба уламжлалт дугтуйн аргаар, ойролцоогоор нэг талбайгаас 500 г дээж байхаар, тодорхой объектуудаас буюу Улаанбаатар хотын орчныг бохирдуулж буй эх үүсвэрүүдээс хамааруулан:ой

- зам дагуу: гол автомагистраль дагуу ба гэр хороололын голлох зам дагуу
- үйлдвэрийн бүс: цахилгаан станцууд (ТЭЦ-3 ба ТЭЦ-4)-ын ойр орчим, хуучин 1-р цахилгаан станц байсан туурины ойр газар, арьс ширний боловсруулалт явуулж байсан газрын орчим
- зүлэгжүүлсэн талбай (зам даруух сайжруулсан хөрс, албан газрын гадаах цэцэрлэгжүүлсэн талбай, орон сууцны хороололын сайжруулсан газрын хөрс, ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэн)
- гэр хороолол (Зүүн салаа, Баянхошуу, Хайлааст, Чингэлтэй, Дамбадаржаа, Дарь-Эх, Алтан-Өлгий, Чулуун-Овоо гэх мэт)

Дээжнүүдийн цэгийн байршил буюу уртраг ба өргөрөгийн заалтыг GPS багажийн тусламжтайгаар тодорхойлсон. Дээж авсан цэгийн байршлыг 1–р зурагт харууллаа. Хөрсний дээжийг химийн шинжилгээнд 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

1.2 Туршилт, судалгааны аргазүй

1.2.1 Хөрсний дээжний химийн шинжилгээ

Хүрээлэн буй орчны дээжүүдэд (хөрс, ус, агаар, ургамал, ёроолын хурдас гэх мэт төрөл бүрийн объектуудад) химийн үзүүлэлтүүдийг үнэн зөв тодорхойлох, химийн элементүүд (макро ба микроэлементүүд, хүнд металлууд)-ийг агуулгын өргөн мужид (мкг/кг - мг/кг - %) тодорхойлохын тулд атомын цацаргалтын болон шингээлтийн спектроскопи, рентгеноспектроскопи зэрэг олон аргуудыг хослуулан хэрэглэх шаардлагатай байдаг ба эдгээр аргуудын сонголт нь тухайн элементийн атомчлагдах шинж чанар, шинжилж буй объект (хөрс, ус, ургамал, агаар)-д агуулагдах хэмжээ ба тэдгээрийн химийн нэгдэл зэргээс хамаардаг.

Энэхүү суурь судалгааны зорилт болон, ШУА-ийн ФТХ болон ОХУ-ын ШУА-ийн Сибирийн салбарын Эрхүү хотын А.П. Виноградовын нэрэмжит Геохимийн хүрээлэн хоорондын “Дэлхийн тухай шинжлэх ухаан”-ны чиглэлээр хамтран ажиллах судалгаа шинжилгээний хамтын ажиллагааны хүрээнд хөрсөнд макро, ба микро элементүүдийн агуулгыг тодорхойлох спектроскопийн аргуудын цогц (рациональ) схем (Shabanova et al.2022)-ийг боловсруулан гаргасан. Энэ нь хүрээлэн буй орчны объектод тодорхойлох химийн элемент, тэдгээрийн нэгдлийг тодорхойлох төрлийг нэмэгдүүлэх, хэмжилтийн үнэмшлийг сайжруулах ба ажлын зардлыг бууруулах зэрэг чухал ач холбогдолтойн зэрэгцээ мэргэжлийн болоод мэргэжлийн бус бусад судлаачдад байгаль орчны шинжилгээ, хяналт, үнэлгээ хийхэд гарын авлага болох чухал ач холбогдолтой.

Суурь судалгааны төслийг хэрэгжүүлэхэд хөрсний дээжинд

- Хөрсний физик химийн зарим шинж чанарын үзүүлэлтүүд:
 - органик нүүрстөрөгч (Corg)
 - хөрсний хүчил шүлтийн орчны судалгаа (pH_(H2O) ба pH_(KCl)),
 - хөрсний эрдсийн судалгаа
- Хөрсөнд агуулагдах макро, микроэлементүүд, хүнд металлуудын агуулгыг тодорхойлох шинжилгээг тус тус явуулсан.

Хөрсний дээжний химийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох шинжилгээний аргазүй болон багаж төхөөрөмжийн мэдээллийг хүснэгт 1- д нэгтгэн харууллаа.

Хүснэгт 1. Хөрсний дээжний химийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох шинжилгээний аргазүй болон багаж төхөөрөмжийн мэдээлэл

Химийн үзүүлэлт	Аргазүй, багаж төхөөрөмж	Ишлэл
Хөрсний физик химийн зарим шинж чанарын үзүүлэлтүүд	Хөрсний дээжинд органик нүүрстөрөгч (Corg)-ийг уламжлалт аргаар Хөрсний pH –ийг потенциометрийн аргаар pH метрээр (Hanna, Герман) тодорхойлох Хөрсний эрдсийн шинжилгээг XRD-7000 дифрактометр (Shimadzu, Япон) - ээр шинжлэх	GOST 26483-85;
Хөрсний хүнд элементүүдийн агуулга тодорхойлох судалгаа: <ul style="list-style-type: none"> ○ Хөрсний химийн задаргаа ○ Элементийн агуулга тодорхойлох 	<p>Хөрсний дээжинд Si, Al, Fe, Ca, Mg, Ti, Na, P, F, Ba, Sr, Li, B, Mn, Ni, Co, V, Cr, W, Mo, Sn, Ga, Pb, Cu, Zn, Ag, Sb, As, Tl, Ge, Bi, Cd, Be ба Zr –ийн нийт агуулгыг</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ хуурай нунтаг болон ▪ химийн аргаа задалсан тус тус дээжинд тодорхойлсон. <p>Хөрсний дээжийг (HNO₃, HF, HCl, HClO₄) хүчлүүдийн хольцоор задалсан Хөрсөнд агуулагдах макро, микроэлементүүд, хүнд металлуудын агуулгыг атомын спектроскопийн аргуудын цогц бүдүүвч (Rational scheme of chemical analysis of urban soil for ecological monitoring) -ийн дагуу</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ атомын цацаргалтын спектроскопийн нуман атомчлал, ▪ атомын цацаргалтын дөлийн фотометрийн арга, ▪ атомын шингээлтийн спектроскопийн дөлөн атомчлалтай аргаар тус тус тодорхойлсон. <ol style="list-style-type: none"> 1. атомын цацаргалтын спектроскопийн ДФС-458 спектрометр (КОМЗ, Россия) 2. атомын шингээлтийн спектроскопийн дөлөн атомчлалын аргаар AA-6300C Atomic Absorption Spectrophotometer (Shimadzu, Япон) багажууаар тодорхойлсон <p>Дээжний химийн задаргаа болон хэмжилтийн үнэмшлийг хөрсний стандарт загварын TsH-1, СП-1, СП-2 дээжүүдээр хянасан</p>	<p>Shabanova et al.2022;</p> <p>Хөрсний хүнд элементийн..., 2019;</p> <p>ПНДФ 16.1:2.2:2.3.36-02, 2002</p>

1.2.2 Өгөгдөлд боловсруулалт хийх, тархалт, агуулгыг тогтоох судалгаа

Хөрсний химийн элементүүдийн бохирдлын мониторингийн (шинжилгээ, үнэлгээ, хяналтын) хамгийн чухал алхам нь геохимийн өгөгдлийг зөв боловсруулалт хийж гаргаж авсан үр дүнд оновчтой тайлал хийх юм. Өөрөөр хэлбэл хөрсөнд агуулагдах (шинжилгээ, үнэлгээ, хяналтын объектууд) химийн элементүүдийн агуулга, тархалтыг бүрэн судлах, эх үүсвэрийг оновчтой ялган тогтоох, гол бохирдуулагч химийн элемент, нэгдлийг үнэн зөв илрүүлэх ба эдгээрээр бохирдсон газар нутгийн хэмжээ, халуун цэгийг тогтоох нь хүрээлэн буй орчны экологийн тэнцвэрийг хадгалах, оршин суугчдын эрүүл аюулгүй амьдрах нөхцөлийг хангахад болоод нийгмийн асуудалд чухал ба зайлшгүй шаардлагатай юм.

Хүрээлэн буй орчны мониторинг, ялангуяа хөрсний төлөв байдлын хяналт, шинжилгээ, үнэлгээ хийх, геохимийн өгөгдөлд боловсруулахад олон улсын практикт олон хэмжээст статистик анализын аргууд (кластер анализ, фактор анализ, гол компонентын анализ, гол коммонентийн регрессийн шинжилгээ зэрэг) болон геостатистикийн аргуудаар загварчлах аргуудыг хамгийн өргөн хэрэглэж байна.

Энэхүү суурь судалгааны төслийг хэрэгжүүлэх судалгааны ажлын хүрээнд хөрсний дээжин дэх химийн үзүүлэлтүүд, макро, микроэлементүүд, хүнд металлуудын өгөгдөлд боловсруулалт хийсэн аргазүй, аргачлал, программ хангамжийн мэдээллийг хүснэгт 2-т нэгтгэв.

Хүснэгт 2. Өгөгдөл боловсруулалтын аргазүй, аргачлал, программ хангамжийн мэдээлэл

Өгөгдөл боловсруулалт	Аргазүй, аргачлал	Программ хангамж, ишлэл
<p>Хөрсний</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ органик нүүрстөрөгч (Corg)-ийн агуулга ○ Хөрсний pH –ийн утга ○ Хөрсөн дэх макро, микроэлементүүд, хүнд металлуудын лабораторийн анхны өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийж тархалтын төлвийг тогтоох ○ Эрдсийн агуулгад хөрсний дээжний төрлөөс хамаарсан чанарын судалгаа явуулах 	<p>Энгийн статистикийн шинжилгээ</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ агуулга (дундаж ба медиан дундаж утга, хамгийн их ба бага агуулгын утга), ▪ тархалтын (стандарт хазайлт, вариацийн коэффициент) тоон үзүүлэлтүүд 	<p>Windows орчинд ажиллах Statistica 14.00, ба XL stat 14 программ хангамжууд</p>
<p>Хөрсөн дэх элементүүдийн</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ геохимийн шинж чанарыг судлах, бохирдлын эх үүсвэрийг тогтоох, ○ Хөрсний микроэлементүүд, хүнд металлууд болон макро ба микроэлементүүд, хөрсний шинж чанар хоорондын харилцан хамаарлын судалж бохирдолд нөлөөлөх хүчин зүйлийг тогтоох судалгаа явуулах 	<p>Олон хэмжээст статистикийн шинжилгээ</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Фактор анализын гол компонентын арга; ▪ Кластер анализын арга; ▪ Гол компонентын регрессийн шинжилгаа 	
<p>Хөрсөн дэх микроэлементүүд, хүнд металлуудын</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ геохимийн онцлог, ○ өнгөн хөрсний экологийн үнэлгээ хийх 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дэлхийн дундаж агуулгад харьцуулах <ul style="list-style-type: none"> ▪ газрын царцдас ба ▪ хөрсөнд байх дундаж агуулга ▪ олон улсын хотуудын хөрсөнд тогтоосон дундаж 2. Тогтсон стандарт ба суурь (фон) агуулгад харьцуулах <ul style="list-style-type: none"> ▪ хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандарт ▪ байгалийн цэвэр хөрсөнд агуулагдах суурь (фон) агуулга 	<p>Виноградов, 1962; Alekseenko, 2014; MNS ISO 5850-2019; Vasilyeva et al. 2013</p>
<p>Хөрсний микроэлементүүд хүнд металлуудын</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ бохирдлын түвшин, 	<p>Байгалийн цэвэр хөрсөнд агуулагдах суурь (фон) агуулгад харьцуулан</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Нэг элементийн (PI)-болон 	<p>Водяницкий, 2010; Водяницкий, 2012; Сает и др. 1990;</p>

<ul style="list-style-type: none"> ○ гол бохирдуулагч элементүүдийг тогтоох 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ олон элементийн нийт бохирдлын индексүүд (IPI ба Zc)-ийг тооцож бохирдлын түвшинг үнэлэх 	<p>Sutherland, 2000; Хөрсний хүнд элементийн..., 2019</p>
<p>Хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшиний орон зайн тархалтын судалгаа, геостатистик загварчлал</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ бохирдлын түвшиний орон зайн тархалтын зураглал үйлдэх ○ тухайн орчинд металлын өндөр агууламж бүхий халуун цэгүүдийг тогтоох 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Газарзүйн мэдээлэлийн системийн (ArgGIS) болон ▪ Геостатистикийн интерполяцийн кригингийн арга ▪ загварчлах 	

1.3 Хөрсний бохирдлын түвшиний геостатистик загварчлал

Хүрээлэн буй орчны мониторингийн хамгийн чухал буюу салшгүй хэсэг бол гол бохирдуулагчийг илрүүлэх, гол бохирдуулагчийн эх үүсвэрийг тогтоох, бохирдлын халуун цэгийг илрүүлэх, бохирдолтой газар нутгийн хэмжээг тогтоох, тэдгээрийн тархалтын зураглалыг гаргах юм.

Олон улсын практикт хүрээлэн буй орчны бохирдлын халуун цэгийг илрүүлэх, бохирдолтой газар нутгийн хэмжээг тогтоох гол бохирдуулагчийн тархалтыг тогтоох зураглалыг үйлдэхэд газарзүй мэдээллийн систем (ArgGIS)-ийг хамгийн өргөн дэлгэр хэрэглэдэг.

Энэхүү сэдэвт ажлын хүрээнд Улаанбаатар хотын хөрсний бохирдлын түвшиний геостатистик загварчлалыг

- Лабораторийн өгөгдөлд боловсруулалт хийж геостатистик анализын интерполяцийн кригингийн аргаар бохирдлын түвшиний тархалтын зураглал үйлдэх
- Хиймэл дагуулуудын мэдээ ашиглан хөрсний давсжилтын индекс тооцох ба тооцсон индексүүдийн болон лабораторийн өгөгдөл хооронд олон алхамт регрессийн шинжилгээ хийж хөрсний микроэлементүүд, хүнд элементүүдийн орон зайн статистик загварчлалыг боловсруулах

ажлуудын туршилт судалгаа явуулж Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний хүнд элементүүдийн бохирдлын түвшиний орон зайн тархалтын зураглалуудыг хийж гүйцэтгэв.

1.3.1 Геостатистик анализын орон зайн интерполяцийн кригингийн арга

Геостатистик анализын орон зайн интерполяцийн кригингийн арга нь бүсийн хувьсагчийн онолд суурилсан, орон зайн солбицол бүхий цэгүүд (уртраг, өргөрөг)-ийн хооронд автокорреляци хийж үл мэдэгдэх талбайн утгыг бодит (туршилтаар гаргаж авсан) утгатай нь илүү ойролцоо байхаар тооцоолон дараах томъёоны дагуу гаргадаг (Fachinelli et al. 2001; Xie, Y., T. B. Chen, et al. 2010).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

Энд $Z(x_i)$ нь x_i цэг буюу байршил дахь (дээжний) Z -ийн утга (туршилтаар гаргасан утга), $N(h)$ -нь h зайгаар тусгаарлагдсан хос цэгүүдийн тоо.

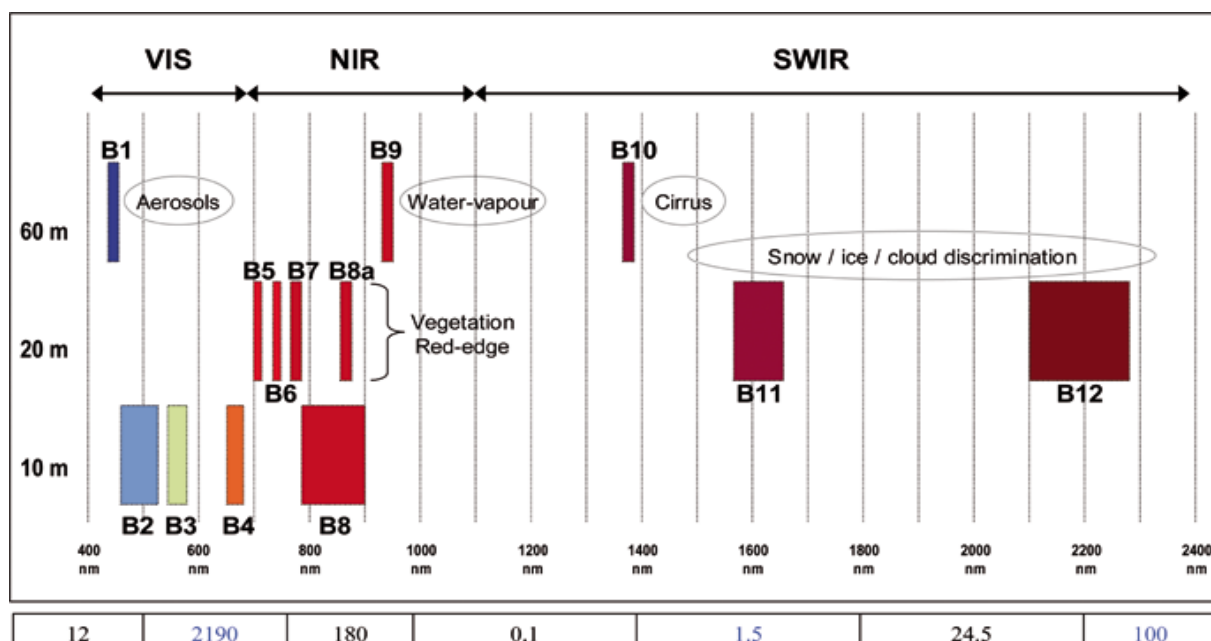
1.3.2 Сансрын мэдээ ашиглан хөрсөн дэх элементүүдийн тархалтын орон зайн статистик загварчлалыг боловсруулах

Хүрээлэн буй орчны бохирдлын орон зайн тархалтын зураглалын сансрын мэдээ ашиглан үйлдэхэд Sentinel-2 хиймэл дагуулын үзэгдэх гэрэл (VIS), ойрын (NIR) ба холын нил улаан туяаны (SWIR) гэрлийн мужуудад бүртгэгддэг дараах сувгуудыг ашигладаг ба тэдгээрийн долгионы урт, сувгийн өргөн, орон зайн шийд зэргийг хүснэгт 3-д нэгтгэлээ.

Хүснэгт 3. Sentinel-2 хиймэл дагуулын сувгийн үзүүлэлтүүд

Суваг	Долгионы урт (нм)	Сувгийн өргөн (нм)	Орон зайн шийд
B1 (Coastal aerosol)	443.9	20	60
B2 (Blue)	496.9	65	10
B3 (Green)	560.0	65	10
B4 (Red)	664.5	30	10
B5 (Red-edge 1)	703.9	10	20
B6 (Red-edge 2)	740.2	15	20
B7 (Red-edge 3)	782.5	20	20
B8 (NIR)	835.1	115	10
B8A (Narrow NIR)	864.8	20	20
B9 (Water Vapor)	945.0	20	60
B10 (Cirrus)	1373.5	30	60
B11 (SWIR1)	1613.7	90	20
B12 (SWIR2)	2202.4	180	20

Эдгээр сувгууд нь тухайн газрын буюу хөрс, ургамлын тодорхой шинж чанарыг илэрхийлдэг ба эдгээрийн харгалзах тодорхой долгионы уртын мэдээллийг зураг -2 –т нэгтгэн харууллаа.



Зураг 2. Sentinel-2 хиймэл дагуулын суваг, түүний долгионы урт

Үүнд: В-1: агаар мандал, В-2:DEM, хөрс ургамал (навчит болон шилмүүст ойг ялгах), В-3:ургамлын эрчим, ургамал (хлорофилл), В-4:хамгийн их хлорофилл шингээх, В-5:агаар мандлын залруулга, В-6:хөрс, В-5:ургамлын чийгийн агууламжийг ялгах, В-8:навчны талбайн индекс, навчны талбай, дүрс тодорхойлох, В-9:усны уур, В-10:агаар мандал (нимгэн үүл илрүүлэх), В-11:цас/мөс/үүл ялгах, В-12:дулаан, хөрсний чийг, амьд биомасс, үхсэн биомасс зэрэг (G. Кус, J. Chormański, 2019) юм.

Энэ ажилд Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний микроэлементүүд, хүнд металлуудын тархалтын орон зайн загварчилалыг боловсруулахдаа Sentinel-2 хиймэл дагуулын мэдээний сувгаас хамаарсан дараах давсжилтын дараах индексүүдийг (Salinity Index SI1-SI6)-ийг доор өгөгдсөн томъёонуудын дагуу тооцсон (G. Кус, J. Chormański, 2019; Mazlan Hashim, et al. 2014).

- Давсжилтийн индекс (SI1): $\sqrt{B2 \times B4}$ (2)
- Давсжилтийн индекс (SI2): $\sqrt{B2^2 + B4^2 + BB^2}$ (3)
- Давсжилтийн индекс (SI3): $\sqrt{B2^2 + B4^2}$ (4)
- Хөрсний нормчилсон индекс NDVI: $(B11 - B12)/(B11 + B12)$ (5)
- Нүцгэх хөрсний индекс BSI: $(B11 + B4) - (B8 + B2)/((B11 + B4) + (B8 + B2))$ (6)
- Dry Bare-Soil index DBSI: $((B11 - B03)/(B11 + B03))/NDVI$ (7)

Эдгээр индексүүдийн тоон утгыг дээж авсан цэг тус бүрийн утгатай давхцуулан авч хүнд элементүүд тус бүрээр олон хавсагчтай шаталсан регрессийн шинжилгээ хийсэн. Тус шинжилгээний үр дүнд гарган авсан регрессийн тэгшитгэлд дээрх индексүүдийг бодсон растер зургийг оруулах замаар буюу сансрын мэдээнд суурилсан гео-орон зайн дүрс боловсруулалтын аргаар хүнд элементийн орон зайн тархалтын газрын зургийн (сансрын мэдээнд суурилсан геостатистик загвар) хийж гүйцэтгэв.

Хиймэл дагуулуудын мэдээ ашиглан микроэлементүүдийн тархалтыг загварчлах нь цаг хугацааг хэмнэх, урьдчилан таамаглах төдийгүй дээж цуглуулах болоод лабораторийн шинжилгээ хийх гэх мэт олон ажлыг хөнгөвчлөх боломжтой юм. **(4.2.1 ба 4.2.2-р дэд бүлгүүдэд геостатистик загварчлалын үр дүнг тусгаж өгсөн болно.)**

ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ: ХӨРСНИЙ ШИНЖ ЧАНАРЫН СУДАЛГАА

Бидний өмнөх судалгааны фактор анализын гол компонентын үр дүн (Elena V. Shabanova, Ts. Vyambasuren et al. 2019) -гийн дүгнэлтээр зарим микроэлементүүд хэд хэдэн гол компонентод голлох үүрэгтэй хуваагдсан байсан ба компонент үүсгэж буй шалгуур үзүүлэлт нь доогуур хувийг эзэлж байсан нь тэдгээр элементүүдийн геохимийн төлөв байдал, хөрсөнд орших бохирдлын эх үүсвэрийг бодитой үнэлэхэд хангалтгүй байсан нь хөрсний өөр бусад үзүүлэлт, ялангуяа хөрсний органик бодисын судалгаа зайлшгүй хэрэгтэй болохыг нотолж байсан.

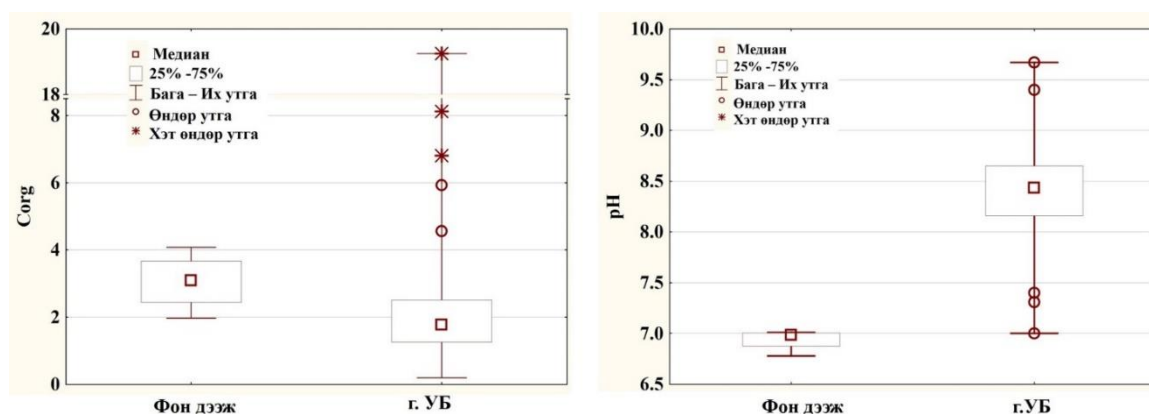
Иймд энэхүү суурь судалгааны ажлыг хэрэгжүүлэхэд *хөрсний экологийн төлөв байдлыг морфологи, физик, химийн шинж чанараар болон эрдсийн бүтцийн судалгаагаа үнэлэх* ажлыг төслийн үр дүнгийн даалгаварын нэг зорилго болгон тавьсан.

Зорилгодоо хүрэхийн тулд судалгааны зориулалтаар цуглуулсан хөрсний дээжинд дараах үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон. Үүнд:

- Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агуулга (Corg)
- Хөрсний хүчил шүлтийн орчин (pH)
- эрдсийн бүтцийн шинжилгээ

2.1 Хөрсний органик нүүрстөрөгч (Corg) болон $pH_{(H_2O)}$ -ийн судалгаа

Органик нүүрстөрөгч(Corg) болон $pH_{(H_2O)}$ -ийн тархалтын статистик үр дүнг Зураг 2 болон хүснэгт 4 ба 5-д нэгтгэв.



Зураг 3. Хөрсний $pH_{(H_2O)}$ ба органик нүүрстөрөгч (Corg)-ийн тархалийн статистик үр дүн

Үр дүнгээс харахад Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх органик нүүрстөрөгч(Corg)-ийн хэлбэлзэл их (C.V., 97%), pH(H₂O)-ийн хэлбэлзэл бага (C.V., 5%) байна. Гэвч эдгээр үзүүлэлтийн аль аль нь жигд тархалтын шалгуур (S–W, p < 0.05)-ыг хангасангүй, ялангуяа хотын зарим газрын өнгөн хөрсөнд органик нүүрстөрөгч(Corg)-ийн хэт өндөр (дундаж агуулгаас өндөр утгууд буюу их агуулгын outliers and extremes), pH-ын хэт бага ба өндөр утгууд (дундаж агуулгаас бага ба их утгууд буюу бага агуулгын outliers and extremes) бүртгэгдсэн нь байна. Энэ нь Улаанбаатар хотын хөрс хүн амын төвлөрөл, нягтрал болон хотжилтын нөлөөнд ихээхэн өртсөнийг илэрхийлж байна. Ер нь хөрсний органик нүүрстөрөгчийн(Corg) агуулгын ялгаа тухайн газар нутгийн хөрсний ашиглалтын байдлаас хамаардаг (Водяницкий, 2010).

Хүснэгт 4. Corg ба pH-ийн тархалт (засаг захиргааны нэгжийн ангиллаар)

Дүүрэг, дээжний тоо(n)	Статистик үр дүн									
	Хөрсний орчин (pH, m/l)					Органик нүүрстөрөгч (Corg, %)				
	Бага утга	Медиан дундаж	Их утга	C.V., %	H, p<0.05	Бага утга	медиан дундаж	Их утга	C.V., %	H, p<0.05
Фонын дээж		6.99					3.09			
Нийт газар нутаг (92)	7.00	8.43	9.40	4.61	0.000	0.20	1.77	19.25	96.71	0.000
Баянгол (28)	7.95	8.51	9.40	3.9	0.040	0.56	1.44	4.56	49	0.001
Баянзүрх (20)	7.00	8.36	8.79	5.2	0.005	0.84	1.96	5.93	54	0.004
Чингэлтэй (14)	7.58	8.37	8.79	4.9	0.108	1.44	2.22	3.71	29	0.434
Хан-Уул (11)	7.31	8.71	9.67	6.7	0.177	0.71	1.26	19.25	156	0.000
Сүхбаатар 19()	7.58	8.37	8.90	4.4	0.622	0.73	2.07	4.56	48	0.381
Сонгинохайрхан (8)	7.97	8.43	9.21	5.3	0.249	0.20	1.62	2.47	49	0.461

Хүснэгт 5. Corg ба pH-ийн тархалт (Газар ашиглалтын төрлөөр)

Газар ашиглалт ба дээжний тоо (n)	Статистик үр дүн									
	Хөрсний орчин (pH, m/l)					Органик нүүрстөрөгч (Corg, %)				
	Бага утга	Медиан дундаж	Их утга	C.V., %	H, p<0.05	Бага утга	Медиан дундаж	Их утга	C.V., %	H, p<0.05
Үйлдвэрийн орчим (5)	7.31	8.50	8.80	7.4	0.126	0.71	1.50	19.25	133	0.034
Зам дагуух газар (23)	7.78	8.50	8.79	3.3	0.156	1.06	1.42	8.12	77	0.000
Орон сууцны хороолол (19)	7.95	8.37	9.40	4.2	0.216	0.56	2.00	4.56	51	0.721
Албан газар (8)	8.02	8.38	8.73	3.4	0.286	0.20	1.69	3.32	62	0.894
Гэр хороолол (33)	7.00	8.43	9.21	5.5	0.030	0.84	1.94	5.93	47	0.000
Ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэн (2)	7.92	8.09	8.26	3.0	-	2.69	3.38	4.07	29	-

Хөрсний органик нүүрстөрөгч(Corg) болон рН_(H₂O)-ийн тархалтыг засаг захиргааны нэгжийн ангиллаар болон газар ашиглалтын төрлөөр судлахад:

рН-ийн хэлбэлзэл дүүргүүдийн хөрсний дээжинд бага байгаа ч Баянгол ба Баянзүрх дүүргийн болон гэр хорооллын газар нутгийн дээжүүдэд жигд тархалтын шалгуурыг хангахгүй байна.

Органик нүүрстөрөгч(Corg)-ийн тархалт Чингэлтэй дүүргийн дээжинд хамгийн бага (29%) хэлбэлзэлтэй байсан бол Хан-Уул дүүргийн дээжинд хамгийн их (156%) хэлбэлзэлтэй, бусад дүүргийн дээжинд их (48-54%) хэлбэлзэлтэй ба Баянгол, Баянзүрх, Хан-Уул дүүргүүдийн дээжинд жигд тархалтын шалгуурыг хангахгүй байна. Мөн газар ашиглалтын бүх төрөлд (ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэнгээс бусад) хэлбэлзэл ихтэй ялангуяа үйлдвэрийн орчим, зам дагуух газар ба гэр хороололын газар нутгийн дээжинд жигд бус тархалттай байна. Энэ нь тухайн газар нутгийн хөрсний олон янз байдал болон хотжилтын нөлөөнд Улаанбаатар хотын хөрс их өртсөн болохыг харуулж байна.

Энэ судалгаагаар Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний органик нүүрстөрөгч(Corg)-ийн агуулга 0.2-19.25% ба дунджаар 1.78% буюу бага хэмжээнд, хөрсний рН 7-9.67 ба дунджаар 8.44 буюу шүлтлэг байна. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний судлагдсан нийт дээжний 52% ба 43% -д органик нүүрстөрөгчийн(Corg) агуулга, харилцан – дундаж (2-6%) ба бага (0-2%) хэмжээнд байна.

Органик нүүрстөрөгчийн(Corg) агуулга нийт газар нутгийн хувьд болон нийслэлийн дүүргүүдийн газар нутгийн хөрсний дээжинд суурь буюу фонын хэмжээнээс бага, харин газар ашиглалтын ангиллаар авч үзвэл, үйлдвэрийн газар нутаг болон зүлэгжүүлсэн талбай болон ногоон бүсийн дээжинд их илэрсэн байна. Жишээ нь: Хотын хөрсний органик нүүрстөрөгчийн өндөр агуулга (>6%) Баянзүрх болон Хан-Уул дүүргийн нутаг дэвсгэрт, зам дагуух газрын хөрсөнд (Цайз орчимд буюу ШТС-Шунхлай, II –түүхий эд цуглуулах цэг) болон үйлдвэрийн бүсийн хөрсөнд (ТЭЦ-III –ийн харалдаа болон төмөр замын призертэй ойр газар, албан газрын харалдаа зүлэгжүүлсэн талбай) илэрч байна. Энэ нь органик бодис агуулсан нүүрсний болон бусад хог хаягдал болон гаднаас хот тохижилтын хүрээнд зөөвөрлөж авчирсан хүлэр агуулсан шорооны нөлөөлөл байж болох юм.

Харин хөрсний органик нүүрстөрөгчийн бага агуулга (>2 %) зүлэгжүүлсэн газар (сургууль орчим (72 ба 32-р дунд сургууль), эмнэлэгийн ойролцоох болон нийтийн эзэмшлийн зүлэгжүүлсэн газар) газар, түүнчлэн өмнө нь үйлдвэр байсан газрын ойролцоо (Арьс ширний үйлдвэр; ТЭЦ-3 ба ТЭЦ-4), гэр хорооллын гудамж

дундах задгай газрын хөрсөнд (Зүүн салаа, Баянхошуу, Чингэлтэй, Алтан-Өлгий) илэрсэн байна.

Суурин газрын талбай, газар нутагт элэгдэл эвдрэлд өртөмхий бетон, цемент болон карбонат агуулсан бусад техноген материал, түүнчлэн агаарт цацагдсан үнс нурам, тоосонцор, бусад хог хаягдлын хөрсөнд бууж хуримтлагдах нөлөөгөөр хотын өнгөн хөрс шүлтлэгжих ($pH < 7$) хандалагатай болдог.

- Суурь судалгааны сэдэвт ажлын хүрээнд хийсэн судалгаагаар Улаанбаатарын хөрсөнд хүчиллэг, сул хүчиллэг, саармаг орчин маш цөөхөн буюу тус бүр нэг нэг цэг Хан-Уул и Баянзүрх дүүрэгт буюу ТЭЦ-III, Цайз орчим -II түүхий эд цуглуулах цэг, зам дагуух газарт (Зүүн 4 зам) ба гэрт хороолол (Монел) –д бүртгэгдсэн нь агаарт цацагдсан үнс нурам, тоосонцор, бусад хог хаягдал тухайн газрын хөрсөнд бууж хуримтлагдсан нөлөөллийг харуулж байна.
- Хөрсний сул шүлтлэг (бүх дээжний 1-3%) ба хүчтэй шүлтлэг (2-4% бүх дээжний) орчин бүх дүүргийн дээжинд үйлдвэрийн газар нутаг (ТЭЦ-3 ийн хашааны гадна), зам дагуу (Баруун 4н зам, барилгын коллеж, Гурвалжин зах), гэр хороолол (Гандан, Хайлааст, түүхий эд авах газар) мөн зүлэгжүүлсэн талбайд (Ботанический сад-Нийтийн эзэмшил газар) илэрсэн нь тухайн газруудад элэгдэл эвдрэлд өртөмхий бетон, цемент болон карбонат агуулсан бусад техноген материалын нөлөө их байгааг нотолж байна.

Хөрсөнд агуулагдах органик бодис, түүнчлэн органик нүүрстөрөгчийн агуулга ба хөрсний pH хөрсөнд агуулагдах микроэлементүүдийн агуулга, тархалт, хуримтлагдах төлөв, хөрсөнд орших нэгдлийн геохимийн төлөвт чухал нөлөө үзүүлдэг. Бид энэхүү суурь судалгааны ажлын хүрээнд Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх микроэлементүүд, хүнд металлуудын агуулга нь хөрсний агуулагдах органикнүүрстөрөгчийн агуулга ба хөрсний pH-с хамаарах хамаарлын судалгааг **гол компонентийн регрессийн** аргаар загварчлах судалгааны ажил явуулсан ба **үр дүн хэлэлцүүлийг 3-р бүлэгт тодорхой тусгаж өгсөн.**

2.2 Хөрсний дээжүүдийн эрдсийн рентген бүтцийн спектрийн шинжилгээ

Хөрсний микроэлементүүд, хүнд металлуудын тархалт, тэдгээрийн бохирдлын түвшиний судалгаанд бодит үнэлгээ хийхэд хөрсний хэв шинж болоод тухайн газар нутгийн геологийн тогтоц хамгийн нэн тэргүүний чухал мэдээлэл болдог. Иймд бид энэ суурь судалгааны ажлын **спектроскопийн судалгаа бүлэг** ажлын хүрээнд

атомын спектроскопийн цацаргалтын болон шингээлтийн аргуудаар хөрсний макро ба микроэлементүүд, хүнд металлуудыг тодорхойлохын зэрэгцээ рентген спектроскопийн аргаар Улаанбаатар хотын газар нутгаас цуглуулсан цөөн тооны дээжинд эрдсийн бүтцийн шинжилгээг XRD-7000 диффрактометр (Shimadzu, Япон) явуулсан. Үр дүнг хүснэгт 6-д харууллаа.

Хөрсний эрдсийн рентген бүтцийн судалгаагаар хот орчмын газар нутгийн геологийн тогтоц, газар нутгийн онцлогоос хамаарч, Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд гадны нөлөөнд илүү тогтвор бүхий цахиурын нэгдлүүд ба хайлуур жоншны эрдсүүд бүрдүүлж байна. Үүнд: кварц - SiO_2 (41-58%), альбит - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (16-30%), микроклин - KAlSi_3O_8 (2.5-25%) ба мусковит - $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ (2.19-24.6%). Түүнчлэн тухайн хөрсний хэв шинж, онцлог, гадны нөлөөлөлд орсон байдал зэргээс хамаарч шаварлаг эрдсийн агуулга харилцан адилгүй байна. Жишээ нь: Зам дагуух газар болон гэр хорооллын орчмын дээжинд кальцит- CaCO_3 (1.4-10.3%), кальцийгаар баялаг альбит- $(\text{Na,Ca})\text{Al}(\text{Si,Al})_3\text{O}_8$ (-29%), калийгаар баялаг санидин- $(\text{Na,K})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$ (14-23%) ба каолинит- $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ (5%) зэрэг шаварлаг эрдсүүд илэрч байхад үйлдвэр орчмын хөрсөнд болон хотын цэцэрлэгийн хөрсөнд эдгээр эрдсүүдийн агуулга илрээгүй байна. Түүнчлэн үйлдвэр орчмын дээжинд хөрс үүсгэгч чулуулгийн анхдагч эрдэс болох мусковит - $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ бүртгэгдээгүй нь энэ бүс нутгийн хөрсний анхдагч төлөв хотжилт болон үйлдвэрийн нөлөөлөлд их хэмжээгээр өртсөн болохыг харуулж байна. Хотын цэцэрлэг буюу Ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэнгээс үе давхрагаас (2-1, 2-2, 2-3) хамааруулан авсан хөрсөнд хөрс үүсгэгч чулуулгийн анхдагч эрдсүүдийн кварц- SiO_2 , альбит- $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, микроклин- KAlSi_3O_8 ба мусковит- $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ –ийн агуулга бүгд бүртгэгдсэн нь хөрсний бүтэц хэвийн буйг илтгэж байна. Улаанбаатар хотын хөрсний эрдсийн бүтцийн төлвийн судалгааг Цэрэнпил нарын (Tserenpil et al, 2016) судалгааны ажилтай харьцуулахад эрдсийн илэрлийн ерөнхий төлвийн чиг хандлага ижил байна.

Улаанбаатар хотын газар нутаг Туул голын хөндийд байрлах ба делювийн дунд ба хөнгөн шавранцар, элюви-делювийн элсэнцэр, аллювийн дунд ба хүнд шаварлаг хурдас дээр тогтсон ба нутгийн уулархаг хэсгээр элюви ба элюви-делювийн хурдас, тэдгээрийн бэл хормой, тал хөндийгөөр делюви, элювийн, том жижиг голын сав хөндийгөөр аллювийн хурдсууд тус тус тархсан байдаг.

Хүснэгт 6. Хөрсний эрдсийн рентген бүтцийн судалгааны үр дүн

№	Дээж	Кварц (Silicon Oxide Quartz)	Альбит (Sodium Aluminum Silicate (Albite, ordered))	Микроклин (Potassium Aluminum Silicate (Microcline, intermediate))	Мусковит (Potassium Aluminum Silicate Hydrate (Muscovite))	Кальцийн карбонат (Calcium Carbonate (Calcite, syn))	Кальцийгаар баялаг альбит (Sodium Calcium Aluminum Silicate (Albite, Ca-rich, ordered))	калийгаар баялаг санидин (Potassium Sodium Aluminum Silicate (Sanidine, K-rich, disordered, syn))	Каолинит (Aluminum Silicate Hydroxide (Kaolinite))	Sodium Aluminum Silicate (Albite low)
Химийн томъёо		SiO ₂	NaAl Si ₃ O ₈	KAlSi ₃ O ₈	$KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$	CaCO ₃	(Na,Ca)Al(Si,Al) ₃ O ₈	(Na,K)(Si ₃ Al)O ₈	Al ₂ (Si ₂ O ₅)(OH) ₄	Na(AlSi ₃ O ₈)
1	2(1-(А үе))(Хотын цэцэрлэг)	55.48	23.13		21.38					
2	2(2-(В үе))(Хотын цэцэрлэг)	48.44	27.5	15.07	9					
3	2(3-(С үе))(Хотын цэцэрлэг)	51.13		2.54	15.72					30.61
4	3(Хотын цэцэрлэг)	49.1	16.33	9.91	24.61					
5	36(Зам дагуух газар)	43.91	27.34	12.94	10.94	4.87				
6	37(Зам дагуух газар)	41.06	26	14.12	2.58	10.32			5.92	
7	70(Гэр хороолол)	50.68	27.59	11.87	8.28	1.59				
8	114(Орон сууц хороолол)	56.87	23.68	16.99		2.46				
9	116(Орон сууц хороолол)	57.64	22.19	8.6	11.58					
10	119(Орон сууц хороолол)	50.45	26.19	23.36						
11	127(Гэр хороолол)	47.41	23.46	18.41	9.33	1.4				
12	159(Зам дагуух газар)	51.67	26.65	12.9	8.78					
13	161(Зам дагуух газар)	52.6	28.88	16.6		1.92				
14	164(Зам дагуух газар)	47.2	23.63		14.4			14.77		
15	165(Зам дагуух газар)	48.51	25.3	11.46	14.73					
16	167(Зам дагуух газар)	48.78	22.51		2.19	2.97		23.55		
17	187 (Үйлдвэрийн район)	50.51	24.08	25.41						
18	188(Үйлдвэрийн район)	53.11		15.09		2.31	29.48			
19	191(Үйлдвэрийн район)	50.22	30.64	19.14						
20	193(Үйлдвэрийн район)	49.5	25.83	24.67						
21	194(Үйлдвэрийн район)	51.2	24.12	24.68						

ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ: ХӨРСӨН ДЭХ ЭЛЕМЕНТҮҮДИЙН ТАРХАЛТ АГУУЛГА, УЛААНБААТАР ХОТЫН ӨНГӨН ХӨРСНИЙ ЭКОЛОГ ГЕОХИМИЙН ТӨЛӨВ

3.1 Макро ба микроэлементүүд, хүнд металлуудын тархалт, агуулга

Хөрсөнд агуулагдах макро ба микроэлемент, хүнд металлуудын агуулга, тархалтын үр дүнг хүснэгт 7-д нэгтгэн харууллаа.

Судалгааны үр дүнгээр Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Cu, Sn, Pb, Ag, W ба Sb- гийн хэлбэлзэл маш өндөр, Fe, Ca, Cr, Mn, Mo ба Zn хэлбэлзэл өндөр, Mg, Ti, Na, P, B, Cd, Bi, Sr, Zr, Ge, F, As, Ni, Be ба Co хэлбэлзэл дунд зэрэг, харин Si, Al, V, Ba, Li, Tl ба Ga-гийн хэлбэлзэл бага илэрсэн байна. Ялангуяа Cu, Sn, Pb, Ag, W, Sb, Fe, Ca, Cr, Mn, Mo ба Zn-ын тархалт Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд жигд бус тархалттай байна.

Хөрсний судалгааны эх сурвалжид (Зырин, 1968; Wei et al. 2010) дурьдсанаар, хөрсөнд агуулагдах химийн элементүүдийн нийт агуулгын хэлбэлзэл 10–20 % -иас хэтрээгүй тохиолдолд янз бүрийн эх үүсвэрээс үүдэлтэй химийн элементүүдийн хуримтлал үүсээгүй байна гэж үздэг. Бидний судалгаагаар Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Si, Al, Be, Co, V, Ba, Li, Tl ба Ga-гийн хуримтлалгүй, харин Cu, Sn, Pb, Ag, W, Sb, Fe, Ca, Cr, Mn, Mo, Zn, Mg, Ti, Na, P, B, Cd, Bi, Sr, Zr, Ge, F, As ба Ni зарим газрын хөрсөнд хүний сөрөг үйл ажиллагаанаас улбаалан их бага хэмжээгээр хуримтлал үүсгэсэн болохыг харуулж байна. Судлагдсан макро ба микроэлементүүд, хүнд металлуудын дундаж агуулга: Si(34.25) > Al(7.41) > Fe(2.64) > Ca(2.00) > Na(1.94) > Mg(0.58) > Ti(0.35) > P(0.09) - (%-р), Ba(760) > F(480) > Mn(470) > Sr(310) > Zr(260) > Zn(140) > V(73) > Cr(68) > Pb(52.5) > B(41) > Cu(41) > Li(29.5) > Ni(26) > Ga(21) > As(15) > Co(13) > Sb(4.6) > Sn(4.4) > Be(2.9) > Mo(2.25) > W(2.1) > Tl(1.7) > Ge(1.7) > Bi(0.5) > Cd(0.5) > Ag(0.18) – (мг/кг-р).

Хүснэгт 7. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний макро ба микроэлемент, хүнд металлуудын агуулга, тархалт

Үзүүлэлт	Хэмжих нэгж	Агуулга			С.У., %	Царцдас	Хөрс (Дэлхийн)	Хотын хөрс (Дэлхийн)	Суурь буюу фон хөрс	Зөвшөөрөгдөх хэмжээ
		М	Смин	Смакс		Дэлхийн дундаж (Виноградов, 1962)	(Аlekseenko, 2014)	(Vasilyeva et al. 2013)	(Хорсний..., 2019)	
pH	m/l	8.44	7	9.67	5	-	-	-	6.99	-
Corg	%	1.78	0.2	19.25	97	-	-	-	3.09	-
SOM		5.64	0.04	37.73	68	-	-	-	-	-
Si		34.25	14.1	40.6	12	29.5	33	28.9	30	-
Al		7.41	3.74	9.8	14	8.05	7.13	3.82	6.7	-
Mg		0.58	0.3	1.18	30	1.87	0.63	0.79	0.9	-
Ca		2	0.83	5.71	46	2.96	1.37	5.38	1.6	-
Fe		2.64	1.48	9.66	39	4.65	3.8	2.23	2.9	-
Ti		0.35	0.18	0.54	21	0.45	0.46	0.48	0.38	-
Na		1.94	0.77	3.03	21	2.5	0.63	0.58	1.5	-
K						2.5	1.36	1.34	2.2	-
P		0.09	0.05	0.24	36	0.045	0.085	0.12	0.092	-
S						0.093	0.08	0.12	0.105	-
F		мг/кг	480	220	880	22	660	-	-	450
Ba	760		420	1110	15	650	500	853.12	700	-
Sr	310		160	530	24	340	300	458	290	800
Li	29.5		20	42	15	32	30	49.5	32	-
Rb						150	100	58	93	-
B	41		23	140	33	12	10	45	35	25
Mn	470		260	3200	61	1000	850	729	710	-

Үзүүлэлт	Хэмжих нэгж	Агуулга			С.Ү., %	Царцдас	Хөрс (Дэлхийн)	Хотын хөрс (Дэлхийн)	Суурь буюу фон хөрс	Зөвшөөрөгдөх хэмжээ
		М	Смин	Смакс		Дэлхийн дундаж (Виноградов, 1962)		(Alekseenko, 2014)	(Vasilyeva et al. 2013)	(Хорсний..., 2019)
Ni		26	18	53	21	58	40	33	33	150
Co		13	7.9	20	17	18	8	14.1	18	50
V		73	43	100	16	90	100	104.9	83	150
Cr		68	30	480	64	83	200	80	45	150
W		2.1	0.5	23	109	1.3	1.3	2.9	1.9	-
Mo		2.25	1.3	11	56	1.1	2	2.4	1.9	5
Sn		4.4	2.8	53	123	2.5	10	6.8	2.8	50
Be		2.9	2.1	5.9	18	3.8	6	3.3	2.55	-
Ga		21	15	30	13	19	30	16.2	16.5	-
Pb		52.5	23	640	121	16	10	54.5	20	100
Cu		41	23	2300	312	47	20	39	25	100
Zn		140	71	460	42	83	50	158	60	300
Ag		0.18	0.07	2.8	114	0.07	0.5	0.37	0.08	-
Sb		4.6	0.7	42	102	0.5	-	1	1.2	-
As		15	6	26	22	1.7	5	15.9	12	20
Tl		1.7	1.1	2.2	15	1	-	1.1	1.3	-
Ge		1.7	1	4.4	23	1.4	5	1.8	1.08	-
Bi		0.5	0.3	1.2	25	0.009	-	1.12	0.5	-
Cd		0.5	0.3	1.2	33	0.13	0.5	0.9	1	3
Zr		260	150	490	24	170	300	255.6	275	-

3.2 Өнгөн хөрсний эколог геохимийн төлвийн судалгаа

Макро, микроэлементүүд, хүнд элементүүдийн хөрсөнд агуулагдах дундаж агуулгыг химийн элементүүдийн газрын царцдас ба хөрсөнд байх дундаж агуулга (Виноградов,1962), олон улсын хотуудын хөрсөнд тогтоосон дундаж (Alekseenko, 2014), хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандарт (MNS ISO 5850-2019), байгалийн цэвэр хөрсөнд агуулагдах суурь агуулга (Vasilyeva et al. 2013)–д харьцуулан Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх элементүүдийн геохимийн онцлог, өнгөн хөрсний экологийн үнэлгээг хийлээ.

Химийн элементүүдийн газрын газрын царцдаст агуулагдах дундаж агуулгатай (Виноградов,1962) харьцуулахад, газар нутгийн геологийн тогтоц, байгаль цаг уурын онцлог, хөрсний геохимийн онцлог зэргээс хамааран, Улаанбаатар хотын өнөн хөрсөнд Bi, Sb, As, Cd, B, Pb, Ag, Mo, P, Sn, Tl, Zn, W, Zr ба Ge –ийн агуулга өндөр, Si, Al, Li, Ba, Sr, Cu ба Ga-ийн агуулга ойролцоо, Fe, Ca, Mg, Ti, Na, Mn, Cr, V, F, Co, Ni и Be –ийн агуулга багаар илэрсэн байна.

Хөрсөнд агуулагдах дэлхийн дундажтай (Виноградов,1962) харьцуулахад байгаль цаг уурын онцлог, хөрсний геохимийн онцлог зэргээс хамааран Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Ca, Na, Pb, B, As, Zn, Cu, Co, W ба Ba-ын агуулга их, P, Al, Si, Mo, Sr, Cd, Li, Mg ба Zr –ны агуулга ойролцоо, харин Fe, Ti, V, Ga, Ni, Mn, Be, Sn, Ag, Cr ба Ge –ийн агуулга бага байна.

Сүүлийн жилүүдэд дэлхий дахинд хот суурин газрын хүн амын төвлөрөл, хотжилт зэргээс үүдэн төвлөрсөн суурин газрын хүрээлэн буй орчины тэнцвэр алдагдах улмаар хөрсөн дэх хортой хүнд элементүүдийн бохирдол ихсэх болсон нь экологичид, геохимичид, хөрс судлаачид төдийгүй нийгмийн өмнө тулгамдсан асуудлын нэг болсон. Үүнтэй уялдан хүн амын эрүүл аюулгүй амьдрах нөхцлийг хангах үүднээс хот суурин газрын хөрсөнд агуулагдах дэлхийн дундаж хэмжээг тогтоох болсон. Энэ судалгааны ажлын хүрээнд дэлхийн 100 орчим томоохон хотуудын хөрсний судалгааны үр дүнд тулгуурлан тогтоосон микроэлементүүдийн дундаж агуулгын дүнг (Alekseenko, 2014) Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд илэрсэн үр дүнтэй харьцуулан Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний экологийн төлвийн үнэлгээ хийлээ. Улаанбаатар хотын хотжилтын процесс, үйл ажиллагаа явуулж буй үйлдвэр аж ахуйн газрууд, тэдгээрийн онцлогоос хамаарч Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Si, Fe, Cu, Zr, Pb, Ge, As, Mo, Co, B, Ba, Zn, Be ба Cr –ийн агуулга ойролцоо,

Mg, Ca, Ti, P, Ni, W, V, Sr, Sn, Mn, Li, Cd, Ag ба Bi –ийн агуулга бага, зөвхөн Al, Na, Sb, Tl ба Ga-ийн агуулга ихээр илэрсэн байна.

Байгалийн цэвэр буюу фоны дээжинд агуулагдах хэмжээ нь тухайн бүс нутгийн байгаль цаг уур, экологийн байдлыг бүрэн илтгэдэг ба бид өмнөх судалгааны ажлын хүрээнд хот орчмын цэвэр хөрсөнд агуулагдах суурь агуулгыг (Vasilyeva et al. 2013) тогтоосон. Фонын хэмжээтэй харьцуулах нь тухайн цаг үед суурин газрын хөрсөнд хүний сэрэг нөлөөгөөр хортой хүнд элемент хэр их хэмжээгээр хуримтлагдсан болохыг үзүүлдэг юм. Энэ судалгааны ажлаар Улаанбаатар хотын экологийн төлвөөс хамааран өнгөн хөрсөнд Mg, Ni, Co, Mn ба Cd-ийн агуулга суурь буюу фонын хэмжээнээс бага, Si, Al, Fe, Ti, P, Be, W, Ba, Sr, F, Bi, Zr, Li, V, Mo ба B-ийн агуулга фонын хэмжээнд, харин Ca, Na, Sb, Pb, Zn, Ag, Cu, Ge, Sn, Cr, Tl, Ga ба As агуулга суурь агуулгаас ихээр илэрсэн байна.

Мөн манай улсын хэмжээнд химийн зарим элементүүд, хүнд металлуудын хөрсөнд агуулагдах хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандарт (MNS ISO 5850-2019) шинэчлэн батлагдсан ба, Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд тогтоогдсон агуулгыг (медиан дундаж) харьцуулахад зөвхөн B ба F-ийн Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд их илэрсэн. Мөн Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд зарим элементүүд хэлбэлзэл ихтэй, жигд бус тархалттай байгаа учир хотын хөрсөнд агуулагдах микроэлементүүд, хүнд металлуудын хамгийн их утгуудыг хөрсөнд агуулагдах хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандарт (MNS ISO 5850-2019)–ын зөвшөөрөгдөх хэмжээ, хортой болон аюултай агуулгын хэмжээтэй харьцууллаа. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дөх зарим хүнд металл, микроэлементүүдийн нийт агуулгын хамгийн их утга хөрсөнд агуулагдах хөрс бохирдуулагч бодис элементүүдийн зөвшөөрөгдөх стандартаас - Cu(23.0), Pb(6.4), B(5.6), F(4.4), Cr(3.2), Mo(2.2), Zn(1.5), As(1.3) ба Sn(1.1); хортой агуулгын хэмжээнээс Cu(4.60), B(1.40), Pb(1.28), Cr(1.20), F(1.10); аюултай агуулгын хэмжээнээс Cu(2.3) тус тус ихээр илэрсэн байна.

3.3 Элементүүдийн бохирдлын эх үүсвэр, гол бохирдуулагч элемент, макроэлемент ба зарим шинж чанарын хоорондын судалгаа

3.3.1 Кластер ба фактор анализын гол компонентын шинжилгээ

Хөрсөнд агуулагдах микроэлемент, хүнд элементүүдийн хоорондын хамаарал, хөрсөнд орших эх үүсвэр, геохимийн төлөв байдлыг нарийвчлан судлах нь хөрсний бохирдлоос улбаатай гарч болох сөрөг үр дагавар, болон цаашдын асуудлыг шийдвэрлэхэд уламжлалт арга буюу тодорхой тогтоосон стандарттай харьцуулан үнэлж дүгнэлт гаргаснаас илүү олон мэдээллийг гаргаж авах давуу талтай юм (Astel, et al. 2011).

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх микроэлементүүдийн хөрсөнд орших эх үүсвэр буюу бохирдлын эх үүсвэр (байгалийн буюу литоген, хүний үйл ажиллагаанаас үүсэлтэй буюу антропоген агуулга), геохимийн төлөв байдлын судалгааг хемометрийн олон хувьсагчит статистикийн кластер ба фактор анализын гол компонентын аргуудаар судаллаа.

Кластерийн шинжилгээнд элементүүдийг геохимийн ижил төстэй шинж чанараар нь Вардын аргаар бүлэглэсэн. Кластер анализын Вардын аргаар элементүүдийг геохимийн ижил төстэй шинж чанараар нь бүлэглэхдээ кластер хоорондын зайн параметрийн утгыг Пирсоны корреляциин коэффициентийг 1-с хассан ($1-R^2$) утгаар илэрхийлсэн.

Фактор анализид факторуудыг гол компонентын аргаар хийсэн. Үр дүнг илүү ойлгомжтой байлгахын тулд варимакс-вращение аргаар гол компонентийг ялгасан. Гол компонентийн тоо нь Кайзерийн шалгуураар гол компонентийн хувийн утга 1- ээс их ба гол компонентийг бүрдүүлж буй элементүүдийн факторын коэффициент 0.5 - аас их байхаар сонгосон. Фактор ба кластер анализын дүн шинжилгээг 95 %-ийн итгэлцлийн интервалд явуулсан болно.

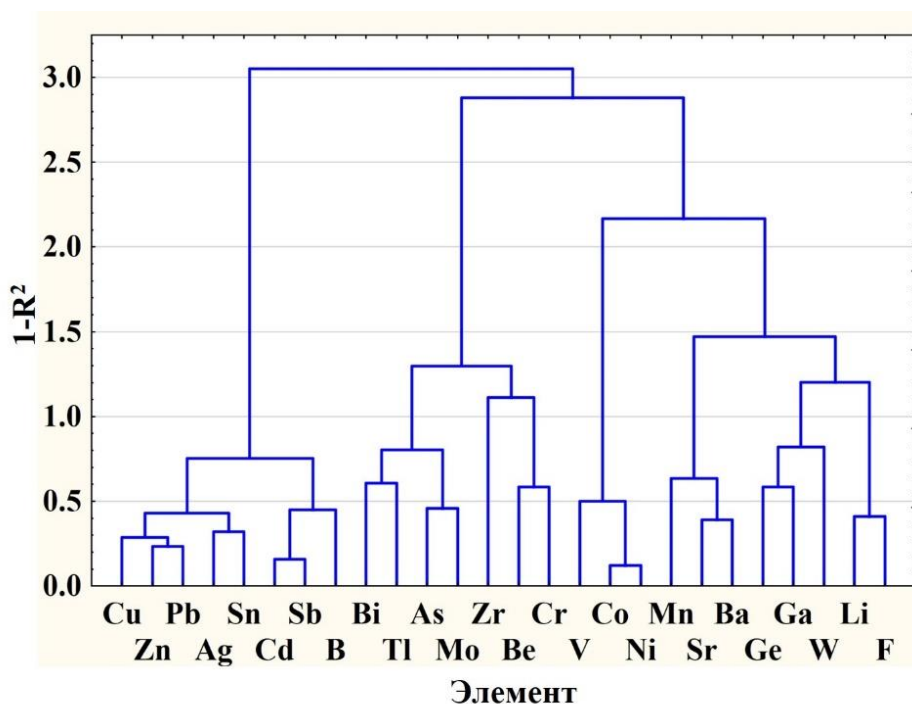
Фактор ба кластер анализын үр дүнд тайлал хийхэд хөрсөн дэх химийн элементүүдийн тархалт, элементүүдийн геохимийн ангилал, физик химийн шинж чанарыг авч үзсэн.

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх микроэлементүүд, хүнд металлуудын кластер анализын үр дүнг 4-р зурагт дендрограммаар харуулсан ба, фактор анализын гол компонентын статистик үзүүлэлтүүд (хувийн утга, дисперс ба нийт

дисперс) болон гол компонент тус бүрийг бүрдүүлж буй гол элементүүд болон тэдгээрийн коэффициентуудыг 7-р хүснэгтэд нэгтгэв.

Үр дүнгээс харахад Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх Mn, Li, Ni, V, Co, F, As, Ba, Sr, B, Mo, W, Ge, Zr, Be, Cr, Sn, Cu, Zn, Ag, Sb, Pb, Bi, Cr, Tl ба Cd групп үүссэн байдлын гол шалгуур хэмжигдэхүүн буюу корреляцийн коэффициентийн утгаар ($1-R^2$) болон физик химийн шинж чанар болон хөрсөнд орших эх үүсвэрийн хувьд 4 кластерийг бүрдүүлж байна. Үүнд: [(F-Li)-W-Ga-Ge)-(Ba-Sr-Mn)]; [(Ni-Co-V)]; [(Cr-Be-Zr)-(Mo-As)-(Tl-Bi)]; [(B-Sb-Cd)-(Sn-Ag)-(Pb-Zn-Cu)].

Кластер үүссэн байдлыг илтгэх болон шалгах гол хэмжигдэхүүн буюу корреляцийн коэффициентийн утга нь хэдий чинээ бага байна микроэлементүүд, хүнд металлуудын тархалт нь төдий чинээ ижил буюу хөрсөнд нэг эх үүсвэрээс тархсан байна гэсэн үг юм (Дюран и Оделл, 1977; Lee, et al. 2006).



Зураг 4. Микроэлементүүдийн кластер анализын дендрограмм

Үр дүнгээр [(F-Li)-W-Ga-Ge)-(Ba-Sr-Mn)]-ийн кластер нь [(Ni-Co-V)]-ийн кластер, [(Cr-Be-Zr)-(Mo-As)-(Tl-Bi)] ийн кластер ба [(B-Sb-Cd)-(Sn-Ag)-(Pb-Zn-Cu)]-ийн кластераас харилцан хол зайнд буюу сүүлийн 3 кластерын зай харилцан хол байгаа нь эдгээр элементүүдийн өнгөн хөрсөнд орших эх үүсвэр нь 4 өөр буйг илтгэж байна.

Фактор анализын гол компонентийн шинжилгээний үндсэн шалгуурууд ба гаргаж авсан үр дүнд тайлал хийхэд чухал үзүүлэлтүүд бол факторын шинжилгээний гол статистик үзүүлэлтүүд юм (хүснэгт. 8).

Хүснэгт 8. Микроэлементүүд, хүнд металлуудын фактор анализын гол компонентийн үр дүн

Статистик	ГК-1	ГК-2	ГК-3	ГК-4	ГК-5	ГК-6	ГК-7	R ²	PI
Хувийн утга-λ	6.963	3.984	2.794	2.034	1.527	1.408	1.136		
Дисперс, %	26.78	15.32	10.75	7.82	5.87	5.41	4.37		
Нийт дисперс, %	76.33								
Элемент	Факторын утга								
Pb	0.898	-0.044	-0.085	0.128	0.112	-0.075	-0.002	0.84	2.63
Ag	0.861	0.066	-0.030	0.082	-0.059	0.099	-0.144	0.74	2.25
Zn	0.839	-0.127	-0.053	0.091	0.216	0.057	0.067	0.85	2.33
Sn	0.820	0.227	0.021	0.032	-0.104	0.070	0.328	0.83	1.57
Sb	0.814	0.044	0.153	0.081	0.010	-0.420	0.230	0.95	1.64
Cu	0.813	-0.125	0.261	0.049	0.054	-0.078	0.175	0.83	1.64
Mo	0.606	-0.192	0.076	0.058	0.049	0.086	0.659	0.85	1.18
Cd	0.590	-0.054	0.284	0.052	0.046	-0.473	0.438	0.90	0.50
B	0.528	0.168	0.597	0.151	0.072	-0.182	0.230	0.83	1.17
Li	0.086	0.796	0.086	0.021	0.050	-0.077	0.081	0.67	0.92
F	0.018	0.687	0.069	0.044	-0.249	-0.222	0.154	0.65	1.07
As	0.384	-0.551	0.214	-0.012	-0.061	0.140	0.341	0.72	1.25
Bi	-0.036	-0.793	-0.087	0.000	-0.122	0.113	0.013	0.79	1.00
Co	0.151	0.005	0.933	-0.008	-0.065	0.071	0.011	0.92	0.72
Ni	-0.012	-0.035	0.931	0.002	-0.050	0.071	-0.084	0.85	0.79
V	-0.117	0.493	0.717	-0.051	0.078	-0.360	-0.068	0.92	0.88
Ba	0.213	-0.088	-0.109	0.828	0.072	0.118	-0.289	0.66	1.09
Sr	0.198	0.080	-0.091	0.821	0.000	-0.069	0.199	0.71	1.07
Mn	-0.053	0.094	0.359	0.706	0.033	-0.075	0.299	0.57	0.66
Ga	-0.169	0.480	0.029	0.148	0.669	0.198	0.036	0.67	1.27
Ge	0.181	0.027	0.079	0.282	0.668	-0.071	0.100	0.54	1.62
Zr	-0.096	0.112	0.133	0.231	-0.708	0.065	-0.041	0.42	0.90
Cr	-0.059	-0.142	-0.086	0.022	0.017	0.858	0.103	0.79	1.51
Be	-0.145	-0.160	0.023	-0.020	0.020	0.679	-0.313	0.49	1.14
Tl	0.253	-0.427	0.178	-0.045	-0.136	0.591	0.105	0.66	1.31
W	0.214	0.247	-0.201	0.175	0.237	-0.164	0.693	0.58	1.11

Эдгээр нь тухайн гол компонентийн хувийн утга λ, дисперс болон нийт дисперсийн хэмжээ юм (Daultrey, 1976). Фактор анализын гол компонентийн үр дүнгээр Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний микроэлементүүд, хүнд металлууд

хувийн утга нь 1-ээс их 7 гол компонентод хуваагдсан ба 7 гол компонентын нийт дисперс - 76.33% байна. Гол компонент тус бүрийн хувийн утга 6.96 -оос 1.13 ба дисперс нь 26.78 -аас 4.37% байна.

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний микроэлементүүд, хүнд металлууд нэмэх болон хасах утгатай дараах гол компонентуудыг бүрдүүлж байна. Pb>Ag>Zn>Sn>Sb>Cu>Mo>Cd>B-ГК-1; Li>F>As>Bi-ГК-2; Co>Ni>V>B-ГК-3; Ba>Sr>Mn-ГК-4; Ga>Ge>Zr-ГК-5; Cr>Be>Ti-ГК-6; W>Mo-ГК-7. Мөн B ба Mo нь тус бүр 2 хоёр гол компонентад голлох үүрэгтэй орж байгаа нь B ба Mo геохимийн төлөв болон өнгөн хөрсөнд орших эх үүсвэр нь өөр өөр болохыг харуулж байна.

Фактор анализын өөр нэг чухал үзүүлэлт бол коммуналити (R^2) буюу хувьсагч тус бүрийн гол компонентууд тус бүрд эзлэх хувийг илтгэх үзүүлэлт ба хувьсагчуудын (элементүүдийн) гол компонентод үзүүлэх хувийн жингийн квадратуудын нийлбэрээр тодорхойлогдоно (Daultrey, 1976). Манай судалгааны үр дүнгээр Ag, Sn, Cu, B, Li, F, As, Bi, Ba, Sr, Mn, Ga, Ge, Zr, Cr, Be, Ti ба W –ын гол компонентыг бүрдүүлж буй коммуналити коэффициент (R^2) 85% -иас бага илэрсэн нь эдгээр элементүүдийн гол компонентыг бүрдүүлэх чадвар макроэлементүүд болон бусад физик химийн шинж чанараар илэрхийлэгдэхийг харуулж байна.

Гол компонент тус бүрд тайлал хийхээр нэмэлтээр элемент тус бүрийн бохирдлын индекс(PI)–ийг хүснэгт 6–д тусгаж өгсөн. Мөн микроэлементүүд, хүнд металлуудын тархалтын үзүүлэлтүүд (σ , агуулгын хязгаар буюу агуулгын хамгийн бага ба их утга, хэлбэлзлийн коэффициент $V, \%$), жигд тархалтын шалгуур ($S-W$, $p > 0.05$), химийн элементүүдийн геохимийн ангиллыг (Галюк, 2019) тооцсон зэргийг авав.

Гол компонент 1(ГК-1)-хувийн утга λ -6.96, дисперс -26.78%. ГК-1-ийг Pb, Ag, Zn, Sn, Sb, Cu, Mo, Cd ба B хамгийн өндөр хамааралтайгаар нэг компонентийг бүрдүүлж байна. Химийн элементүүдийн геохимийн Гольдшмидтийн ангиллаар Pb, Ag, Zn, Sn, Sb, Cd ба Cu хөрсөнд S-тэй нэгдсэн эрдсийг бүрдүүлдэг халькофил элементүүд, харин Вернадскийн ангиллаар Pb, Ag, Zn, Sn, Sb, Cu, Mo, ба B дэлхийн царцдасыг бүрдүүлдэг цикл элементүүд. Pb, Ag, Zn, Sn, Sb, Cu, Mo, Cd ба B-ын нэг компонент бүрдүүлж буй энэхүү үр дүн бидний өмнөх судалгааны ажлын үр дүн (Elena V. Shabanova, Ts. Byambasuren et al. 2019; Распределение микроэлементов.....2018)-тэй дүйж байна. Хүснэгт 6-д нэгтгэсэнээр Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Cu, Sn, Pb, Ag ба Sb-гийн хэлбэлзэл маш өндөр, Mo ба Zn

хэлбэлзэл өндөр, Cd-ийн хэлбэлзэл дунд зэрэг ба эдгээр элементүүд жигд бус тархалттай байна. Түүнчлэн Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Cd-ийн агуулга суурь буюу фонын хэмжээнээс бага, Mo ба B-ийн агуулга фонын хэмжээнд, харин Pb, Ag, Zn, Sn, Sb, Cu, -ийн нийт агуулгын дундаж суурь агуулгаас харилцан 2.63, 2.25, 2.33, 1.57, 1.64 дахин ихээр илэрсэн нь эдгээр элементүүдээр Улаанбаатар хотын зарим нэг газар нутгийн хөрс бохирдсоныг илтгэж байна. Ялангуяа Zn, Pb, Cu нь төвлөрсөн суурин газрын хөрсний гол бохирдуулагч хүнд элементүүдийн төлөөлөл ба эдгээр элементүүдийн хөрсөнд хуримтлагдах гол эх үүсвэр нь маш олон, гол төлөв уул уурхайн олборлолт, хар ба өнгөт металлургийн үйлдвэрийн хог хаягдал ба төв суурин нутаг дэвсгэрт бол автомашин, тээврийн хэрэгслээс ялгарах хортой хий болон тэдгээрийн эд ангийн элэгдэл, шатдаг түлшний хог хаягдал, ахуйн болон үйлдвэрийн хог хаягдал зэргээс үүдэлтэй байдаг.

Гол компонент 2(ГК-2)-хувийн утга λ -3.98, дисперс -15.32%. ГК-2-ийг Li ба F нэмэх, As ба Bi хасах хамааралтайгаар бүрдүүлж байна. Иймд ГК-2-ийг – өөр эх үүсвэрээс бүрдсэн гэж үзэж болно. Li, F, As ба Bi-ийн нэг компонент бүрдүүлж буй энэ судалгааны үр дүн бидний өмнөх үр дүн (Elena V. Shabanova, Ts. Byambasuren et al. 2019; Распределение микроэлементов.....2018)-тэй ижил үр дүнг харуулж байна. Химийн элементүүдийн геохимийн Гольдшмидтийн ангиллаар Li ба F литофиль, As ба Bi халькофиль элементүүд, харин Вернадскийн ангиллаар F, As ба Bi дэлхийн царцдасыг бүрдүүлдэг цикл элементүүд, Li сарнимал элемент юм. Хүснэгт 6-д нэгтгэсэнээр Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Bi, F, As –ын хэлбэлзэл дунд зэрэг, харин Li -ийн хэлбэлзэл бага, жигд тархалттай байна. Фонын хэмжээтэй харьцуулахад Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд F, Bi, Li-ийн агуулга фонын хэмжээнд, харин As-ын агуулга суурь агуулгаас 1.25 дахин ихээр илэрсэн байна.

Гол компонент 3(ГК-3)-хувийн утга λ -2.79, дисперс -10.75%. ГК-3-ийг Co, Ni, V ба B өндөр хамааралтайгаар ижил эх үүсвэрээс бүрдүүлж байна. Химийн элементүүдийн геохимийн Гольдшмидтийн ангиллаар V ба B литофиль, Co, Ni сидерофиль элементүүд, харин Вернадскийн ангиллаар Co, Ni, V ба B дэлхийн царцдасыг бүрдүүлдэг цикл элементүүд юм. Хүснэгт 6-д нэгтгэсэнээр Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Ni, Co ба B-ын хэлбэлзэл дунд зэрэг, харин V-гийн хэлбэлзэл бага илэрсэн Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд жигд тархалттай байна. байна. Фонын хэмжээтэй харьцуулахад Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Ni ба Co-ын

агуулга суурь буюу фонын хэмжээнээс бага, V ба В-ийн агуулга фонын хэмжээнд илэрсэн байна.

Гол компонент 4(ГК-4)-хувийн утга λ -2.03, дисперс -7.82%. ГК-4-ийг Ва, Sr ба Mn өндөр хамааралтайгаар ижил эх үүсвэрээс бүрдүүлж байна. Химийн элементүүдийн геохимийн Гольдшмидтийн ангиллаар Ва ба Sr литофиль, Mn сидерофиль элемент, харин Вернадскийн ангиллаар Ва, Sr ба Mn дэлхийн царцдасыг бүрдүүлдэг цикл элементүүд юм. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Mn-ын хэлбэлзэл өндөр, тархалт жигд бус, Sr-ын хэлбэлзэл дунд зэрэг, харин Ва-ийн хэлбэлзэл бага, тархалт жигд байна. Фонын хэмжээтэй харьцуулахад Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Mn-ны агуулга суурь буюу фонын хэмжээнээс бага, Ва, Sr-ийн агуулга фонын хэмжээнд илэрсэн байна.

Гол компонент 5(ГК-5)-хувийн утга λ -1.52, дисперс-5.87%. ГК-5-ийг Ga ба Ge нэмэх өндөр утгатай, Zr хасах утгатай, өөрөөр хэлбэл хоёр өөр эх үүсвэрээс бүрдүүлж байна. Химийн элементүүдийн геохимийн Гольдшмидтийн ангиллаар Ga ба Ge халькофиль, Zr литофиль элемент, харин Вернадскийн ангиллаар Ge ба Zr дэлхийн царцдасыг бүрдүүлдэг цикл элементүүд, Ga сарнимал элемент. Судалгааны үр дүнгээр Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Zr, Ge-ийн хэлбэлзэл дунд зэрэг, харин Ga-гийн хэлбэлзэл бага илэрсэн ба хотын өнгөн хөрсөнд жигд тархалттай байна. Фонын хэмжээтэй харьцуулахад Улаанбаатар өнгөн хөрсөнд Zr-ны агуулга фонын хэмжээнд, харин Ge ба Ga-ийн агуулга суурь агуулгаас харилцан 1.27 болон 1.62 дахин ихээр илэрсэн байна.

Гол компонент 6(ГК-6)-хувийн утга λ -1.408, дисперс -5.41%. ГК-6-ийг Cr, Be ба Ti нэмэх утгатай нэг эх үүсвэрээс бүрдүүлж байна. Химийн элементүүдийн геохимийн Гольдшмидтийн ангиллаар Cr ба Be литофиль элемент, Ti халькофиль элемент, харин Вернадскийн ангиллаар Cr, Be ба Ti дэлхийн царцдасыг бүрдүүлдэг цикл элементүүд. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Cr-ийн хэлбэлзэл өндөр, Be-ийн хэлбэлзэл дунд зэрэг, харин Ti-ийн хэлбэлзэл бага илэрсэн байна. Ялангуяа Cr-ын тархалт Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд жигд бус байна. Улаанбаатар хотын экологийн төлвөөс хамааран өнгөн хөрсөнд Be-ийн агуулга фонын хэмжээнд, харин Cr ба Ti-ийн агуулга суурь агуулгаас харилцани 1.51 ба 1.31 ихээр илэрсэн байна.

Гол компонент 7(ГК-7)-хувийн утга λ -1.136, дисперс -4.37%. ГК-7-ийг W ба Mo нэмэх утгатай нэг эх үүсвэрээс бүрдүүлж байгаа ба Mo нь ГК-1-д бас голлох үүрэгтэй

байна. Химийн элементүүдийн геохимийн Гольдшмидтийн ангиллаар W ба Mo сидерофиль, харин Вернадскийн ангиллаар дэлхийн царцдасыг бүрдүүлдэг цикл элементүүд байна. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд W-ын хэлбэлзэл маш өндөр, Mo-ын хэлбэлзэл өндөр ба тархалт жигд бус тархалттай байна. Фонын хэмжээтэй харьцуулахад өнгөн хөрсөнд W, Mo-ны агуулга фонын хэмжээнд илэрлээ. Энэ нь эдгээр элементүүдийг Улаанбаатар хотын хөрсөнд энэ компонентын төлвөөр хөрс үүсгэгч эрдэс чулуулгаас эх улбаатай гэсэн эхний тайлбарыг өгч болохоор байна. Кластер ба фактор анализын үр дүн өмнөх судалгааны үр дүнтэй ижил байгаа ба Улаанбаатар хотын хөрсний хортой хүнд элементүүдийн бохирдлын эх үүсвэр нь нүүрснээс ялгарах үнс нурам, утаа тортог ба автомашин тээврийн хэрэглсээс ялгарах хортой утаанаас улбаатай ба бидний өмнөх судалгаа болон бусад судлаачийн ажилтай ижил үр дүн үзүүлж байна (Elena V. Shabanova, Ts. Vyambasuren et al. 2019; Распределение микроэлементов....2018; Kasimov et al. 2011; Vasilyeva et al. 2013; Amgalan 2016; Кошелева и др, 2010).

3.3.2 Гол компонентын регрессийн (PCR) шинжилгээ

Дээж тус бүрд тооцсон гол компонент тус бүрийн утга (score coefficient)-ыг ашиглан эдгээр гол компонентуудын буюу компонент бүрдүүлж буй микроэлементүүд, хүнд металлуудын Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд хуримтлагдах процессийн судалгааг гол компонентын регрессийн аргаар судаллаа. Энэ нь гол бохирдуулагч элементүүд ба тэдгээрийн өнгөн хөрсөнд хуримтлагдах процесс ямар хүчин зүйлээс гол төлөв улбаатай болохыг буюу ямар эх үүсвэртэй болохыг тайлбарлах давуу талтай судалгаа юм. Туршилт, судалгааны үр дүнг хүснэгт 9-10-т нэгтгэлээ.

Хүснэгт 9. Макроэлемент, хөрсний рН, органикнүүрстөрөгч(Corg), гол компонент хоорондын корреляцийн коэффициент

Макроэлемент ба хөрсний шинж чанар	ГК-1	ГК-2	ГК-3	ГК-4	ГК-5	ГК-6	ГК-7
Corg	0.28	-0.13	0.28	-0.13	-0.01	-0.18	0.14
pH	-0.09	-0.05	-0.46	0.03	-0.05	0.17	-0.17
Si	-0.08	-0.05	-0.36	-0.05	-0.20	0.45	-0.43
Al	-0.18	0.06	0.02	0.42	-0.07	0.14	-0.15
Mg	-0.08	0.29	0.30	0.62	-0.17	-0.27	0.13
Ca	0.12	0.13	0.11	0.46	0.17	-0.27	0.30
Fe	0.07	0.20	0.49	0.46	0.03	-0.15	0.11
Ti	-0.11	0.24	0.51	0.28	-0.21	-0.22	-0.01
Na	-0.05	0.10	-0.11	0.28	0.09	-0.07	-0.05
P	0.51	0.17	0.35	0.12	0.08	-0.01	0.04

Эхний ээлжинд гол компонентууд болон өнгөн хөрсөн дэх макроэлемент ба хөрсний шинж чанарууд (pH, Corg) хооронд корреляцийн шинжилгээ явуулсан ба энэ нь хөрсөн дэх микроэлементүүд ба хүнд металлуудын хөрсөнд орших эх үүсвэрт тайлал хийхэд чухал үүрэгтэй шинжилгээ юм.

Хамаарлын байдлыг гол компонентууд тус бүрээр авч үзэхэд: ГК-1 буюу Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх Pb, Ag, Zn, Sb, Sn, Cu, Mo, Cd ба В-ын агуулга хөрсний органик нүүрстөрөгч(Corg) болон фосфор(P)-ын агуулгатай шууд, ГК-2 буюу Li, F, As ба Vi-ийн агуулга тархалт хөрсний Mg ба Ti-ны агуулгатай шууд, ГК-3 буюу Co, Ni, V ба В-ын агуулга хөрсний органик нүүрстөрөгч(Corg), Mg, Fe, Ti, P ба Si-ын агуулгатай шууд, харин хөрсний pH-с шууд бус хамааралтай, ГК-4 буюу Ba, Sr ба Mn-ны агуулга хөрсний Al, Mg, Ca, Fe, Ti ба Na-ийн агуулгатай шууд, ГК-6 буюу Cr, Be ба Ti-ийн агуулга хөрсний Si-ын агуулгатай шууд, Mg ба Ca-ийн агуулгатай шууд бус, ГК-7 буюу W ба Mo-ны агуулга хөрсний Si-иас шууд бус харин Ca-гаас шууд хамааралтай байна. Тэгвэл ГК-5 буюу Ga, Ge ба Zr-ны агуулга хөрсний макроэлементүүд ба шинж чанартай бусад гол компонентуудын адил чухал хамаарлыг үзүүлсэнгүй.

Дэлгэрэнгүй судалгааг гол компонентийн олон хувьсагчийн регрессийн шинжилгээнээс үзье (хүснэгт 10).

Гол компонентийн олон хувьсагчийн регрессийн шинжилгээг олон хувьсагчийн регрессийн алхамт аргын include in model горимоор (итгэлцлийн интервал, 95%) явуулсан ба гол компонентууд (ГК-1-ГК-7)-ыг хамаарах, харин хөрс үүсгэгч эрдсийг бүрдүүлэгч макроэлементүүд (Si, Al, Mg, Ca, Fe, Ti, Na, P) болон хөрсний шинж чанар (Corg ба pH) нь тайлбарлах хувьсагчууд болно. Регрессийн шинжилгээний чанар, үнэмшлийг R , R^2 ба F -ээр үнэллээ.

Бидний өмнөх судалгааны ажлаар хөрсний эрдсийг бүрдүүлэгч P-(K-Na-Si)-ийн бүлэг хөрсний элсэрхэг фракцийг, (Mg-Ti-Fe-Al)-ийн бүлэг хөрсний шаварлаг фракцийг харин Ca ба S хөрсний нарийн ширхэгт шаварлаг фракцийг бүрдүүлж байсан ба Ca ба S-ийг хүний сөрөг үйл ажилагаанаас улбаатай фракц болохыг тогтоосон (Elena V. Shabanova, Ts. Vyambasuren et al. 2019).

Хүснэгт 10. Гол компонентууд 1-7 ба макроэлементууд, хөрсний шинж чанар хоорондын гол компонентын регрессийн загварчлалын үр дүн

Хамаарах хувьсагч	Тооцсон үзүүлэлт буюу регрессийн загвар			Регрессийн статистик үр дүн		
	Тайлбарлах хувсагч	b	t(70)	R	R ²	F
ГК-1		-5.62	-2.68	0.65	0.43	8.76
	P	0.27	5.63			
	Ti	-4.50	-3.33			
	Corg	0.93	3.11			
	Fe	3.34	2.26			
	pH	0.01	1.35			
ГК-2		1.33	2.66	0.36	0.13	3.5
	Mg	0.83	2.35			
	P	0.09	1.59			
	Corg	-0.38	-1.44			
ГК-3		3.72	1.96	0.64	0.41	9.99
	Ti	3.09	2.17			
	pH	-0.01	-1.73			
	Na	-0.51	-2.03			
	P	0.10	1.98			
	Fe	1.80	1.27			
ГК-4		-4.97	-2.85	0.71	0.51	12.07
	Mg	1.97	4.66			
	Ti	-4.36	-3.22			
	Fe	3.86	2.64			
	Al	0.02	1.44			
	P	0.06	1.40			
	Si	0.00	1.34			
ГК-5		-3.43	-1.38	0.58	0.34	4.37
	Ti	-2.22	-1.20			
	Si	0.00	-2.00			
	Na	0.52	1.69			
	Fe	3.64	2.01			
	Mg	-2.37	-3.57			
	Corg	-1.05	-2.70			
	Ca	1.18	2.27			
	pH	-0.01	-1.32			
ГК-6		-3.84	-3.02	0.51	0.26	8.34
	Si	0.00	4.22			
	Mg	-0.97	-2.22			
	Fe	3.08	1.98			
ГК-7		-0.65	-0.72	0.48	0.2	7.45
	Si	0.00	-3.57			
	Ti	-2.26	-2.01			
	Ca	0.43	1.25			

Судалгааны үр дүнгээр олон хувьсагчит регрессийн хамгийн өндөр хамаарлыг ГК-4 ($R=0.71$, $R^2=0.51$, $F=12.07$), ГК-1 ($R=0.65$, $R^2=0.43$, $F=8.76$), ГК-3 ($R=0.64$, $R^2=0.41$, $F=9.99$) ба ГК-5 ($R=0.58$, $R^2=0.34$, $F=4.37$) үзүүлж байгаа бол ГК-7 ($R=0.48$, $R^2=0.2$, $F=7.46$), ГК-6 ($R=0.51$, $R^2=0.26$, $F=8.34$) ба ГК-2 ($R=0.36$, $R^2=0.13$, $F=3.5$) хамгийн бага хамаарлыг харууллаа, гэхдээ бүх гол компонентуудын олон

хувьсагчит регрессийн F шалгуурын утга > 3 ба олон хувьсагчит регрессийн тайлбарлах хувсагчууд хамаарах хувьсагч бүрд статистикийн ач холбогдолтой болохыг илтгэж байна.

Энэ нь Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэрт тархсан хөрсний хэв шинжүүд болоод хотын хүрээлэн буй орчинд нөлөөлөх төрөл бүрийн хүчин зүйлүүдээс хамаарч гол компонентууд тус бүрт хөрсний шинж чанар, хөрс үүсгэгч эрдсийг бүрдүүлэгч голлох макроэлементүүдийн (хөрсний фракцууд) нөлөөлөх байдал харилцан адилгүй боловч гол төлөв хөрсний шаварлаг фракцтай илүү чухал хамаарлыг харуулж байна.

Гол компонент тус бүрийн хувьд авч үзвэл:

- ГК-1-ийг бүрдүүлж буй (Pb, Ag, Zn, Sb, Sn, Cu, Mo, Cd ба B) элементүүдийн тархалт болон хуримтлалд хөрсний органик нүүрстөрөгч(Corg), рН, P, Ti, Fe ба Si-ын агуулга, ялангуяа фосфор(P)-ын агуулга шууд нөлөөлж байна.
- ГК-2-ыг бүрдүүлж буй Li, F, As ба Bi-ийн тархалт ба хуримтлалд хөрсний органик нүүрстөрөгч(Corg), Mg ба P, гол төлөв Mg-ийн агуулга голлох хүчин зүйл болж байна.
- ГК-3-ыг бүрдүүлж буй (Co, Ni, V ба B)-ын тархалт болон хуримтлалд хөрсний Ti, рН, Na, P ба Fe, ба Ti, Na-ийн нөлөө илүү байна.
- ГК-4-ийг бүрдүүлж буй Ba, Sr ба Mn-ны тархалт болон хуримтлалд хөрсний голлох эрдсийг бүрдүүлж буй Mg, Ti, Fe, Al, P и Si ба Mg, Fe шууд, Ti-ийн агуулга шууд бус хамаарлыг харуулсан байна.
- ГК-5-ыг бүрдүүлж буй Ga, Ge ба Zr-ны тархалтад хөрсний органик нүүрстөрөгч(Corg), рН, Ti, Si, Na, Fe, Mg ба Ca буюу Si, Fe, Ca-ийн агуулга шууд, органик нүүрстөрөгч(Corg), Mgeийн агуулга шууд бус хамааралтай байна.
- ГК-6-г бүрдүүлж буй Cr, Be ба Tl-ийн агуулга, тархалт ба хуримтлалд Si, Mg ба Fe; Si-шууд, Mg-шууд бус хамааралтай
- ГК-7-г бүрдүүлж буй W ба Mo-ны агуулга, тархалт ба хуримтлалд Si, Ti ба Ca, Si-шууд, Ti-шууд бус хамаарлыг харуулсан байна.

**ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛЭГ: УЛААНБААТАР ХОТЫН ХӨРСНИЙ
МИКРОЭЛЕМЕНТИЙН БОХИРДЛЫН ТҮВШИНИЙ ТАРХАЛТЫН
ГЕОСТАТИСТИК АНАЛИЗ**

4.1 Өнгөн хөрсний микроэлементийн бохирдлын түвшин

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд агуулагдах микроэлементүүд ба хүнд металлуудын нийт агуулгыг фонын буюу суурь агуулгад харьцуулан бохирдлын индекс (PI), нийт бохирдлын индекс (Zct, IPI) -үүдийг тооцож хөрсний бохирдлын түвшинг үнэлсэн ба эдгээр индексүүдийн статистик үр дүнг хүснэгт 11–д нэгтгэв.

Хүснэгт 11. Хөрсний микроэлементүүд, хүнд металлуудын бохирдлын индекс (PI) ба нийт бохирдлын индексүүд (IPI, Zct) - ийн статистик үр дүн

Элемент	PI-ийн утга					Стандарт хазайлт	C.V, %
	Дундаж	Геометр дундаж	Медиан дундаж	Бага утга	Их утга		
Pb	3.55	2.73	2.63	1.15	32.00	4.29	121
Zn	2.57	2.40	2.33	1.18	7.67	1.08	42
Ag	3.42	2.65	2.25	0.88	35.00	3.89	114
Sb	2.28	1.53	1.64	0.25	15.00	2.32	102
Cu	3.23	1.83	1.64	0.92	92.00	10.07	312
Ge	1.71	1.68	1.62	0.95	4.19	0.40	23
Sn	2.43	1.86	1.57	1.00	18.93	3.00	123
Cr	1.63	1.52	1.51	0.67	10.67	1.04	64
Tl	1.25	1.23	1.31	0.85	1.69	0.18	15
Ga	1.26	1.25	1.27	0.91	1.82	0.16	13
As	1.26	1.24	1.25	0.50	2.17	0.27	22
Mo	1.37	1.25	1.18	0.68	5.79	0.76	56
B	1.26	1.21	1.17	0.66	4.00	0.41	33
Be	1.17	1.15	1.14	0.82	2.31	0.22	18
W	1.46	1.09	1.11	0.26	12.11	1.60	110
Ba	1.09	1.08	1.09	0.60	1.59	0.16	15
Sr	1.09	1.05	1.07	0.55	1.83	0.26	24
F	1.10	1.07	1.07	0.49	1.96	0.24	22
Bi	1.03	1.01	1.00	0.60	2.40	0.26	25
Li	0.95	0.94	0.92	0.63	1.31	0.14	15
Zr	0.94	0.92	0.90	0.52	1.69	0.23	24
V	0.89	0.88	0.88	0.52	1.20	0.14	16
Ni	0.80	0.79	0.79	0.55	1.61	0.17	21
Co	0.70	0.69	0.72	0.44	1.11	0.12	17
Mn	0.71	0.66	0.66	0.37	4.51	0.43	61
Cd	0.57	0.54	0.50	0.30	1.20	0.19	33
IPI	1.53	1.43	1.32	0.91	8.71	0.90	59
Zct	16.95	11.15	10.84	0.37	208.06	24.92	147

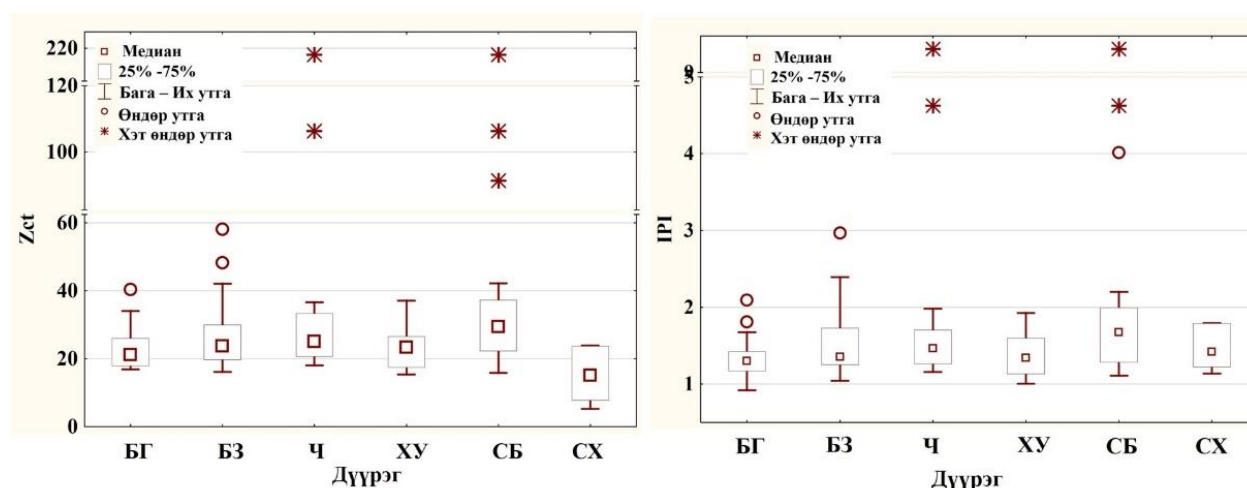
Хүснэгтэд нэгтгэсэн үр дүнгээр Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд Cu, Sn, Pb, Ag, W, Sb, Cr, Mn ба Mo-ны бохирдлын түвшин буюу хуримтлалын хэмжээ ялгаа ихтэй ба жигд бус, өөрөөр хэлбэл зарим газрын цөөн дээжинд төрөл бүрийн

бохирдуулах эх үүсвэрээс хамааран эдгээр элементүүдийн хуримтлал маш өндөр байна.

Бохирдлын индексийн дундаж утгаар энэ удаагийн судалгаагаар Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсийг $Pb_{2.63}$, $Zn_{2.33}$, $Ag_{2.25}$, $Sb, Cu_{1.64}$, $Ge_{1.62}$, $Sn_{1.57}$, $Cr_{1.51}$, $Tl_{1.31}$, $Ga_{1.27}$ ба $As_{1.25}$ бохирдуулж байна. Энэ үр дүн нь бидний амнах судалгааны ажил (Elena V. Shabanova, Ts. Vyambasuren et al. 2019; Распределение микроэлементов.....2018) болон бусад судлаачийн ажлуудын (Oyunbat et al, 2021, Enkhchimeg et al. 2020; Kasimov et al. 2011; Кошелева и др, 2010; Batjargal, 2010) үр дүнтэй ижил чиг хандлагыг харуулж байна. Харин Ni, Co, Mn, Cd-ийн бохирдлын индексийн утга 1–ээс бага буюу эдгээр элементүүдийн задрал буюу сарнил явагдсан байна.

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний микроэлементүүд ба хүнд металлуудын бохирдлын зэрэг IPI ба Z_{ct} -ийн дунджаар харилцан 1.32 ба 10.84 буюу бохирдлын түвшиний ангиллаар эрүүл ($0 < IPI < 1$; $0 < Z_{ct} < 8$) ба аюулгүй ($1 < IPI < 2$; $8 < Z_{ct} < 16$) түвшинд байгаа ч статистик үр дүнгээр, IPI ба Z_{ct} -ийн хэлбэл их (харилцан, 59 ба 147 %), зарим газрын дээжинд микроэлементүүд ба хүнд металлуудын хуримтлал их байгааг илтгэж байна.

Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний микроэлементүүд, хүнд металлуудын бохирдлыг засаг захиргааны нэгжээр бүсчлэн бохирдлын нийт индексүүд (Z_{ct} , IPI)-ийн үзүүлэлтээр зураг 5-д харууллаа.



Зураг 5. Хөрсний нийт бохирдлын индексүүд (Z_{ct} , IPI)-ийн статистик үзүүлэлт (дүүрэг тус бүрээр)

Судалгааны үр дүнгээр Чингэлтэй(Ч), Сүхбаатар(СБ), Баянзүрх(БЗ) ба Баянгол(БГ) дүүргүүдийн өнгөн хөрсний бохирдол хэлбэлзэл ихтэй, өөрөөр хэлбэл эдгээр дүүргүүдийн зарим газрын дээжинд зарим элементийн хуримтлал үүсч техноген бохирдол бий болснийг харуулж байна. Дүүргүүдийн өнгөн хөрсийг бохирдуулж буй элементүүдийг ялгаж үзэхэд Pb, Cu, Zn, Sn, Ag, Cr, Ge ба Tl судалгаанд хамрагдсан бүх дүүргийн өнгөн хөрсийг бохирдуулж байгаа бол тухайн дүүргийн газар нутаг болон үйл ажиллагаа явуулж буй үйлдвэр аж ахуйн онцлогоос хамаарч As, Ga, В ба Мо–ны бохирдлын ялгаа харагдаж байна. Гол бохирдуулж буй элементүүдийн дүүрэг тус бүрээр харвал:

БГ:Pb_{2.18}>Ag_{2.13}>Zn_{2.00}>Ge_{1.71}>Cu_{1.56}>Cr_{1.52}>Sn_{1.50}>Ga_{1.33}

БЗ:Pb_{2.63}>Zn_{2.50}>Ag_{2.44}>Sb_{1.93}>Cu_{1.64}>Sn_{1.61}>Ge_{1.52}>W_{1.47}>Cr_{1.39}>В_{1.29}>Tl_{1.27}>
As_{1.25}

Ч:Pb_{2.98}>Ag_{2.75}>Zn_{2.50}>Sb_{2.00}>Cu_{1.70}>Ge_{1.62}>Sn_{1.57}>Cr_{1.28}>Tl_{1.27}>As_{1.25}

ХУ:Zn_{2.08}>Pb_{1.88}>Cr_{1.78}>Ag_{1.56}>Ge_{1.52}>As_{1.42}>Cu_{1.38}>Sn_{1.34}>Tl_{1.31}>Ga_{1.27}

СБ:Ag_{3.25}>Pb_{3.03}>Zn_{2.67}>Sb_{1.82}>Sn_{1.73}>Cu_{1.72}>Ge_{1.71}>Cr_{1.59}>Mo_{1.39}>Tl_{1.31}>As_{1.29}

СХ:Pb_{3.20}>Zn_{2.33}>Ag_{2.00}>Ge_{2.00}>Sb_{1.79}>Sn_{1.64}>Cu_{1.44}>Cr_{1.38}>В_{1.31}

Иймд энэ удаагийн суурь судалгааны ажлын энэхүү үр дүн нь бидний өмнөх судалгааны ажлын үр дүнгүүд болоод бусад судлаачдын судалгааны үр дүнгүүдтэй ижил чиш хандлагыг харууллаа. Жишээ нь:

- Бидний өмнөх судалгааны ажлын (Elena V. Shabanova, Ts. Byambasuren et al. 2019; Распределение микроэлементов....2018) үр дүнгээр В ба Мо –ны Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсийг бохидуулах гол эх үүсвэрийг нүүрсний үнс нурамны хог хаягдлаас үүдэлтэй гэж дүгнэсэн бол Pb, Cu, Zn ба Sn-ны бохирдлын эх үүсвэрийг эвто тээврийн хэрэгслээс ялгарах хортой бодисноос гэсэн дүгнэлт хийсэн байна. Түүнчлэн Оюунбат нарын үйлдвэрийн бүс нутагт хийсэн хөрсний хүнд элементийн бохирдлын судалгаагаар Cr-ийн бохирдол өндөр, Zn, Cu, Pb-ны бохирдол дунд зэрэг байна (Oyunbat et al, 2021).
- Энхчимэг нарын явуулсан гэр хорооллын бүс нутгийн хөрсний хүнд элементүүд, хортой микроэлементүүдийн бохирдлын судалгааны ажлын үр дүнгээр Мо ба As нь бусад элементүүдтэй харьцуулахад гэр хорооллын газар нутгийн хөрсөнд хамгийн их хуримтлагдсан байна (Enkhchimeg et al. 2020).

- Кошелава ба бусдын ажилд (Кошелева и др, 2010) автомагистраль болон хотын төв хэсгийн орон сууцны хороолол орчмын хөрс, түүнчлэн үйлдвэр орчмын хөрсөнд Pb, Hg, Ag, Zn, W, Ge, Mo, Sn, Cu-ийн хуримтлал үйлдвэрийн өндөр яндангийн утаанаас үүдэн ихээр хуримтлагдсан бол хотын хойд хэсгээр жижиг толгодод суурьшсан гэр хорооллын газар нутгийн хөрсөнд эдгээр элементүүдийн хуримтлал бага ба түлшний зориулалтаар ашиглау буй нүүрсний дутуу шаталтын дүнд бий болсон үлдэгдлээс эр үүсвэртэй Pb, Ge – ны хуримтлал бий болсныг тогтоож дүгнэсэн байна.

4.2 Хөрсний микроэлементийн бохирдлын түвшиний орон зайн тархалтын геостатистик загварчлал

Энэхүү суурь судалгааны ажлаар Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний микроэлемент, хүнд металлуудын бохирдлын түвшиний орон зайн тархалтын судалгааг

- хэмжилтын үр дүнд геостатистик анализын интерполяцийн крингингийн аргаар болон
- хиймэл дагуулуудын мэдээ ашиглан заврачлах аргаар тус тус гүйцэтгэсэн болно.

4.2.1 Өнгөн хөрсний микроэлементийн бохирдлын түвшиний орон зайн тархалтын геостатистик анализын интерполяцийн крингингийн анализ

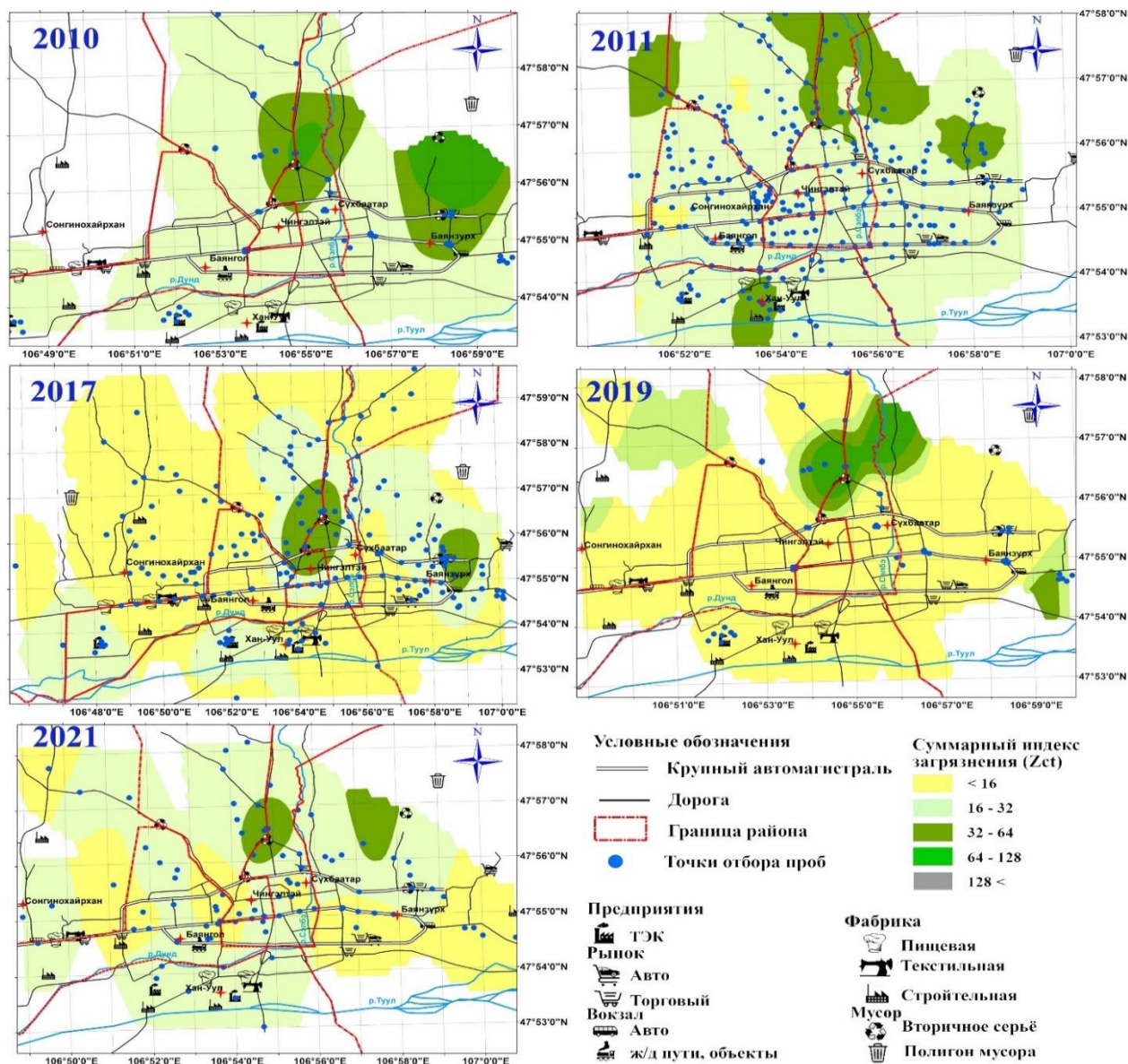
Улаанбаатар хотын газар нутгаас цуглуулсан 90 гаруй дээжний микроэлементүүд, хүнд металлуудын нийт бохирдлыг тооцсон үзүүлэлтүүдэд интерполяцийн крингингийн анализ хийж тархалтын зураглалын гаргаж, өмнөх онуудын (2010,2011, 2017, 2019) үр дүнтэй харьцуулан

1. Хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшиний тархалт (Zct–индексийн утгаар)
2. Хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшиний тархалт (IPI-индексийн утгаар) 6 ба 7 –р зургуудад үзүүллээ.

Бидний судалгааны 2021 оны үр дүнгээр Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийн хөрсний бохирдлын зэрэг ихэнх талбайн (97 %- Zct–индексийн утгаар, 90%-IPI-индексийн утгаар) хөрс эрүүл, аюулгүй түвшинд байгаа ба цөөн газрын зарим

дээжинд бохирдуулах эх үүсвэрээс үүдэн зарим элементийн аномаль (гажиг бий болох) техноген бохирдол үүссэн байгаа нь харагдаж байна.

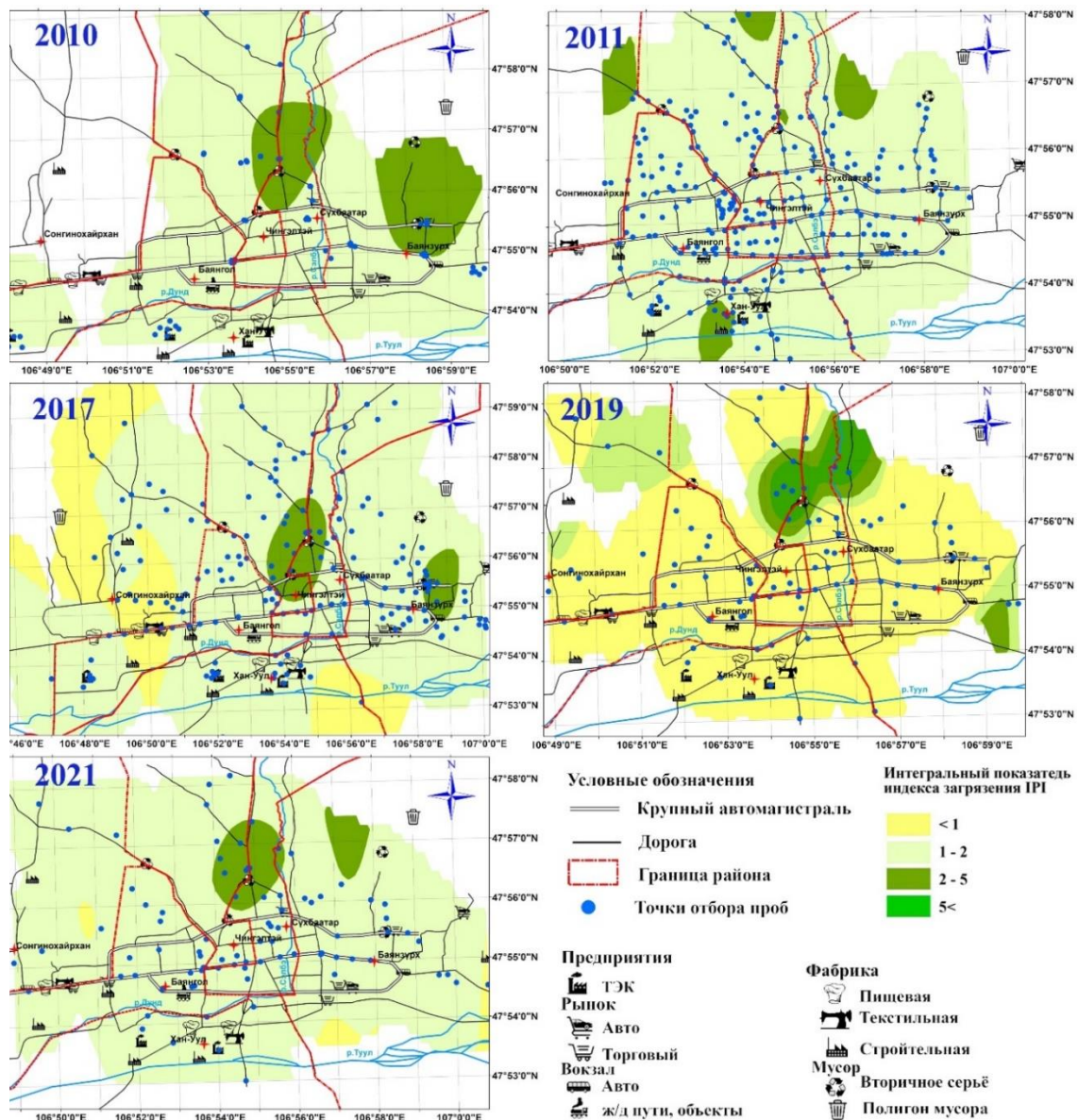
Зургуудад үзүүлснээр Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийн хөрсний эрүүл, аюулгүй түвшиний тархалтыг өмнөх онуудын (2010,2011, 2017, 2019) үр дүнтэй харьцуулахад 2017 ба 2019 онуудад бохирдрл багассан ба 2021 оны үр дүнгээр эргээд нэмэгдсэн байдал ажиглагдлаа.



Зураг 6. Хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшиний тархалт (Zct –индексийн утгаар)

Өмнөх жилүүдэд хийгдсэн бусад судлаачдын ажилд (Kasimov et al, 2011) Улаанбаатар хотын хөрсний бохирдлын түвшин бохирдолгүй буюу ($Z_c = 11$) ба хотын

газар нутгийн талаас илүү хувь (>50%) –ийг хамарч гол төлөв хотын ногоон бүс, гэр хороолол, автомагистралийг орчимд тархсан байна. Сул бохирдолтой ($8 < Z_c < 16$) хэсэг нийт газар нутгийн 38%-ийг хамарч үйлдвэрийн бүс, гэр хороолол, орон сууцны хороолол орчмоор тархсан байжээ. Их ($Z_c > 32$) бохирдолтой хэсэг нийт газар нутгийн 12% эзэлж үйлдвэрийн район, зам дагуур газар болон хотын төвийн орон сууцны хороолол орчмыг хамарч байсан байна.



Зураг 7. Хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшиний тархалт (IPI-индексийн утгаар)

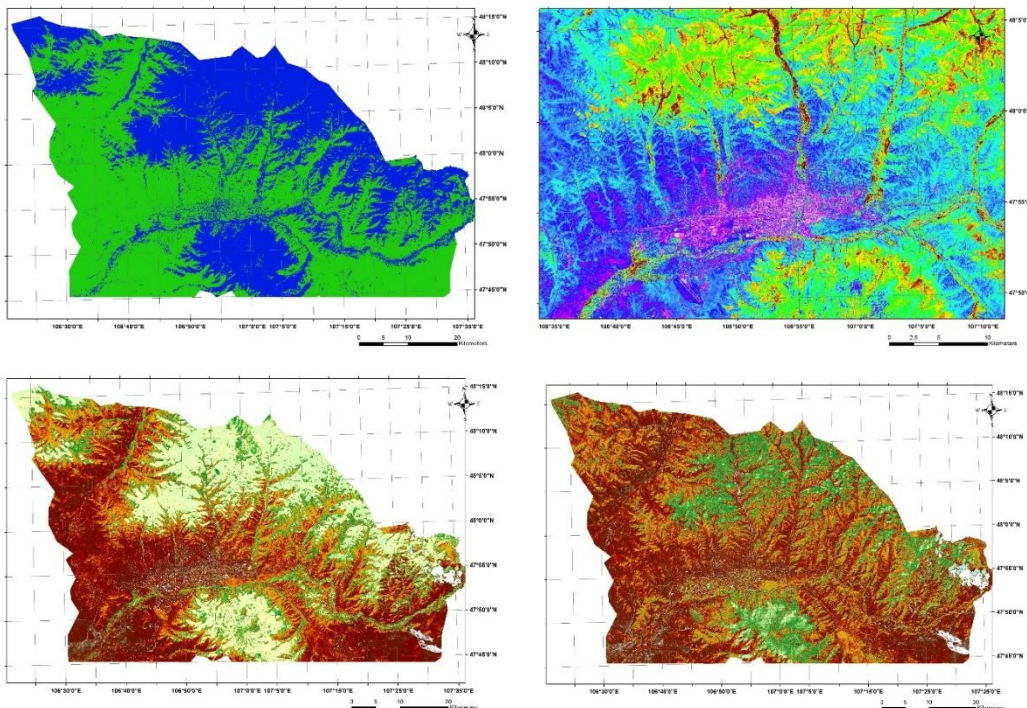
Хөрсний хүнд элементүүдийн бохирдлын газар нутаг, орон зайн тархалтын зургаас харахад хөрсөн дэх химийн элементүүдийн аномаль бий болж техноген

бохирдол үүссэн талбайн утгууд дулааны цахилгаан станцууд байрласан дүүргүүд болон гэр хорооллын орчмоор (судалгаа явуулсан бүх хугацааны туршид) илүү бүртгэгдэж байна. Энэ нь Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний бохирдлын гол эх үүсвэр нь дулааны эх үүсвэрээс улбаатай хүнд элементүүдийн хуримтлал болохыг нотолж байна. Түүнчлэн техноген бохирдол үүссэн талбай хотын төв хэсэг болон гэр хорооллын автозамын уулзвар газруудад бүртгэгдэж байна. Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэрийн газарзүйн онцлогоос хамаарч (дулааны станцуудын байрлал, салхины чиглэл) хотын төв хэсэг ч нүүрсний шаталтын бүтээгдэхүүнээр бохирдох аюултай байна.

Өмнөх жилүүдэд хийгдсэн бусад судлаачдын (Kasimov et al. 2011) гаргасан бохирдлын түвшиний тархалтын зургаар болон тэдний дүгнэлтээр хотын газар нутгийн баруун талаар хөрсний бохирдлын түвшин бага, харин хотын төв хэсэг, зүүн болон баруун хойд талаар бохирдлын өндөр түвшин бүртгэгдсэн байна.

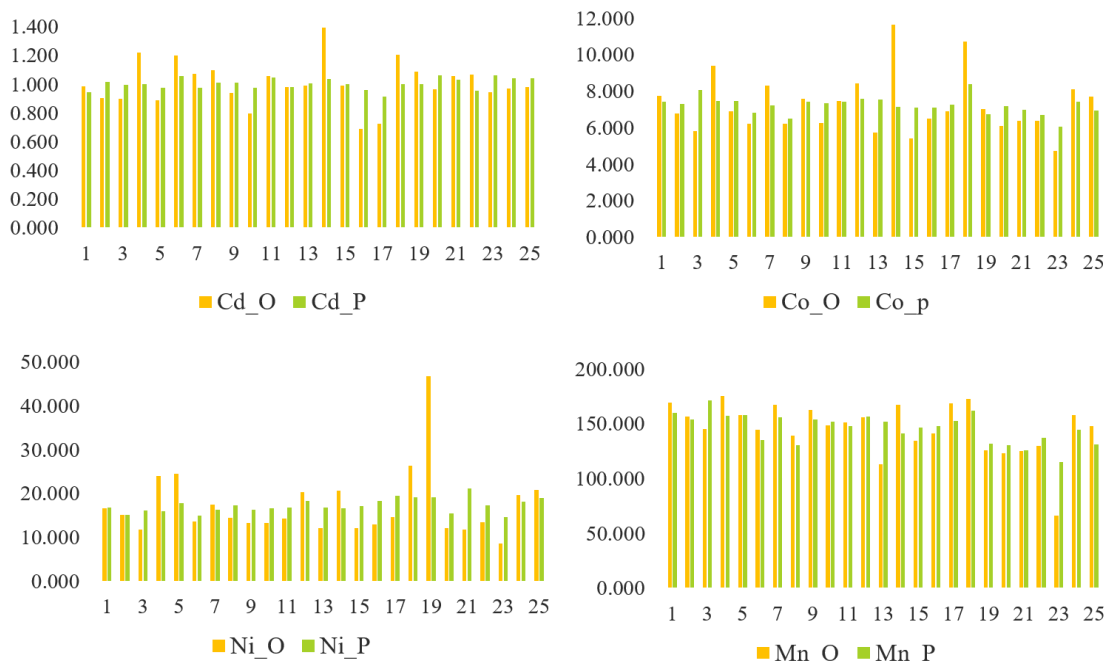
4.2.2 Хиймэл дагуулуудын мэдээ ашиглан хөрсөн дэх микроэлементүүдийн тархалтыг загварчлах

Энэ ажлын хүрээнд Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэрийн Sentinel-2 хиймэл дагуулуудын зураг ашиглан хөрсний чийгийн болон давсжилтын индекс бодсон ба 8-р зурагт үзүүллээ.



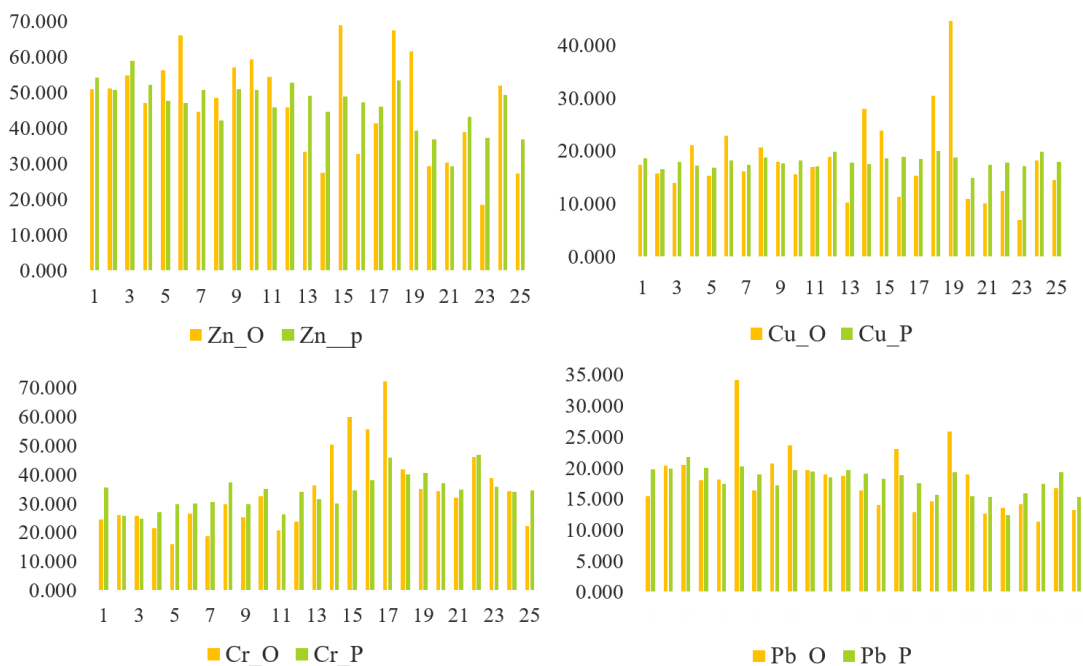
Зураг 8. Улаанбаатар хотын хөрсний чийгийн болон давсжилтын индекс

Sentinel-2 хиймэл дагуулын мэдээний сувгаас хамаарсан давсжилтын индексүүд болон хөрсний төрөл бүрийн индексүүд (хөрсний нормчилсон индекс NDVI, нүцгэн хөрсний индекс BSI, хөрсний хууршилийн индекс DBSI, ургамлын нормчилсон индекс NDVI, хөрсний бусад индексүүд)-ийг ашиглан элементийн тархалтын орон зайн загварчлалыг гүйцэтгэж, хэмжсэн утга (O) болон таамагласан утга (P) хоорондын үр дүнг дараах гистограммуудад харууллаа.



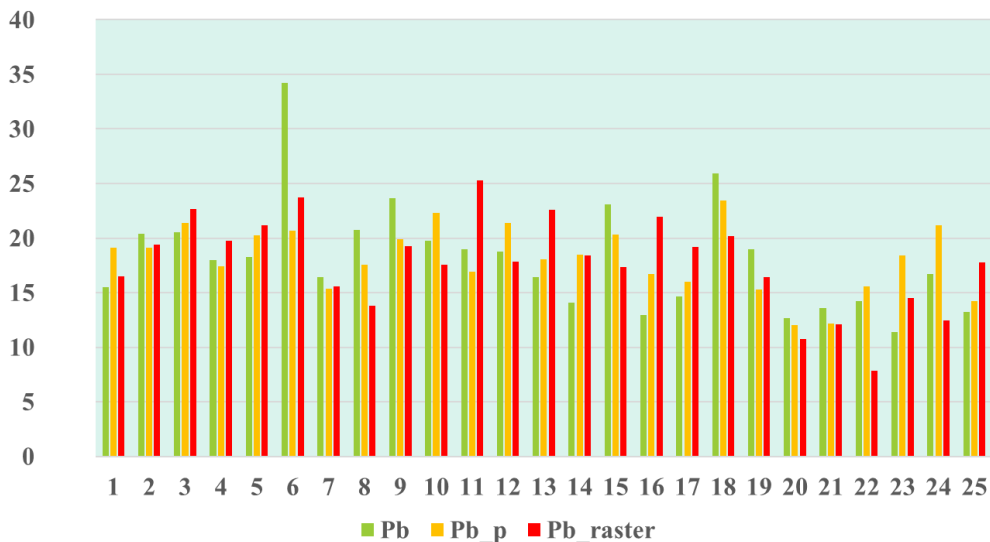
Гистограмм 1. Cd, Co, Ni, Mn-ны бодит утга болон таамагласан утгын харьцуулалт

Гистограмм 1 ба 2-д харуулснаар Cd, Co, Ni, Mn Zn, Cu, Cr, Pb-ны бодит утга болон таамагласан утгын зөрүү хамгийн ихдээ 35% буюу аргын үнэмшлийн хувь нь 65% байна. Тиймээс сансрын мэдээ ашиглан өнгөн хөрсний хүнд элементүүдийн (Cd, Co, Ni, Mn, Zn, Cu, Cr, Mn, Pb) тархалтыг загварчилах боломжтой гэж үзэж байна.



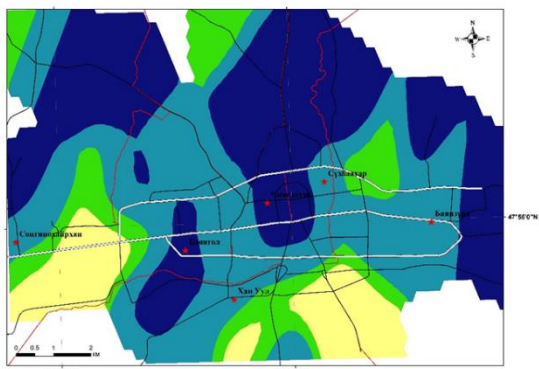
Гистограмм 2. Zn, Cu, Cr, Pb-ны бодит утга болон таамагласан утгын харьцуулалт

Мөн жишээ болгон Pb-ны бодит утга –Pb, таамагласан утга-Pb_p болон Сансрын мэдээ ашигласан загварчилсан утга-Pb_raster-ийн регрессийн үр дүнг гистограмм 3-т харууллаа.

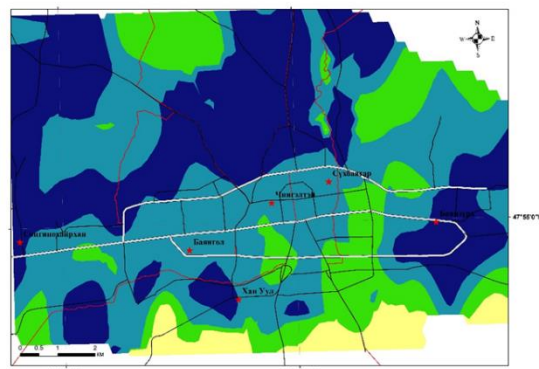


Гистограмм 3. Pb-ны бодит утга –Pb, таамагласан утга-Pb_p болон Сансрын мэдээ ашигласан загварчилсан утга-Pb_raster

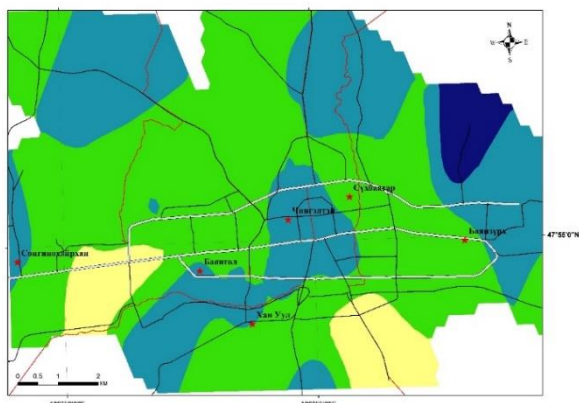
Сансрын мэдээ ашиглан өнгөн хөрсний цайр(Zn) ба хартугалганы(Pb) тархалтыг загварчилсан үр дүнг интерполяцийн крингингийн аргаар бодит утга ашиглан үйлдсэн зурагтай харьцуулан 9 ба 10, 11 ба 12 үзүүлэв.



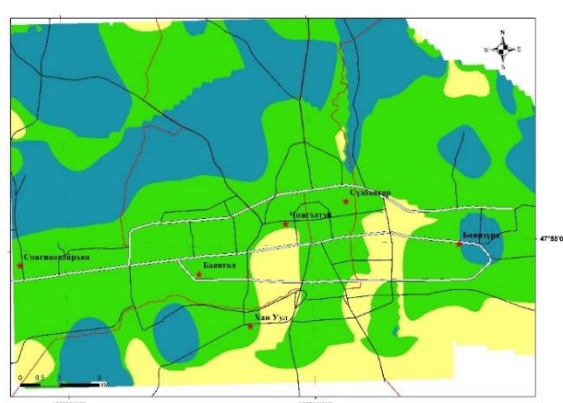
Зураг 9. Хартугалганы (Pb) тархалтыг загварчилсан үр дүн (интерполяцийн крингингийн арга)



Зураг 10. Хартугалганы (Pb) тархалтыг загварчилсан үр дүн (Сансрын мэдээ ашигласан)



Зураг 11. Цайр (Zn) тархалтыг загварчилсан үр дүн (интерполяцийн крингингийн арга)



Зураг 12. Цайр (Zn) тархалтыг загварчилсан үр дүн (Сансрын мэдээ ашигласан)

Орон зайн тархалтыг загварчилсан үр дүнгээс (зураг 9 ба 10, 11 ба 12) харахад интерполяцийн крингингийн арга болон сансрын мэдээ ашигласан хоёр аргын хооронд мэдэгдэхүйц ялгаа харагдаж байгаа ч чиг хандлага ижил харагдаж байна. Эдгээр элементүүдийн тархалтын зургуудын алдааны утгыг хүснэгт 12-т нэгтгэв.

Хүснэгт 12. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний Zn ба Pb-ны тархалтын зургуудын алдааны утга

Статистик параметр	Алдааны утга			
	Zn		Pb	
	Кригинг	Сансрын мэдээ	Кригинг	Сансрын мэдээ
Samples	88	2736	88	2736
Mean	1.24	0.016	1.09	0.025
Root mean square	66	12.74	68	10.53
Mean standasdzied	-0.02	0.002	-0.06	0.005
Root mean square standardized	1.17	1.16	2.23	2.05
Averaged standard error	56.30	10.98	60	18

Дүгнэлт

СУУРИН ГАЗРЫН ХӨРСНИЙ БОХИРДЛЫН СПЕКТРОСКОПИЙН СУДАЛГАА, ГЕОСТАТИСТИК ЗАГВАРЧЛАЛ” сэдэвт суурь судалгааны төслийн хүрээнд Улаанбаатар хотын нийт газар нутгаас нийт 90 гаруй өнгөн хөрсний дээж цуглуулж, хөрсний хими физикийн зарим шинж чанар (pH, Corg)-ын хэмжээг уламжлалт аргуудаар, эрдсийн агуулгыг дифрактометрээр ба хөрсөнд агуулагдах Si, Al, Ca, Mg, Fe, Ti, Na, P, Ba, Sr, Li, B, Mn, Ni, Co, V, Cr, W, Mo, Sn, Ga, Ge, Bi, Be, Pb, Ag, Zn, Sb, Cu, Cd, F, As, Co, Ni, Zr ба Tl –ийг атомын спектроскопийн цогц схемийн дагуу тус тус тодорхойлж, үзүүлэлт тус бүрийн агуулга тархалтын судалгаа явуулж, Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний микроэлементүүд ба хүнд металлуудын бохирдлын түвшинг геостатистик аргаар загварчиллаа.

Улаанбаатар хотын хөрсний бохирдлын чиглэлээр судалгаа шинжилгээний ажлууд нэлээд хийгдэж байгаа (Enkhchimeg et al. 2020; Kasimov et al. 2011; Кошелева и др, 2010; Batjargal, 2010) ба суурь судалгааны ажлын энэ үр дүнг эдгээр ажлуудын болон өөрсдийн судалгааны өмнөх ажлуудтай харьцуулан хэлэлцүүлгийг хийлээ.

Энэхүү суурь судалгааны төслийн хүрээнд дараах нэгдсэн дүгнэлтүүдийг гаргаж байна.

1. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний органик нүүрстөрөгч(Corg)-ийн агуулга 0.2-19.25% ба дунджаар 1.78% буюу дундаж хэмжээнд, хөрсний pH 7-9.67 ба дунджаар 8.44 буюу шүлтлэг байна. Хотжилтын нөлөөнд ихээхэн өртсөний улмаас ялангуяа нүүрстөрөгч(Corg)-ийн агуулга Улаанбаатар хотын зарим газрын өнгөн хөрсөнд маш их ба хэлбэлзэл ихтэй байна. Мөн pH-ын хэт бага ба өндөр утгууд бүртгэгдсэн.
2. Хөрсний эрдсийн рентген бүтцийн судалгаагаар, Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсийг гадны нөлөөнд илүү тогтвор бүхий цахиурын нэгдлүүд ба хайлуур жоншны эрдсүүд бүрдүүлж байна. Үүнд: кварц - SiO_2 (41-58%), альбит - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (16-30%), микроклин - KAlSi_3O_8 (2.5-25%) ба мусковит - $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ (2.19-24.6%). Түүнчлэн тухайн хөрсний хэв шинж, онцлог, гадны нөлөөлөлд орсон байдал зэргээс хамаарч кальцит - CaCO_3 (1.4-10.3%), кальцийгаар баялаг альбит-(Na,Ca)Al(Si,Al) $_3\text{O}_8$ (-29%), калийгаар баялаг санидин-(Na,K)(Si $_3$ Al)O $_8$ (14-23%) ба каолинит- $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ (5%) зэрэг эрдсүүд илэрч байна.

3. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд зарим элементүүдийн агуулга хэлбэлзэл ихтэй, ялангуяа Cu, Sn, Pb, Ag, W, Sb, Fe, Ca, Cr, Mn, Mo ба Zn-ын тархалт Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөнд жигд бус, хүний сөрөг үйл ажиллагаанаас улбаалан зарим газрын хөрсөнд Cu, Sn, Pb, Ag, W, Sb, Fe, Ca, Cr, Mn, Mo, Zn, Mg, Ti, Na, P, B, Cd, Bi, Sr, Zr, Ge, F, As ба Ni-ийн хуримтлал үүссэн байна. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх микроэлементүүд, хүнд металлууд физик химийн шинж чанар болон геохимийн төлвөөр [(F-Li)-W-Ga-Ge)-(Ba-Sr-Mn)]; [(Ni-Co-V)]; [(Cr-Be-Zr)-(Mo-As)-(Ti-Bi)]; [(B-Sb-Cd)-(Sn-Ag)-(Pb-Zn-Cu)] гэсэн 4 кластерийг ба -ГК-1: Pb>Ag>Zn>Sn>Sb>Cu>Mo>Cd>B; -ГК-2: Li>F>As>Bi; -ГК-3: Co>Ni>V>B; -ГК-4: Ba>Sr>Mn; -ГК-5: Ga>Ge>Zr; -ГК-6: Cr>Be>Ti; -ГК-7: W>Mo гэсэн 7 гол компонентийг үүсгэсэн байна. Кластер [(B-Sb-Cd)-(Sn-Ag)-(Pb-Zn-Cu)] ба фактор анализын ГК-1: Pb>Ag>Zn>Sn>Sb>Cu>Mo>Cd>B нь Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний гол бохирдуулагч элементүүдийг бүрдүүлж байна. Кластер ба фактор анализын үр дүн өмнөх судалгааны үр дүнтэй ижил байгаа ба Улаанбаатар хотын хөрсний хортой хүнд элементүүдийн бохирдлын эх үүсвэр нүүрснээс ялгарах үнс нурам, утаа тортог ба автомашин тээврийн хэрэглсээс ялгарах хортой болно.
- Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэрт тархсан хөрсний хэв шинжүүд болоод хотын хүрээлэн буй орчинд нөлөөлөх төрөл бүрийн хүчин зүйлүүдээс хамаарч гол компонентууд тус бүрт хөрсний шинж чанар, хөрс үүсгэгч эрдсийг бүрдүүлэгч голлох макроэлементүүдийн (хөрсний фракцууд) нөлөөлөх байдал харилцан адилгүй боловч гол төлөв хөрсний шаварлаг фракцтай илүү чухал хамаарлыг харуулж байна.
4. Микроэлементүүд ба хүнд металлуудын бохирдлын индексийн (PI) дундаж утгаар Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсийг Pb, Zn, Ag, Sb, Cu, Ge, Sn, Cr, Ti, Ga ба As бохирдуулж байна. Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний микроэлементүүд ба хүнд металлуудын нийт бохирдлын индексүүд (IPI ба Zct) дунджаар, харилцан 1.32 ба 10.84 буюу бохирдлын түвшиний ангиллаар эрүүл ($0 < IPI < 1$; $0 < Zct < 8$) ба аюулгүй ($1 < IPI < 2$; $8 < Zct < 16$) түвшинд байгаа ч статистик үр дүнгээр, IPI ба Zct-ийн хэлбэл их (харилцан, 59 ба 147 %), зарим газрын дээжинд микроэлементүүд ба хүнд металлуудын хуримтлал их байна.
5. Орон зайн тархалтын зургаас харахад хөрсөн дэх химийн элементүүдийн аномаль бий болж техноген бохирдол үүссэн талбайн утгууд дулааны

цахилгаан станцууд байрласан дүүргүүд болон гэр хорооллын орчмоор (судалгаа явуулсан бүх хугацааны туршид) илүү бүртгэгдэж байна. Энэ нь Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний бохирдлын гол эх үүсвэр нь дулааны эх үүсвэрээс улбаатай хүнд элементүүдийн хуримтлал болохыг нотолж байна. Түүнчлэн техноген бохирдол үүссэн талбай хотын төв хэсэг болон гэр хорооллын газар нутаг, автозамын уулзвар газруудад бүтгэгдэж байна. Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэрийн газарзүйн онцлогоос хамаарч (дулааны станцуудын байрлал, салхины чиглэл) хотын төв хэсэг ч нүүрсний шаталтын бүтээгдэхүүнээр бохирдох аюултай байна. Мөн Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийн хөрсний эрүүл, аюулгүй түвшиний тархалтыг өмнөх онуудын (2010,2011, 2017, 2019) үр дүнтэй харьцуулахад 2017 ба 2019 онуудад бохирдол багассан ба 2021 оны үр дүнгээр эргээд нэмэгдсэн байдал ажиглагдлаа.

6. Сансрын мэдээ ашиглан геостатистик шинжилгээний кригингийн аргаар хөрсний микроэлементүүд ба хүнд металлуудын тархалтыг загварчлах ажил явуулахад 65 -аас дээш хувийн үнэмшилтэй гарсан нь Улаанбаатар хотын төдийгүй хөдөө аж ахуй, газар тариалан болон бусад хот суурийн газрын өнгөн хөрсний хүнд элементийн тархалтыг энэхүү сансрын мэдээ ашиглан гүйцэтгэх бүрэн боломжтой гэж үзэж байна.

Хэвлэн нийтлүүлсэн ном, э/ш –ний өгүүлэл, бүтээлийн жагсаалт

№	Бүтээлийн нэр	Зохиогч	Хаана ямар бүтээлд хэвлэгдсэн	Бүтээлийн төрөл
1	Rational Scheme of Chemical Analysis of Urban Soils for Ecological Monitoring	Elena V. Shabanova and Irina E. Vasil'eva and Byambasuren Tsagaan and Ochirbat Ganbaatar and Khuukhenkhoo Byambaa and Marina Y. Khomutova	In book: New Prospects in Environmental Geosciences and Hydrogeosciences // Springer International Publishing. 2022. P.207-209. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-72543-3_46	Номын бүлэг
2	Elemental profiles of <i>THYMUS</i> L. Plants growing wild in different soil and climate conditions	Irina E. Vasil'eva, Elena V. Shabanova, Tsagaan Byambasuren, Byambaa Khuukhenkhoo	Appl. Sci. 2022 , 12, 3904. https://doi.org/10.3390/app12083904	Эрдэм шинжилгээний өгүүлэл
3	Results of the study of pH and organic matter in the surface soil of Ulaanbaatar	ByambasurenTsagaan, Ochirbat Ganbaatar and Azzayaa Otgonbaya	PMAS proceeding (Шинжлэх ухааны академийн мэдээ) 2021. Vol. 61 No 04 (240). P. 15-22. DOI: https://doi.org/10.5564/pmas.v61i04.1928	Эрдэм шинжилгээний өгүүлэл
4	Характеризация геохимических особенностей почвенного покрова г.Улан-Батор методами многомерного статистического анализа.	Бямбасурэн Ц., Очирбат Г., Шабанова Е.В., Васильева И.Е.	Сборник Всероссийской конференции «Современные направления развития геохимии». 21-25 ноября 2022 г. Иркутск. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б.Сочавы СО РАН, 2022. – В 2-х томах. – Т. 1. – с. 82-86.	Илтгэлийн хураангуй

5	Элементные профили тимьяна дикорастущего в различных почвенных и климатических условиях	Васильева И.Е., Шабанова Е.В., Бямбаасурен Ц., Хуухэнхуу Б., Дорошков А.А	Петрология и геодинамика геологических процессов: Материалы XIII Всероссийского петрографического совещания (с участием зарубежных ученых). 06–13 сентября 2021 г. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2021. – Т. 1. - с. 94.	Илтгэлийн хураангуй
6	Формирование структуры данных для выявления геохимических особенностей почв методами многомерного статистического анализа (На примере почв г. Улан-батор)	Шабанова Е.В., Бямбасурен Ц., Очирбат Г., Васильева И.Е.	Петрология и геодинамика геологических процессов: Материалы XIII Всероссийского петрографического совещания (с участием зарубежных ученых). 06–13 сентября 2021 г. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б.Сочавы СО РАН, 2021. – В 3-х томах. – Т. 3. – с. 219.	Илтгэлийн хураангуй
7	Geological conditions of formation and biogeochemical typification of the soil-vegetation cover in Ulaanbaatar (Some results of Ph.D theses)	Byambasuren Tsagaan	Annual Meeting of Mongolian Physical Society, 2021, p. 39-40	Илтгэлийн хураангуй

Э/ш -ний хурал, зөвлөлгөөн, семинарт хэлэлцүүлсэн илтгэл

№	Зохиогч	Илтгэлийн нэр	Бүтээлийн төрөл
1	О.Аззаяа, Ц.Бямбасүрэн	“Атомын спектроскопийн аргаар элементийн агуулга тодорхойлох”	О.Аззаяагийн 3 сарын ажлын тайлан (03/II) ба ФТХ-ийн залуу судлаачдын семинар (24/II)
2	Васильева И.Е., Шабанова Е.В., Бямбаасурен Ц., Хуухэнхуу Б., Дорошков А.А.	“Элементные профили тимьяна дикорастущего в различных почвенных и климатических условиях”	ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОДИНАМИКА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. Материалы XIII Всероссийского петрографического совещания (с участием зарубежных ученых). <i>06–13 сентября 2021 г. г. Иркутск.</i>
3	Шабанова Е.В., Бямбаасурен Ц., Очирбат Г., Васильева И.Е.	“Формирование структуры данных для выявления геохимических особенностей почв методами многомерного статистического анализа (на примере почв г. Улан-Батор)”	ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОДИНАМИКА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. Материалы XIII Всероссийского петрографического совещания (с участием зарубежных ученых). <i>06–13 сентября 2021 г. г. Иркутск.</i>
4	Vyambasuren Tsagaan	Geological conditions of formation and biogeochemical typification of the soil-vegetation cover in Ulaanbaatar (Some results of Ph.D theses)	Annual Meeting of Mongolian Physical Society-2021 November 18 – 19, 2021. Ulaanbaatar
5	Г.Очирбат, Ц.Бямбасүрэн	Хүнд элементийн тархалтын судалгаанд хиймэл дагуулын мэдээ ашиглах нь	ФТХ-ийн залуу судлаачдын семинар 2021.06.11
6	Ochirbat.G	Modeling the distribution of heavy metals in soil using satellite images	ФТХ-ийн залуу судлаачдын семинар 2021.12.15
7	Ochirbat.G	“Хүнд элементийн тархалтын судалгаанд хиймэл дагуулын мэдээ ашиглах боломж”	ФТХ-ийн залуу судлаачдын семинар 2022.3.30
8	Бямбасурэн Ц., Очирбат Г., Шабанова Е.В., Васильева И.Е.	Характеризация геохимических особенностей почвенного покрова г.Улан-Батор методами многомерного статистического анализа.	Всероссийской конференции «Современные направления развития геохимии». 21-25 ноября 2022 г. Иркутск

Ном зүй

1. ИСО10381-5:2008 (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.
2. MNS-ISO-11074-2:2001-Хөрсний дээж авахтай холбогдох нэр томъёо тодорхойлолт.
3. MNS 3298-91. Байгаль хамгаалал. Хөрс. Шинжилгээний дээж авахад тавигдах ерөнхий шаардлагууд. Үндэсний стандартчиллын эрдэм шинжилгээний хүрээлэн Улаанбаатар хот, 1991 он, х.1-7.
4. Федорец Н. Г., Медведева М. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.
5. ISO 11464:2006
6. GOST 26483-85;
7. Shabanova E.V., Vasil'eva I.E., Byambasuren Ts., Ochirbat G., Khuukhenkhuu B., Khomutova M.Y. Rational scheme of chemical analysis of urban soils for ecological monitoring // New Prospects in Environmental Geosciences and Hydrogeosciences, Advances in Science, Technology & Innovation, H. Chenchouni et al. (eds.), Chapter No.: 46. 2022. P. 207-209.
8. Ц.Бямбасурэн, Б.Хуухэнхуу, Г.Очирбат, Д.Цэдэнбаджир. “Хөрсний хүнд элементийн бохирдлын спектроскопийн ба олон хэмжээст статистикийн судалгаа (*Шинжилгээ, судалгаа, үнэлгээний арга зүйн гарын авлага*)” – ШУА.: ФТХ.- Улаанбаатар хот. - 2019. - 90х. [ISBN -978-9919-20-299-6](https://www.isbn-international.org/product/9789919202996).
9. ПНДФ 16.1:2.2:2.3.36-02. 2002. Методика выполнения измерений валового содержания меди, кадмия, цинка, свинца, никеля и марганца в почвах, донных отложениях и осадках стояных вод методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии
10. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С 555-571.
11. Alekseenko V., Alekseenko A. The abundances of chemical elements in urban soils // Journal of Geochemical Exploration. 2014. No147. P. 245–249.
12. Vasilyeva, I.E., Shabanova, E.V., Doroshkov, A.A., Proydakova, O.A., Otgontuul, Ts., Khuukhtnkhoo, B., Byambasuren, Ts. 2013. Distribution of toxic and essential elements in soils of Ulaanbaatar city. Pollution assessment of urban areas. Environment and sustainable development in Mongolian plateau and surrounding regions. // Proceedings of the IX international conference. - 1, 67-71. Available from: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxib25wbGF0ZWZF1MjAxM3xneDoyMzJjMWJlJmNTU3NmM>
13. MNS ISO 5850-2019. Хөрсний чанар. Хөрс бохирдуулагч бодис, элементүүдийн зовшоогдох дээд хэмжээ. Монгол улсын стандарт – Стандартчилал, хэмжилзүйн Үндэсний тов. Улаанбаатар, 2019. 8 с
14. Водяницкий Ю.Н. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами // Почвоведение. 2010. №10. С.1276–1280.
15. Водяницкий Ю.Н. Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах// Почвоведение. 2012. №3. С.368-375.
16. Ю.Е. Сает, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др Геохимия окружающей среды . – М.: Недра, 1990. – 335 с.

17. Sutherland R. A. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii // *Environmental Geology*. 2000. № 39. P. 611–627.
18. Elena V. Shabanova, Ts. Byambasuren, G. Ochirbat, Irina E. Vasil'eva, B. Khuukhenkhuu and Alexei T. Korolkov. Relationship between major and trace elements in Ulaanbaatar soils: a study based on multivariate statistical analysis. *Geography, Environment, Sustainability*. 2019. Vol.12. No 3, p. 199-212. [https:// DOI-10.24057/2071-9388-2019-18](https://doi.org/10.24057/2071-9388-2019-18).
19. Распределение микроэлементов в почвах г. Улан-Батора / Ц. Бямбасурэн, Е. В. Шабанова, А. Т. Корольков, И. Е. Васильева, Г. Очирбат, Б. Хуухэнхуу // *Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле*. - 2018. - Т. 26. - С. 31–45. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.26.31>
20. Y. Mao et al. Spatial distribution of pH and organic matter in urban soils and its implications on site-specific land uses in Xuzhou, China. *Comptes Rendus Biologies*. 2014. №. 337. pp. 332–337.
21. Yu. N. Vodyanitsky. Organic matter in urban soil. *Soil science*. 2015. № 8. pp. 921–931.
22. Fachinelli, A. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils / Fachinelli A., Sacchi E., Mallen L // *Environmental Pollution*. - 2001. - Vol.114. - P. 313-324.
23. Darlene, G. Blaney. Statistical methods commonly used in soil data analysis / Darlene G. Blaney, Stanley L. Ponce and Gordan E. Warrington. - USDA Forest service, 1984. - 251p.
24. Дюран Б. и Оделл П. Кластерный анализ. Пер. С англ. Е.З.Демиденко. Под ред. А.Я.Боярского. Предисловие А.Я.Боярского. М., 1977. - 128 с.
25. Chen T. Liu X.M., Zhu M.Z., Zhao K.L., Wu J.J., Xu J.M., Huang P. Identification of trace element sources and associated risk assessment in vegetable soils of the urban-rural transitional area of Hangzhou, China // *Environmental Pollution*. 2008. Vol. 151. № 1. P. 67-78.
26. Wei B., Yang L. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China // *Microchemical Journal*. 2010. No 94. P. 99-107.
27. Галюк С.В. Геохимическая классификация элементов. История и современный взгляд. *Разведка и охрана недр*. 2019. С.20-27.
28. G. Kuc, J. Chormański . Sentinel-2 imagery for mapping and monitoring imperviousness in urban areas. *Evaluation and Benchmarking Sensors, Systems and Geospatial Data in Photogrammetry and Remote Sensing*, 16–17 Sept. 2019, Warsaw, Poland.
29. Mazlan Hashim, Nurul Nadiah Yahya, Samsudin Ahmad, Teruhisa Komatsu, Syarifuddin Misbari And Md Nadzri Reba1 Determination of seagrass biomass at Merambong Shoal in Straits of Johor using satellite remote sensing technique6 *Malayan Nature Journal* 2014, 66 (1 and 2), 20-37.
30. Кошелева, Н.Е. Загрязнение почв тяжелыми металлами в промышленных городах Монголии / Н.Е. Кошелева, Н.С. Касимов, С.Н. Бажа, П.Д. Гунин, Д.Л. Голованов, И.А. Ямнова, Энхамгалан С [и др.] // *Вестн. МГУ. сер. 5. География*. - 2010. - № 3. - С. 20 - 27.
31. Amgalan, N. Valuations of elemental concentrations of particle matter in Ulaanbaatar, Mongolia / N. Amgalan, T. Narantsetseg and D. Shagjamva // *Open Journal of Air Pollution*. - 2016. - №5(4). - P.160-169. doi:10.4236/ojap.2016.54012.
32. Kasimov N.S., Kosheleva N.E., Sorokina O.I., Bazha S.N., Gunin P.D. and Enkh-Amgalan S. (2011). Ecological-geochemical state of soils in Ulaanbaatar (Mongolia). *Eurasian Soil Science*, 44(7), pp. 709-721. doi:10.1134/S106422931107009X
33. Enkhchimeg Battengel, Takehiko Murayama, Keisuke Fukushi, Shigeo Nishikizawa, Sonomdagva Chonokhuu, Altansukh Ochir, Solongo Tsetsgee and Davaadorj Davaasuren. Ecological and Human Health Risk Assessment of Heavy Metal Pollution in the Soil of the Ger

District in Ulaanbaatar, Mongolia. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17(13), 4668; <https://doi.org/10.3390/ijerph17134668>

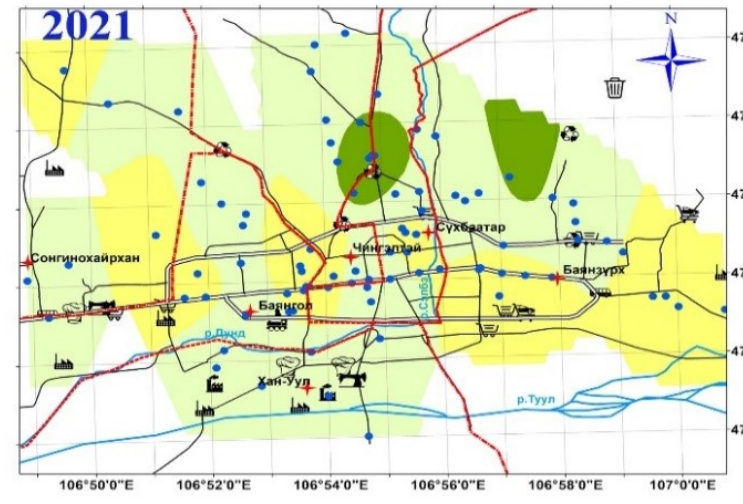
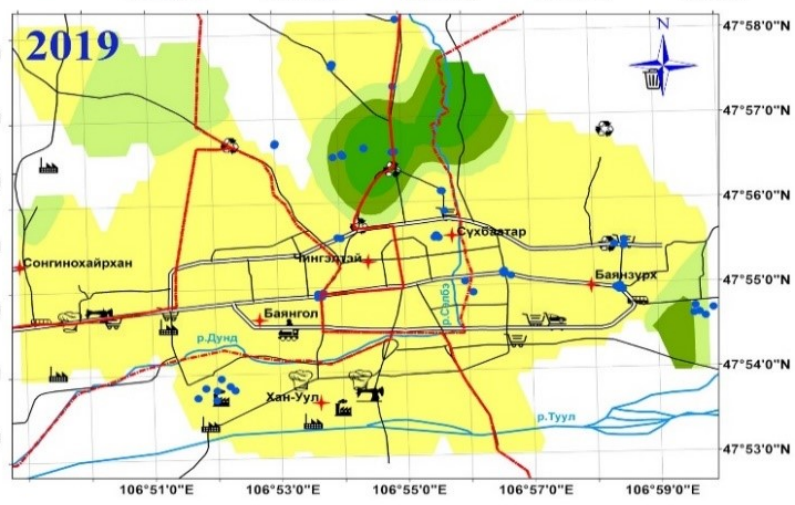
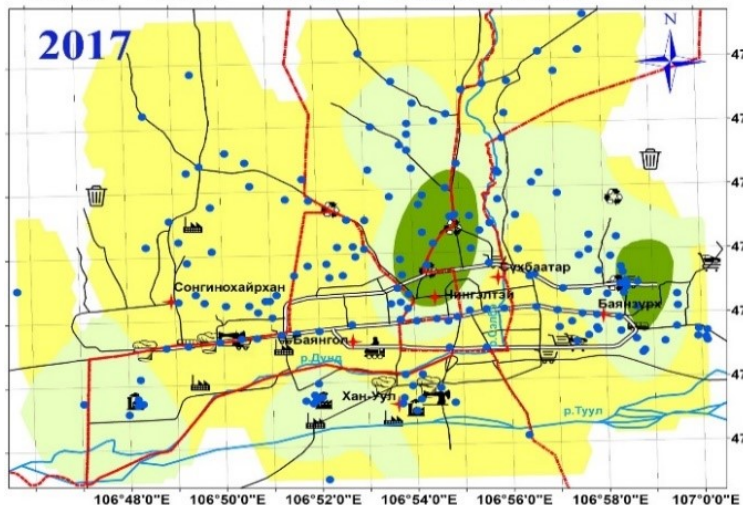
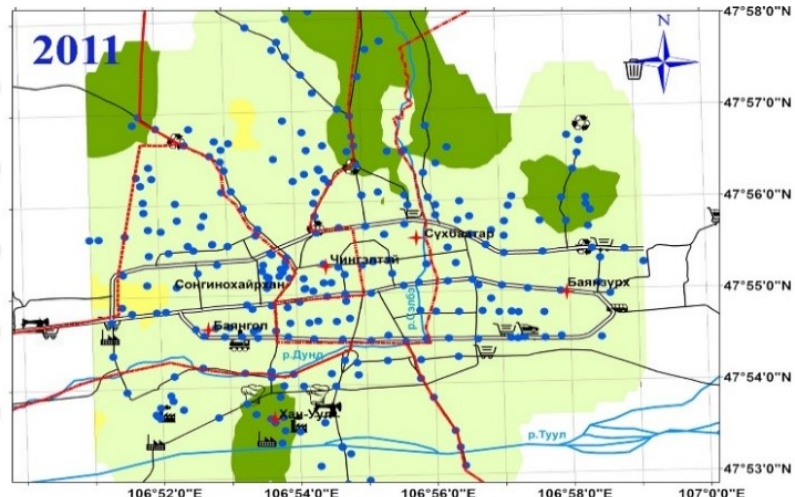
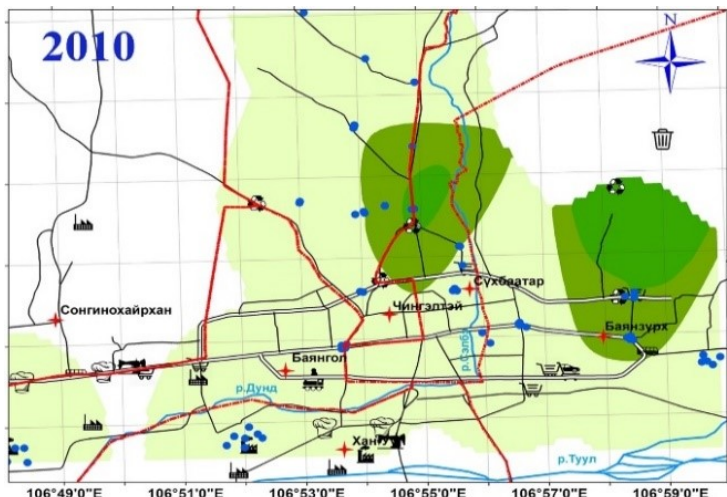
34. Batjargal, T. Assessment of Metals Contamination of Soils in Ulaanbaatar, Mongolia/ T. Batjargal, E. Otgonjargal, K. Baek, and J.-S. Yang // *J. Hazardous Materials*. - 2010. - V.184. - P. 872–876.
35. Sh.Tserenpila, A.Sapkota, C.-Q. Liu, J.-H. Peng, B. Liu, and P. Chr. Segebade. Lead Isotope and Trace Element Composition of Urban Soils in Mongolia. *Eurasian Soil Science*, 2016, Vol. 49, No. 8, pp. 879–889.
36. P.Oyunbat, O.Batkhisig, B.Batsaikhan, F.Lehmkuhl, M.Knippertz, V.Nottebaum. Spatial distribution, pollution, and health risk assessment of heavy metal in industrial area soils of Ulaanbaatar, Mongolia. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLIII-B4-2021 XXIV ISPRS Congress (2021 edition).

Хавсралт 1

1. Хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшиний тархалт (Z_{ct} –индексийн утгаар)
2. Хөрсний хүнд элементийн бохирдлын түвшиний тархалт (IPI -индексийн утгаар)
3. Улаанбаатар хотын гадаргын чийгийн болон давсжилтын индексүүд
4. Хартугалганы (Pb) тархалтыг загварчилсан үр дүн (интерполяцийн крингингийн арга)
5. Хартугалганы (Pb) тархалтыг загварчилсан үр дүн (Сансрын мэдээ ашигласан)
6. Цайр (Zn) тархалтыг загварчилсан үр дүн (интерполяцийн крингингийн арга)
7. Цайр (Zn) тархалтыг загварчилсан үр дүн (Сансрын мэдээ ашигласан)

Хавсралт 2

1. Rational Scheme of Chemical Analysis of Urban Soils for Ecological Monitoring. **In book: New Prospects in Environmental Geosciences and Hydrogeosciences // Springer International Publishing. 2022. P.207-209. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-72543-3_46**
2. Elemental profiles of *THYMUS* L. Plants growing wild in different soil and climate conditions. *Appl. Sci.* **2022**, 12, 3904. <https://doi.org/10.3390/app12083904>
3. Results of the study of pH and organic matter in the surface soil of Ulaanbaatar. PMAS proceeding (Шинжлэх ухааны академийн мэдээ) 2021. Vol. 61 No 04 (240). P. 15-22. DOI:<https://doi.org/10.5564/pmas.v61i04.1928>
4. Характеризация геохимических особенностей почвенного покрова г.Улан-Батор методами многомерного статистического анализа. Сборник Всероссийской конференции «Современные направления развития геохимии». 21-25 ноября 2022 г. Иркутск. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б.Сочавы СО РАН, 2022. – В 2-х томах. – Т. 1. – с. 82-86.
5. Элементные профили тимьяна дикорастущего в различных почвенных и климатических условиях. Петрология и геодинамика геологических процессов: Материалы XIII Всероссийского петрографического совещания (с участием зарубежных ученых). 06–13 сентября 2021 г. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2021. – Т. 1. - с. 94.
6. Формирование структуры данных для выявления геохимических особенностей почв методами многомерного статистического анализа (На примере почв г. Улан-Батор). Петрология и геодинамика геологических процессов: Материалы XIII Всероссийского петрографического совещания (с участием зарубежных ученых). 06–13 сентября 2021 г. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б.Сочавы СО РАН, 2021. – В 3-х томах. – Т. 3. – с. 219.
7. Geological conditions of formation and biogeochemical typification of the soil-vegetation cover in Ulaanbaatar (Some results of Ph.D theses) Annual Meeting of Mongolian Physical Society, 2021, p. 39-40.



Условные обозначения

- Крупный автомагистраль
- Дорога
- Граница района
- Точки отбора проб

Предприятия

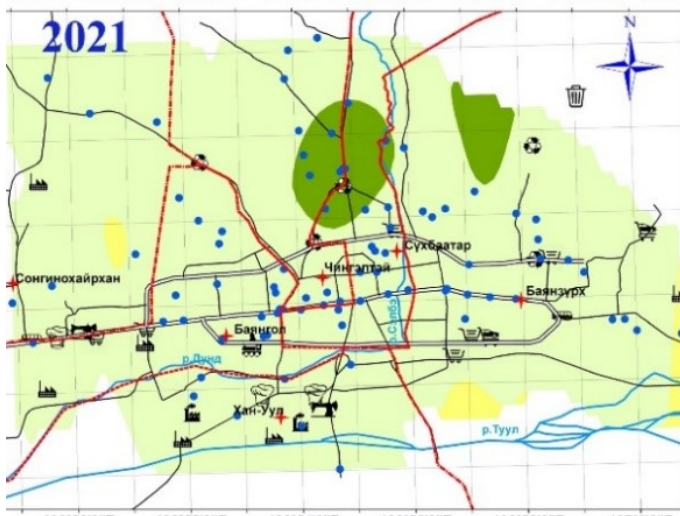
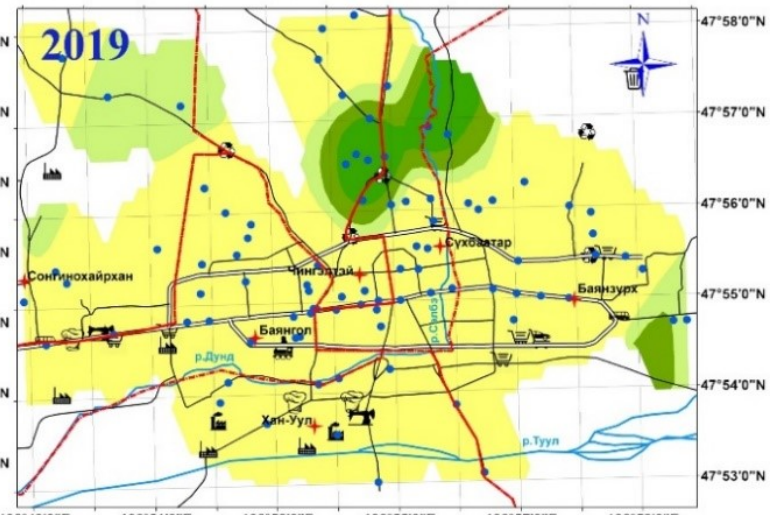
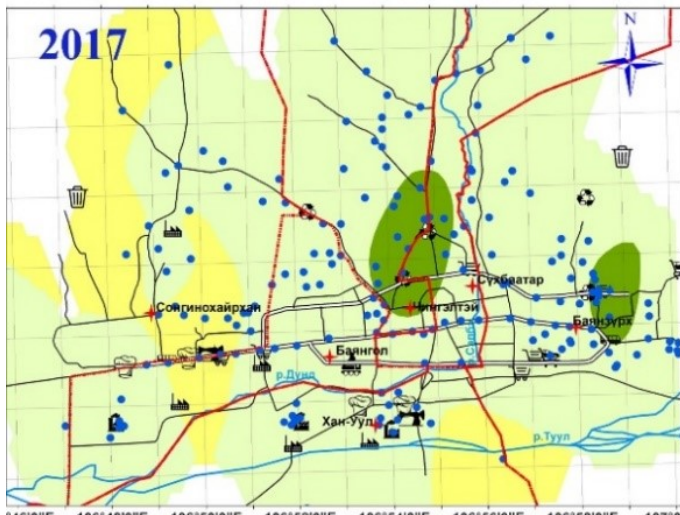
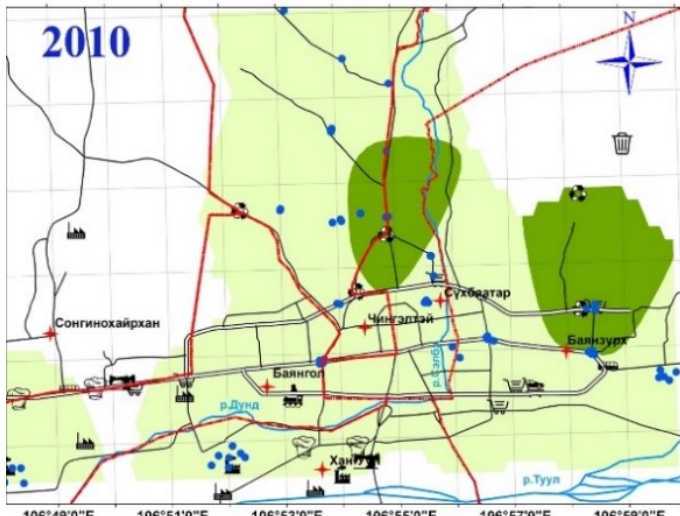
- ТЭК
- Рынок
- Авто
- Торговый
- Вокзал
- Авто
- ж/д пути, объекты

Фабрика

- Пищевая
- Текстильная
- Строительная
- Вторичное серье
- Полигон мусора

Суммарный индекс загрязнения (Zct)

- < 16
- 16 - 32
- 32 - 64
- 64 - 128
- 128 <



Условные обозначения

- Крупный автомагистраль
- Дорога
- Граница района
- Точки отбора проб

Предприятия

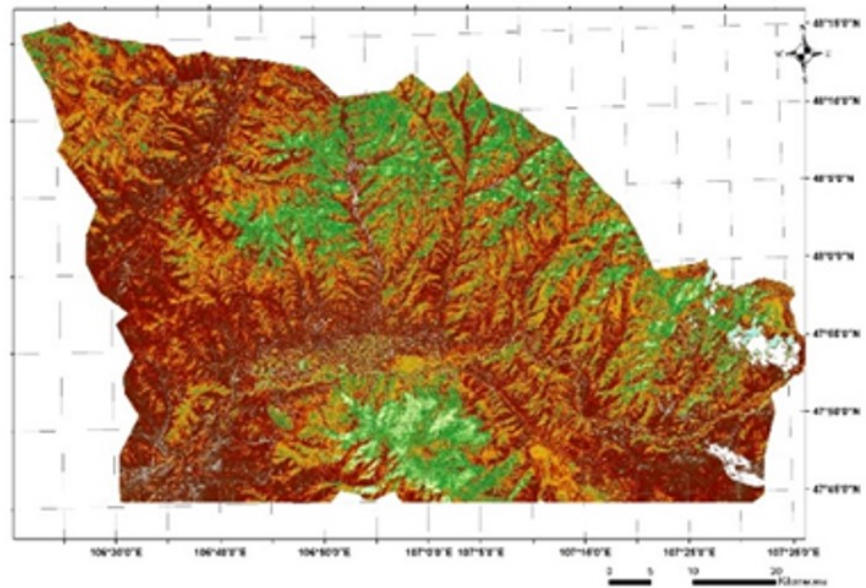
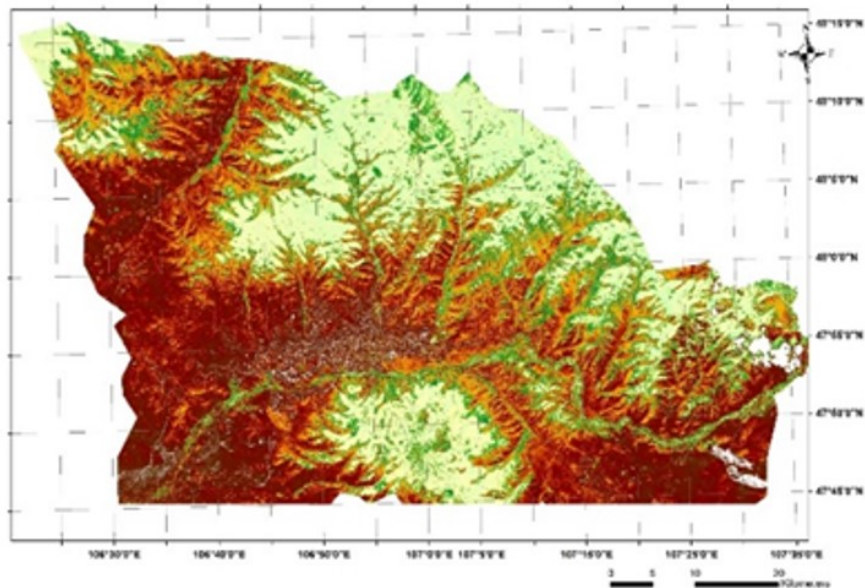
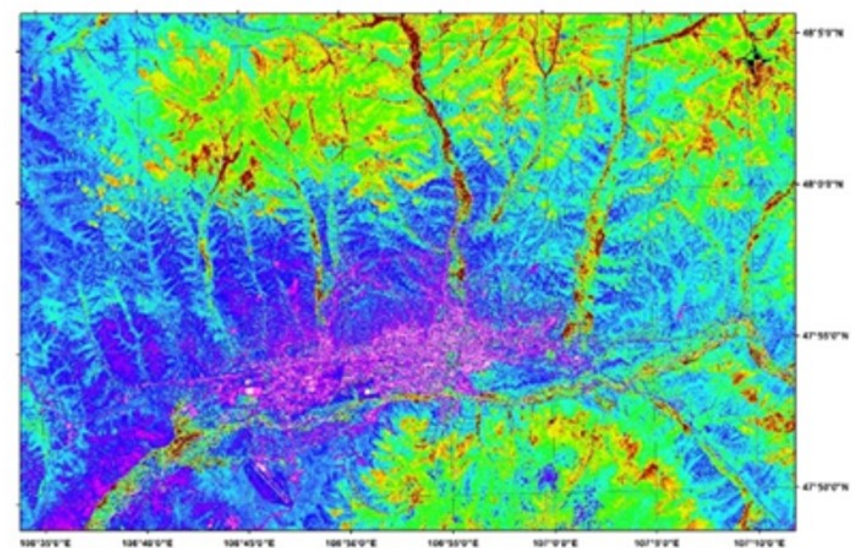
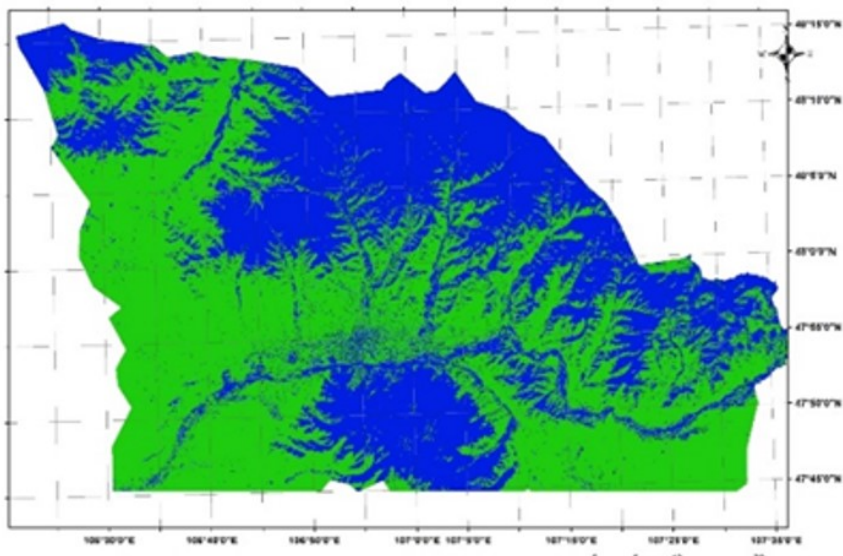
- ТЭК
- Рынок
- Авто
- Торговый
- Вокзал
- Авто
- ж/д пути, объекты

Интегральный показатель индекса загрязнения ИПИ

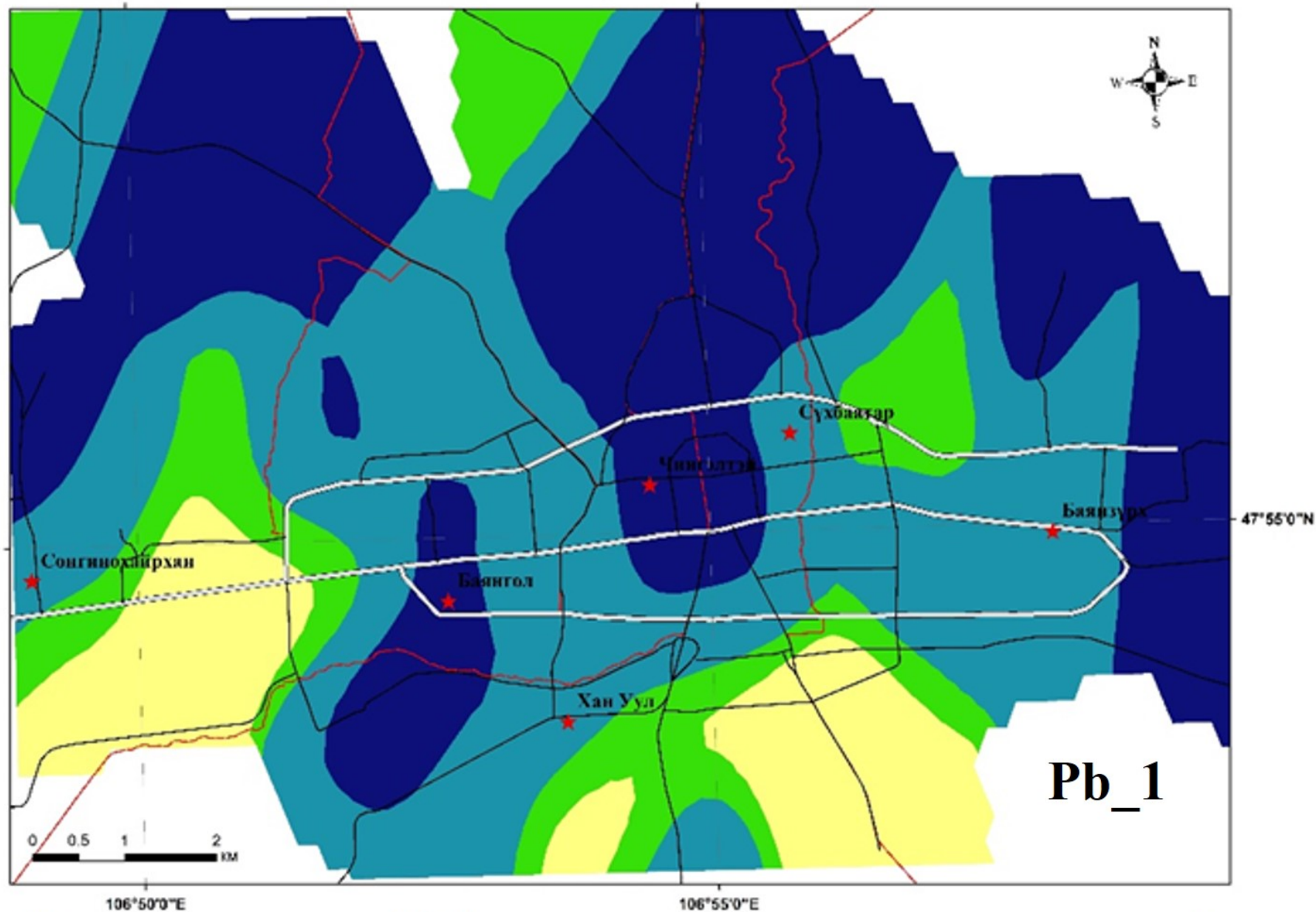
- < 1
- 1 - 2
- 2 - 5
- 5 <

Фабрика

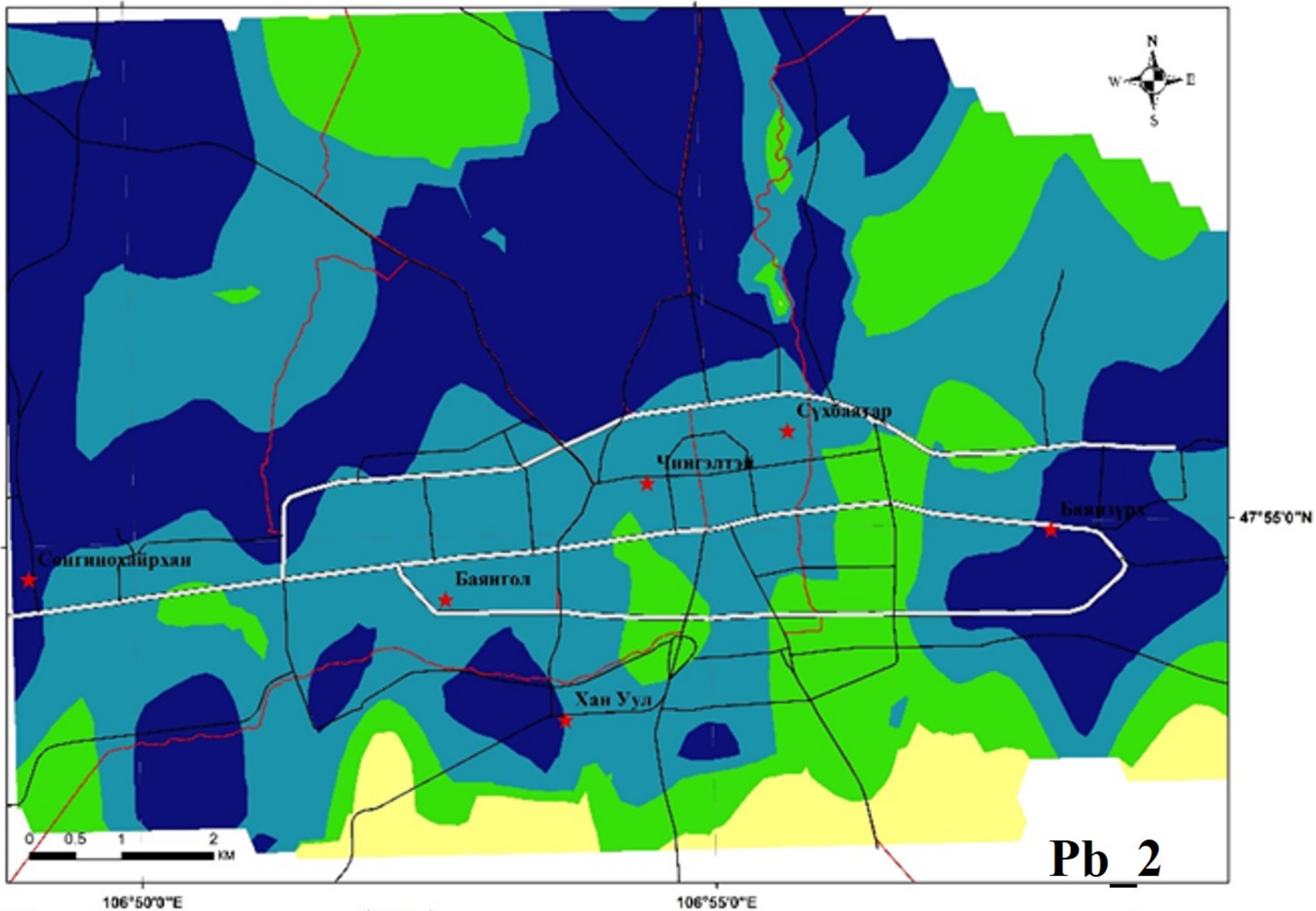
- Пищевая
- Текстильная
- Строительная
- Вторичное серье
- Полигон мусора



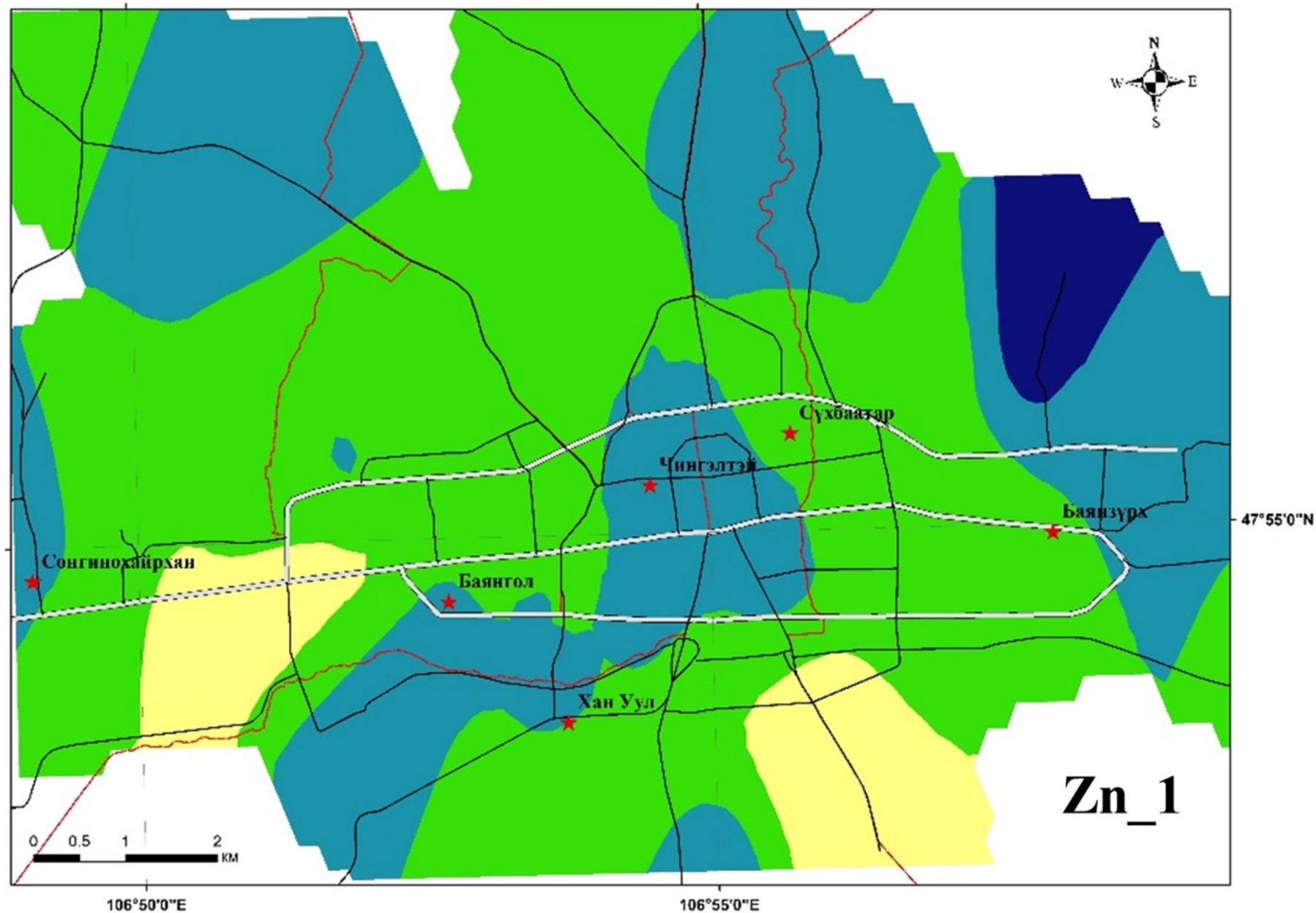
Улаанбаатар хотын хөрсний чийгийн болон давсжилтын индекс



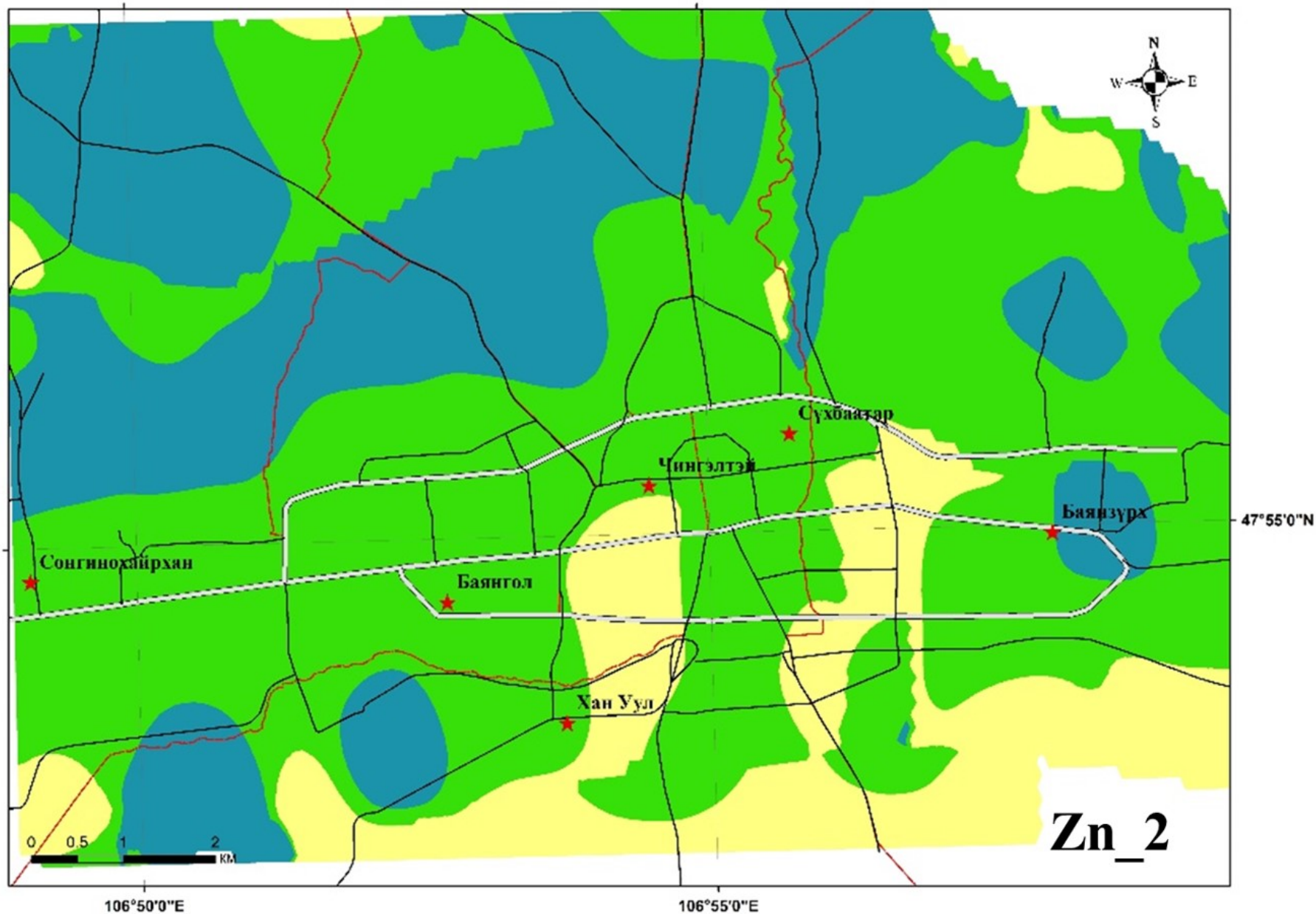
*Хартугалганы (Pb) тархалтыг загварчилсан үр дүн
(интерполяцийн крингингийн арга)*



*Хартугалганы (Pb) тархалтыг загварчилсан үр дүн
(Сансрын мэдээ ашигласан)*



*Цайр (Zn)-ын тархалтыг загварчилсан үр дүн
(интерполяцийн крингингийн арга)*



*Цайр (Zn) тархалтыг загварчилсан үр дүн
(Сансрын мэдээ ашигласан)*

Advances in Science, Technology & Innovation
IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development

Haroun Chenchouni · Helder I. Chaminé ·
Md Firoz Khan · Broder J. Merkel · Zihua Zhang ·
Peiyue Li · Amjad Kallel · Nabil Khélifi *Editors*

New Prospects in Environmental Geosciences and Hydrogeosciences

Proceedings of the 2nd Springer Conference
of the Arabian Journal of Geosciences (CAJG-2),
Tunisia 2019





Rational Scheme of Chemical Analysis of Urban Soils for Ecological Monitoring

Elena V. Shabanova, Irina E. Vasil'eva, Byambasuren Tsagaan, Ochirbat Ganbaatar, Khuukhenkhuu Byambaa, and Marina Y. Khomutova

Abstract

The ecological monitoring of soils requires a set of modern analytical methods that is being often expensive. Sometimes, analytical methods provide customers with the same analytical information. Therefore, in order to assess the environmental state of the soil cover, a few chemical analysis methods are united into rational schemes, and then, they are used in analytical studies. In this work, on the example of Ulaanbaatar city (Mongolia), a rational scheme of chemical analysis of urban soils is compiled using the informativity criterion of analytical methods. In this scheme, the total contents of 33 elements and concentrations of mobile species of 30 elements, extracted by an ammonium acetate buffer, were determined by rapid multi-element methods. The rational scheme of chemical analysis contains the methods of d.c. and a.c. arc discharge atomic emission spectrometry; flame atomic emission spectrometry; and X-ray fluorescence analysis. Analytical data obtained using a rational scheme provided an amount of the information required for visualizing the spatial distribution of total concentrations of elements and their mobile species within Ulaanbaatar city via geostatistical modeling methods.

Keywords

Ecological monitoring • Urban Soils • Analytical Methods • Informativity

E. V. Shabanova (✉) · I. E. Vasil'eva · M. Y. Khomutova
A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch,
Russian Academy of Sciences, 1A Favorsky str., Irkutsk, 664033,
Russia
e-mail: shev@igc.irk.ru

B. Tsagaan · O. Ganbaatar · K. Byambaa
Institute of Physics and Technology, Mongolian Academy of
Sciences, Peace Ave 54b, Ulaanbaatar, 13330, Mongolia

© The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Switzerland AG 2022
H. Chenchouni et al. (eds.), *New Prospects in Environmental Geosciences and Hydrogeosciences*,
Advances in Science, Technology & Innovation, https://doi.org/10.1007/978-3-030-72543-3_46

1 Introduction

The growth of the urban population changes fragile natural ecosystems and leads to an increase in areas with polluted soils, thus violating natural processes of soil self-remediation. A distinguishing characteristic of urban soils is the spatial distribution of their composition and properties. Therefore, environmental monitoring is mainly focused on assessing the ratios of the total contents of toxic and biophilic elements and their mobile species in urban soils (Kasimov et al. 2011).

A complete soil characterization requires the application of a set of modern analytical methods that are rather expensive (Pansu and Gautheyrou 2006; Kabata-Pendias 2011). In some cases, analytical methods provide customers with the same analytical information, despite their laboriousness and high cost, thus confirming the economic unprofitability of their simultaneous use. Therefore, in order to assess the environmental state of the soil cover, a few chemical analysis methods are united into rational schemes, and then, they are used in analytical studies (Kuz'min 1996; Proidakova and Vasil'eva 2010). It is essential that at minimum financial and time costs, such rational schemes should provide enough complete and reliable information regarding total concentrations of elements and their mobile species at or below the local background values and maximum permissible concentrations (MPC) in order to provide appropriate recommendations for soil protection measures.

It is well known that for the coordination of qualitative and quantitative interests in complex systems, it is not sufficient to have a "universal scalarization" whose role is played by the money. For standardization and comparison of analytical processes, Kaiser (1970, 1973) suggested using the concepts of quantitative limits of determination, as well as the informativeness of analytical methods (P_{inf})

$$P_{inf} = \sum_{u,i} \log_2 \left(\frac{(C_{upper} - C_{lower})\sqrt{n}}{2I\sigma_{iu}} \right) \quad (1)$$

Article

Elemental Profiles of Wild *Thymus* L. Plants Growing in Different Soil and Climate Conditions

Irina E. Vasil'eva ^{1,*}, Elena V. Shabanova ¹, Byambasuren Tsagaan ² and Khuukhenkhuu Bymbaa ²

¹ A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 664033 Irkutsk, Russia; shev@igc.irk.ru

² Institute of Physics and Technology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 13330, Mongolia; tsagaanbyambasuren@gmail.com (B.T.); hunstech@yahoo.co.uk (K.B.)

* Correspondence: vasira@igc.irk.ru; Tel.: +7-3952-425837

Featured Application: The data obtained can be useful for obtaining high-quality food and pharmacopoeia raw materials from wild thyme with a given chemical composition and controlled biological activity.

Abstract: Plants of the genus *Thymus* L. are traditionally used in medicine and cooking due to the presence of biologically active compounds in them that have fungicidal, antibacterial and other medicinal properties and original taste qualities. Genetic features and growing conditions cause the elemental composition, responsibly of the synthesised medicinal compounds. However, information on the contents and distributions of elements in the organs of *Thymus* L. is very limited. This study was to set and compare the elements in organs of wild thyme for different soil and climatic conditions. Two species of wild *Thymus* L. from Mongolian steppe and on the coast of Lake Baikal were collected during flowering. Twenty-four elements, including Si, in soils, roots, stems, leaves and flowers were simultaneously determined by atomic emission spectrometry. Elemental profiles of two species of wild *Thymus* L. are described. It is assumed that Si is a necessary element of the plant. The predominance of the genetic resistance of plants over the influence of soil and climatic conditions is shown.

Keywords: *Thymus serpyllum* L.; *Thymus baicalensis* Serg. L.; elemental profile; roots–stems–leaves–flowers; influence of soil and climatic conditions



Citation: Vasil'eva, I.E.; Shabanova, E.V.; Byambasuren, Ts.; Khuukhenkhuu, B. Elemental Profiles of Wild *Thymus* L. Plants Growing in Different Soil and Climate Conditions. *Appl. Sci.* **2022**, *12*, 3904. <https://doi.org/10.3390/app12083904>

Academic Editors: Teresa Leszczyńska, Joanna Kapusta-Duch and Ewa Piątkowska

Received: 3 March 2022

Accepted: 6 April 2022

Published: 13 April 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Plants participate in the migration of chemical elements in natural ecosystems. Although the biological selectivity of plants in essential and toxic elements allows their chemical composition to be controlled within certain limits, the content of elements in plants is influenced by natural conditions such as soil type, climate, landscape, insolation, seasons and anthropogenic activity. Therefore, an investigation into the elemental composition of a soil–plant system coupled with environment discloses useful information [1–3], and variations in trace element concentrations can be used as a tool for examining specific features of plant growth conditions as well as the state of the environment [1–4]. The determination of a wide range of elements in plants is required for geoeological environmental monitoring [1,3], assessment of the quality and safety of food and medicinal plants [5,6], as well as regulation of their quantity in the diets of humans, domestic animals and poultry [7–9].

Currently, it is of commercial interest to study the biological activity of medicinal plants, herbs and spices that have been used for centuries in folk medicine and cuisine including thyme. The genus *Thymus* L. includes a large variety of species that are difficult to classify visually, as different species of the *Thymus* L. genus are similar in appearance [10,11]. Several hundred species of *Thymus* L. are widely distributed throughout the Eurasian

Results of the study of pH and organic matter in the surface soil of Ulaanbaatar

Byambasuren Tsagaan, Ochirbat Ganbaatar and Azzayaa Otgonbayar*

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

ARTICLE INFO: Received: 14 Oct, 2021; Accepted: 29 Dec, 2021

Abstract: This work summarizes the results of a study into such important urban soil parameters as soil actual (pH) and potential acidity (pH) and soil organic matter content (SOM) in the surface soil of Ulaanbaatar. The soil pH in Ulaanbaatar is slightly alkaline, with a median pH value of 7.36 (actual acidity) and 6.93 (potential acidity), and they were found to be the highest in the industrial zone as compared to other zones in the city. The median value of organic matter content in Ulaanbaatar surface soil was 5.61%, with a high variability in the industrial (C.V.-119%) and transport (C.V.-55.34%) zones. The SOM mean value in urban soil is less than the background value in surface soil from natural area, indicating to increasing compaction and reduction of porosity of soil in urban areas. Also, organic matter content have decreased relatively to previous data, reflecting the urbanization process and such long-term processes as aerial urban fallout.

Keywords: pH; organic matter; soil; Ulaanbaatar;

INTRODUCTION

The study of the property of soil in urban areas is an urgent environmental task in an urban setting. Within urbanized areas, the chemical and physical properties of surface soil, such as pH and soil organic matter (SOM), can be significantly different from those in soils in a non-urban setting [1, 2].

Soil pH is an indicator of soil acidity or alkalinity, which reflects the physical and chemical properties of the quality of soil [1-3]. Extremes in acidity or alkalinity will change the available nutrients in soil and result in element imbalances in plants [1, 3].

Soil organic matter (SOM) content affects a number of soil properties and nutrient

cycling [1-4]. The SOM content and its quality are considered as a key factor in the soil ability to maintain biological productivity, the quality of the environment and the ecosystem as a whole [1-4].

Therefore, studying pH and SOM and understanding their spatial variability in urban soils are important for taking knowledgeable decisions on soil management.

Our previous studies focused only on elemental determination in the surface soil of Ulaanbaatar and their multivariate and geospatial analysis [5, 6]. Such soil properties, as pH and organic matter in soils, have only been studied as appendix study [7].

*corresponding author: byambasurents@mas.ac.mn

<https://orcid.org/0000-0001-7991-5374>



The Author(s). 2021 Open access This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

Российская Академия Наук / Отделение наук о Земле
Министерство науки и высшего образования / Сибирское отделение РАН
ФГБУН Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОХИМИИ

Материалы Всероссийской конференции
(с участием зарубежных ученых),
посвящённой 65-летию Института геохимии им. А.П. Виноградова и
105-летию со дня рождения академика Л.В. Таусона
21–25 ноября 2022 г.
г. Иркутск

**ТОМ 1
А-К**

Иркутск
2022



Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Мазукабзов А.М., Писаревский С.А., Эрнст Р.Е., Станевич А.М. Мезопротерозойский мантийный плюм под северной частью Сибирского кратона // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 5. С. 856–873.

Зайцева Т.С., Горохов И.М., Семихатов М.А., Ивановская Т.А., Кузнецов А.Б., Доржиева О.В. Rb-Sr в K-Ar возраст глобулярных слоистых силикатов и биостратиграфия рифейских отложений оленекского поднятия, северная Сибирь // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2017. Т. 25. № 6. С. 3–29.

Шенфиль В.Ю. Поздний докембрий Сибирской платформы. Новосибирск: Наука. 1991. С. 184.

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА Г.УЛАН-БАТОР МЕТОДАМИ МНОГОМЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Бямбасурэн Ц.¹, Очирбат Г.¹, Шабанова Е.В.², Васильева И.Е.²

¹Институт физики и технологии АН Монголии, Улан-Батор, tsagaanbyambasuren@gmail.com

²Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск,

Город Улан-Батор – столица Монголии (47°55" с.ш. и 106°55" в.д) и самое густонаселённое место страны (Монгол Улсын..., 2021), в котором окружающая природная среда подвергается техногенному давлению. Поэтому оценка уровня загрязнения компонентов природной среды, и в том числе почв, составляют неотъемлемую часть комплексных экологических исследований, проводимых на территории городов и населенных пунктов, а также входит в региональные системы экологического мониторинга.

Основная цель работы заключается в характеристике геохимических особенностей почвенного покрова г.Улан-Батор методами многомерного статистического анализа и установления закономерностей миграции и аккумуляции биофильных и токсичных химических элементов в почвенном покрове г. Улан-Батор; а также установлении степени техногенной трансформации состава компонентов в городских почвах и оценивании экологической опасности выявленных геохимических аномалий.

Объектами изучения были почвы на территории г. Улан-Батор, собранные в течение летних сезонов 2010, 2011, 2017 и 2019 гг, на территории города (рис. 1). Смешанные почвенные пробы с поверхности на глубине 0–10 см были отобраны методом «конверта» по нерегулярной сети опробования. Всего отобрано и подготовлено к анализу более 700 образцов почв с разной степенью антропогенной нагрузки.

Все почвенные образцы высушены при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния и вручную очищены от крупных включений, таких как камни, стекло, корни и растения; измельчены в шаровой мельнице (Fritsch GmbH); гомогенизированы просеиванием через сито с ячейкой 74 мм, упакованы в бумажные пакеты.

Аналитические исследования образцов почвенного покрова г. Улан-Батор выполнены согласно рациональным схемам (Shabanova et al., 2022) в аналитических отделах ИГХ СО РАН и ИФиТ АНМ. В рациональный комплекс аналитических методов включены: атомно-эмиссионная спектрометрия с дуговым разрядом, индуктивно связанной плазмой и пламенем (АЭС-ДР, АЭС-ИСП и ПАЭС) и рентгенофлуоресцентная спектрометрия (РФС). Градуирование методик и контроль качества аналитических результатов выполнены с помощью стандартных образцов состава природных и техногенных сред, разработанных ИГХ СО РАН, CGL и USGS. В почвенных пробах определены валовые содержания и концентрации подвижных форм макро- и микроэлементов, характеризующих биодоступность элементов.

Для выявления особенностей распределения рассматриваемых элементов выполнен разведочный анализ данных и, полученные данные сопоставлены с содержаниями



XIII ВСЕРОССИЙСКОЕ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЕ СОВЕЩАНИЕ
(с участием зарубежных ученых)

**ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОДИНАМИКА
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Материалы совещания



**ТОМ 1
А-И**

**Иркутск
2021**



ЭЛЕМЕНТНЫЕ ПРОФИЛИ ТИМЬЯНА ДИКОРАСТУЩЕГО В РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВЕННЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Васильева И.Е.¹, Шабанова Е.В.¹, Бямбаасурен Ц.², Хуухэнхуу Б.², Дорошков А.А.¹

¹Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт физики и технологии Монгольской академии наук, Уланбаатар, Монголия

Растения рода *Thymus* L. (тимьян, богородская трава) традиционно используют в медицине и кулинарии благодаря наличию в них биологически активных соединений, обладающих фунгицидными, противовоспалительными, антибактериальными, противоонкологическими и другими лекарственными свойствами, а также оригинальными вкусовыми качествами. Известно, что генетические особенности и условия произрастания (тип почвы, климат, рельеф местности, соляризация и т.д.) растений определяют их элементный состав, отвечающий за синтез этих соединений. Однако информация о содержаниях и распределении химических элементов в органах растений рода *Thymus* L., весьма ограничена. Целями исследования явились определение элементных составов, составление и сравнение элементных профилей двух видов растения *Thymus* L., дикорастущих в разных почвенно-климатических условиях.

Одновременно в период интенсивного цветения были собраны растения *Thymus serpyllum* L. в монгольской степи и *Thymus baikalensis* L. на берегу оз. Байкал. Также в местах их произрастания отобраны почвы. В высушенных образцах почвы, подземных (корни) и надземных (стебли, листья, цветы) частях растений определены содержания 24-х элементов методом атомно-эмиссионной спектроскопии с дуговым разрядом постоянного тока (АЭС-ДР) в ЦКП «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН. Метод АЭС-ДР не требует озоления или кислотного разложения образцов для концентрирования микроэлементов. Средние значения относительного стандартного отклонения составили 8-20 %. Прослеживаемость результатов АЭС-ДР оценена с помощью анализа сертифицированных стандартных образцов состава растений ЛБ-1, ТР-1 и ЭК-1 (ИГХ СО РАН, Россия) и GSV-4 (Китай) методами АЭС-ИСП и МС-ИСП. Правильность результатов анализа почв оценена при одновременном анализе сертифицированных референтных материалов Монголии (ТсН-1, Н-2) и Китая (GSS 1÷3; -6; -8). Определены содержания и установлены профили накопления 24-х эссенциальных, условно эссенциальных и токсичных элементов в последовательностях «почва–корни–стебли–листья–цветы» для растений *Thymus serpyllum* L., произрастающих в условиях аридной монгольской степи, и *Thymus baikalensis* L. – во влажном климате на побережье оз. Байкал.

Установлено, что содержание элементов в почвах различно, но элементные профили цветов, особенно их средние звенья, остаются постоянными. Это свидетельствует о преобладании генетической устойчивости растений вида *Thymus* L. над влиянием почвенно-климатических условий произрастания. Максимальное накопление кремния в надземных органах растений указывает на то, что в ходе эволюционного развития кремний стал необходимым элементом для жизненного цикла растений вида *Thymus* L. В дальнейшем представляет интерес изучение роли кремния в синтезе биологически активных соединений, а также разработка "fingerprint" растений рода *Thymus* L. на основании характерного элементного профиля и, возможно, наиболее типичных композиций эфирных масел.

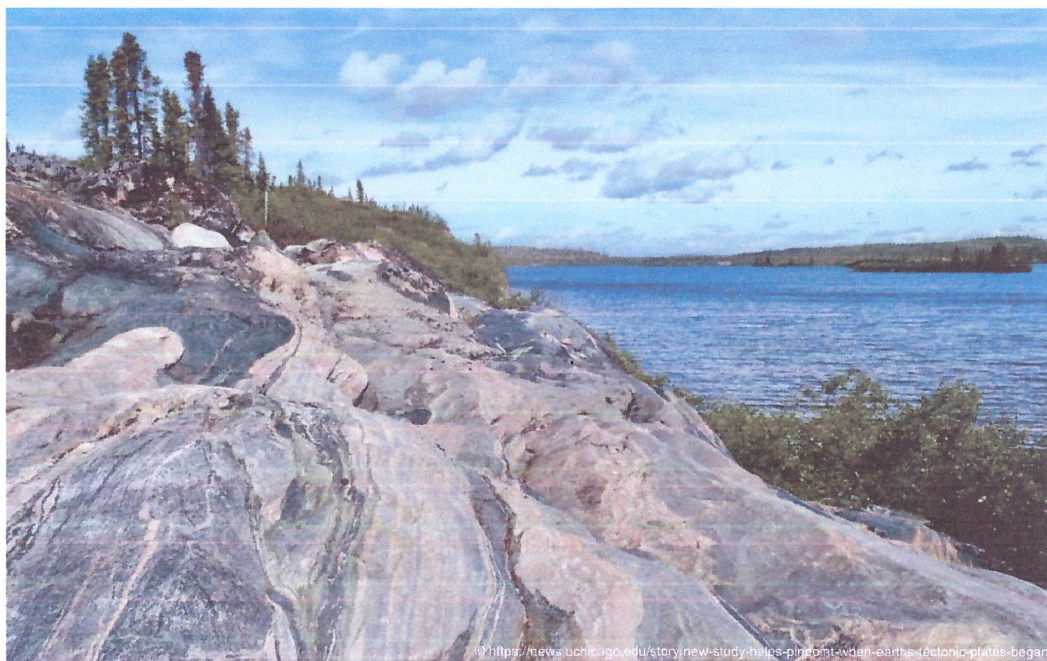
Исследование выполнено в рамках научной темы "Создание эталонных образцов для геоанализа и разработка аналитических методов изучения и оценки состояния окружающей среды" и Соглашения о научном сотрудничестве между ИГХ СО РАН и ИФиТ МАН по изучению экологии сопредельных территорий России и Монголии.



XIII ВСЕРОССИЙСКОЕ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЕ СОВЕЩАНИЕ
(с участием зарубежных ученых)

**ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОДИНАМИКА
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Материалы совещания



**ТОМ 3
Р-Я, D-W**

**Иркутск
2021**



ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЧВ МЕТОДАМИ МНОГОМЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА (НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ Г. УЛАН-БАТОР)

Шабанова Е.В.¹, Ц. Бямбаасурен², Очирбат Г.², Васильева И.Е.¹

¹*Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия*

²*Институт физики и технологии Монгольской академии наук, Уланбаатар, Монголия*

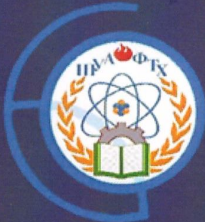
Почва является динамической экосистемой, способной накапливать и переносить те или иные компоненты (микроэлементы). Различные антропогенные (промышленные и транспортные выбросы) и природные (почвообразующие процессы) источники оказывают влияние на состав почв и их способность к самовосстановлению. При изучении городских почв, которые имеют мелкоконтурность, широкое пространственное варьирование свойств, низкую буферную способность и утрату плодородия, важно знать не только содержание химических элементов в них, но и геохимическую структуру для отслеживания связи с подстилающими породами и выявления потенциальных загрязнителей. Современная методология установления источников загрязнения окружающей среды, выявления взаимосвязи и взаимозависимости между элементами почвенного покрова широко применяет методы многомерного статистического анализа. Однако в большинстве публикаций исследования ограничены узким кругом микроэлементов, несмотря на то, что от глинистой, илистой или песчаной фракции зависит элементный состав почвы и направленность биогеохимических процессов. В работе на примере почвенного покрова г. Улан-Батор оценён необходимый круг микроэлементов для составления представления об источниках загрязнения окружающей среды.

Улан-Батор – это большой промышленно-транспортно-селитебный ареал Монголии с населением более 1 млн. человек. Город расположен 1300–1500 м над уровнем моря на севере центральной части Монголии в межгорной котловине долины р. Туул. Климат резко континентальный со значительными годовыми и суточными колебаниями температуры воздуха. Общая площадь территории города составляет 4704.4 км² и относится к Хангайской почвенно-биоклиматической провинции, Предхэнтэйскому округу с каштановыми и темно-каштановыми почвами в элювиальных и трансэлювиальных условиях, и с аллювиальными каменисто-галечниковыми почвами в аккумулятивных ландшафтах речных долин. В долине р. Туул и на южных склонах Чингэлту под полынно-разнотравно-злаковыми сообществами формируются темно-каштановые мучнисто-карбонатные почвы с нейтральной реакцией, незначительным содержанием гумуса (2–3 %) и бескарбонатными верхними горизонтами почвенного профиля. Подстилающие породы представлены архейскими гранитами, каменноугольными метаморфическими глинистыми сланцами и неогеновыми пестроцветными глинами, часто содержащими легкорастворимые соли и гипс, пески и конгломераты. В долинах рек преобладают галечниковые песчано-суглинистые аллювиальные отложения четвертичного возраста.

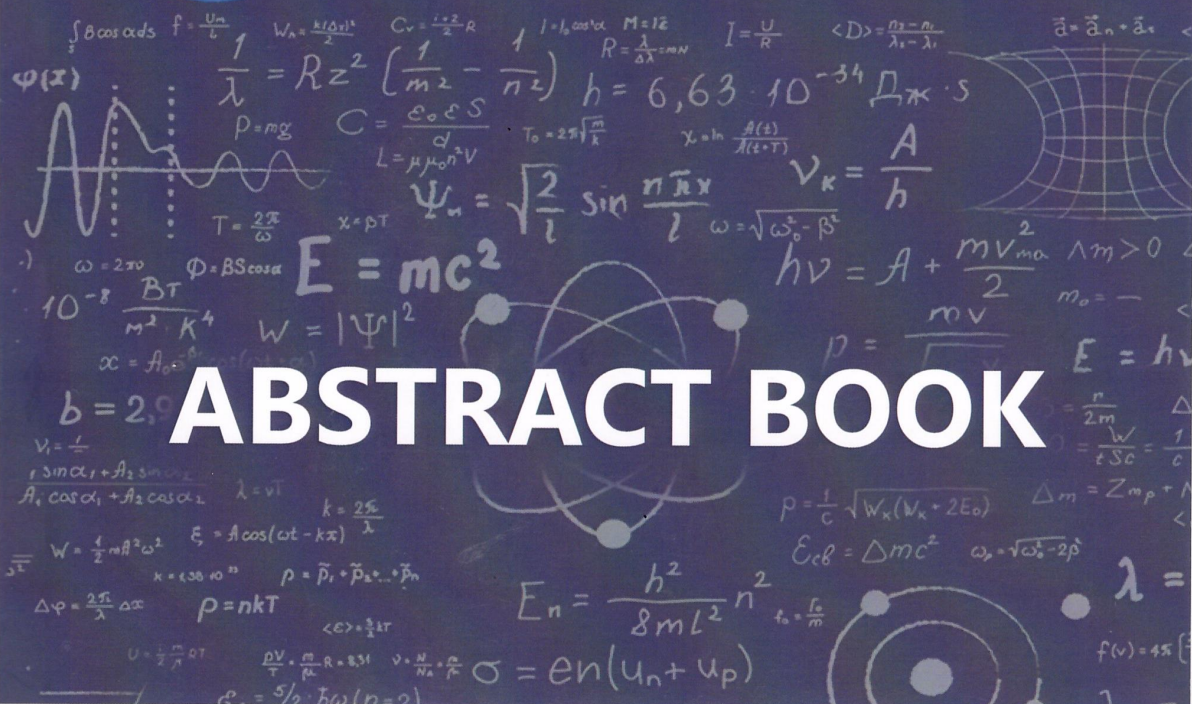
Содержание рН, С орг, Si, Al, Mg, Fe, Ca, Na, P, Ti, Ag, As, B, Ba, Be, Bi, Co, Cd, Cr, Cu, F, Ga, Ge, K, Mo, Mn, Li, Ni, Pb, S, Sb, Sn, Sr, Tl, V, W и Zn в пробах определены в ЦКП «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН. Статистические особенности распределения микроэлементов в поверхностной почве г. Улан-Батор указывают на их положительно искаженные распределения, что косвенно свидетельствует о наличии точечного источника загрязнения. С помощью кластерного анализа данных установлены ассоциации макроэлементов, характеризующие основные фракции почвы: песчаная – P-(K-Na-Si), глинистая – (Mg-Ti-Fe-Al) и илстая – (S-Ca). С помощью факторного анализа выявлено, что илстая фракция обогащена макроэлементами не только природного



MONGOLIAN PHYSICAL SOCIETY



**MONGOLIAN ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF PHYSICS AND TECHNOLOGY**



ABSTRACT BOOK

**ANNUAL MEETING OF MONGOLIAN PHYSICAL
SOCIETY ON THE OCCASION OF 60TH ANNIVERSARY
OF INSTITUTE OF PHYSICS AND TECHNOLOGY,
MONGOLIAN ACADEMY OF SCIENCES**

**ULAANBAATAR
2021**



Speaker: Byambasuren Tsagaan

Affiliations: Researcher at Innovation and Technology Laboratory, Institute of Physics and Technology, Academy of Sciences, Mongolia

Research interests: agrochemistry and soil science; geological and mineralogical sciences

GEOLOGICAL CONDITIONS OF FORMATION AND BIOGEOCHEMICAL TYPIFICATION OF THE SOIL-VEGETATION COVER IN ULAANBAATAR

Byambasuren Tsagaan

*Innovation and Technology Laboratory, Institute of Physics and Technology,
Academy of Sciences, Mongolia
Email: byambasurents@mas.ac.mn*

Due to the growing population, the territory of Ulaanbaatar is undergoing changes, leading to a change in the environment and a strong transformation of the soil cover. The change in the natural structure of the soil cover in Ulaanbaatar is mainly associated with different types of land use, leading to a mosaic structure of urban soils. The main factors of technogenic transformation and pollution of the soils of the metropolis: factories, fuel and energy complex and motor transport.

Therefore, soil-vegetation cover pollution with various toxicants and their compounds, transformation of the microelement composition and imbalance in them of biophilic elements that affect the change in the structure of the soil cover and its functions (bioecological, biogeochemical, sanitary), is a serious problem.

The main purpose of this work is geological conditions of formation and biogeochemical typification of the soil-vegetation cover in Ulaanbaatar and to identify the pollution sources.

This work summarizes the results of analytical studies reflecting the distribution of macro- and microelements in the soil-vegetation cover of Ulaanbaatar and their origin sources. Macroelements associations characterize the main soil fractions: sandy - P-(K-Na-Si), clayey - (Mg-Ti-Fe-Al) and silty - (S-Ca). It was revealed that the clay fraction is enriched with macroelements not only of natural origin, but also of anthropogenic origin. The study of trace element composition throughout the city confirms the absence of a normal distribution of trace element content throughout the city, which is typical for surface urban soils with a layer thickness of about 50 cm. The main reason for the enrichment of soils in Ulaanbaatar with potentially toxic elements is dust-aerosols from combustion coal in the fuel and energy complex (B, Bi, Ca, Mo, S and Sr) and vehicle emissions (Cu, Pb, Sn and Zn).

Based on the results of the spatial distribution of microelements, the areas of the city that are most susceptible to technogenic impact (places of yurt buildings, central transport highways, the vicinity of the bus station and factories for processing wool and leather) were identified. The simultaneous presence of some elements in different

ШУА-н Физик тэхнологийн хүрээлэнгийн эрдэм шинжилгээний ахлах ажилтан
Э. Нямдаваагийн удирдаж гүйцэтгэсэн “Суурин газрын хөрсний бохирдлын
спектроскопийн судалгаа, геостатистик загварчлал” суурь судалгааны ажилд өгөх
шүүмж

2023.03.09

Сүүлийн жилүүдэд Улаанбаатар хотод хотжилт эрчимтэй явагдаж буйтай холбоотой хотын хөрсний бохирдлын геостатистик загварчлал гаргах зорилготой ажиллаж эхэлжээ. Энэхүү суурь судалгааны төслийн тайланг 12 хүснэгт, 12 зураг, 3 гистограмм бүхий нийт 4 бүлэгт багтаан 59 хуудсанд тайлагнажээ.

1-р бүлэгт Улаанбаатар хотын нийт газар нутгаас цуглуулсан өнгөн хөрсний 90 гаруй дээжинд хийж гүйцэтгэсэн хөрсний физик-химийн үзүүлэлтийг тодорхойлсон уламжлалт болон спектроскопийн арга зүй ба аргачлалын болон хөрсөн дэх микроэлементүүдийн бохирдлын түвшний орон зайн тархалтын геостатистик загварчлалын онолын талаарх мэдээллүүдийг багцлан бичжээ.

2-р бүлэгт Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх физик-химийн зарим шинж чанарын шинжилгээний үр дүнг нэгтгэсэн байна.

3-р бүлэгт Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх макро, микроэлементүүд ба хүнд металлуудын тархалтын судалгаа, агуулгын эколог геохимийн онцлог ба хотын өнгөн хөрсөнд орших эх үүсвэр, гол бохирдуулагч элементүүдийн хөрсний үинж чанар, хөрсөн дэх макроэлементүүдийн агуулгаас хамаарах хамаарлын судалгааны үр дүнг нэгтгэжээ.

4-р бүлэгт Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний микроэлементүүд, хүнд металлуудын бохирдлын түвшин, нийт бохирдлын орон зайн тархалтын интерполяцийн кригингийн үр дүнг болон зарим хүнд металлын бохирдлын орон зайн тархалтыг интерполяцийн кригингийн үр дүнг болон зарим хүнд металлын бохирдлын орон зайн тархалтыг интерполяцийн кригингийн аргаар үйлдсэн зураглалыг сансрын мэдээлэл ашиглан үйлдсэн тархалттай харьцуулан судалсан үр дүнг тайлагнажээ.

Төслийн тайланг уншиж судлан дараах сайшаалтай болон дутагдалтай талуудыг доор сийрүүлье.

Сайшаалтай талууд:

1. Хотжилт эрчимтэй явагдаж байгаа үеийн өнгөн хөрсний бохирдлын түвшний талаарх ерөнхий зураглалыг орон зайн тархалтын интерполяцийн аргаар хийсэн нь суурь судалгааны нэн чухал ач холбогдлыг харуулна.
2. Энэхүү суурь судалгааны ажил нь зөвхөн мониторингийн ажил төдийгүй бохирдлын гол гол эх үүсвэрүүдийн тогтоожээ.
3. Сансрын мэдээллийн болон судалгааны орон зайн тархалтын кригингийн арга зүйн зураглалын хооронд 65 хувийн үнэмшилтэй байгаа нь эдийн засгийн хувьд өртөг багатай сансрын зураглалыг хэрэглэж болохыг тогтоожээ.
4. Төслийн үр дүнг номын бүлэг, мэргэжлийн хянан магадлалтай сэтгүүлд өгүүлэл, эрдэм шинжилгээний хуралд илтгэл тус тус хэвлэн нийтлүүлэн хангалттай хэлэлцүүлжээ.

Дутагдалтай талууд:

1. Хотжилт их эрчимтэй явагдаж буй Улаанбаатар хотын хувьд хөрсний үндсэн болон дэд хэв шинжүүдийн өөрчлөлт, шалтгааныг харуулсан бол ажлын үнэлгээг дээшлүүлнэ гэж үзлээ. Дээж авсан цэгүүдийн байршил байгаа боловч яагаад ийм цэгүүдийг сонгосон, дээж авсан цэг дэх талбай, зураглал, аргачлалыг илүү дэлгэрүүлэх нь үндсэн ажлын үнэн зөв байдлыг бүрэн харуулах тул нэмэлт мэдээллийг оруулах хэрэгтэй.
2. Судалгааны ажилд үр дүнг статистикийн хувьд илүү нарийвчлалтай харуулах, тухайлбал утгат түвшин, алдааны муж, үнэн зөв байдлыг кластер анализ, гол компонентийн анализын үр дүнд хэрэглэх нь зүйтэй. Үүнд, анализын статистикийн үнэлгээг сайжруулах хэрэгтэй. Тухайлбал, 3,4-р хүснэгтүүдийн үр дүнгийн утгат түвшин өөр өөр байгаа нь анализын үр дүнгийн нарийвчлалыг тооцсон эсэх нь эргэлзээтэй байна.
3. Хөрсний минералын бүтцийн талаар мөн зарим физик химийн үзүүлэлтийн өөрчлөлтийн шалтгааныг бүрэн тайлбарлаагүй байна.
4. Өөр арга аргачлалтай хэдий ч бусад судлаачдын үр дүнтэй харьцуулах ажил орхигдсон байгааг анхааран залруулах шаардлагатай.

Энэхүү суурь судалгааны ажил нь цаг үеийн шаардлагатай асуудалд суурь мэдээлэл өгсөн шинжлэх ухааны түвшинд хийгдсэн даалгаврыг хангалттай биелүүлсэн ажил болжээ гэж үзлээ.

Санал: Ийм төрлийн суурь судалгааны ажлыг салбар дундын эрдэмтдэд захиалга өгч хийлгэх, энэ талын судалгаа хийдэг туршлагыг харгалзан үздэг байх нь зүйтэй санагдлаа.

Шүүмж бичсэн



МУИС-ийн профессор О. Болормаа

“Суурин газрын хөрсний бохирдлын спектроскопийн судалгаа, геостатистик загварчлал”

сэдэвт суурь судалгааны сэдэвт ажлын тайланд өгөх шүүмж

Шинжлэх Ухааны Академийн Физик технологийн хүрээлэнгийн Инноваци технологийн лабораторийн эрхлэгч, эрдэм шинжилгээний ахлах ажилтан, доктор Э.Нямдаваа удирдагчтай судалгааны багийн 2020-2022 онд хэрэгжүүлсэн “Суурин газрын хөрсний бохирдлын спектроскопийн судалгаа, геостатистик загварчлал” суурь судалгааны сэдэвт ажлын тайлантай уншиж танилцаад дараах шүүмжийг өгч байна.

Энэхүү судалгаа нь суурин газрын хөрсний бохирдлын спектроскопийн судалгаа, геостатистик загварчлалыг гаргах зорилго тавьж, тус зорилгын хүрээнд хөрсний органик нүүрстөрөгч, рН, хөрсний эрдсийн физик химийн зарим шинж чанарын үзүүлэлтүүд ба хөрсөнд агуулагдах макро, микро химийн элэмент, хүнд металлуудыг уламжлалт болон спектроскопийн аргаар тодорхойлох; өгөгдөлд боловсруулалт хийж тархалтыг судлах, агуулгыг тогтоох, бохирдлын түвшинг үнэлэх, гол бохирдуулагчийн бохирдлын эх үүсвэрийг тогтоох; хөрсний бохирдлын түвшиний орон зайн тархалтын зураглал үйлдэх, геостатистик анализын орон зайн интерполяцийн кригингийн арга ба сансрын мэдээ ашиглан орон зайн статистик загварчлалыг боловсруулан загварчлах зорилтуудыг тавьсан байна. Судалгааны ажлын үр дүнг дараах 4 бүлэгт багтаан эмхэтгэсэн байна. Үүнд: суурь судалгааны төсөлт ажлын судалгааны гол объект буюу Улаанбаатар хотын нийт газар нутгаас цуглуулсан өнгөн хөрсний 90 гаруй дээжинд хийж гүйцэтгэсэн хөрсний физик химийн шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон уламжлалт болон спектроскопийн аргазүй ба аргачлалын мэдээлэл болон хөрсний микроэлементүүдийн бохирдлын түвшиний орон зайн тархалтын геостатистик загварчлалын онол аргазүйн мэдээллийг 1-р бүлэгт, Улаанбаатар хотын өнгөн физик химийн зарим шинж чанарын шинжилгээний үр дүнг 2-р бүлэгт, Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсөн дэх макро, микроэлементүүд ба хүнд металлуудын тархалтын судалгаа, агуулгын эколог геохимийн онцлог ба хотын өнгөн хөрсөнд орших эх үүсвэр, гол бохирдуулагч элементүүдийн хөрсний шинж чанар, хөрсөн дэх макроэлементүүдийн агуулгаас хамаарах хамаарлын судалгааны үр дүнг 3-р бүлэгт, харин 4-р бүлэгт Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний микроэлементүүд, хүнд металлуудын бохирдлын түвшин, нийт бохирдлын (PI, Zct) орон зайн тархалтын интерполяцийн кригингийн үр дүнг болон зарим хүнд металлын бохирдлын орон зайн тархалтыг интерполяцийн кригингийн аргаар үйлдсэн зураглалыг сансрын мэдээлэл ашиглан үйлдсэн тархалттай харьцуулан судалсан үр дүнг тус тус нэгтгэн харуулсан байна.

Суурь судалгааны төслийн хүрээнд Улаанбаатар хотын хөрсний хими физикийн зарим шинж чанар рН, Corg-ын хэмжээг уламжлалт аргуудаар, эрдсийн агуулгыг дифрактометрээр ба хөрсөнд агуулагдах Si, Al, Ca, Mg, Fe, Ti, Na, P, Ba, Sr, Li, B, Mn, Ni, Co, V, Cr, W, Mo, Sn, Ga, Ge, Bi, Be, Pb, Ag, Zn, Sb, Cu, Cd, F, As, Co, Ni, Zr ба Tl –ийг атомын спектроскопийн цогц схемийн дагуу тус тус тодорхойлж, үзүүлэлт тус бүрийн агуулга тархалтын судалгаа явуулж, Улаанбаатар хотын өнгөн хөрсний микроэлементүүд ба хүнд металлуудын бохирдлын түвшинг геостатистик аргаар загварчилж гарган авсан байна.

Хөрсний бохирдлыг физик, хими, газарзүй, фактор анализын, орон зайн тархалтын, геостатистикийн зэрэг олон арга аргачлал ашиглан судалж хүрээлэн буй орчны бохирдлын асуудлыг өргөн хүрээнд цогц байдлаар гаргаж тавьснаас гадна өөрийн орны болон олон улсын эрдэмтэдтэй хамтарсан судалгаа явуулж, өмнөх судалгааны үр дүнгүүдтэй харьцуулан, эрдэм шинжилгээний гурван бүтээл хэвлүүлж, дөрвөн илтгэл тавьсан нь энэхүү судалгааны ажлыг шинжлэх ухааны өндөр ач холбогдолтой, чамбай сайн ажил болсныг илэрхийлж байна. Мөн сансарын мэдээлэл ашиглан геостатистик кригингийн аргаар хөрсний элементийн тархалтыг загварчилж, хот суурин, хөдөө аж ахуй, газар тариалан, уул уурхайн орд газрын хөрсний элементийн тархалтыг 65%-ийн үнэмшилтэй тогтоох боломжтой гэж үзсэн нь энэ ажлын нийгэм, эдийн засгийн ач холбогдлыг харуулж байна.

Иймд доктор Э.Нямдаваагийн удирдан хэрэгжүүлсэн “Суурин газрын хөрсний бохирдлын спектроскопийн судалгаа, геостатистик загварчлал” суурь судалгааны сэдэвт ажил нь хөрсний бохирдол, тархалтыг үнэлсэн өргөн хүрээтэй цогц судалгааг гүйцэтгэж, олон улсад хүлээн зөвшөөрөгдсөн үр дүн гарган авч, тавьсан зорилго, зорилтоо бүрэн хэрэгжүүлж, биелүүлсэн сайн судалгааны ажил болжээ дүгнэж байна.

Шүүмж бичсэн:



Доктор Д.БОЛОРТУЯА
Цөмийн физикийн судалгааны төв
2023.03.07.