

Хараатын орд орчмын ургамал, ус, хөрсний зарим элементүүдийн судалгааны үр дүнгээс

Д.Баярчимэг^{1,2}, А.Каривай¹, С.Шинэхүү¹, Г.Тамираа^{2*}

¹ Геологийн төв лаборатори

² МУИС, ХШУИС, Хими, биологийн инженерчлэлийн тэнхим

Монгол орны Дорноговь аймгийн Хараатын ураны орд газрын ургамал, ус, хөрсний зарим элемент нэгдлийн агуулгыг тодорхойлж, гарсан үр дүнд статистик анализын боловсруулалт хийснээр элемент хоорондын хамаарлыг хөрс, ус, ургамлын орчинд харахаас гадна дээж хоорондын хамаарлыг статистик боловсруулалтын Принципал компонентын ПКА (Principle Component Analysis-PCA) аргыг ашиглан тогтоолоо.

I. УДИРТГАЛ

Дэлхийн нийтэд уул уурхайн олборлолт, түүнийг дагасан үйлдвэрлэлээс болж байгаль орчин, хүрээлэн буй орчны бохирдол үүсэж байгаа нь дэлхийн хамгийн том 5-н асуудлын нэг болоод байна. Байгалийн баялгийг зүй зохистой ашиглах, нөхөн сэргээх гэдэг нь эдийн засгийн төдийгүй, шинжлэх ухааны олон салбарыг хамарсан чухал асуудал юм. 2020 оны 1 сарын байдлаар монгол орны хэмжээнд хүчин төгөлдөр тусгай зөвшөөрлийн тоо 2796, ашиглалтын лиценз 1126 байна [1]. Манай орны хувьд уул уурхайгаас олох орлого ДНБ-нд томоохон байр суурийг эзэлдэг. Монгол орон нь нүүрс, зэс, алт зэрэг байгалийн баялгаас гадна цацраг идэвхт ураны (238U)-ны томоохон нөөцтэй болох нь тогтоогдоод байгаа. Өнөөгийн байдлаар ураны 11 ордын хэмжээнд 75 орчим мян.тн геологийн нөөц, баялаг зэргээр 1.5 орчим сая.тн таамаг нөөцийг тогтоогоод байна. Гэсэн хэдий боловч одоогоор цацраг идэвхт ураны олборлолт хийгдээгүй байна. Уран нь байгаль дээр тогтвортой хэлбэрээрээ оршин байхдаа хүрээлэн буй орчин, хүн малын эрүүл мэндэд ноцтой хохирол учруулахгүй ч хүрээлэн буй орчны бохирдлыг үүсгэж байна. Манай оронд энэ төрлийн судалгаа шинжилгээ хангалттай биш байна.

Энэхүү судалгааны ажилд Геологийн Төв Лаборатори, Монгол Улсын Их Сургууль хамтран цацраг идэвхт орд газар орчмын хөрс, ундны ус хийгээд малын хоол тэжээлийн гинжин холбоонд ордог ургамалд агуулагдах хүнд, хортой, цацраг идэвхт элементүүдийн судалгаа хийснийг танилцуулж байна. Дээж

бүр дэх элементийн агуулгыг тодорхойлж, гарсан үр дүнд статистик анализын боловсруулалт хийснээр элемент хоорондын хамаарлыг хөрс, ус, ургамлын орчинд харахаас гадна дээж хоорондын хамаарлыг тогтоох боломжтой. Статистик боловсруулалтын аргаар Принципал компонентын ПКА (Principle Component Analysis-PCA) аргыг сонгон хэрэглэлээ.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Цацраг идэвхт орд газрын хөрс, ургамал, усан дахь цацраг идэвхт элемент болон бусад хүнд элементүүдийн агуулгыг тогтоох зорилгоор Дорноговь аймгийн Даланжаргалан сумын Чойрын хотгорт орших Хараатын ураны орд газрын талбайн 4-н солиболцлын дотор талаас хөрс, ургамал, усны дээж авсан. Энэ орд газрын байршлыг зураг 1-д харууллаа.



Зураг 1. Дорноговь аймгийн Даланжаргалан сумын Хараатын ураны орд.

Хөрсний дээжийг:

* Electronic address: tamiraa@seas.num.edu.mn

- 100:100 метр бүхий квадрат, 120 метрийн 2 катет бүхий тэгш өнцөгт, адил хажуут гурвалжин талбайг тус тус сонгон авч талбайн талуудын дагуу хөрсний дээжийг авсан. Үүнээс гадна хөрсний дээжийг судалгааны талбайг бүхэлд нь хамруулахын тулд квадрат хэлбэртэй талбайн диагоналийн дагуу, адил хажуут гурвалжин хэлбэрийн талбайн дотор талаас тодорхой зайгаар 2 шугам татаж, 12-15 см-н гүнээс шинжилгээ хийхэд хүрэлцэхүйц хэмжээний тус бүр 2кг орчим нийт дээж авсан.

	Уртраг	Өргөрөг	Ургамлын нэр
P-1	108°292020.08	45° 13905	Лууль
P-2	108°292020.05	45°413905	Сагадана харгана
P-3	1082°9020.61	45°4138.01	Сагадана харгана
P-4	108°2919.08	45°413825	Дэрс
P-5	108°2917.05	45°403525	Харгана
P-6	108°2918.01	45°4038.32	Лууль
P-7	108°29152	45°413943	Харганы үндэс
P-8	108°254492	45°405107	Харганы үндэс
P-9	108°2918.06	45°413929	Харгана
P-10	108°280678	45°420453	Харгана
P-11	108°280517	45°413943	Ерхөг
P-12	108°280568	45°410561	Хамхол
P-13	108°267451	45°391138	Хамхол
P-14	108°273941	45°401388	Харгана
P-15	108°274801	45°401391	Дэрс
P-16	108°274956	45°401141	Ямаан шарилж

Ургамлын дээжийг:

- хөрсний бохирдол үүсгэхгүйн тулд өнгөн хөрснөөс дээш 5 см-т ургамлыг тайрч, тусгайлан бэлдсэн цаасан уутанд хийж, ургамлын төрөл нэр зэргийг бичиж тэмдэглэсэн. [2]

Усны дээжийг:

MNS ISO 5667-11:2000 – Усны чанар-Дээж авах стандартын дагуу дараах байршлуудаас:

- Тус орд газрын гүний усны ойролцоо орших Халзангийн рашаан,
- Геологичдын тосгонд буй гүний худаг,
- Дундговь аймгийн Баянжаргалан сумын төвд орших худгаас тус бүр нь 1-1.5литр хэмжээний усны дээж авч судалгаа хийсэн.

Судалгааны ажилд зориулан авсан бүх дээжийг Геологийн Төв Лабораторийн Хими Физик Аргын тасагт MNS 11466:2007, ISO 11885:2007, MNS ISO 17294:2018 – стандартуудын дагуу ICAP-6300 маркийн индукцийн холбоост плазмын оптик эмиссийн спектрометр (ICP-OES), XSERIES II маркийн индукцийн холбоост плазмын масс спектрометр (ICP-MS) багаж тоног төхөөрөмжүүдийг ашиглан гүйцэтгэсэн. (Зураг 2, 3).



Зураг 2. XSERIES II маркийн Индукцийн холбоост плазмын масс спектрометр (ICP-MS).



Зураг 3. ICAP-6300 маркийн Индукцийн холбоост плазмын оптик эмиссийн спектрометр, (ICP-OES).

Шинжилгээ хийлгэсэн нийт дээжүүдээс:

- хөрсний 25 дээж,
- ургамлын 16 дээж,
- усны 6 дээжийг сонгож авч элемент хоорондын хамаарлыг Принсипал Компонент Анализ (ПКА) - н арга ашиглан тогтоосон. ПКА нь олон хэмжээст статистик өгөгдлийг хэмжээсийг бууруулан задлан шинжлэх, хувьсагч хоорондын харилцаа холбоог тогтооход өргөн хэрэглэгддэг статистик тооцооллын арга юм [3]. Анализын үр дүнд Принсипал компонент-1, Принсипал компонент-2-н огторгуйд харуулсан ба 3 хэмжээст

огторгуйд, хавтгайн проекцтой хамт графикаар харуулсан.

III. ҮР ДҮН

Хүснэгт 1. Усны дээжийн үр дүн

Дээж №	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6
	1	2	3	4	5	6
Дээжийн тодорхойлолт	Баянжаргалан сум	Хараалтын хотхон	Халзан рашаан	Халзан рашаан 1	Халзан рашаан 2	Халзан рашаан 3
K	158.7	1.45	173.5	171	172	173
As	0.006	0.002	0.005	0.011	0.012	0.01
Se	0.006	0.004	0.005	0.021	0.024	0.023
Sr	2.360	0.461	2.408	1.592	1.914	1.843
Pb	<0.01					
Th	0.001	<0.001				
U	0.027	0.034	0.028	0.027	0.033	0.029

Усны дээжүүдэд хангалттай олон элемент шинжлүүлж чадаагүй ч чухал элементүүдийн утгыг хөрс болон ургамлын дээжүүдтэй нэгтгэн ПКА-г гүйцэтгэлээ. ПКА-н үр дүнг тооцохдоо хувийн утга нь Принцип компонентын дугаараас хамааруулсан графикийг (График 1) үзүүлэв. 4-р утгаас эхлэн тогтмолжиж эхэлсэн гэж үзэн ПК-ийн 4-н вектор хангалттай гэж үзлээ.

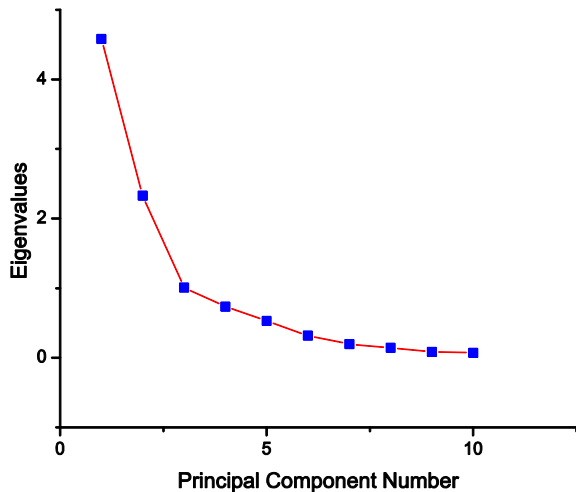


График 1. Хувийн утгаас хамааруулан хувийн векторын хязгаарыг тогтооход хэрэглэсэн график.

Эхлээд хөрс болон ургамлын дээжүүдийн элементүүдэд статистик анализ хийхэд хөрсний хувьд Ni болон Co нь хоорондын хамаарал өндөртэй байгаа (График 2) бол ургамлын дээжийн хувьд Zn нь Cu-тэй хамааралтай

харагдаж байна (График 3). Харин дээж хоорондын хамаарлын хувьд хүнд болон хортой элементээрээ нэг кластер болохуйц үр дүнг хөрс болон ургамлын дээжүүдийн аль алинд нь гараагүй байна.

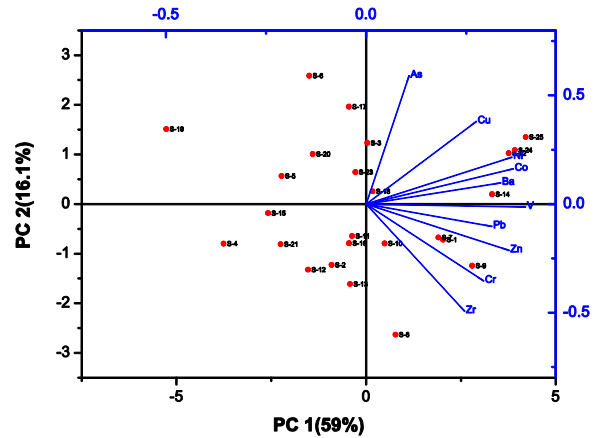


График 2. Хөрсний дээжүүдэд хийсэн ПКА-н үр дүн.

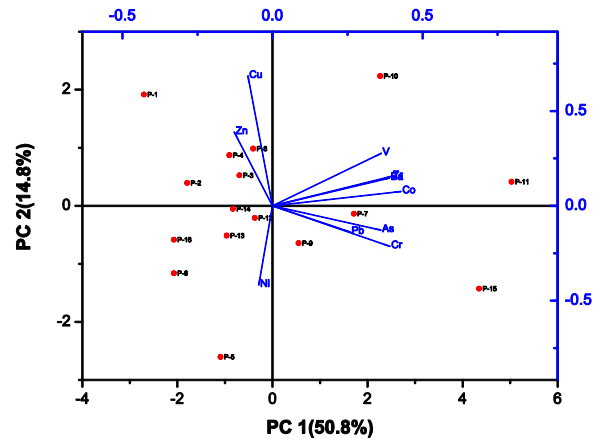


График 3. Ургамлын дээжүүдэд хийсэн ПКА-н үр дүн.

Ингээд хөрс болон ургамлын дээжүүдэд хийсэн элементийн анализаас хүнд болон хортой элементүүдийг сонгон авч статистик анализ хийхэд коварианс матрицын хувийн векторууд нь дараах хамаарлаар элементүүдээс хамаарч байна. Хүснэгт 2 – д харуулснаар 1-р компонент нь Sr, Co, Th, U-ны концентрацаас хамаарсан хамаарал хэсэг түлхүү орсон бол харин 2-р компонентод Pb, U-ны мэдээллийг илүүтэйгээр агуулж байна. ПК-1, ПК-2-н вектор огторгуйд кластер анализ хийсэн үр дүн График 4-т үзүүлэв. Үр дүнгээс харахад Zn, Cu гэсэн элементүүдэд ургамлын дээжүүд хоорондоо хамаарал өндөртэй гарлаа. Түүнчлэн хөрсний дээжүүд нь ургамлын дээжүүдээс нэлээд сайн ялгарч тусдаа кластер үүсгэсэн нь харагдаж байна.

Хүснэгт 2. Хөрс болон ургамлын хүнд, хортой элементийн ковариаци матрицын 4 хувийн вектор.

	PC1 (51.5%)	PC2 (24.8%)	PC3 (10.1%)	PC4 (4.9%)
Cr	0.363	-0.039	0.295	-0.483
Co	0.410	0.136	0.012	0.051
Pb	0.163	0.452	0.455	-0.057
Ba	0.393	0.127	0.042	-0.192
Cu	-0.064	0.587	-0.196	0.174
V	0.413	-0.010	-0.288	0.037
Zn	-0.063	0.605	0.006	0.009
Th	0.392	-0.144	-0.100	-0.180
U	0.331	0.048	-0.579	0.288
As	0.278	-0.162	0.487	0.759

Zr нь хөрсний дээжүүдэд түлхүү агуулагдсан нь графикийн баруун доод хавтгайд илэрсэн байна. Хүнд болон хортой элементүүдийн хувьд ургамлын дээжүүд нь хоорондын хамаарал багатай хоёр хэмжээст хавтгаад тархан байрласан байгаа ч P-11 буюу Луулийн дээж, P-15 буюу Харганы дээжүүд нь бусад ургамлын дээжүүдээс элементийн найрлагаараа нэлээд ялгаатай гарсан байна.

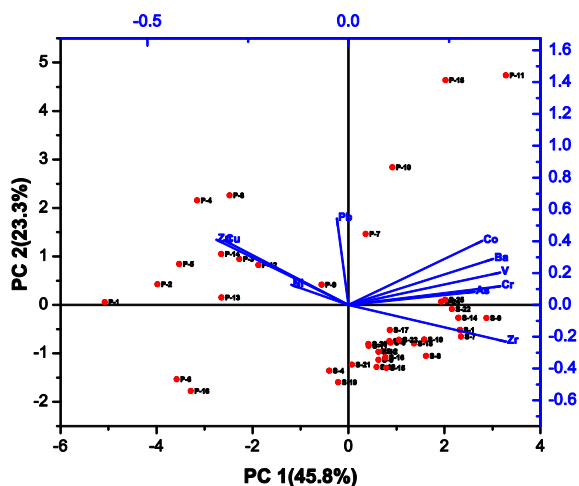


График 4. Ургамал болон хөрсний дээжүүдэд хийсэн ПКА-н үр дүн.

Эцэст нь хөрс, ургамал, усны дээжүүдийг нэгтгэн анализ хийхэд ковариаци матрицын 4-н векторын хамаарал нь дараах байдлаар харагдаж байна (Хүснэгт 3).

Эхний хоёр векторт харгалзах элементийн нөлөөллийг харахад Zr, Cr, V, Pb гэсэн элементүүд зонхилж байгаа бол 3-р векторт Ni нөлөөлөх утга өндөр гарсан байна. Иймээс

статистик анализыг 3н хэмжээст огторгуйд байгуулж ху, уз болон зх хавтгайд проекцыг График 5-г харууллаа.

Хүснэгт 3. Хөрс, ургамал, усны дээжүүдэд агуулагдах хүнд болон хортой элементүүдэд анализ хийсэн ковариаци матрицын 4 хувийн вектор

	PC1 (45.8%)	PC2 (23.3%)	PC3 (10.1%)	PC4 (7.4%)
Cr	0.377	0.117	0.322	0.049
Co	0.332	0.401	-0.056	0.133
Ni	-0.142	0.126	0.861	0.308
Zr	0.391	-0.231	0.077	0.182
Pb	-0.029	0.542	0.134	-0.415
As	0.313	0.082	0.147	-0.681
Ba	0.359	0.289	-0.202	0.132
Cu	-0.308	0.405	-0.201	0.206
V	0.376	0.202	-0.155	0.391
Zn	-0.328	0.409	-0.048	0.061

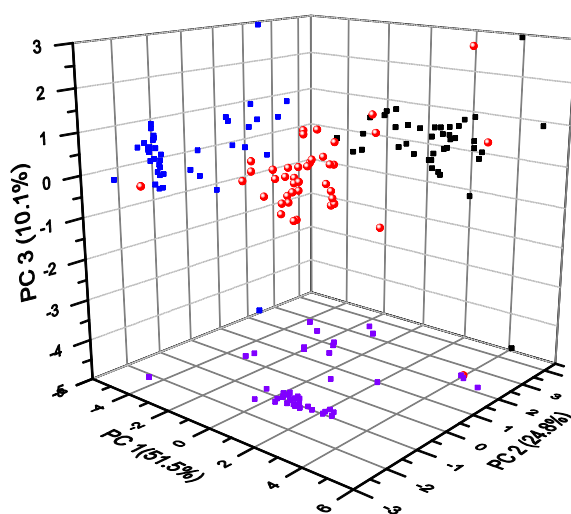


График 5. Хөрс, ургамал, усны дээжүүдэд хийсэн ПКА-н үр дүнг 3н хэмжээст огторгуйд дүрсэлсэн байдал

3-н хэмжээст вектор огторгуйгаас ПК-1, ПК-2 компонентуудын проекц руу буулган харсан үр дүнгээс харахад W-4 буюу Халзангийн рашаан 1 нь элементийн хувьд нэлээд ялгаатай байгаа нь кластерт орохооргүй нэлээд хол ялгаран гарснаас харагдаж байна. Харин бусад усны дээжүүд нь хөрсний дээжүүдтэй нэг кластер болон гарлаа (Зураг 6).

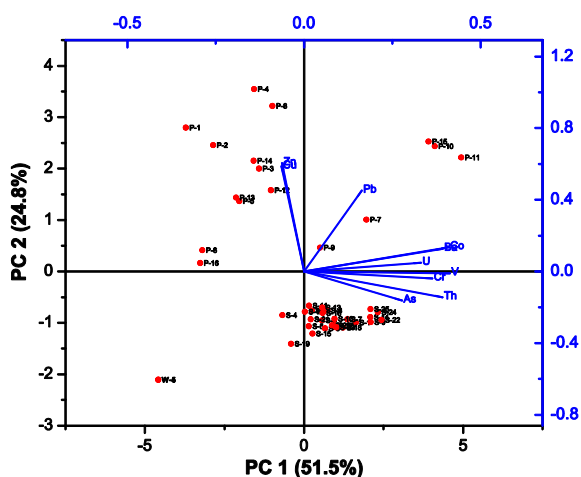


График 6. Хөрс, ургамал, усны дээжүүдэд хийсэн ПКА-н үр дүн.

IV. ДҮГНЭЛТ

Хөрс, ус, ургамлын дээжүүдийн элементүүдэд статистик анализ хийхэд хөрсний дээжүүдийн элементүүдийн агуулга ойролцоо байгаа нь ижил төстэй байршлаас авсан нь тодорхой

харагдаж байна. Харин ургамлын дээжийн хувьд ургамлын төрлөөсөө болон байршлаасаа хамаарч агуулгын хувьд ялгаатай байдаг нь тогтоогдлоо.

Хүнд болон хортой элементүүдийн хувьд ургамлын P-11 буюу Луулийн дээж, P-15 буюу Харганы дээжүүд нь бусад ургамлын дээжүүдээс элементийн найрлагаараа нэлээд ялгаатай гарсан нь анхаарал татаж байна. Тиймээс цааш нарийн судалгаа хийх шаардлагатай гэж дүгнэлээ.

НОМ ЗҮЙ

- [1] <http://bloombergtv.mn>
- [2] Цацраг идэвхт ашигт малтмалын зарим орд газрын био-геохимийн судалгаа сэдэвт төслийн 2 дугаар жилийн явцын тайлан, УБ 2019
- [3] С.Шинэхүү (2011) Хувиралд орсон чулуулгийн дээжүүд дэх рентген спектрийн судалгаа.