



ХӨДӨЛМӨРИЙН ГАВЬЯАНЫ УЛААН ТУГИЙН ОДОНТ  
МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААН  
ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ

ГЕОЛОГИ, УУЛ УУРХАЙН СУРГУУЛЬ



# МОНГОЛ ОРНЫ ГИДРОГЕОЛОГИ, ИНЖЕНЕР ГЕОЛОГИ, ГЕОЭКОЛОГИЙН АСУУДЛУУД

ДУГААР 33

**ХӨДӨЛМӨРИЙН ГАВЬЯАНЫ УЛААН ТУГИЙН ОДОНТ  
МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААН  
ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ**

**ГЕОЛОГИ, УУЛ УУРХАЙН СУРГУУЛЬ**



*Зохион байгуулагч*

**ГИДРОГЕОЛОГИ, ИНЖЕНЕР  
ГЕОЛОГИЙН ТЭНХИМ**



*Хамтран зохион байгуулагч*

**ОЮУ ТОЛГОЙ ХХК  
УСНЫ ДУСАЛ БҮРИЙГ  
ГҮНЭЭСЭЭ ХАЙРЛАЯ АЯН**

*ШУТИС-ийн Геологи, уул уурхайн сургуулийн  
65 жилийн ойд зориулав.*

**МОНГОЛ ОРНЫ ГИДРОГЕОЛОГИ, ИНЖЕНЕР  
ГЕОЛОГИ, ГЕОЭКОЛОГИЙН АСУУДЛУУД  
ДУГААР 33**

**Улаанбаатар хот  
2025 он**

**THE MONGOLIAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**SCHOOL OF GEOLOGY AND MINING ENGINEERING**



*Organizer*

**DEPARTMENT OF HYDROGEOLOGY  
AND ENGINEERING GEOLOGY**



*Co-organizer*

**OYU TOLGOI LLC  
“CARE DEEPLY” CAMPAIGN**

*It is dedicated to the 65<sup>th</sup> anniversary of the School of  
Geology and Mining Engineering, MUST.*

**THE PROBLEMS OF HYDROGEOLOGY,  
ENGINEERING GEOLOGY AND ENVIRONMENTAL  
GEOLOGY OF MONGOLIA  
NUMBER 33**

**Ulaanbaatar  
2025**

ISSN: 3078-8897

МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААН ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ  
ГЕОЛОГИ, УУЛ УУРХАЙН СУРГУУЛЬ

МОНГОЛ ОРНЫ ГИДРОГЕОЛОГИ, ИНЖЕНЕР ГЕОЛОГИ,  
ГЕОЭКОЛОГИЙН АСУУДЛУУД  
**ДУГААР 33**

*Сэтгүүлийн редакцын зөвлөл*

Ерөнхий редактор:

Гишүүд:

Д.Энхбаяр /ШУТИС/

Н.Батсүх /ШУТИС/

М.Алей /ШУТИС/

У.Борчулуун /“Эрдэнэдриллинг” ХХК/

Д.Сурмаажав /“Эко гидрогео эрдэст ус” ХХК/

Д.Оюун /ШУТИС/

Н.Буянхишиг /ШУТИС/

Б.Мөнхцэнгэл /ШУТИС/

П.Хөхөө /“Нэмэр интернэшнл” ХХК/

Г.Сарантуяа /ШУТИС/

Б.Наранчимэг /ШУТИС/

Б.Сийлэгмаа /ШУТИС/

Б.Батдэмбэрэл /“Оюу толгой” ХХК/

З.Мөнхцэцэг /МУИС/

Б.Батбаяр /“Оюу толгой” ХХК/

Энэ дугаарыг эрхэлсэн:

Д.Энхбаяр

Б.Батдэмбэрэл

А.Хандсүрэн

Хэвлэлийн эхийг бэлтгэсэн:

Э.Дэнсмаа

ШУТИС хэвлэлийн газарт хэвлэв.

Хэвлэлийн хуудас: 21.25

Хэвлэсэн тоо: 100 ширхэг

ISSN: 3078-8897

THE MONGOLIAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
SCHOOL OF GEOLOGY AND MINING ENGINEERING

THE PROBLEMS OF HYDROGEOLOGY, ENGINEERING GEOLOGY  
AND ENVIRONMENTAL GEOLOGY OF MONGOLIA  
**NUMBER 33**

*Editorial Board of the Journal*

General editor:

Members:

Dr. Enkhbayar. D /*MUST*/

Prof. Batsukh. N /*MUST*/

Prof. Aley. M /*MUST*/

Dr. Borchuluu. U /*Erdenedrilling LLC*/

Dr. Surmaajav. D /*Eco hydrogeo erdest us LLC*/

Prof. Oyun. D /*MUST* /

Prof. Buyankhishig. N /*MUST* /

Prof. Munkhtsengel. B /*MUST*/

Dr. Khukhuu. P /*Nemer International Co. Ltd*/

Associated prof. Sarantuya. G /*MUST*/

Dr Naranchimeg. B /*MUST*/

Dr. Siilegmaa. B /*MUST*/

Dr. Batdemberel. B /*Oyu Tolgoi LLC*/

MSc. Munkhtsetseg. Z /*NUM*/

MSc. Batbayar. B /*Oyu Tolgoi LLC*/

## АГУУЛГА

|   |    |
|---|----|
| <b>ӨМНӨХ ҮГ</b> .....   | 7  |
| <b>САЛБАРЫН УДИРДЛАГА, ЗОХИОН БАЙГУУЛАЛТ, ЭРХ ЗҮЙ</b>   |    |
| <b>Монгол орны газрын доорх усны нөөцийн өнөөгийн байдал, цаашдын чиг хандлага, тулгамдаж байгаа асуудлууд</b><br><i>З.Батбаяр, Б.Жавхлан, Б.Мөнгөнтуул</i> .....   | 8  |
| <b>Усны салбар дахь гидрогеологийн мэргэжилтний хүний нөөцийн бодлого, бэхжүүлэлт</b><br><i>Д.Оюун</i> .....  | 13 |
| <b>РЕГИОНАЛЬ СУДАЛГАА</b>   |    |
| <b>Монгол орны гидрогеологийн структурын судалгаа ба дүүрэгчлэлийн асуудалд</b><br><i>Н.Батсүх</i> .....  | 23 |
| <b>РАШААН БА ТЕРМАЛЬ УСНЫ СУДАЛГАА</b>  |    |
| <b>Бага Шаргалжуутын халуун рашааны ордын горимын судалгааны зарим үр дүн</b><br><i>Д.Ган-Эрдэнэ, Н.Лхагва, О.Биндэръяа</i> .....   | 27 |
| <b>УСНЫ НАЙРЛАГА, ЧАНАР</b>   |    |
| <b>Boron isotope usage for groundwater quality analyses in Oyu tolgoi mine, South Gobi Region, Mongolia</b><br><i>Tamir Puntsag, Batdemberel Bayanzul, Sod-Erdene Bazardorj, Otgonbaatar Sededpurev, Oyunchuluun Ya</i> ..... | 35 |
| <b>Буурын голын адаг орчмын гадаргын болон газар доорх усны тогтвортой изотоп</b><br><i>Б.Бямбасүрэн, С.Чинзориг</i> .....  | 44 |
| <b>Газрын тосны ордын (XIX талбай) гидрохимийн судалгаа</b><br><i>А.Хандсүрэн, Л.Эрдэнэсайхан, Ц.Цэрэнжаргал, Д.Энхбаяр</i> .....   | 58 |
| <b>СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ, ОНОЛ</b>  |    |
| <b>Хөдөө аж ахуйн ус хангамжийн судалгаанд гидрогеофизикийн аргыг хэрэглэх нь</b><br><i>П.Хөхөө</i> .....   | 64 |
| <b>Optimization of low-grade uranium recovery through in-situ recovery (ISR) at a roll-front deposit in Kazakhstan</b><br><i>Anthony Le Beux, Christian Polak, Thomas Oppeneau</i> .....                                      | 69 |
| <b>Археологийн хайгуул судалгаанд геофизикийн цахилгаан эсэргүүцлийн томографын аргыг ашиглах боломж</b><br><i>Г.Цогт-Эрдэнэ, А.Саруулзаяа</i> .....  | 77 |

## АШИГТ МАЛТМАЛЫН ОРДЫН ГИДРОГЕОЛОГИ

### Уурхайн бүсийн газрын доорх усны түвшин, уст давхаргын хоорондын хамаарал

*Б.Сайнзаяа, Д.Оюун, Д.Энхбаяр* ..... 88

## ГРУНТ СУДЛАЛ БА ИНЖЕНЕР ГЕОЛОГИ

### Үүсгэмэл ул хөрс

*Н.Батсүх, И.Сайнсанаа, Б.Сийлэгмаа, М.Энхмандах* ..... 94

### Нефть дамжуулах хоолойн эхлэх цэг, 1-р өргөх станцын талбайн инженер геологийн нөхцөл

*Б.Сийлэгмаа, О.Хосбаяр* ..... 103

### Оюу толгой уурхайн хаягдлын далангийн чулуун дүүргэлтийн нягтралыг талбайн туршилтаар тодорхойлсон үр дүн ба шинжилгээ

*А.Эрдэнэцэцэг, Б.Сумьяабаяр, Б.Сарангэрэл* ..... 113

## ГЕОЭКОЛОГИ

### Бөөрөлжүүтийн тал дахь геологи орчны бүрэлдэж буй онцлог

*Р.Алтанчимэг, Б.Буянхишиг, Н.Батсүх, Ж.Дашдондов* ..... 119

### Desulfurization efficiency in circulating fluidized beds at a central heating plant of oyu tolgoi

*Bataa Dandarmaa, Enkhjin Naranbaatar, Otgonbaatar Sededpurev, Tumenbayar Avirmed, Battur Buyan* ..... 127

### Хэрлэн голын сав газрын бэлчээрийн ургамлыг зайнаас тандан судалгаатай хослуулсан үр дүн

*Э.Үүрийнцолмон, Б.Бямбадолгор* ..... 131

## МЭДЭЭЛЭЛ

### Усны салбар дахь олон талт хамтын ажиллагааны сайн жишээ:

*Усны дусал бүрийг гүнээсээ хайрлая* ..... 139

### Гидрогеологичид Туркэд аялсан тэмдэглэл

*Н.Буянхишиг, Д.Энхбаяр* ..... 143

### Шинэ номын мэдээ

*Р.Алтанчимэг, Н.Батсүх* ..... 148

### Геологи, эрдэс-чулуулгийн сэдвээр шуудангийн марканд мөнхөрсөн сонирхолтой тэмдэглэлээс

*Ж.Дашдондов* ..... 152

### Бага Азиар аялсан замын товч тэмдэглэл

*П.Хөхөө* ..... 161

### Оюутны эрдэм шинжилгээний ээлжит хурал “Монгол Улсын хөгжлийн хөтөлбөр – ус ба аюулгүй орчин” сэдвээр амжилттай зохион байгуулагдлаа

*Б.Наранчимэг* ..... 165

## ӨМНӨХ ҮГ

“Монгол орны гидрогеологи, инженер геологи, геоэкологийн асуудлууд” сэдэвт эрдэм шинжилгээний хурлыг 1993 оноос хойш жил бүр зохион байгуулж, хурлын эмхэтгэлийг хэвлүүлж ирсэн уламжлалын дагуу энэ жил тус хурлын 33 дахь дугаарыг уншигч танд өргөн барьж байна. Энэ жилийн эрдэм шинжилгээний хурлыг ГУУС-ийн 65 жилийн ойд зориулан зохион байгуулж байна.

Монгол орны нутаг дэвсгэр нь эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай, олон жилийн цэвдэг чулуулаг тархсан, усан хангамжийн ихэнх хувийг газар доорх усны нөөцөөр хангадаг, мөн хөөлттэй болон суулттай онцгой шинж чанартай ул хөрс тархсан зэрэг онцлогтой уялдаад сүүлийн жилүүдэд усны нөөцийн хомсдол үүсэх, усанд автах, бохирдох, баригдсан барилга байгууламжийн суурийн тогтворгүй байдал ихсэж, барилга байгууламж хазайлт, суулт үүсэх, газар доорх усны түвшний доошлолт, дээшлэлт бий болж барилга, байгууламж усанд автах, цэвдэгт ул хөрсөнд инженер геологийн судалгаа хийлгэхгүй барьснаас хэв гажилт өгөх, ул хөрс овойх, суух, шилжих зэрэг сөрөг үзэгдлүүд үүсч, хүний амьдрах орчинд сөргөөр нөлөөллөөр нь ихсэн боллоо.

Иймд усан хангамжийн эх үүсвэр болох газар доорх усны ордыг нээж, илрүүлэх, усны нөөцийн бохирдол, хомсдолоос урьдчилсан сэргийлэх, хамгаалах, уул уурхайн үйлдвэрлэл, хотжилт, барилгажилттай холбоотой геологи орчны өөрчлөлт ихээхэн үүсч байгаа нь улс орны тогтвортой хөгжлийг хангахад гидрогеологи, инженер геологи, геоэкологийн шинжлэх ухааныг хөгжүүлэх, тулгамдаж буй асуудлыг шийдвэрлэх нь чухал болсоор байна.

“Монгол орны гидрогеологи, инженер геологи, геоэкологийн асуудлууд” эрдэм шинжилгээний бүтээл нь манай орны гидрогеологи, инженер геологийн нөхцөл, геологи орчны онцлогийн талаар дотоод, гадаадын судлаачдын судалгааны үр дүнг агуулсан бүтээл юм. Ээлжит 33 дугаар хуралд хэлэлцүүлж буй илтгэлүүд нь усны салбарын талаар төрийн бодлого, региональ судалгаа, рашаан, усны чанар, изотопийн гидрогеологи, грунт судлал, инженер геологи, геотехник, геологи орчны судалгаа, ара зүй, уурхайн гидрогеологийн судалгааны үр дүнг багтаасан.

Энэхүү эрдэм шинжилгээний 33 дугаар хурлыг хамтран зохион байгуулж, ивээн тэтгэсэн Оюу толгой ХХК-ий Усны дусал бүрийг гүнээсээ хайрлая аяны хамт олонд талархал илэрхийлж байна.

Номын цагаан буян хурах болтугай  
Дэд профессор Д.Оюун

# МОНГОЛ ОРНЫ ГАЗРЫН ДООРХ УСНЫ НӨӨЦИЙН ӨНӨӨГИЙН БАЙДАЛ, ЦААШДЫН ЧИГ ХАНДЛАГА, ТУЛГАМДАЖ БАЙГАА АСУУДЛУУД

З.Батбаяр, Б.Жавхлан, Б.Мөнгөнтуул

Засгийн газрын хэрэгжүүлэгч агентлаг Усны газар

## ХУРААНГУЙ

Монгол орны хэмжээнд усны нөөцийн тархалт жигд бус, чанар, найрлага нь оршин байгаа газар нутаг, байгалийн бүс, бүслүүр, агуулж байгаа чулуулгийн тогтоц, найрлагаасаа хамаарч ихээхэн өөр өөр байдаг. Гадаргын болон газрын доорх усны нөөцийн 70 гаруй хувь нь Алтай, Хангай, Хэнтийн нуруу, Хөвсгөлийн уулс, Их Хянганы нуруу зэрэг уул нуруудын өндөрлөг хэсэгт буюу Монгол орны хойд хэсэг буюу нийт нутаг дэвсгэрийн 30 орчим хувийг эзлэх талбайд бүрэлдэн бий болдог. Манай орны нийт ус ашиглалт, усны хэрэглээ жилдээ 677.0 сая.м<sup>3</sup> орчим байгаа ба хүн ам, эдийн засгийн өсөлтөөс хамаарч улам бүр нэмэгдэж байна. Усны хэрэглээний 70 гаруй хувийг газрын доорх усаар хангаж байна. Монгол орны хэмжээнд газрын доорх усны эрэл хайгуулын ажлыг нийтдээ өнөөдрийн байдлаар 427 удаа гүйцэтгэсэн. Усны нөөцийг баталгаажуулахдаа Байгаль орчин, уур амьсгалын өөрчлөлтийн яамны дэргэдэх Усны нөөцийн зөвлөлийн хурлаар хэлэлцүүлэн батлуулж Улсын усны мэдээллийн санд тайланг хүлээн авдаг. Сүүлийн жилүүдийн усны нөөцийн өсөн нэмэгдэх хэрэглээг хангах зорилгоор Усны газраас 2024 онд Нэг нуур – Нэг сум, 333 нуур хөтөлбөрийг улс орон даяар амжилтай хэрэгжүүлж эхлүүлээд байна. Тус төслийн хүрээнд газрын доор усны нөөцийг зохиомлоор бий болгох, үүсгэх ажлын туршилтыг эхлүүлээд байна

**Түлхүүр үгс:** Нэг нуур Нэг сум 333 нуур хөтөлбөр, газрын доорх усны нөөц, газрын доорх усны нөөцийг зориудаар арвижуулах (MAR),

## ОРШИЛ

Хот, суурин, аймаг, сумын төвүүдийн хүн амын унд ахуйн ус хангамжийн эх үүсвэрүүдийг зөвхөн газрын доорх усаар хангаж байгаа бөгөөд усны эх үүсвэрүүдэд газрын доорх усны хайгуул судалгааны ажлыг тодорхой үе шаттайгаар хийж ирсэн. Улс орон зах зээлийн нийгэмд шилжихээс өмнө газрын доорх усны хайгуул судалгааны ажлыг хийж, усны нөөцийг тогтоох ажлыг улсын төсвийн хөрөнгөөр хийж байсан.

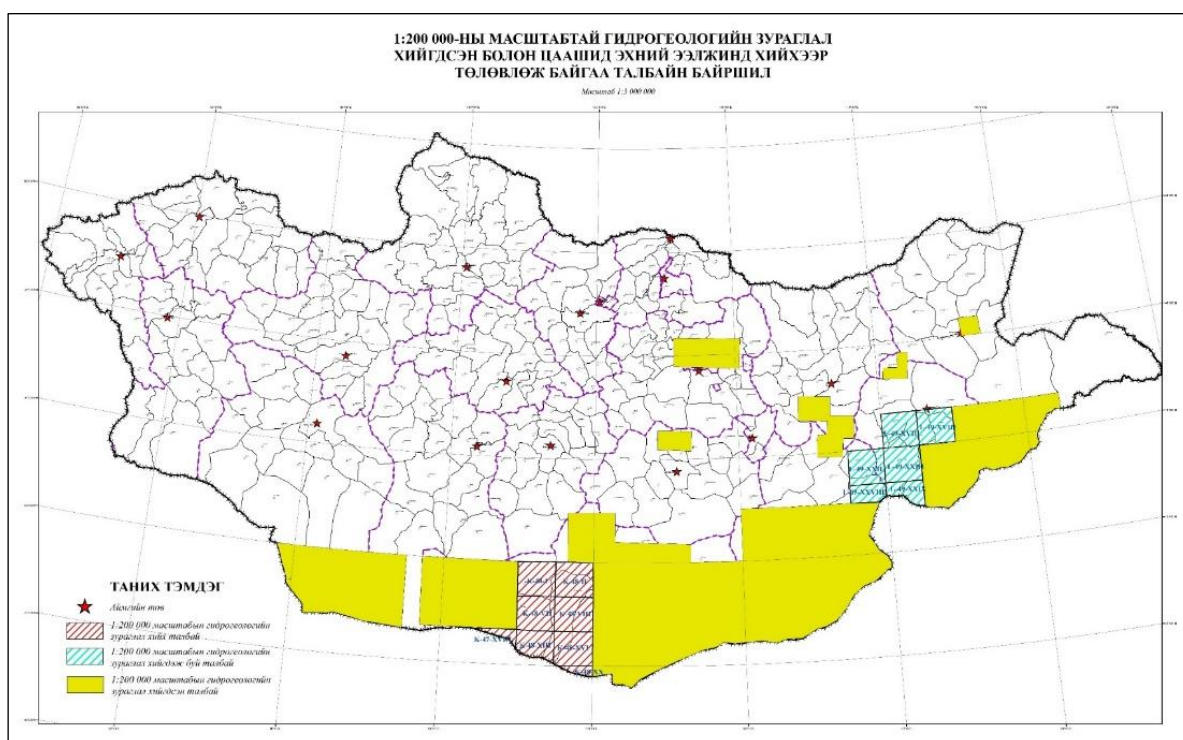


Зураг 1. Газрын доорх усны хайгуул судалгааны ажил хийж, нөөц тогтоосон ордын тоо

2000 оноос хойш газрын доорх усны нөөц тогтоох хайгуул судалгааны ажлыг улсын төсвийн хөрөнгөөр үргэлжлүүлэн хийж байгаа боловч хөрөнгийн хэмжээ багасаж, хайгуул хийж буй ордын тоо жил бүр цөөрч багассан.

Дээрх хүснэгтээс харахад 1987 оноос 1995 он хүртэлх хугацаанд газрын доорх усны нөөц тогтоох хайгуул судалгааны ажлууд жилдээ 5-аас 18 хүртэлх ордод хийж байсан бол 2000 оноос 2002 он хүртэл хийгдэлгүй зогсонги байдалд орсон, 2003 оноос 2016 он хүртэлх хугацаанд жилд 2-оос 7 хүртэлх ордод, 2017 оноос 2024 он хүртэлх хугацаанд жилд 1 сумын төвийн хүн амын ус хангамжийн эх үүсвэрийн усны нөөцийг тогтоох ажил хийгдсэн байна. Хот суурин газрууд болон аймгийн төвүүдийн хүн амын ус хангамжийн эх үүсвэрийн газрын доорх усны хайгуул судалгааны ажлуудыг зөвхөн улсын төсвийн хөрөнгө оруулалтын зардлаар хийдэг.

Хот суурин газрын хүн амын унд ахуйн ус хангамжийн эх үүсвэрийг тогтоох газрын доорх усны хайгуул судалгааны ажлын хувьд нийт 330 сумаас өнөөдрийн байдлаар 72 сумын хүн амын усны эх үүсвэрийг тогтоох хайгуул судалгааны ажлыг хийсэн бөгөөд бусад сумдад хайгуул судалгааны ажлыг зайлшгүй хийх шаардлагатай үүсээд байна. Нэн тэргүүнд ундны усны стандартын шаардлага хангахгүй байгаа 57 сумын ус хангамжийн эрэл хайгуулын ажлыг үе шаттай шийдвэрлэх хэрэгтэй байна.



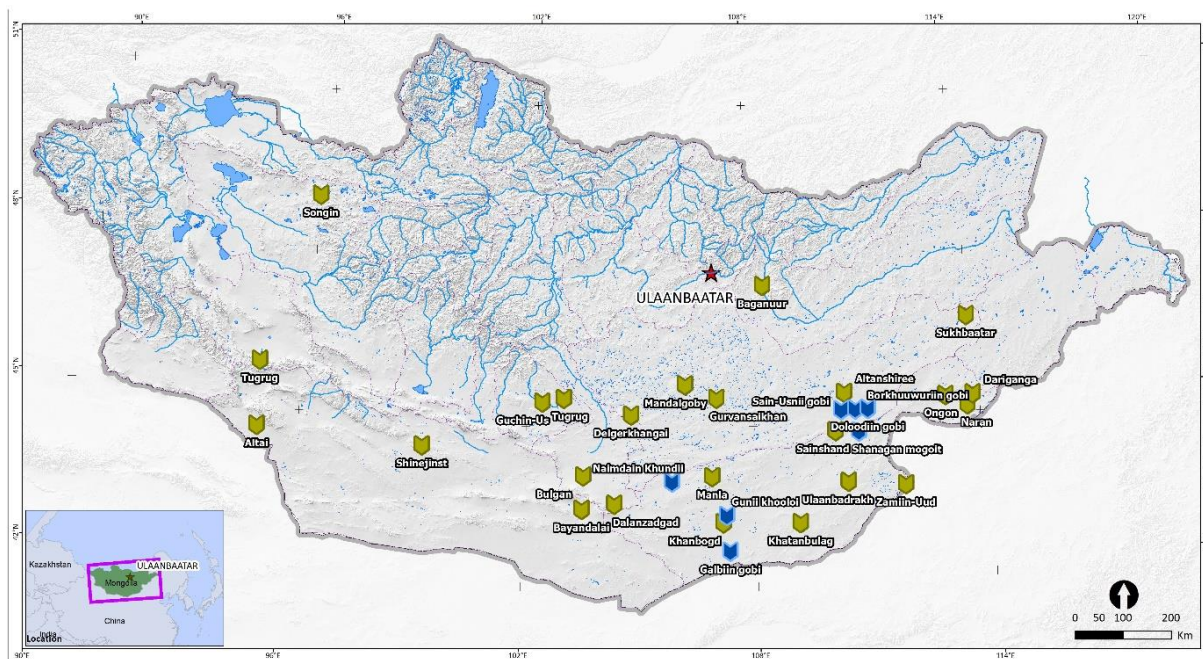
Зураг 2. Ирээдүйд 1:200 000-ны масштабтай гидрогеологийн зураглал хийгдсэн ба цаашид хийх талбайн байршил

Монгол орны хэмжээнд гидрогеологийн дунд масштабтай 1:200 000-ны масштабтай зураглалын ажлыг 2018 онд Алтайн өвөр говийн бүс нутагт 35.9 мянган км<sup>2</sup> талбайд, 2019 онд Сүхбаатар аймгийн өмнөд болон зүүн-өмнөд хэсэгт 38.7 км<sup>2</sup> талбайд, 2022 онд Сүхбаатар аймгийн баруун хойд болон Дорноговь аймгийн зүүн хойд хэсэгт 29.2 мянган км<sup>2</sup> талбайд, 2023 онд Дундговь аймгийн өмнөд хэсэг, Өмнөговь аймгийн хойд хэсэгт 11.8 мянган км<sup>2</sup> талбайд, 2024 онд Дорноговь аймгийн хойд хэсэгт 8.7 мянган км<sup>2</sup>

талбайд гүйцэтгэсэн бөгөөд нийт 124.4 мянган км<sup>2</sup> талбайд буюу Монгол орны нийт нутаг дэвсгэрийн 17.8 хувьд тус ажлыг хэрэгжүүлээд байна.

Усны газраас 2024 онд Нэг нуур – Нэг сум, 333 нуур хөтөлбөрийг улс орон даяар амжилтай хэрэгжүүлж эхлүүлээд байгаа бөгөөд үүнээс газрын доор усны нөөцийг зохиомлоор бий болгох, үүсгэх ажлын туршилт, судалгааны ажлыг эхлүүлээд байна. Хамгийн анхны амжилттай хэрэгжиж эхэлсэн байршил бол Улаанбаатар хотын Багануур дүүргийн нутаг дэвсгэрт зохиомлоор газрын доорх усны нөөцийг нэмэгдүүлэх туршилтын ажил юм.

Тус төслийн талбайг сонгохдоо Улсын усны мэдээллийн нэгдсэн сан, газар доорх усны нөөцийн судалгааны тайлан, мэдээ, газрын доорх усны хяналт шинжилгээний сүлжээний мэдээллийг боловсруулах, гидрогеологийн хангалттай судалгааны үр дүн, судлаачдын сайн туршлагад үндэслэн MAR-ын талбайн сонголтыг хийх шаардлага тулгараад байна. Мөн тухайн судалгаануудыг үндэслэн хоорондын харилцан уялдаа, найдвартай, үр дүнтэй байхад анхаарах бөгөөд Гадаргын усны урсац, нэвчиц, тохиромжтой уст давхарга байгаа эсэхийг судлах, зураг төсөлд тусгах, хур тунадасны хэмжилтийн сүлжээг өргөтгөх, байгуулах, хур тунадасны урт хугацааны, өндөр нарийвчлалтай мэдээ бүрдүүлэн зураг, төслийн боловсруулалтын туршлага, чадавхыг сайжруулах, Монгол орны нутаг дэвсгэрийн онцлог нөхцөлд тохирсон аргыг тодорхойлно. Монгол орны хэмжээнд MAR төслийг хэрэгжүүлэх боломжит байршил буюу хүн амын унд ахуй, хөдөө аж ахуйн усалгаанд ашиглах боломжтой 18, уул уурхайн ус ашиглалтын хэрэгцээнд зориулах боломжтой 12 цэгийг манай улсын эрдэмтэн, судлаачид тодорхойлоод байна.



Зураг 3. MAR байгуулахад тохиромжтой байршлууд

## ТУЛГАМДАЖ БАЙГАА АСУУДЛУУД

- Улс орны хэмжээнд хүн амын унд ахуй, үйлдвэр үйлчилгээ, хөдөө аж ахуй, эрчим хүч, уул уурхайн ус ашиглалтад газрын доорх усыг түлхүү хэрэглэж байгаа учраас газрын доорх усны нөөцийг тогтоох хайгуул судалгааны ажлууд, усны хуримтлагдах зүй тогтол, структурыг нарийвчлан тогтоох гидрогеологийн дунд масштабтай 1:200 000 зураглалын

ажлыг эрчимжүүлж улсын төсвийн хөрөнгө, орон нутгийн төсвийн хөрөнгө болон аж ахуйн нэгж, компаниудын хөрөнгөөр хэрэгжүүлж байгааг эрчимжүүлэх;

- Газрын доорх усны нөөцийг хэмнэлттэй зүй зохистойгоор боломжит нөөцийн хэмжээнд ашиглах, хамгаалах ажлыг бүх шатанд зохион байгуулах нөлөөллийг ажлыг тасралтгүй зохион байгуулах;

- Газрын доорх усны нөөцийг хамгаалахад одоогийн ашиглагдаж байгаа усны нөөц бүхий орд газруудад горимын өөрчлөлтийг судлах хяналт шинжилгээний сүлжээнд хамруулж 2030 онд газрын доорх усны хяналт шинжилгээ хийх цооногийн тоог 790-д хүргэх;

- Нэг нуур – Нэг сум, 333 нуур хөтөлбөрийг улс орон даяар амжилтай хэрэгжүүлж эхлүүлээд байгаа бөгөөд үүнээс газрын доор усны нөөцийг зохиомлоор бий болгох, үүсгэх ажлын туршилт, судалгааны ажлыг эрчимжүүлэхийн тулд Улсын төсөв болон орон нутгийн төсөвөөс гадна төсөл хөтөлбөр, хувийн хэвшилтэй хамтран зохион байгуулах ажлыг эрчимжүүлэх;

- Усны салбарын боловсон хүчнийг ихээр бэлтгэж мэргэжил дээшлүүлэх урт, дунд, богино хугацааны сургалтуудад хамруулах, иргэд олон нийтийг усаа хайрлах, хамгаалах зөв зохистой ашиглах тухай мэдээллээр хангах ажлыг эрчимжүүлэх;

## ДҮГНЭЛТ

- Нэг нуур – Нэг сум, 333 нуур хөтөлбөрийн хүрээнд 2025 оноос эхлэн Улс орон даяар хөв цөөрөм байгуулах ажлыг амжилттай хэрэгжүүлж эхлээд байгаа бөгөөд Ховд аймгийн Дарви сум, Завхан аймгийн Сонгино, Шилүүстэй сумдын нутагт шинээр байгуулж байгаа хөв цөөрмүүд хэдийнэ үр дүнгээ өгч эхлээд байна.

- Мөн тус хөтөлбөрийн хүрээнд газрын доор усны нөөцийг зохиомлоор бий болгох МАР төслийг Өмнөговь аймгийн Даланзадгад хотын ойролцоо хээрийн туршилт, судалгаа зураг төслийн ажлыг эхлүүлээд байна.

- Газрын доорх усны нөөцийг тогтоох хайгуул судалгааны ажил 2000 оноос өмнө улсын төсвийн болон орон нутгийн хөрөнгө оруулалтын зардлаар жилдээ хамгийн ихдээ жилд 18 газарт хийгдэж байсан бол улс орон зах зээлийн нийгэмд шилжсэнээс хойших 16 жилд дунджаар жилд 4-7 газарт сүүлийн 2017-2024 онуудад жилд 1-5 газарт хийгдэж байна. Энэ нь улс орны эдийн засгийн байдалтай холбоотойгоор усны нөөц тогтоох газрын доорх усны хайгуул судалгааны ажил багассантай холбоотой ч жилд газрын доорх усны нөөц тогтоох хайгуул судалгааны ажлуудын тоо, гидрогеологийн зураглалын ажлын хэмжээ багасаж байгаа нь Монгол улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого Алсын хараа 2050, Шинэ сэргэлтийн бодлого, Засгийн Газрын 2024-2028 оны үйл ажиллагааны мөрийн хөтөлбөр, Тогтвортой хөгжлийн зорилт 2030 зэрэг бодлогын баримт бичигт туссан зорилтын хэрэгжилтийг хангахад (хүн амыг найдвартай, чанартай усаар хангах) сөрөг үр дүн гарах нөхцөл үүсэж байна. Иймд гидрогеологийн зураглалын болон газрын доорх усны хайгуул судалгааны ажлын улсын төсвийн хөрөнгийг нэмэгдүүлэх, жилд дунджаар 5% -иар зураглал хийсэн талбайн хэмжээг нэмэгдүүлэх, 3-5 газар /сумын төв/-д усны хайгуул хийж нөөцийг тогтоох шаардлагатай тулгарч байна.

- Улс орны эдийн засгийн байдалд тулгуурлан гадаадын хөрөнгө оруулалт, төсөл хөтөлбөрийн хүрээнд газрын доорх усны хайгуул судалгааны ажлуудын төсөв, хөрөнгийг гаргуулан уул уурхайд ашиглах усны нөөцийн хайгуул судалгааны ажлын тоог нэмэгдүүлэх, тэднийг мэргэжил арга зүйгээр ханган, хуулийн хүрээнд өнөөдрийн байдлаар 427 газрын доорх усны хайгуул судалгааны ажил, гидрогеологийн дунд масштабтай 1:200 000-ны масштабтай зураглалын ажлыг 17.8 хувьд хүргэн ажилласан.

Улсын усны мэдээллийн санд хүлээн авсан

- Газрын доорх усны нөөцийн өөрчлөлт, хөдөлгөөнийг хянах зорилгоор газрын доорх усны хяналт шинжилгээний 331 цэгүүдийг [www.groundwater.mn](http://www.groundwater.mn) цахим сүлжээнд холбон мэдээ бүрдүүлэх, боловсруулах ажлыг зохион байгуулан ажиллаж байна. Мөн Улсын төсөв, орон нутгийн төсөв, төсөл, хөтөлбөр, хувийн хэвшлүүдтэй хамтран эвдэрсэн багаж тоног төхөөрөмжийг сэргээн засварлах, сайжруулах ажлыг зохион байгуулж ажиллаж байна.

- Усны нөөцийг ашиглах боломжит хэмжээнд ашиглах, эргүүлэн байгальд нийлүүлэхийг хянах, ус ашиглагч байгууллагуудад үйлчилгээ үзүүлэх зорилгоор [www.ewater.mn](http://www.ewater.mn) цахим сүлжээгээр усны ашиглах боломжит нөөцийн дүгнэлт, ус ашиглуулах дүгнэлт, хаягдал усны дүгнэлтийг түргэн шуурхай гарган өгч ажиллах боломжтой системийг бий болгосон.

- Улсын усны нэгдсэн мэдээллийн сан [www.infowater.mn](http://www.infowater.mn) цахим системийг бий болгож төрийн болон төрийн бус байгууллагууд, эрдэмтэн судлаачид, иргэд олон нийт, аж ахуй нэгж байгууллагуудыг нэгдсэн мэдээллээр хангахаар зорин ажиллаж байна.

## **ИРЭЭДҮЙ ХОЙЧ ҮЕДЭЭ УСНЫ НӨӨЦӨӨ ҮЛДЭЭХИЙН ТӨЛӨӨ УСАА ХАМГААЛЬЯ, ХУРИМТЛУУЛЬЯ, ХАМТРАН АЖИЛЛАЯ!**

### **АШИГЛАСАН НОМ, ХЭВЛЭЛ**

- 1. Усны газар, Улсын усны нөөцийн нэгдсэн менежментийн төлөвлөгөөний хэрэгжилтийн үнэлгээний тайлан. 2024, хууд 3-47.*
- 2. Алсын хараа 2050 Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого.*
- 3. 2024-2028 оны Засгийн газрын үйл ажиллагааны мөрийн хөтөлбөр*
- 3. Усны тухай хууль тогтоомжийн эмхэтгэл.*

# УСНЫ САЛБАР ДАХЬ ГИДРОГЕОЛОГИЙН МЭРГЭЖИЛТНИЙ ХҮНИЙ НӨӨЦИЙН БОДЛОГО, БЭХЖҮҮЛЭЛТ

Д.Оюун

ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Гидрогеологи, инженер геологийн тэнхим  
(Холбоо барих зохиогч: [oyund@must.edu.mn](mailto:oyund@must.edu.mn))

## ХУРААНГУЙ

Энэхүү өгүүлэлд Монгол Улсын усны салбарын хүний нөөцийн бодлого, чадавхын бэхжүүлэлтийн нөхцөл байдал, тулгамдаж буй асуудлуудыг авч үзлээ. Хүний нөөцийн өнөөгийн бодлого, институцийн бүтэц, мэргэжилтний чадавх, цаашдын хэрэгцээг үнэлэн, стратегийн түвшний зөвлөмж боловсруулав.

**Түлхүүр үг:** Усны нөөц, мэргэжлийн боловсон хүчин, хүний нөөцийн менежмент, тогтвортой хөгжил,

## ОРШИЛ

Усны нөөц бол Монгол Улсын тогтвортой хөгжил, эрүүл мэнд, аж ахуйн хэрэглээ, уул уурхай, үйлдвэрлэл, хүнсний аюулгүй байдалд нэн чухал стратегийн нөөц бөгөөд усны салбар нь байгаль орчны тогтвортой байдлыг хангах, хүн ам, үйлдвэрлэл, хөдөө аж ахуйн усан хангамж, нийгэм, эдийн засгийн чухал ач холбогдолтой салбарын нэг юм. Энэхүү салбарт хүний нөөцийн хомсдол, мэргэшлийн дутагдал, бодлогын хэрэгжилт сул байх нь усны нөөцийн нэгдсэн, хариуцлагатай удирдлага, үйлчилгээний чанарт шууд нөлөөлдөг. Тиймээс хүний нөөцийн бодлого, мэргэжилтний чадавхыг бэхжүүлэх асуудал нь тогтвортой хөгжлийн зорилтыг хэрэгжүүлэхэд чухал ач холбогдолтой.

Сүүлийн жилүүдэд эрчимтэй өөрчлөгдөж буй уур амьсгалын өөрчлөлт, хотжилт, хүн амын төвлөрөл, газар ашиглалтын эрчимжилт, усны бохирдол, уул уурхайн олборлох салбарын тэлэлт нь усны салбарт өндөр чадавхтай мэргэжилтэн, салбар хоорондын уялдаа, институцийн үр ашигтай зохион байгуулалтыг шаардаж байна.

Гэвч Монгол улсын усны салбарын мэргэжлийн боловсон хүчний дутагдал, технологийн шинэчлэлтийн хэрэгцээ, институцийн засаглалын сул байгааг улс орны хэмжээнд чухлаар ярьж байгаа боловч хүний нөөцийн цогц бодлого сул, мэргэжилтний дутагдал гүнзгийрсэн, салбарын ихэнх байгууллагуудын хүний нөөцийн ур чадвар хангалтгүй, мэргэжилтний чадварын үнэлгээний тогтолцоогүй, мэргэшсэн сургалт-хөгжлийн тогтолцоо хангалтгүй байсаар байна. Энэ судалгааны зорилго нь усны салбарын хүний нөөцийн бодлого болон хүний нөөцийн чадавхыг бэхжүүлэх үйл ажиллагааны өнөөгийн нөхцөл байдлыг тодорхойлж, үнэлгээ хийх, усны салбарт хэрэгжүүлэх боломжит бодлого, зөвлөмж шийдлүүдийг санал болгоход оршино.

## ХҮНИЙ НӨӨЦИЙН ӨНӨӨГИЙН БАЙДАЛ

### *1) Мэргэшсэн боловсон хүчнийг бэлтгэж ирсэн байдал*

Монгол улсад дунд мэргэжлийн техникч гидрогеологийг 1968 онд байгуулагдсан Дархан хот дах Политехникумд, дээд боловсролтой гидрогеологийн мэргэжилтнийг 1973-1974 оны хичээлийн жилээс МУИС-д бэлтгэж эхэлсэн бөгөөд одоо гидрогеологич

мэргэжлийн бакалавр, магистр, докторын түвшний мэргэжилтнийг ШУТИС-д бэлтгэж байна.

ШУТИС нь гидрогеологийн инженерийг 1973-1992, 2014-2019 онуудад гидрогеологи, инженер геологичоор, 1992-2014 онуудад болон 2020 оноос гидрогеологич инженер бэлтгэж, газрын доорх усны эрэл хайгуул, усны нөөц, чанарын үнэлгээ, хяналт шинжилгээ, загварчлал, ашиглалтын оновчлол зэргийг хийж хүн амын усан хангамж, үйлдвэр, уул уурхайн, хүн амын эрүүл мэнд, газрын тос, хөдөө аж ахуй, бэлчээр усжуулалт, эрчим хүч, рашаан сувилал, байгаль орчин уур амьсгалын өөрчлөлт зэрэг салбаруудад ажиллах мэдлэг, ур чадвар, хандлагыг эзэмшсэн мэргэжилтэн бэлтгэн гаргах зорилготой ажиллаж байна. Дарханы хот дахь Политехникум нь 2010 оноос Политехникийн коллеж болж өөрчлөгдсөн ба одоо гидрогеологийн мэргэжилтэн бэлтгэхгүй байна.

Мэргэжилтэн бэлтгэж эхэлснээс хойш гидрогеологи, инженер геологийн 454 бакалавр, 118 магистр, 15 доктор бэлтгэн гаргасан. 2025-2026 оны хичээлийн жилд нийт өдрийн ангид 33, эчнээ ангид 6 бакалавр оюутан, магистрын түвшний 22, докторын түвшний 9, нийт 70 оюутантай.<sup>1</sup>

## **2) Салбарын бүтэц ба мэргэжилтний ажиллах хүрээ**

Монгол Улсын усны салбар дараах байгууллагуудаас бүрдэж байна.

- Байгаль орчны яам
- Усны газар
- Сав газрууд
- Усны хяналт-шинжилгээний станцууд
- Нийслэл, аймаг, сум, орон нутгийн Байгаль орчны газрууд
- Ус сувгийн удирдах газар, аймаг, хотын ус хангамжийн байгууллагууд
- Хувийн хэвшлийн лабораториуд
- Ус ашиглагч аж ахуйн нэгжүүд
- Аж ахуй нэгж байгууллагууд
- Уул уурхайн компани
- Их, дээд сургууль, судалгааны хүрээлэн

Тус байгууллагуудад мэргэжлийн гидрогеологичид, усны бодлогын шинжээч, усны нөөцийн инженер, улсын хяналтын байцаагч, хяналт шинжилгээний мэргэжилтэн, гидрогеологийн загварчлалын болон GIS мэргэжилтэн, уурхайн гидрогеологич, лабораторийн гидрогеохимич, усны аудитор, усны шинжээч, байгаль орчны үнэлгээний мэргэжилтэн зэрэг гидрогеологийн мэргэжилтнүүд ажиллах шаардлагатай байна.

## **3) Хүний нөөцийн хомсдол**

Монгол улсад Эдийн Засгийн Хамтын Ажиллагаа ба Хөгжлийн Байгууллага (OECD)-ын 2025 онд хийгдсэн Монгол улсын усны эрэлтийн менежментийн судалгааны тайланд дурдсанаар<sup>2</sup>:

<sup>1</sup> Д.Оюун ба бусад. Гидрогеологи, инженер геологи, геоэкологийн дээд боловсролтой мэргэжилтнийг 50 жил бэлтгэж ирсэн амжилт ба ирээдүй. "Геологи" Геологийн эрдэм шинжилгээ, сургалт, арга зүйн сэтгүүл, № 38, "Монгол орны гидрогеологи, инженер геологи, геоэкологийн асуудлууд" ЭШХ-ын эмхэтгэл №31, Улаанбаатар хот, 2023, хууд. 1-21.

<sup>2</sup> OECD / Asia Water Council. (2025). *Water demand management in Mongolia: Highlights of a national dialogue on water*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/de003433-en>

- Усны салбарын нийт ажилтны 60% дээш нь 45-аас дээш насныхан байгаа
- Шинэ мэргэжилтэн ажилд авах боломж муу
- Орон нутгийн сав газрын захиргаад усны нөөцийн инженер, гидрогеологич дутагдалтай
- Цалин хөлсний урамшууллын тогтолцоо сул
- Мэргэжил дээшлүүлэх, давтан сургах тогтолцоогүй байна гэж дүгнэжээ.

#### 4) Хүний нөөцийг чадавхжуулах

Сүүлийн жилүүдэд усны салбарын хүний нөөцийг чадавхжуулах дараах сургалт, хөтөлбөрүүд хэрэгжиж байна. Үүнд:

- Усны нэгдсэн менежментийн сургалт
- Сав газрын захиргааны мэргэжилтнүүдийн жил бүрийн мэргэжил дээшлүүлэх сургалт
- Их сургуулийн дээд боловсролын гидрогеологийн бакалавр, магистр, докторын түвшний сургалт
- Их сургуулийн гидрогеологийн бакалаврын түвшний эчнээ сургалт
- Мэргэжлийн холбооны мэргэшсэн болон зөвлөх инженерийн сургалт
- Олон улсын болон бусад мэргэжлийн байгууллагаас зохион байгуулдаг сургалт.

## АРГА ЗҮЙ

Энэхүү судалгаанд хууль, эрх зүй, бодлогын баримт бичгүүд, усны салбарын бодлого, хөтөлбөр, байгууллагын хүний нөөцийн бодлогод *баримт бичгийн шинжилгээний арга*, мөн усны салбарын хүний нөөцийн бодлого, чадавхад нөлөөлж буй хүчин зүйл, давуу болон сул талыг үнэлэх *PEST, SWOT шинжилгээний аргыг* тус тус хэрэглэсэн. Усны салбар нь гаднын орчноос хамааралтай байдаг. Тухайн салбарт нөлөө үзүүлдэг улс төр, нийгэм, эдийн засаг, соёлын хүчин зүйлийн нөлөөллийг судлах олон аргуудаас хамгийн өргөн хэрэглэгддэг арга бол PEST шинжилгээний арга юм. Тухайн салбарын гадаад, дотоод хүчин зүйлүүдийг харьцуулан судлахдаа SWOT шинжилгээний аргыг өргөн хэрэглэдэг.

## СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

### 1. Хүний нөөцийн бодлогын талаар хууль, эрх зүй, бодлогын баримт бичигт тусгасан нь

Усны салбарт хүний нөөцийн бодлого, стратегийн талаар салбарын хэмжээнд батлагдан мөрдөгдөж буй “Усны тухай хууль”-д ус ашиглалт, хамгаалалттай холбоотой харилцаа, хариуцлага, зөвшөөрөл, хяналт шалгалт зэрэг үндсэн эрх, үүргийг тогтоож өгсөн бөгөөд тус хуулийн 16<sup>1</sup>-р зүйлд усны асуудал хариуцсан төрийн захиргааны төв байгууллагын бүрэн эрхэд салбарын мэргэжилтнийг сургах, арга зүй, удирдлагаар хангах, чадавхжуулах талаар, 21-р зүйлд усны мэргэжлийн байгууллагад тавигдах шаардлага, усны мэргэшсэн хүний нөөцийн сургалтыг төрийн бус байгууллагаар гүйцэтгүүлж, мэргэшсэн зэрэг олгуулахаар, 6-р зүйлд усны хяналт-шинжилгээг хариуцан гүйцэтгэгчийн үүргийг тусгажээ.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Усны тухай хууль. <https://legalinfo.mn/mn/detail/8683>

Байгаль орчныг хамгаалах тухай хуулийн 39-р зүйлд Байгаль орчны мэдээллийн төвийн бүрэн эрхэд хүний нөөцийн нэгдмэл бодлого хэрэгжүүлэх, тэдгээрийг сургаж бэлтгэх, мэргэшүүлэхээр заажээ.<sup>4</sup>

Сав газруудын усны менежментийн төлөвлөгөөнд тухайн сав газрын бүсчилсэн төлөвлөгөө, сав газрын менежментэд шаардлагатай мэргэжилтэн, байгууллагын үүрэг, орон нутгийн түвшний хүний нөөц болон ажиллагсдын чадамжийг хөгжүүлэх, бэхжүүлэхэд зарцуулагдах хөрөнгө санхүү, стратеги төлөвлөгөөнд хүний болон санхүүгийн нөөцийг хуваарилах талаар тусгадаг байна.<sup>5</sup>

2010 онд батлагдсан “Ус” үндэсний хөтөлбөр ба түүний хэрэгжилтийн төлөвлөгөөнд хүний нөөцийн чадамжийг бий болгох заалтууд багтаж боловсон хүчний сургалт, ур чадварыг хөгжүүлэх үйл ажиллагаануудыг төсөл маягаар хэрэгжүүлж ирсэн ба тус хөтөлбөр 2021 онд хэрэгжилтийн хугацаа дуусч хүчингүй болжээ.

Дээрх баримт бичгүүдээс өөр усны салбарт тусгайлан хэрэгжүүлэх “хүний нөөцийн бодлого, стратеги”-ийн тодорхой бодлого, хөтөлбөр байхгүй байна.

Харин Дэлхийн банк, Азийн хөгжлийн банк, 2030 Усны нөөцийн бүлэг, Эдийн Засгийн Хамтын Ажиллагаа ба Хөгжлийн Байгууллага, НҮБ-ын Хөгжлийн Хөтөлбөр, Монголын Мянганы сорилтын сан зэрэг байгууллагаас хэрэгжүүлсэн төсөл, судалгааны тайлангуудад хүний нөөцийн дутагдал, үйлчилгээний байгууллагуудын хүний нөөц, менежментдээ анхаарах шаардлагатай байгааг онцлон дурдаж, сургалтын төлөвлөгөө, менежментийн шинэ загваруудыг санал болгож, зөвлөж иржээ.

Төрийн болон аж ахуй нэгж байгууллагууд стратеги төлөвлөгөөндөө өөрсдийн хүний нөөц, чадавхжуулах сургалт, хүний нөөцийн менежментийн төлөвлөгөөг гаргаж, байгууллагын хүрээнд болон дотоод, гадаад, олон улсын хамтын ажиллагаатай байгууллагаар дамжуулан хүний нөөцийн тусгай сургалт хийдэг байна.

## 2. Усны салбар дах гадаад орчны нөлөө

Монгол улсын усны салбарт дэлхийн эдийн засаг, дэлхийн усны салбарын чиг хандлагын нөлөөг макро түвшинд PEST аргаар тодорхойлбол дараах байдлаар тодорхойлогдож байна (Хүснэгт 1).

*Хүснэгт 1. Чиг хандлагын нөлөөллийн шинжилгээ (PEST аргачлал)*

| Улс төрийн хүчин зүйлс  | Эдийн засгийн хүчин зүйлс   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Уур амьсгалын өөрчлөлт, усны нөөцийн асуудал улс төрийн хувьд чухал асуудал болж байгаа нь усны аюулгүй байдал ба засаглалтын эрсдэлийг бий болгож байна.</li> <li>Усыг олон улсын байгууллага, гадаадын хөрөнгө оруулалт, санхүүжилтээр хамгаалах, дэлхийн хэмжээнд усны бодлого нийгэмших байдлаар хэрэгжих нөхцөл нэмэгдэж байна.</li> <li>Усны нөөцийг тогтвортой ашиглах, эрсдэлээс хамгаалах бодлого, зохицуулалтын шаардлага тавигдаж байна.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Дэлхийн усыг ашиглах эрэлт, нийлүүлэлтийн хоорондын зөрүү өсөх төлөвтэй байгаагаас усны эрэлт ба нөөцийн тодорхойгүй байдал үүсч байна.</li> <li>Ус нь бизнесийн болон улс төрийн хувьд эрсдэл үүсгэх чухал хөрөнгө учраас үнийн эрсдэл үүсэх, усны зардал нэмэгдэх хандлагатай байна.</li> <li>Усны дэд бүтцийг хөгжүүлэх, шинэ технологи хөгжүүлэх чиглэлд томоохон санхүүжилт орох зэргээр хөрөнгө оруулалтын боломж нэмэгдэж байна.</li> </ul> |

<sup>4</sup> Байгаль орчны тухай хууль. <https://legalinfo.mn/mn/detail/8935>

<sup>5</sup> Байгаль орчны тухай хууль. <https://legalinfo.mn/mn/detail/8935>

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Усны салбар нь засгийн газрын стратегийн тэргүүлэх чиглэл болсон.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Устай холбоотой эко-системийн шийдлүүд, арга технологи нь усны үнэлгээг өсгөх эдийн засгийн боломж олгож байна.</li> </ul>  |
| <b>Нийгмийн хүчин зүйлс</b>   | <b>Технологийн хүчин зүйлс</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Дэлхий даяар хүн амын тооны өсөлт, хотжилт тэлж байгаа нь усны хэрэглээний эрэлтэд хүчээр нөлөөлж байна.</li> <li>Тогтвортой хөгжлийн “Ус ба ариун цэврийн зорилтыг хэрэгжүүлэх” нь шаардлагатай болж байна.</li> <li>Ус хомсдол, бохирдол нь эмзэг бүлгүүдэд илүү ноцтой нөлөө үзүүлэх усны эрсдэл ба усны хүргэмжийн тэгш бус байдлыг үүсгэж байна.</li> <li>Байгууллагууд усны эрсдэлийг хүлээж, усыг тогтвортой ашиглах арга замуудыг нэвтрүүлэх шаардлагатай гэж үзэж байна.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Усны менежментэд ухаалаг технологи (smart monitoring), AI (хиймэл оюун), мэдрэгчт системүүд ашиглагдах болсон.</li> <li>Усны дахин ашиглах технологиуд улам хямд болж, усны хомсдолтой бүсүүдэд ашиглагдаж байгаа.</li> <li>Өндөр нарийвчлалтай гидрогеологийн загварчлал, их өгөгдлийн шинжилгээ нь усны урсгал, нөөцийг илүү үнэн зөв хянах, төлөвлөхөд тусалж байна.</li> <li>Усан дэд бүтцийн системүүд, хяналтын системүүд кибер аюулд өртөх эрсдэл нэмэгдэж байна.</li> </ul> |

Дээрх шинжилгээнээс дүгнэхэд: а) манай орны усны салбарт технологийн дэвшил (хиймэл оюун, ухаалаг хяналтын систем)-ийг нэвтрүүлснээр усыг илүү үр ашигтай ашиглах, хомсдолыг бууруулах боломжийг нээж өгч байна. Мөн усны асуудлыг олон улсын хамтын ажиллагаа, бодлогын эрэмбэд оруулах нь усны тогтвортой менежментийг дэмжиж боломж харагдаж байна. б) Улс төрийн зохицуулалт, хяналтын дутагдал, усны эрх тэгш бус хуваарилалт, усны нөөцийг хомсдол, бохирдол үүсгэх эрсдэлтэй. Түүнээс гадна уур амьсгалын өөрчлөлтөөс үүдсэн усны нөөцийн тогтворгүй байдал улам нэмэгдэж болзошгүй. Монгол улсын хувьд кибер аюул болон дэд бүтэц, усны системүүд эмзэг хэвээр байгаа нь эрсдэлтэй байж болзошгүй юм.

Монгол улсын усны салбарын гадаад, дотоод орчны нөхцөл байдлын шинжилгээг макро түвшинд SWOT аргаар тодорхойлсныг харууллаа (Хүснэгт 2).

*Хүснэгт 2. Нөхцөл байдлын шинжилгээ (SWOT аргачлал)*

| <b>Давуу талууд</b>  | <b>Сул талууд</b>   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Усны үнэ цэн өсч байна.</li> <li>Ус бол орлуулшгүй нөөц учраас улс орнуудын үндэсний аюулгүй байдлын бодлогын гол цөмд орж байна.</li> <li>Засгийн газрууд усны салбарт (дэд бүтэц, мониторинг, бохир ус) хөрөнгө оруулалтаа эрс нэмэгдүүлж байна.</li> <li>Технологийн дэвшил хүчтэй өсч байна.</li> <li>Ухаалаг усны тоолуур, IoT мониторинг, AI-д суурилсан гидрогеологийн таамаглал.</li> <li>Ус дахин ашиглалт, цэвэршүүлэх технологи хурдтай хямдарч байна.</li> <li>Дэлхийн банк, ADB, UNDP зэрэг олон улсын байгууллагууд санхүүжилт, техникийн туслалцааг тогтвортой үзүүлсээр байна.</li> <li>Ногоон хөгжлийн салшгүй хэсэг бол усны салбар байсаар байна.</li> <li>Хот байгуулалт, ухаалаг хот концепц усны салбарыг шинэ төвшинд гаргаж байна.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Хууль тогтоомжийн зөрчил, хариуцагч байгууллагын давхардал, завсардал, уялдаа султай холбоотой усны засаглал сул байна.</li> <li>Салбар дундын усны бодлогын уялдаа сул байна.</li> <li>Дэлхийн олон хотод ус түгээх сүлжээний алдагдал их байна.</li> <li>Мэдээллийн системүүд хоцрогдол, шийдвэр гаргалтын хоцрогдол их байна.</li> <li>Усны төслүүд урт хугацаатай байж өгөөж өгдөг тул хувийн хэвшил хөрөнгө оруулах сонирхол харьцангуй бага байдгаас санхүүжилт дутмаг байна.</li> <li>Усны үнэ, тарифын бодлого улс төрийн шалтгаанаас болж зардлаа нөхдөггүй</li> <li>Усны мониторингийн сүлжээ хангалтгүй, усны үнэлгээ бодит бус байна.</li> <li>Газрын доорх усны нөөц, тэжээмжийн мэдээлэл маш их хоцрогдолтой.</li> </ul> |
| <b>Боломж</b>  | <b>Аюул занал</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Уур амьсгалын өөрчлөлттэй холбоотой усны салбарт томоохон санхүүжилттэй төсөл, судалгаанууд эрэлт ихтэй байна.</li> <li>Усны техник, технологийн дэлхийн хэмжээний</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Уур амьсгалын өөрчлөлттэй холбоотой усны нөөцийн хомсдол бүс нутгуудад тогтмол үзэгдэл болж байна.</li> <li>Үер, гангийн давтамж нэмэгдэж байна.</li> </ul>  |

|  |  |
|--|--|
| <p>зах зээл тэлж байна.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Хиймэл оюун, гидрогеологийн загварчлал, ус алдагдлын илрүүлэлт зэрэг шууд хэрэглээ болж байна.</li> <li>- Усны дахин ашиглалт ба ногоон дэд бүтэц дэлхийн хөгжлийн чиг хандлага болж байна.</li> <li>- Усны зөвлөх үйлчилгээ, судалгаа, эрсдэлийн үнэлгээ, инженерингийн гэх мэт олон улсын хамтын ажиллагаа, үйлчилгээ өсөн нэмэгдэж, нээлттэй зах зээл бий болж байна.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Хил дамнасан гол мөрнийг асуудал геополитикийн эрсдэл бий болгож ус нь стратегийн нөөц болсон бүс нутгийн аюулгүй байдалд нөлөөлөх аюултай.</li> <li>- Дэд бүтцийн эмзэг байдал ба кибер аюул нэмэгдэж байна.</li> <li>- Инфляц, эрчим хүчний үнэ өсөхтэй холбоотой ус цэвэршүүлэх, түгээх өртөг өснө.</li> <li>- Усны салбарын санхүүжилтийн хомсдол үүсэх аюултай.</li> </ul> |
|--|--|

Монгол улсын усны салбар дах гидрогеологич мэргэжлийн хүний нөөцийн нөхцөл байдал, бодлого, гүйцэтгэлд PEST болон SWOT аргуудаар нэгтгэн шинжилгээ хийхэд дараах байдлаар тодорхойлогдож байна.

#### **А. Улс төр, бодлого, хууль эрх зүй талаас:**

*Эерэг тал:*

- Усны салбарт холбогдох багц хууль, эрх зүйн баримт бичиг, бодлогууд батлагдсан.
- “Алсын хараа-2050” Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлогод усны нөөцийг хамгаалах төрийн бодлогыг тусгасан.
- Усны нөөцийн менежментийг дэмжих олон улсын хамтын ажиллагаа өсөж байна.

*Сул тал:*

1. Салбар хооронд хүний нөөцийн бодлого, уялдаа сул.
  - *Тухайлбал: АҮЭБЯ (геологи, региональ судалгаа, уул уурхай) – БОУАӨЯ (усны нөөц, усны бохирдол, хамгаалал) – ХХААХҮЯ (хөдөө аж ахуй, бэлчээр усжуулалт) – ХББОСЯ (ус ашиглалт, хэрэглээ, усан хангамж) - ЭМЯ (хүн ам, нийтийн эрүүл мэнд) - Ус ашиглагч - Аймаг, орон нутаг - Сав газрын захиргаа зэрэг.*
2. Усны салбарын төрийн болон орон нутгийн захиргааны, мэргэжлийн байгууллагуудын бүтэц өөрчлөгдөж тогтвортой бус байдгаас мэргэшсэн боловсон хүчин тогтдоггүй.
  - *Усны газар, Сав газрын захиргаа зэрэг*
3. Усны салбарын хүний нөөцийн үндэсний мастер төлөвлөгөө байхгүй.
4. Цалин хөлс, шатлан дэвших тогтолцоо улсын дунджаас доогуур байдгаас мэргэжилтнүүд хувийн хэвшил рүү шилждэг.

*Боломж:*

5. Усны аюулгүй байдлын бодлого боловсруулахад усны салбарын хүний нөөцийн хангамж, чадавхжуулалт, бэхжүүлэлтийн талаар тусгаж, жил бүрийн мэргэжил дээшлүүлэлтийн тогтолцоог оруулах боломжтой.
6. Олон улсын байгууллагаас хүний нөөцийн хөгжлийг дэмжих талаар санхүүжилт авах боломжтой.

*Аюул:*

7. Төрийн байгууллагын тогтвортой бус байдалтай холбоотой бүтэц, орон тоо өөрчлөгдөх.
8. Усны салбарын мэргэжилтнүүдийн шилжилт хөдөлгөөнтэй холбоотой салбарын институцийн хүний нөөцийн бодлого, хүний нөөцийн бүртгэл, мэдээлэл, залгамж халаа алдагдах.

## **В. Эдийн засгийн талаас:**

### *Эерэг тал:*

9. Уул уурхай, үйлдвэрлэлийн усны хэрэглээ өсөхийн хэрээр уурхайн гидрогеологи, гидрогеохими, усны мониторинг, газрын доорх усны загварчлал, усны зурагзүйн ажилд эрэлт нэмэгдэж хүний нөөцийн хэрэгцээ өсч байна.
10. Зарим мега төсөл болон онцгой ач холбогдолтой төслүүдийн хүний нөөцөд хөрөнгө оруулалт хийж байна.

### *Сул тал:*

11. Усны байгууллагуудын санхүүжилтийн эх үүсвэр тогтворгүй, усны татвар, хураамж хангалтгүй.
12. Төрийн байгууллагын төсөв багасаж шинээр мэргэжилтэн авах, давтан сургалт хийх боломж хязгаарлагдмал.
13. Хувийн хэвшлийн байгууллагууд чадварлаг боловсон хүчнийг илүү сайн боломж нөхцөл, өндөр цалин, урамшууллаар татдаг.

### *Боломж:*

14. Усны салбарт эдийн засгийн шинэчлэл хийх, усны үнэ, тарифыг бодитоор тогтоох талаар хэлэлцэгдэж байгаа нь хүний нөөцийн санхүүжилтыг нэмэгдүүлэх боломжтой.
15. Технологийн (загварчлал, тандан судлал, ГМС, автоматжуулсан хяналт шинжилгээний систем, их өгөгдөл боловсруулалт, дижитал технологи) чиглэлд шинэ ажлын байр бий болох боломжтой.

### *Аюул:*

16. Улс орны эдийн засгийн уналт, төсвийн хэмнэлт нь усны салбарын хүний нөөцийн тоо, сургалтын боломжийг шууд хязгаарлана.
17. Хувийн хэвшлийн байгууллагууд мэргэжилтэнд өндөр цалин олгодгоос шалтгаалан төрийн байгууллага өрсөлдөх чадваргүй болно.

## **С. Нийгмийн хүчин зүйл талаас:**

### *Эерэг тал:*

18. Усны нөөц, уур амьсгалын өөрчлөлтийн талаарх олон нийтийн мэдлэг нэмэгдэж байгаа тул усны мэргэжлийн үнэ цэнэ өсч байна.
19. Залуучуудын дунд усны чиглэлийн мэргэжлийн сонирхол нэмэгдэж байгаа.

### *Сул тал:*

20. Усны салбарын туршлагатай гидрогеологич инженер, техникчийн хүний нөөцийн тасрал үүссэн, залуучууд туршлага бага.
21. Гидрогеологийн салбарын хувьд ажил хүнд, алслагдсан нутагт ажиллах шаардлагатай учраас мэргэжилтнүүд тогтдоггүй.
22. Ерөнхий боловсролын түвшинд усны боловсрол сул, элсэгчид сонирхол бага байгаагаас салбарт элсэгчдийн суурь чадвар жигд бус.

### *Боломж:*

23. Их, дээд сургуулиудад “усны нөөцийн менежмент”, “гидрогеологи”, “усны инженер” зэрэг шинэ хөтөлбөр шинээр нээж байна

24. Нийгмийн хүрээнд олон нийтийг хамарсан усыг хамгаалах ажлуудыг өргөн цар хүрээтэй хийвэл усны салбарын имидж сайжирна.

*Аюул:*

25. Хүн амын шилжилт хөдөлгөөн нэмэгдсэнээс хөдөөгийн Сав газрын захиргаанд мэргэжилтэн тогтдоггүй.
26. Насжилт өндөртэй мэргэжилтнүүд тэтгэвэрт гарахад залгамж халаа хангалтгүй.

#### **D. Технологийн талаар:**

*Эерэг тал:*

27. Усны чанар, түвшин, урсацын автомат станцын тоо жил бүр өсч байна.
28. Тандан судлал, ГМС, дрон зэрэг технологиудыг төсөл хэрэгжүүлэгчид түлхүү ашиглаж эхэлсэн.
29. Усны өгөгдлийн менежментийг сайжруулах үндэсний системүүд хөгжиж байна.

*Сул тал:*

30. Орон нутгийн байгууллагад тоног төхөөрөмжийн стандарт харилцан адилгүй, эвдрэл ихтэй.
31. Мэргэжилтнүүд мэдээллийн технологи, дижитал технологи, хиймэл оюун, ГМС, автоматжуулалт, их өгөгдөл боловсруулалт, загварчлал зэрэг технологи ашиглах чадвар хангалттай эзэмшүүлэх сургалтын тогтолцоо сул.
32. Усны чиглэлийн байгууллагуудын бодлого, үйл ажиллагааны уялдаа сул, тус тусдаа ажилладаг учраас мэдээлэл солилцоо, мэдээллийн интеграцчлал сул.

*Боломж:*

33. Газрын доорх усны автоматжуулсан хяналт шинжилгээний станцын сүлжээ өргөжих боломжтой ба үүнийг дагаад мониторингийн мэргэжилтнүүдийн хэрэгцээ нэмэгдэнэ.
34. Усны мэдээллийн нэгдсэн платформ бий болгох их өгөгдөл, мэдээлэл боловсруулагч, шинжээчийн шинэ ажлын байр бий болно.

*Аюул:*

35. Гидрогеологийн судалгаа, үйл ажиллагааны тоног төхөөрөмж өндөр үнэтэй, засвар үйлчилгээг санхүүжүүлэх боломж хомс.
36. Технологийн шинэчлэл хурдтай явагдаж байгаа учраас усны салбарын хүний нөөцийн шинэ ур чадвараа байнга шинэчлэх шаардлагатай.

Монгол Улсын усны салбар дах гидрогеологийн мэргэжилтэй хүний нөөцийн бодлогод тулгарч байгаа гол асуудлууд нь хүний нөөцийн нэгдсэн бодлогогүй, салбар дундын уялдаа сул, тогтвортой бус бүтэц, цалин урамшуулал доогуур, шилжилт хөдөлгөөн их, мэргэшсэн гидрогеологич дутмаг, технологийн чадавх сул, хүний нөөцийн чадавхжуулалтын сургалтын тогтолцооны системгүй байна.

### **3. Усны салбарын хүний нөөцийн талаар хэрэгжүүлэх боломжит бодлого**

Усны салбарын хүний нөөцийн талаар Монгол улсад хэрэгжиж буй хууль, эрх зүй, бодлогын баримт бичиг болон салбарын хүний нөөцийн бодлогод нөлөөлөх гадаад, дотоод хүчин зүйл, нөхцөл байдлын шинжилгээн дээр үндэслэн дараах бодлогыг санал болгож байна.

- 1) Гидрогеологийн мэргэжлийн байгууллагын тогтолцоо, үйл ажиллагаа, хүний нөөцийн бодлого, судалгаа, шинжилгээ, сургалт, мэргэжил дээшлүүлэлтийн

- чиглэлээр голлох үйл ажиллагаа явуулах Үндэсний хэмжээний сургалтын төв байгуулах;
- 2) Үндэсний хэмжээний сургалтын хийх хүний нөөцийн менежементийн нэгжийг мэргэшүүлэх;
  - 3) Нэн тэргүүнд салбарын мэргэжилтний хэрэгцээ, шаардлагыг ажлын байр, мэргэжил, харьяаллаар гаргаж, хэтийн төлөвийг Монгол улсын хөгжлийн бодлоготой уялдуулж үнэлэх;
  - 4) Үйлдвэрлэлийн салбарт ажиллаж байгаа гидрогеологийн мэргэжилтэй боловсон хүчнийг чадавхжуулах, мэргэжил дээшлүүлэх, хүний хөгжлийн мастер төлөвлөгөө боловсруулж, үе шаттайгаар хэрэгжүүлэх, санхүүжилтийг тусгах;
  - 5) Гидрогеологийн мэргэжлийн ажил мэргэжлийн хүрээ, шатлал, мэргэшлийн зэргийн тогтолцоо нэвтрүүлэх;
  - 6) Мэргэжилтний ур чадварын стандарт боловсруулж, мөрдүүлэх<sup>8</sup> Гүйцэтгэлийн үнэлгээг бодитоор хийх систем нэвтрүүлэх;
  - 7) Гидрогеологийн мэргэжилтнүүдэд зориулсан тогтмол сургалтын хөтөлбөр боловсруулах, хэрэгжүүлэх;
  - 8) Гидрогеологийн мэргэжилтэн ажиллах шаардлагатай ажил мэргэжлийн болон салбар, албан байгууллагын жагсаалт гаргаж, орон тоог нэмэгдүүлэх;
  - 9) Мэргэжилтнүүдийн цалин хөлс, урамшууллын системийг боловсронгуй болгох;
  - 10) Салбар хоорондын уялдааг сайжруулах талаар хууль, эрх зүйн баримт бичгүүдэд тусгах, үйл ажиллагааг интеграцчлах, мэдээлэл солилцоог сайжруулах;
  - 11) Гадаадын болон олон улсын төсөл, хөтөлбөрүүдэд үндэсний мэргэжилтнүүдийг илүү олон оролцуулах;
  - 12) Хамтарсан мастер, богино хугацааны сертификаттай сургалт нэвтрүүлэх;
  - 13) Үндэсний мэргэжилтнийг мэргэжил эзэмшсэнээс хойш 5 жил тутамд мэргэжил дээшлүүлэх хөтөлбөр боловсруулж, төрийн бодлогоор дэмжлэг үзүүлэх;
  - 14) Яамд, агентлаг, их, дээд сургууль, салбарын байгууллагын хамтын ажиллагааг нэмэгдүүлэх;
  - 15) Туршлага солилцох хөтөлбөрүүд бий болгох;

## **ДҮГНЭЛТ**

Монгол Улсын усны салбар нь тогтвортой хөгжлийн тулгуур салбар боловч хүний нөөцийн бодлого сул, чадавх хомс, сургалтын тогтолцоо тогтмол бус байдал нь усны нөөцийн удирдлага, мониторинг, бодлого боловсруулахад сөргөөр нөлөөлж байна. Олон улсын туршлагаас харахад салбарын хүний нөөцийн чадавхыг системтэй, шат дараалалтай, институцийн түвшинд бэхжүүлэх нь усны нөөцийн тогтвортой менежментэд хамгийн үр дүнтэй арга болох нь нотлогдож байна.

Иймээс Монгол Улсад усны салбарын чадварлаг мэргэжилтэн бэлтгэх, тогтоон барих, сургалтын тогтолцоог бэхжүүлэх, институцийн чадавхыг өсгөх нэгдсэн стратеги зайлшгүй шаардлагатай. Энэ нь зөвхөн мэргэжилтний түвшинд бус, усны нөөцийн тогтвортой байдлыг хангах үндэсний чадамжийг сайжруулахад чухал хувь нэмэр оруулах юм

## **АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛЫН ЖАГСААЛТ**

1. OECD / Asia Water Council. (2025). *Water demand management in Mongolia: Highlights of a national dialogue on water*. OECD Publishing.

2. <https://doi.org/10.1787/de003433-en>FAO. (2010). *Capacity development in irrigation and drainage*. Food and Agriculture Organization of the United Nations
3. UNDP. (2009). *Capacity development: A UNDP primer*. United Nations Development Programme
4. Asian Development Bank. (2020). *Mongolia: Water sector assessment, strategy, and road map*
5. Japan International Cooperation Agency. (2019). *Capacity development for integrated water resources management*.
6. Монгол Улсын Усны тухай хууль
7. Монгол Улсын Байгаль орчны тухай хууль
8. Д.Оюун ба бусад. Гидрогеологи, инженер геологи, геоэкологийн дээд боловсролтой мэргэжилтнийг 50 жил бэлтгэж ирсэн амжилт ба ирээдүй. "Геологи" Геологийн эрдэм шинжилгээ, сургалт, арга зүйн сэтгүүл, № 38, "Монгол орны гидрогеологи, инженер геологи, геоэкологийн асуудлууд" ЭШХ-ын эмхэтгэл №31, Улаанбаатар хот, 2023, хууд. 1-21.

# МОНГОЛ ОРНЫ ГИДРОГЕОЛОГИЙН СТРУКТУРЫН СУДАЛГАА БА ДҮҮРЭГЧЛЭЛИЙН АСУУДАЛД

Н.Батсүх

*“Монгидрогео куйст консалтинг” ХХК*  
(Холбоо барих зохиогч: [nbatskh@gmail.com](mailto:nbatskh@gmail.com))

## ХУРААНГУЙ

Манай уудам эх орны геологийн болон тектоник-структурын тогтоц маш нийлмэл, зүймэл учир түүний гидрогеологийн структурын судалгааны өгөөжийг дээшлүүлэх болон дүүрэгчлэлийг боловсронгуй болгох онолын үндэслэл, аргазүйг улам гүнзгийлүүлэх шаардлага дэвшигдэн гарч ирлээ. Энэ талаар энэхүү өгүүлэлд өгүүлэх болно.

Түлхүүр үг: Аргазүй, Судалгаа, Зорилт

## ОРШИЛ

Монгол орны нутаг дэвсгэрийн газрын хэвлийн гравитацийн усны судалгааны тойм А.Т.Иванов [1], Н.А.Маринов, В.Н.Попов [2], Н.Батсүх [3], Н.Жадамбаа [4] нарын бүтээлүүдэд тодорхой тусгагдсан бий. Манай орны гидрогеологийн дүүрэгчлэлийг хамгийн анх Н.А.Маринов 1963 онд хийсэн бол 2009 онд Н.Жадамбаа нэлээд боловсронгуй дүүрэгчлэлийг боловсруулсан. Мөн 1981 онд Г.Цэрэнжав манай орны нутаг дэвсгэрийн гидрогеологийн дүүрэгчлэлийн сонирхолтой бүдүүвчийг боловсруулсан байна [5]. Монгол орны гидрогеологийн структурын талаар анх В.М.Степанов бүтээл туурвисан [6] бөгөөд дараа нь манай эрдэмтэд тодорхой бүс нутгуудаар нэг сэдэвт бүтээлүүд туурвисан байгаа. Тухайлбал: Р.Баттөмөр, У.Борчулуун, М.Алей, Н.Лхагва, П.Хөхөө, А.Түвдэндорж, Д.Батжаргал, Д.Сурмаажав нар Баруун Монголын Говь-Алтайн бүс нутаг, Дорно-говийн бүс нутаг, Өмнөд говийн бүс нутаг, Дундговийн бүс нутаг, Сайншандын бүс нутаг, Балгасын Улаан нуурын ай сав, Орхон голын ай сав, Төв Монголын гидрогеологийн структур зэрэг судалгааг хийсэн байна [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

## СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ БА АРГАЗҮЙ

Дээр дурдсан эрдэмтдийн бүтээлүүдийн үр дүнд системийн задлан шинжилгээний аргазүйгээр боловсруулалт хийв.

## ҮР ДҮН

Гидрогеологийн дүүрэгчлэл бол газар доорх усны талаарх судалгааны материалыг нэгтгэн дүгнэх шинжлэх ухааны арга юм. Энэ аргаар өргөн уудам нутаг дэвсгэрийн газар доорх усны тархалт, бүрэлдэж буй болох нөхцөлийн төсөөтэй байдал, онцлог шинжээр нь тухай тухайн бүс нутгийн зүй тогтлыг ялган дүүрэгчилж, газар доорх усыг нийгмийн хэрэглээнд зүй зохистой олборлон ашиглах асуудлын оновчлолыг шийддэг юм. ЗХУ-ын (тухайн үеийн нэрээр) нэртэй эрдэмтэн, манай орны геологи, гидрогеологийн судалгаанд үнэтэй хувь нэмэр оруулсан судлаач Н.А.Маринов анх манай орны нутаг дэвсгэрийн гидрогеологийн дүүрэгчлэлийг хийсэн [2]. Н.А.Маринов нь анх тухайн дэвсгэр нутагт тархсан газар доорх гравитацийн усны үндсэн хоёр төрөл зонхилсон байдлаар нь

гидрогеологийн бүс нутгийг ялган дүүрэгчлэл хийсэн юм. Харин Монгол Улсын төрийн соёрхолт, эрдэмтэн Н.Жадамбаа Монголын нутаг дэвсгэрийн гидрогеологийн дүүрэгчлэлийг геоморфологи-гидрологи, геологи-гидрогеологийн гэсэн хоёр зарчмыг хослуулсан өвөрмөц аргазүйгээр газар доорх усны систем→ай сав→бүс гэсэн гурван шатлалаар хийсэн [4].

Төрөл бүрийн шүүрэлтийн үзүүлэлттэй чулуулгийн коллектор (латин гаралтай үг. цуглуулагч гэсэн утгатай) шинж чанар бүрэлдэх нь геологийн эсрэг, тэсрэг чиглэсэн нийлмэл үйл явцаар илэрхийлэгдэх бөгөөд тэдгээрийн хөгжилд задлан шинжилгээ хийх замаар гидрогеологийн структуруудыг системчилдэг. Угаасаа гидрогеологийн структур бол геологийн биет бөгөөд уг биетэд газар доорх усны тархалт, нөөц баялгийн бүрдэлт, химийн бүрэлдэхүүн бүрэлдэх зүй тогтол нь тасралтгүй шинж чанартай байдаг [15].

Манай гидрогеологич эрдэмтдийн структур гидрогеологийн судалгаанаас харахад зөвхөн гидрогеологийн массив, ай сав, усажсан хагарал гэсэн төрлүүдийг ялгаж тэдгээрийн үзүүлэлтүүдийг коллектор шинжийн төрөл, газар доорх усны байгалийн болон үүсгэмэл илрэлүүдийн ундарга, усны эрдэсжилт, ион-давсны ерөнхий бүрэлдэхүүнээр илэрхийлсэн.

## **ШҮҮН ХЭЛЭЛЦЭХҮЙ**

Монгол орны нутаг дэвсгэрийн гидрогеологийн дүүрэгчлэлийг боловсруулсан Н.А.Маринов, Г.Цэрэнжав, Н.Жадамбаа нарын эрдэмтдийн судалгаанаас харахад хэрэглэсэн арга зүй, дүүрэгчлэлийн нэгжүүд нь хоорондоо эрс ялгаатай. Тухайлбал Н.А.Маринов нь газар доорх гравитацийн усны үндсэн төрлүүд болох ул хөрсний ус, артезын усыг зонхилон тархсан байдлаар манай газар нутгийн гидрогеологийн бүс нутгаар (гидрогеологийн регион) нь ялган дүүрэгчлэл хийсэн бол Г.Цэрэнжав газар доорх усны тэжээгдлийн зэрэглэлээр дөрвөн муж, газар доорх усны хуримтлагдах нөхцөлөөр таван структур, газар доорх усны нөөцийн хангалтын нөхцөлөөр гурван их муж, арван нэгэн районд ялгасан байна [5]. Цааш нь бүүр нарийвчлан гидрогеологийн дүрс, гидрогеологийн зүйл болгон дүүрэгчлэх арга зүйг боловсруулсан юм.

Төрийн соёрхолт, доктор (Sc.D) Намжилын Жадамбаагийн боловсруулсан Монгол орны гидрогеологийн дүүрэгчлэлээр гидрогеологийн гурван тогтолцоо (систем), гидрогеологийн 93 савыг ялгасан байна [4]. Түүний боловсруулсан гидрогеологийн дүүрэгчлэлд тулгуурлан усны нөөцийн нэгдсэн менежментийн (УННМ) төлөвлөгөөг боловсруулан 2008-2021 онуудад хэрэгжүүлж одоо дараачийн үе шатны төлөвлөгөөг хэрэгжүүлж байна. Мөн энэ дүүрэгчлэлийн гидрогеологийн ай савын нэгжийн дэвсгэр нутгийн хэмжээнд үйл ажиллагаа явуулдаг сав газрын захиргаадыг байгуулсан билээ. Н.Жадамбаагийн боловсруулсан Монгол орны нутаг дэвсгэрийн гидрогеологийн дүүрэгчлэл нь онолын болон нийгэм-эдийн засгийн ач холбогдол өндөртэйг ийнхүү илтгэн харуулна.

Манай орны олон эрдэмтэд голдуу говь, хээрийн бүсийн гидрогеологийн структурын судалгаа хийсэн боловч түүнийг нэгтгэн дүгнэх цаашид өргөжүүлэх талаар хийсэн зүйлгүй орхигдсон байдаг. Энэ талаар миний бие 2014 онд дүгнэж бичсэн бий [16].

Доктор (Ph.D) Гомбын Цэрэнжавын боловсруулсан Монгол орны гидрогеологийн дүүрэгчлэлийн гурван бүдүүвч болон засаг захиргааны сум, багийн болон аж үйлдвэрийн цогцолборын дэвсгэр нутгийн хэмжээнд дүүрэгчлэлийг гидрогеологийн зүйл, гидрогеологийн дүрс ялган газар доорх усны нөөцийн хуримтлагдах болон хангагдах

нөхцөлийг тодорхойлох арга зүй нь одоо бараг мартагдах шахсан байна. Харин ч Г.Цэрэнжавын гидрогеологийн дүүрэгчлэл боловсруулсан 1981 оноос хойших хугацаанд манай орны нутаг дэвсгэрийн гидрогеологийн судалгаа өргөжиж, хуримтлагдсан мэдээлэл арвин болсон учир улам нарийвчлан баяжуулах ёстой сон.

## **ДҮГНЭЛТ**

1. Монгол, Оросын эрдэмтэд 1963, 1981, 2009 онуудад (өөрөөр хэлбэл Монгол орны нутаг дэвсгэрийн гидрогеологийн судалгааны 3 өөр түвшинд гэсэн үг) манай орны нутаг дэвсгэрийн гидрогеологийн дүүрэгчлэлийг өөр өөр арга зүйгээр хийсэн байна. Эрдэмтдийн боловсруулсан гидрогеологийн дүүрэгчлэл хийсэн хугацаа хоорондоо 18-27 жил байгаа бөгөөд сүүлчийн дүүрэгчлэл хийснээс хойш одоо 16 жил өнгөрч байна. Манай орны нутаг дэвсгэрийн гидрогеологийн судалгаа улам өргөжсөн, хуримтлуулсан мэдээллийн сан ч баян болсон тул нутаг дэвсгэрийн гидрогеологийн дүүрэгчлэлийг Манай улсын “Алсын хараа-2050”, “Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого”-ын хүрээнд 2021-2030 онуудад хэрэгжүүлэх “Шинэ сэргэлтийн бодлого”-той уялдуулан шинээр боловсруулах зорилт дэвшигдэн гарч ирлээ.
2. Манай орны нутаг дэвсгэрийн гидрогеологийн структуруудыг структурын, морфоструктурын, гарвал зүйн, ус солилцооны онцлогийн, структурын холбоосын шинж чанарын гэж системчлэн 5 багц ангилал үйлдэх боломжтой.
3. Дүгнэлтэд дэвшүүлж буй зорилтуудыг хэрэгжүүлэхийн тулд гидрогеологийн эрдэм шинжилгээний нэгж байгуулах (одоогоор манай улсад ийм нэгж байхгүй) шаардлагатай байна.

## **ТАЛАРХАЛ**

Энэхүү өгүүллэгийг тэрлэхэд түлхэц өгч олон талын санал дэвшүүлж, шүүмж өрнүүлсэн “Монгидрогео куйст консалтинг” ХХК-ийн эрдэмтэн судлаачид, хамтрагч нартаа гүн талархал илэрхийлж, хорвоогийн хамгийн сайн сайхныг хүсэн ерөөж, үйлдвэрлэл, эрдэм судлалын ажлын их амжилт хүсье.

## **НОМ ЗҮЙ**

1. Иванов А.Т. Подземные воды Монгольской Народной республики. Тр. Лаборатории гидрогеологических проблем. Том XIX. Изд. АН СССР. М., 1958. 134с
2. Маринов Н.А., Попов В.Н. Гидрогеология Монгольской Народной республики. М., 1963. 451с
3. Батсүх Н. БНМАУ-ын нутаг дэвсгэрийн гидрогеологийн судалгаа, цаашид тавих зорилт. МУИС-ийн эрдэм шинжилгээний бичиг. №53, 1975. тал 5-21
4. Жадамбаа Н. Монголын геологи ба ашигт малтмал. VIII боть. Гидрогеологи. Улаанбаатар, 2009. 538 тал
5. Цэрэнжав Г. БНМАУ-ын нутаг дэвсгэрийг газар доорх цэнгэг усны нөөц, баялгийн хангамшилын нөхцөлөөр дүүрэгчлэх нь. Газар зүйн ухааны докторын зэрэг горилсон бүтээл. Улаанбаатар, 1981
6. Степанов В.М. Гидрогеология Монгольской Народной республики. Иркутск, 1983, 91 с
7. Баттөмөр Р. Условия распространения и формирования подземных вод в гидрогеологических структурах Гоби алтайского региона Заладной Монголии. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Иркутск, 1986

8. Борчулуун У. Условия распространения и формирования подземных вод в гидрогеологических структурах Восточно-Гобийского региона Монголии. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Санкт-Петербург, 1994
9. Алей М. Условия распространения и формирования подземных вод в гидрогеологических структурах Южно-Гобийского региона Монголии. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Санкт-Петербург, 1992
10. Лхагва Н. Особенности гидрогеологических структур в Мандалгобийском районе. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Улаанбаатар, 1994
11. Хөхөө П. Сайншандын гидрогеологийн ай савын геофизик-гидрогеологийн нөхцөл. Улаанбаатар, 2008, 140 тал
12. Түвдэндорж А. Балгасан Улаан нуурын ай савын газрын доорх ус бүрэлдэн тогтох нөхцөл ба онцлог. Геологи-минералогийн ухааны доктор (Ph.D)-ын зэрэг горилсон диссертаци. Улаанбаатар, 2000, 80 тал
13. Батжаргал Д. Сав газрын газар доорх усны нөөц бүрэлдэн тогтох зүй тогтол (Орхон голын сав газрын жишээн дээр). Геологи-минералогийн ухааны доктор (Ph.D)-ын зэрэг горилсон диссертаци. Улаанбаатар, 2022, 152 тал
14. Сурмаажав Д. Термальные воды в гидрогеологических структурах Хангайского сводового подиятия Центральной Монголии. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Иркутск, 2021
15. Степанов В.М. Введение в структурную гидрогеологию. М., Недра. 1989. 229с
16. Батсүх Н. Профессор Мустафа Алей-структур гидрогеологийн судалгааг Монголд үндэслэгчдийн нэг мөн. “Геологи” сэтгүүл. №29. 2014. (Монгол орны гидрогеологи, инженер геологи, геоэкологийн асуудлууд. №22), тал 11-14

# БАГА ШАРГАЛЖУУТЫН ХАЛУУН РАШААНЫ ОРДЫН ГОРИМЫН СУДАЛГААНЫ ЗАРИМ ҮР ДҮН

Д.Ган-Эрдэнэ\*, Н.Лхагва, О.Биндэрьяа

Эм Ай Даблю ХХК

(\*Холбоо барих зохиогч: [ganderdene.d@miw.mn](mailto:ganderdene.d@miw.mn))

## ХУРААНГУЙ

Бага Шаргалжуутын халуун рашааны ажиглалтын нөөцийг үйлдвэрлэлийн зохих зэргээр үнэлэхэд зориулан бүлэг халуун булгуудын горимчилосон судалгааг 2023-2025 онуудад хийсэн ба тус ордын халуун, хүйтэн рашаануудын усны температур, ундарга, химийн найрлагыг хугацаанаас хамаарсан өөрчлөлтөд үнэлгээ өгсөн үр дүнг энэхүү судалгаагаар танилцуулж байна.

**ТҮЛХҮҮР ҮГ:** Горимчилсон судалгаа, өгсүүр булаг, био-уур амьсгал

## ОРШИЛ

Бага Шаргалжуутын халуун рашааны ордыг түшиглэн “Баян-Ундарга Зэндмэнь” ХХК нь рашаан-сувиллын үйл ажиллагааг улирлын горимоор буюу 5 дугаар сараас 10 дугаар сарыг дуустал хугацаатайгаар эрхлэн явуулдаг. Бага Шаргалжуутын халуун рашаан нь Шаргалжуут (Төв)-ын халуун рашааны ордоос ялимгүй баруун урагш шулуунаар 12 км-ийн зайд, Шаргалжуутын голд цутгах Нарийн голын урд хөвөөнд байрлалтай. Засаг захиргааны нэгжийн хувьд Өлзийт сумын 3-р багт харьяалагдана (Зураг 1).

Эрдэмтэн Г.Намхайжанцан [1] анх удаа Монгол орны нутаг дэвсгэрийг хүний биеийн эмчилгээний болон эмнэлгийн зориулалтаар амралт, рашаан сувиллын хэрэгцээнд зориулан био уур амьсгалын 3 муж болгон хуваасан. Бага Шаргалжуутын халуун рашаануудын орчим бэсрэг уур амьсгал, мөн бичил-уур амьсгал шинж бүхий өвөрмөц онцлог бүрэлдэн бий болдог. Энэ нь хэдхэн га дэвсгэр нутагт эндхийн дэвсгэр гадаргуу болох уул зүй, гол, ойн болон агаар мандлын орчил циркуляцийн, нарны цацрагийн уур амьсгалын ЗМ (макро, мезо, микро-уур амьсгал) зэрэгцэн бүрэлдэн ялгаа үүснэ.

1979 онд Бага Шаргалжуутын халуун рашааны ордыг багтаасан Нарийн голын хөндийн ай савд 1:50 000-ын масштабтай геологийн ерөнхий эрлийн ажлыг Баянхонгор аймгийн геологи-гидрогеологийн экспедицийн Баян цагааны ангийн геологичид Ч. Эрдэнэбат, С. Гүрцоо, Ж. Тогтох нар удирдан хийсэн байдаг [2]. Энэхүү геологийн эрэл зураглалын ажлаар Нарийн голын ай савын хүрээнд Цагаан тугалга, гянтболд болон бусад дагалдах металлуудыг судалжээ. Энд үйлдвэрийн агуулгатай кварцжилтын ба грейзиний бүсийг тогтоож дагалдах уулын ажлууд (канав, шурф)-ыг гүйцэтгэжээ. Дээрх металлуудыг агуулсан хүдэржилтийн бүс нь олон тооны бичил хагарал, ан цавуудаар гадаргууд илэрсэн нь үндсэндээ тус бүс нутагт гүний гидротермаль уусмал эрчимтэй нэвтэрч байжээ гэж үзэх бөгөөд энэ нь нэгэн адил гүний халуун рашаан (термаль ус) газрын гадарга дээр гарч ирэх явцыг нэгэн адил дагуулсан байх геологи-структүүрийн үндэслэл байх боломжтой юм.

Амралт рашаан-сувиллын эмчилгээний уур амьсгалыг Г.Намхайжанцан, Ж.Алтанцэцэг, Т.Сүхбаатар, Б.Намбар нар, био хэмнэлийг Л.Лхагва нар (1994, 1995), Шаргалжуутын рашааны ундарга, температурыг Н.Лхагва (1975) судалж байсан аж [3]. Харин Хими,

химийн технологийн хүрээлэнгийн хүрээлэнгээс Д.Оюунцэцэг, Т.Одонтуяа, А.Цийрэгзэн нар Бага Шаргалжуутын халуун рашааны гидрохимийн судалгааг 2016 онд хийсэн байна [4].



Зураг 1. Бага Шаргалжуутын халуун рашааны ордын байршил, замын маршрут

Бага Шаргалжуутын халуун рашааны ажиглалтын нөөцийг үйлдвэрлэлийн зохих зэргээр үнэлэхэд зориулан бүлэг халуун булгуудын горимчилсон судалгааг 2023-2025 онд гүйцэтгэлээ. Энэ судалгааны зорилго нь халуун, хүйтэн рашаануудын усны температур, ундарга, химийн найрлагыг хугацаанаас хамаарсан өөрчлөлтөд үнэлгээ өгөх зорилготой юм.

## СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН АРГА, АРГАЧЛАЛ

### *Горимчилсон судалгааны давтамж*

Бага Шаргалжуутын халуун рашааны ордын хэмжээнд 25°-58°C хооронд хэлбэлзэх 20 халуун булагт, мөн 1 хүйтэн (ходоод дотор заслын 6.1°C) булагт температур, ундаргын хэмжилтийг сар бүрийн давтамжтайгаар, түүнчлэн Нарийн голын дээд болон доод хөндлөвчинд өнгөрөлт зэрэг үзүүлэлтүүдийг 2023 оны 6, 7, 8, 9, 10-р саруудад, 2024 оны 5, 6, 7-р саруудад хэмжсэн.

### *Температур хэмжилт*

Бага Шаргалжуутын халуун рашааны булгуудын температурыг зөвхөн нэг багажаар горимын судалгааны туршид ашиглан явуулсан. Ханна Инструментс компанийн үйлдвэрлэсэн термометр ашиглан хэмжилтийг хийсэн ба тус багаж нь -50-аас +150 цельсийн градусыг хэмжих боломжтой.

### *Булгийн ундаргын хэмжилт*

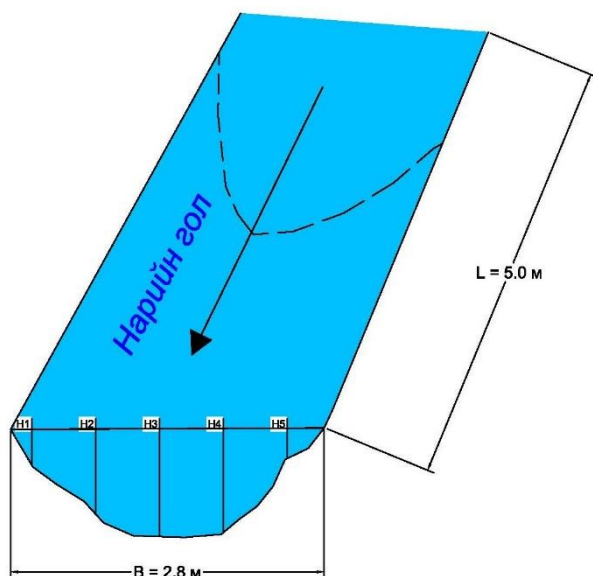
Рашааны ордын халуун булгууд, хүйтэн рашааны булаг, Нарийн голын өнгөрөлтийг хэмжихдээ дараах хоёр аргыг хэрэглэн харьцуулав.



| Specification          | Detail  |
|------------------------|---|
| SKU                    | HI98501   |
| Temperature Range      | -50.0 to 150.0°C / -58.0 to 302°F   |
| Temperature Resolution | 0.1°C (-50.0 to 150°C) / 0.1°F (-58.0 to 199.9°F) 1°F (above 200°F)   |
| Temperature Accuracy   | ±0.2°C (-30 to 120.0°C) ±0.3°C (outside: -50.0 to -30.0°C and 120.0 to 150.0°C) / ±0.5°F (-22.0 to 199.9°F) ±1°F (outside: -58.0 to -22.0°F and 200 to 302°F) |
| Temperature Probe      | fixed, stainless steel probe 106 x ø 3.6 mm (penetration)   |
| Automatic Shut-Off     | 8 min (default), 60 min or OFF  |
| Battery Type / Life    | CR2032 Li-ion / approximately 2000 hours of continuous use  |
| Environment            | -30 to 50°C (-22 to 122°F) IP65   |
| Dimensions             | 50 x 185 x 21 mm (2 x 7.3 x 0.9")   |
| Weight                 | 50 g (1.8 oz.)  |
| Ordering Information   | HI98501 (Checktemp®) is supplied with penetration probe, protective cap, battery and instructions.  |
| Warranty               | 1 year  |

Зураг 2. Горимын судалгаанд ашигласан термометрийн танилцуулга

**Хөвүүрийн арга.** Аливаа төрлийн (булаг, шанд, гол, горхи) гадаргын усны өнгөрөлтийг хэмжилтийг хийхдээ 3-5 м зайд жигд урсгалтай, тогтуун хэсгийг сонгоно. Урсгалын хурдыг тодорхойлохдоо усны гадаргууд хөвөгчийг урсгалын дээд хэсгээс хөвүүлж 3-5м зайд хэд хэдэн удаагийн давтамжтайгаар хийж дундаж утгаар тооцно. Яг энэ зарчмаар Нарийн голын урсгалын хурдыг хөвүүрийн аргаар тодорхойлж байлаа. Голын урсгалын дээд хэсэгт хөндлөвч-1-ийг сонгон авч 5.0 м зайд урсгалын хурд, өнгөрөлтийг тодорхойлж байсан ба халуун рашааны булгууд цутган орсон хэсгээс доош буюу хөндлөвч-2-т мөн хэмжилтийг давтан хийсэн. Хөвүүрийг 2.0 см диаметртэй үйс ашиглан явуулсан ба горимын судалгааны туршид нэг хөвүүрээ ашигласан.



Зураг 3. Нарийн голын өнгөрөлт хэмжилтийн аргачлал

Голын усны өнгөрөлтийг тодорхойлох хэмжилт явуулж буй хөндлөвчүүдийн урт нь 5.0 ба 1.0м тутамд голын зузааны хэмжилтийг хийж байсан. Урсгалын хурдыг зууны орны нарийвчлалтай секундомер ашиглан бүртгэж, өнгөрөлтийг доорх сонгодог эмпирик тэгшитгэлээр тодорхойлсон.

$$Q = V * H * W$$

$Q$  – Голын усны өнгөрөлт,  $m^3$

$V$  – Урсгалын хурд,  $m/s$ ,

$H$  – Голын усны дундаж зузаан,  $m$

$W$  – Хөндлөвчийн хөндлөн огтлол,  $m$

**Урсгалын хурд хэмжигч дижитал фловметр.** БНХАУ-д үйлдвэрлэгдсэн FM100v5 загварын зөөврийн фловметр ашиглан гадаргын усны өнгөрөлтийг хөвүүрийн аргын хэмжилтийг хянах зорилгоор давхар явуулсан. Тус багажийн ажиллах зарчим нь савааны үзүүрт байрласан сэнсийг усанд дүрж сэнсний эргэлтийн тоогоор урсгалын хурдыг тодорхойлно. Хөвүүр нь усны мандал дээгүүр урсахдаа салхины нөлөөгөөр алдаатай хэмжилтийн өгөгдөл өгөх боломжтой байдаг бол дижитал фловметр нь усанд янз бүрийн гүнд дүрж хэмжилтийг авдгаараа давуу талтай байдаг. Гэхдээ аль болох салхи намдах мөчийг хүлээж алдаа багатай хэмжилт авахыг зорьж байсан. Тиймээс ч хөвүүрийн хэмжилт дижитал фловметрийн хэмжилт хооронд зөрүү бага гарч байлаа.

FM100v5 загварын дижитал фловметр нь доорх энгийн тэгшитгэлээр урсгалын хурдыг тооцож гаргадаг.

$$V = \frac{KN}{T} + C \text{ (м/сек)}$$

Энд:

$V$  – Тухайн сувгаар урсаж буй шүүрлийн усны урсгалын хурд,  $m/s$

$K$  – Фловметрийн тогтмол, 0.05

$N$  – Дижитал багажийн сэнсний эргэлтийн тоо

$T$  – Сэнсний эргэлтийн тоог хэмжсэн хугацаа, 10 сек

$C$  – Фловметрийн засварын коэффициент



Зураг 4. FM100v5 загварын зөөврийн дижитал фловметр

Харин халуун, хүйтэн булгуудын урсгалын хурд, ударгыг тодорхойлоход 3-5 м зайд урсгал нь жигд байх гэсэн зарчмыг баримтлах боломжгүй байлаа. Халуун булгууд нь эгц цавчим хад асгын завсраас гарч дунджаар 60 орчим метр урсан Нарийн голд цутгана. Эдгээр 20 халуун булгууд нь хоорондоо нийлэлгүй тус тусдаа голд цутгах ба ударга илэрч буй хэсэгтээ багахан хэмжээтэй тогоо үүсгэдэг. Эдгээр тогоо үүсгэсэн хэсэгт л урсгал нь тэгшивтэр гадаргуугаар урсах ба хөвүүр урсах хэсгийн урт нь 0.3-0.6 м байна.



Зураг 5. а) Хөвүүрийн аргын хэмжилт, б) Дижитал фловметрийн хэмжилт

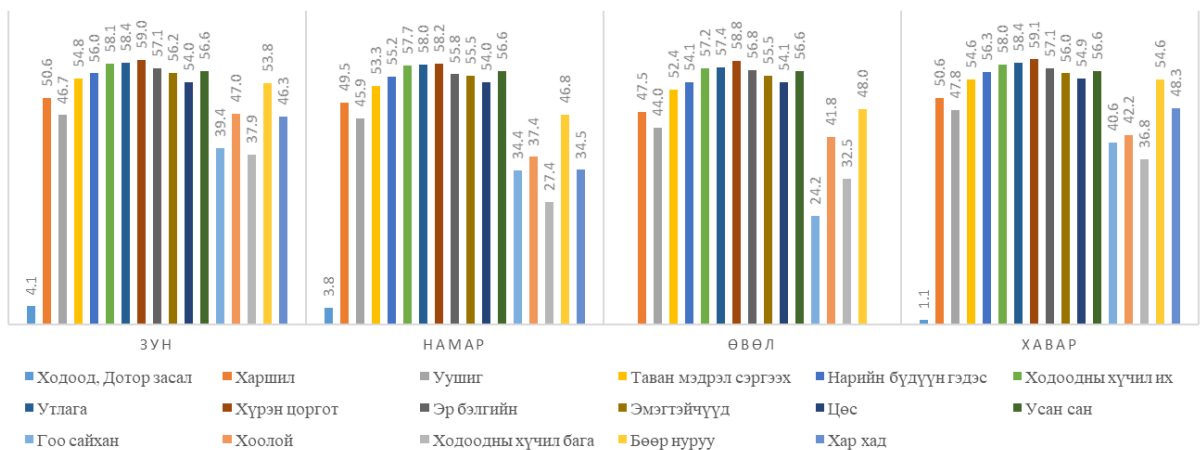
### **Халуун рашаан булгийн усны сорьцлолтын ажил**

Халуун, хүйтэн булгуудын усны химийн найрлага, чанарыг тодорхойлох зорилгоор усны сорьцлолтын ажлыг улирлын давтамжтайгаар буюу 2023 оны 7, 10-р саруудад, 2024 оны 1, 4-р саруудад гүйцэтгэсэн. Бактериологийн шинжилгээг Баянхонгор аймгийн Стандарт, хэмжилзүйн газрын харьяа лабораторид 2023 оны 7-р сард өгч, давтан хийх шаардлагатай 3 усны сорьцод 2025 оны 3-р сард дахин өгч нянгийн бохирдлыг шинжилгээг хийлгэв.

Халуун рашаан уснаас сорьц авахдаа нэрмэл усаар зайлж цэвэрлэсэн шилэн саванд эхлээд авч, усны температур хөрсний дараа 1л хэмжээтэй хуванцар саванд юулж хийсэн. Шилэн савын Улаанбаатар хотод нэрвэл усаар сайтар зайлж цэвэрлэн авч яваад, тухайн нэр бүхий рашаанаас дээж авахдаа тус рашааны усаар 3-5 удаа сайтар зайлж байгаад авч байсан. Сорьцыг 1 л хэмжээтэйгээр авч 24-48 цагийн дотор Хими, химийн технологийн хүрээлэнгийн лабораторид, 0.5 л хэмжээтэйг бичил элементийн тодорхойлуулахаар Эс Жи Эс Ай Эм Эм И Монголиа ХХК-ийн лабораторид хүргүүлж байв.

### **ҮР ДҮН**

Бага Шаргалжуутын халуун, хүйтэн рашааны горимчилсон судалгааны үр дүнгээр улирлын температурын өөрчлөлтийг зураг 6-д үзүүлэв. Хүйтэн рашаан буюу Ходоод, дотор засал нэртэй рашааны усны температур 1.1-4.1°C хооронд хэлбэлзэж байна. Тус рашаан нь өвлийн улиралд хөлдсөн. Харин халуун рашаануудын температур зуны улиралд 37.9-59.1°C хүрсэн бол өвлийн улиралд 24.2-58.8°C болж буурсан байна.



Зураг 6. Бага Шаргалжуутын халуун, хүйтэн рашааны улирлын температурын өөрчлөлт

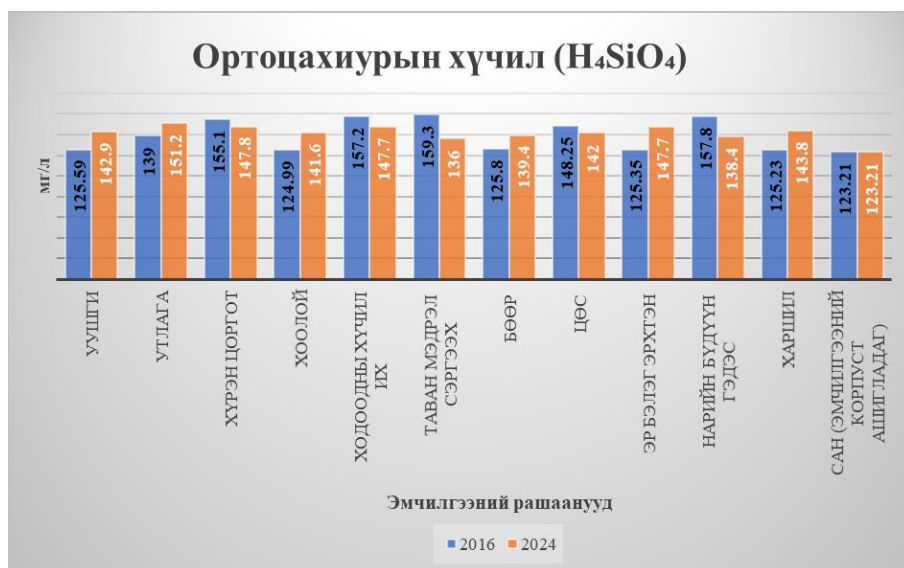
Бага Шаргалжуутын халуун, хүйтэн рашааны горимчилсон судалгааны үр дүнгээр ундаргын улирлын өөрчлөлтийг зураг 7-д үзүүлэв. Хүйтэн рашаан буюу Ходоод, дотор засал нэртэй рашааны усны ундаргыг зун, намрын улиралд хэмжилт хийх боломжтой байсан ба 1.4-1.45 л/с хооронд хэлбэлзэж байна. Халуун рашааны хувьд булгийн ундарга хаврын улиралд 0.96-2.2 л/с, зуны улиралд 0.64-2 л/с, намрын улиралд 0.8-1.81 л/с ба өвлийн 0.84-1.89 л/с хооронд хэлбэлзэнэ. Хамгийн их ундаргатай нь цэс нэртэй рашаан хаврын улиралд 2.2 л/с утгатай байна.



Зураг 7. Бага Шаргалжуутын халуун, хүйтэн рашааны ундаргын улирлын өөрчлөлт

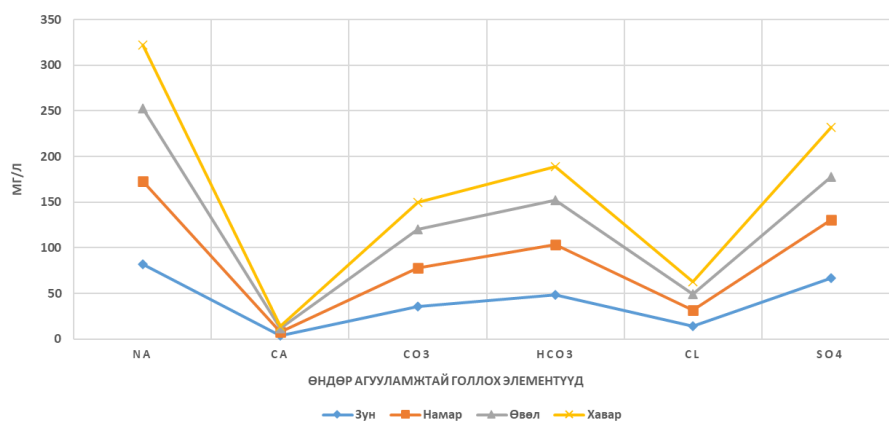
Бага Шаргалжуутын халуун рашааны ордын бүлэг булгуудад 2023-2024 онд явуулсан горимчилсон судалгааны шатанд хийсэн лабораторийн шинжилгээний зарим элементүүдийг 2016 онд Хими, химийн технологийн хүрээлэнгийн гүйцэтгэсэн [4] судалгааны үр дүнтэй харьцуулан график дүрслэлээр үзүүллээ. Эмчилгээний идэвхийг илэрхийлдэг элемент болох ортоцахуурын хүчил 2016 онд 123.1-159.3 мг/л байсан бол

2024 оны хэмжилтийн үр дүнгээс авч үзэхэд 123.1-151.2 мг/л хооронд хэлбэлзэж байна (Зураг 8). Тус ортоцахиурын хүчил нь 50 мг/л-ээс их агуулгатай байвал эмчилгээнд тухайн усыг хэрэглэж болох ба судалгаанд хамрагдсан булгууд нь рашааны ангилалд хамаарагдаж байна.



Зураг 8. Халуун рашааны ордын рашаан булгуудын ортоцахиурын хүчлийн агуулга

Бага Шаргалжуутын халуун рашаануудаас өндөр температуртай Утлагын рашааны голлох усанд ууссан ионуудыг улирлын хэлбэлзлийг зураг 9-д үзүүлээ. Хаврын улиралд тус рашааны усанд ууссан ионууд бусад улирлын хэмжилтийн үр дүнгээс, мөн Ca<sup>2+</sup> ионоос бусад усанд ууссан ионууд бага хэмжээгээр нэмэгдсэн байна.



Зураг 9. Утлагын халуун рашааны улирал бүрийн химийн найрлага

## ДҮГНЭЛТ

Бага Шаргалжуутын ордын халуун, хүйтэн рашаануудын усны температур, ундарга, химийн найрлагын улирлын давтамжтай горимчилсан судалгааг хийж гүйцэтгэлээ.

Халуун рашаануудын усны температураар нь ангилж үзвэл нийт хэмжилт хийсэн халуун рашааны 60% хувь нь өвлийн улиралд 50°C-аас дээш температуртай байгаа нь дулааны эх үүсвэр сайн байгааг илтгэнэ.

Халуун, хүйтэн рашаануудын ундаргын хэмжилтийн үр дүнгээс ажиглахад харилцан адилгүй байна. Зун, намрын улиралд зарим булгуудын усны ундарга нэмэгдэж байгаа нь хур тунадастай холбоотой бол хаврын улиралд ундарга нь хаврын шар усны үертэй холбоотой нэмэгдэж байгааг илтгэнэ.

Бага Шаргалжуутын ордын халуун рашааны усанд ууссан ионуудын улирлаас хамаарсан хэмжилтийн үр дүнгээс авч үзэхэд Ca<sup>2+</sup> ионоос бусад нь улирлын хэлбэлзэл ажиглагдаж байна. Хаврын улиралд усанд ууссан ионууд нэмэгдэж байгаа нь гаднаас тэжээмжийн эх үүсвэр нэмэгдсэнтэй холбоотой байж болох юм. Хэмжилт хийсэн халуун рашаануудын ортоцахуурын хүчлийн хэмжээг ажиглахад эмчилгээний чадавх өндөр, 8 жилийн өмнөхтэй харьцуулж үзэхэд өсөлт, бууралтын зүй тогтол ажиглагдахгүй байна.

#### **АШИГЛАСАН НОМ, СЭТГҮҮЛИЙН ЖАГСААЛТ**

1. Намхайжанцан.Г, Намбар.Б, Шаргалжуутын усан болор рашаан. Улаанбаатар хот. 1994.
2. Ч. Эрдэнэбат, С. Гүрцоо, Ж. Тогтох. Нарийн голын хөндийн ай савд 1:50000-ын масштабтай геологийн ерөнхий эрлийн ажил. Баянхонгор аймгийн геологи-гидрогеологийн экспедиц. 1979.
3. Лхагва.Н, 1975 онд Шаргалжуутын халуун рашаан дээр хийгдсэн гидрогеологийн эрэл-хайгуулын ажлын тайлан. Улаанбаатар хот. 1976.
4. Оюунцэцэг.Д, Одонтуяа.Г, Цийрэгзэн.А, Бага Шаргалжуут халуун рашааны гидрохимийн судалгаа. Улаанбаатар хот. 2016.

# BORON ISOTOPE USAGE FOR GROUNDWATER QUALITY ANALYSES IN OYU TOLGOI MINE, SOUTH GOBI REGION, MONGOLIA

Tamir Puntsag<sup>1\*</sup>, Batdemberel Bayanzul<sup>1</sup>, Sod-Erdene Bazardorj<sup>1</sup>, Otgonbaatar Sedepurev<sup>1</sup>, Oyunchuluun Ya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>“Oyu Tolgoi” LLC, Mongolia, <sup>2</sup>Mongolian National University of Education  
(\*Corresponding mail: [tamirpu@ot.mn](mailto:tamirpu@ot.mn))

## ABSTRACT

Groundwater protection in mining regions requires early identification of contamination sources, which is challenging in complex hydrogeological settings. Isotope tracers combined with major ion chemistry provide a robust approach to distinguish natural processes from anthropogenic impacts. In the semi-arid South Gobi region of Mongolia, water scarcity and mining operations intensify salinity changes and subsurface migration. At the Oyu Tolgoi mine, elevated total dissolved solids (TDS) in shallow groundwater prompted an investigation using multivariate geochemical and isotopic techniques ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{34}\text{S}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , and elemental analyses), revealing evaporation and mineral dissolution as dominant processes. This study focuses on boron isotopes ( $\delta^{11}\text{B}$ ), a sensitive tracer influenced by pH-dependent speciation and fractionation, to evaluate evaporation-driven salinity changes and water-rock interactions. Results show that high boron content and distinct isotopic signatures effectively trace anthropogenic inputs, particularly copper mine processing water. Observed low  $\delta^{11}\text{B}$  values under high pH conditions indicate complex fractionation, highlighting the need for further thermodynamic studies.

**Keywords:** Boron isotope, Groundwater contamination, Mining impacts, South Gobi, Salinity evolution

## 1. INTRODUCTION

One of the main goals of environmental protection is to prevent water pollution by identifying source of contamination early. However, accurately determining these sources can be challenging due to the complexity of natural systems and overlapping influences. The use of isotope tracers, combined with major ion concentration data, provides a powerful and innovative approach for distinguishing between multiple potential sources, even in complex hydrogeological settings.

Water movement and salinity changes in mining environments are key concerns for groundwater protection, especially in arid regions like the South Gobi region of Mongolia, where climate stress and active operations intensify water scarcity and subsurface impacts. Understanding water pathways and transformations related to mining infrastructure and subsurface migration is essential for evaluating long-term risks to groundwater quality. At the Oyu Tolgoi (OT) mine, elevated total dissolved solids (TDS) were observed in a shallow groundwater monitoring bore located in an alluvial aquifer downstream of mining infrastructure. To investigate the origin of these changes, Tamir et al. (2025) applied multivariate geochemical and isotopic techniques including  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{34}\text{S}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , and elemental analyses to differentiate natural processes such as evaporation and mineral weathering from mining-related influences. Indicators like  $\delta^{34}\text{S}$ , d-excess, Sr, Na, Cl, Cu, K, and Zn revealed dominant processes such as evaporative enrichment and mineral dissolution.

The boron isotope ( $\delta^{11}\text{B}$ ) system is a light stable isotope system that is highly sensitive to fractionation, making its interpretation complex. In aqueous environments, boron primarily exists as boric acid ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) and borate ion ( $\text{B}(\text{OH})_4^-$ ) (Hershey et al., 1985). Its isotopes ( $\delta^{10}\text{B}$  and  $\delta^{11}\text{B}$ ) are distributed unevenly between these species due to chemical and physical processes (Hemming and Hanson, 1991). This isotopic fractionation leads to variations in  $\delta^{11}\text{B}$  values across different environmental compartments such as water, soil, and sediments. Importantly, boron speciation is pH-dependent: at  $\text{pH} < 7$ , boron predominantly exists as boric acid, while at  $\text{pH} > 9$ , it shifts to borate ion. In the intermediate pH range, both species coexist, and boric acid tends to preferentially incorporate the lighter isotope ( $\delta^{10}\text{B}$ ), although this effect is relatively subtle (Zeebe, 2005). A more pronounced isotopic shift occurs due to the higher volatility of boric acid during evaporation, which enriches the remaining solution and resulting evaporites in the heavier isotope ( $\delta^{11}\text{B}$ ).

Therefore, this study focuses on evaluating evaporation processes as a key driver of salinity changes observed in previous investigations. Especially, it aims to investigate the distribution of boron isotopes ( $\delta^{11}\text{B}$ ) in the OT mining water system, their relationship with pH, and the co-variation of major ions as potential tracers for monitoring salinity changes.

The research questions are:

- 1) Are boron isotopes ( $\delta^{11}\text{B}$ ) significantly fractionated and spatially distributed across different water sources within the OT mining area?
- 2) How do  $\delta^{11}\text{B}$  values correlate with pH and other geochemical parameters under varying hydro-chemical conditions?
- 3) What are the patterns of change in major ion concentrations, and can these be used alongside  $\delta^{11}\text{B}$  as reliable indicators for tracking salinity evolution and water-rock interaction processes?

## 2. METHOD

In 2024, a two-day intensive sampling campaign collected over 75 water samples along the mine's water pathway—from the Gunii Hooloi (GH) borefields, through the processing circuit, to downstream monitoring bores east of the Tailings Storage Facility (TSF) (Figure 1).

Samples were collected in 50 mL pre-cleaned HDPE bottles (excluding glass due to boron adsorption), including field blanks and duplicates. They were preserved and shipped under controlled conditions, following protocols from the West Australian Biogeochemistry Centre and the ICP-MS laboratory at the Centre for Microscopy, Characterization and Analysis.

All measurements, including sample purification, were conducted according to McCulloch et al. (2014) at the University of Western Australia, using a Neptune Plus MC-ICP-MS, with bracketing to AE121 ( $\delta^{11}\text{B} = 19.81\text{‰}$ ).

Boron isotope ratios were measured using standard delta notation:

$$\delta^{11}\text{B}(\text{‰}) = \left( \frac{\left( \frac{B^{11}}{B^{10}} \right)_{\text{sample}}}{\left( \frac{B^{11}}{B^{10}} \right)_{\text{SRM951}}} - 1 \right) \times 1000$$

where SRM 951 refers to the certified reference material NIST SRM 951 (also known as SRM 951a), with a certified ratio of approximately 4.044 (Catanzaro et al., 1970; Brand et al., 2014).

All  $\delta^{11}\text{B}$  values are reported relative to this standard. Individual measurements achieved a precision of  $\pm 0.08\text{‰}$  (2SE,  $n = 75$ ), with AE121 repeatability of  $\pm 0.01\text{‰}$  ( $\sigma$ ,  $n = 43$ ). External mono-elemental boron standards returned a precision of  $0.3\text{‰}$  ( $\sigma$ ,  $n = 7$ ). Column chemistry tests showed no statistically significant bias, with  $\delta^{11}\text{B}$  values of  $0.13 \pm 0.19\text{‰}$  ( $\sigma$ ,  $n = 4$ ), consistent with expected values of  $0 \pm 0.3\text{‰}$ .

The ANOVA (Analysis of Variance) and other statistical analyses were performed using JMP Pro 16.2 (Hummel et al., 2021).

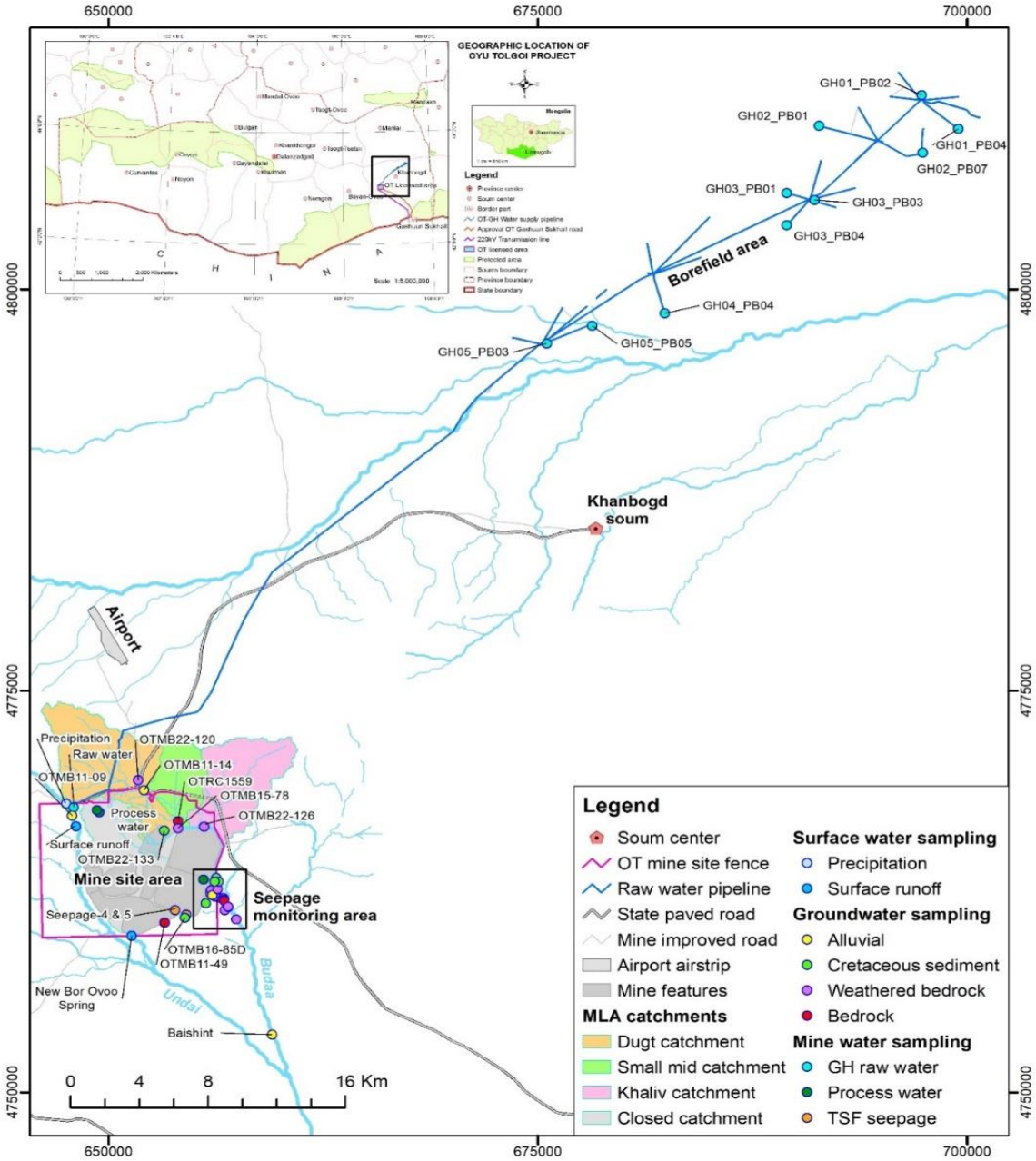


Figure 1. Study area and sampling locations of the Oyu Tolgoi mine site (source: Tamir et al., 2025)

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1 B isotope distribution in different type of the water

All samples were grouped by type and source, and the summary of their ranges and mean  $\delta^{11}\text{B}$  values is shown in Figure 2.

The  $\delta^{11}\text{B}$  values exhibit significant variability across different sample types, ( $p < 0.0001$ ) reflecting distinct geochemical processes and sources of boron (Figure 2). Water samples show the largest range in  $\delta^{11}\text{B}$  signatures, with values ranging from 4.4 ‰ to 51 ‰.

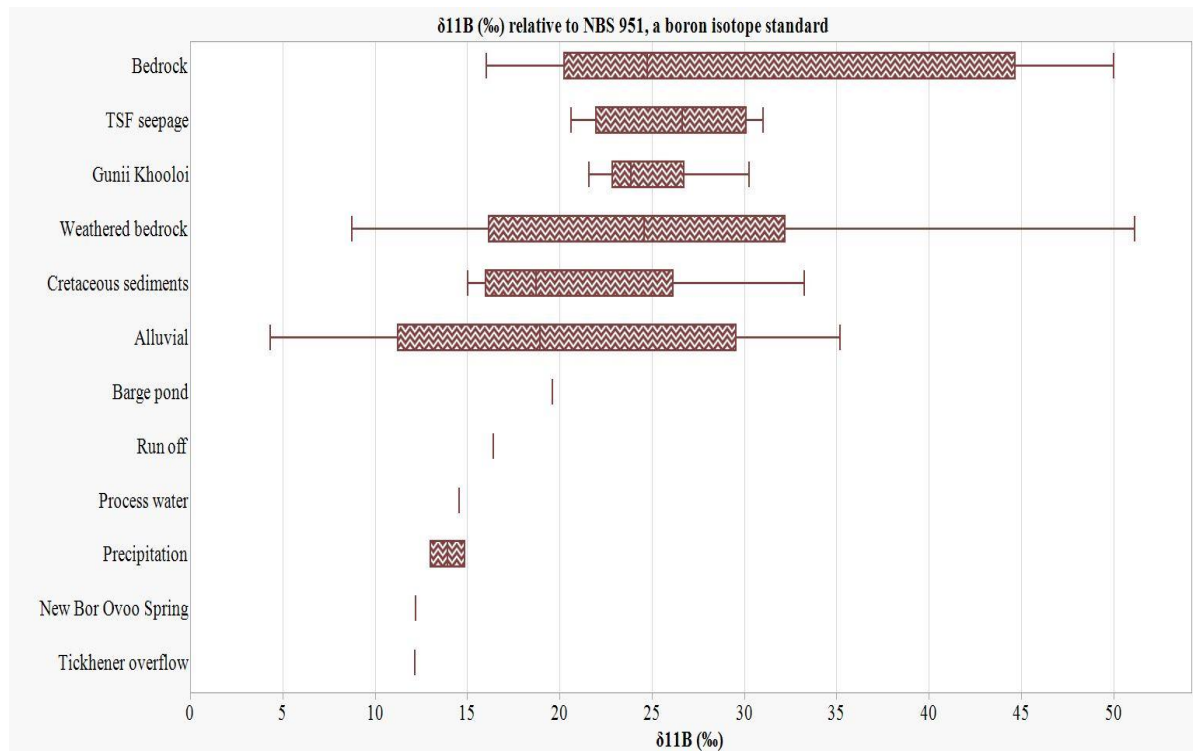


Figure 2. B isotope distribution by the sampled water group

Bedrock samples show the highest  $\delta^{11}\text{B}$  range, indicating strong isotopic fractionation likely associated with primary mineral composition and limited water interaction. Weathered bedrock and Cretaceous sediments show intermediate values (approximately 20–35‰), suggesting partial alteration and boron mobilization during weathering. In contrast, TSF seepage and Gunii hooloi samples cluster between 22–28‰, consistent with anthropogenic influence and interaction with tailings material. Alluvial deposits exhibit a broad range (15–30‰), reflecting mixed sources from natural sediments and surface processes. Surface water bodies such as the barge pond, runoff, and process water show markedly lower  $\delta^{11}\text{B}$  values (mostly <20‰), indicating dilution and contribution from precipitation or process-affected water. Additional samples are needed to further evaluate the potential of using  $\delta^{11}\text{B}$  values to identify process-affected waters. Precipitation and New Bor Ovoo Spring have the lowest  $\delta^{11}\text{B}$  signatures (near 10–15‰), representing meteoric water input with minimal isotopic enrichment. Overall, the trend suggests that boron isotopic composition can effectively differentiate between natural geological sources, weathering processes, and mining-related inputs. The variability also highlights the role of water-rock interaction depth and residence time in controlling boron isotope fractionation (Roberto and Maddalena, 2006).

### 3.2 Relationship between B isotope values and water pH

The main assumption, based on boron speciation theory, was that as pH increases due to lime addition in process water,  $\delta^{11}\text{B}$  values should become enriched (heavier) under more alkaline conditions because borate ion preferentially incorporates the heavier isotope ( $\delta^{11}\text{B}$ ) (Hemming and Hansen, 1991; Zeebe, 2005). However, the results show a different trend: process water and thickener overflow, which have the highest pH (9–10), exhibit relatively low  $\delta^{11}\text{B}$  values (~14–16‰), inconsistent with the assumption. In contrast, TSF seepage and related waters at intermediate pH (7–8.5) display much heavier  $\delta^{11}\text{B}$  signatures (22–34‰). This indicates that evaporation and water–rock interaction dominate isotopic enrichment in TSF seepage, overriding the expected depletion effect from pH alone. Thus, while lime addition explains the low  $\delta^{11}\text{B}$  in process water, the heavier signatures in seepage are primarily controlled by evaporation and geochemical processes rather than pH-driven speciation alone.

Natural waters (light blue circle) including rainwater, Dugat channel alluvium, Undai runoff, and New Bor Ovoo spring, exhibit low  $\delta^{11}\text{B}$  values (12–16‰) and neutral to slightly alkaline pH (7.49–8.5), reflecting the natural geochemical conditions.

The square in the upper part of the figure (around the TSF seepage and borehole cluster) is light green. It highlights a group of samples with high  $\delta^{11}\text{B}$  values (22–36‰) and moderate pH (7.5–8.5), representing TSF seepage and nearby boreholes mixing with natural groundwater.

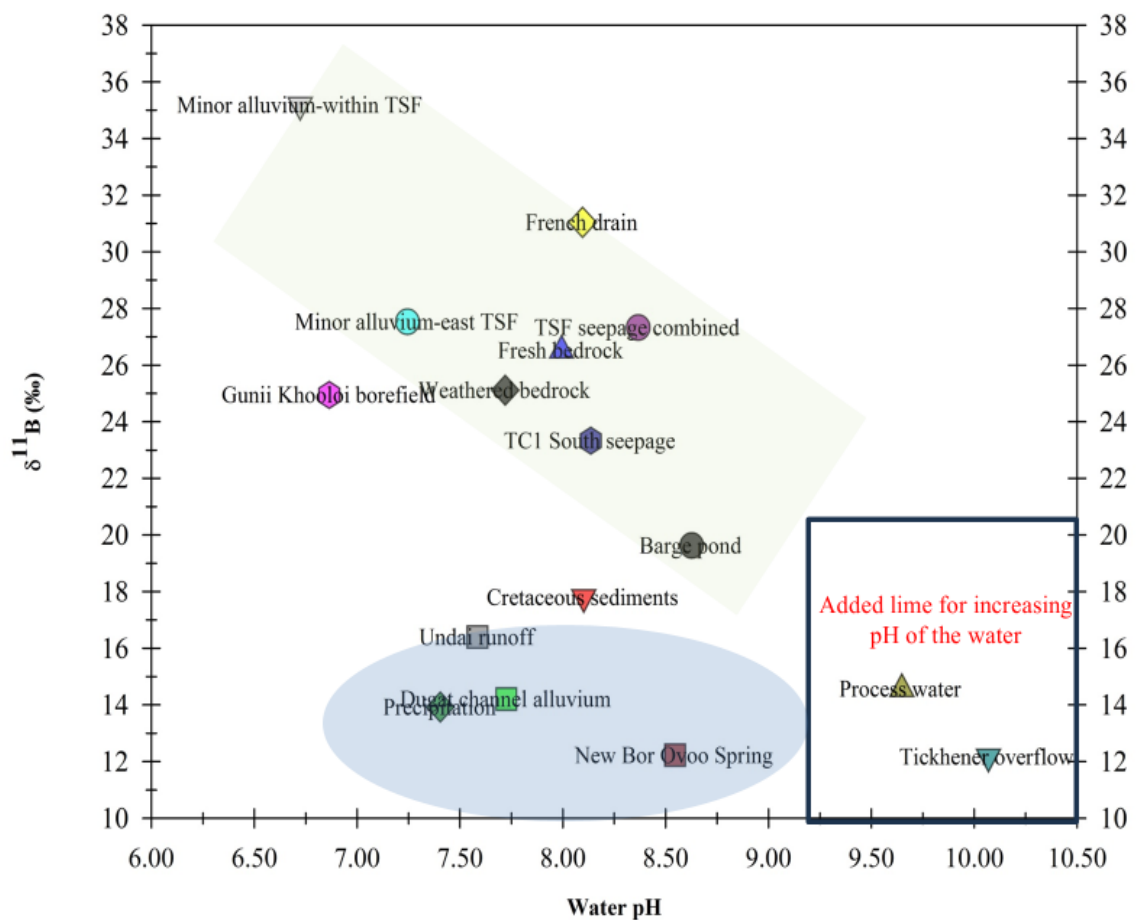


Figure 3. Relationship between water pH and  $\delta^{11}\text{B}$  isotopic values of different types of waters

TSF seepage exhibits heavier  $\delta^{11}\text{B}$  values primarily due to evaporation and water–rock interaction. The large, exposed surface area of the TSF promotes evaporation, and because boric acid is more volatile than borate ion, the remaining water becomes enriched in the heavier isotope ( $\delta^{11}\text{B}$ ) (Zeebe, 2005). This effect is amplified within the intermediate pH range (7–8.5), where both boric acid and borate coexist, but evaporation dominates the isotopic fractionation. Additionally, interaction with tailings and weathered bedrock contributes boron with inherently heavier isotopic signatures, further increasing  $\delta^{11}\text{B}$  in seepage waters compared to natural alluvial or process waters.

### 3.3 Relationship between B isotope values and water ion concentrations

This section compares  $\delta^{11}\text{B}$  isotopic values with boron and chloride concentrations, as well as B/Cl ratios, to identify differences among water types and infer geochemical processes—such as mineral dissolution, ion exchange, and evaporation—that may control boron species fractionation. For this analysis, multivariate techniques were applied to selected ions and the pH of the water samples (Table 1).

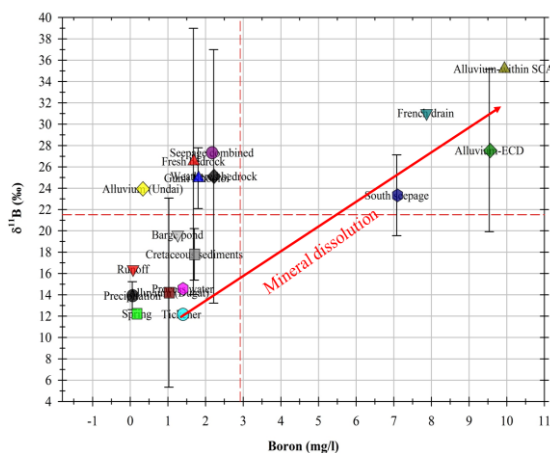
Table 1. Pairwise correlations of the multivariate analysis results

| Variable                | by Variable               | Correlation | Count | Signif Prob |
|-------------------------|---------------------------|-------------|-------|-------------|
| pH                      | $\delta^{11}\text{B}$ (‰) | -0.55       | 17    | 0.023       |
| $\text{B}^{+3}$ (mg/l)  | $\delta^{11}\text{B}$ (‰) | 0.73        | 17    | 0.0009      |
| $\text{B}^{+3}$ (mg/l)  | pH                        | -0.33       | 17    | 0.1993      |
| B/Cl ratio              | $\delta^{11}\text{B}$ (‰) | -0.38       | 17    | 0.1295      |
| B/Cl ratio              | pH                        | -0.36       | 17    | 0.1579      |
| B/Cl ratio              | $\text{B}^{+3}$ (mg/l)    | -0.42       | 17    | 0.0963      |
| $\text{Na}^{+}$ (mg/l)  | $\delta^{11}\text{B}$ (‰) | 0.74        | 17    | 0.0008      |
| $\text{Na}^{+}$ (mg/l)  | pH                        | -0.24       | 17    | 0.3598      |
| $\text{Na}^{+}$ (mg/l)  | $\text{B}^{+3}$ (mg/l)    | 0.94        | 17    | 0           |
| $\text{Na}^{+}$ (mg/l)  | B/Cl ratio                | -0.48       | 17    | 0.0503      |
| $\text{Cl}^{-}$ (mg/l)  | $\delta^{11}\text{B}$ (‰) | 0.76        | 17    | 0.0004      |
| $\text{Cl}^{-}$ (mg/l)  | pH                        | -0.28       | 17    | 0.2746      |
| $\text{Cl}^{-}$ (mg/l)  | $\text{B}^{+3}$ (mg/l)    | 0.93        | 17    | 0           |
| $\text{Cl}^{-}$ (mg/l)  | B/Cl ratio                | -0.46       | 17    | 0.0649      |
| $\text{Cl}^{-}$ (mg/l)  | $\text{Na}^{+}$ (mg/l)    | 0.99        | 17    | 0           |
| $\text{Ca}^{2+}$ (mg/l) | $\delta^{11}\text{B}$ (‰) | 0.62        | 17    | 0.0084      |
| $\text{Ca}^{2+}$ (mg/l) | pH                        | 0.09        | 17    | 0.7219      |
| $\text{Ca}^{2+}$ (mg/l) | $\text{B}^{+3}$ (mg/l)    | 0.85        | 17    | 0           |
| $\text{Ca}^{2+}$ (mg/l) | B/Cl ratio                | -0.65       | 17    | 0.005       |
| $\text{Ca}^{2+}$ (mg/l) | $\text{Na}^{+}$ (mg/l)    | 0.89        | 17    | 0           |
| $\text{Ca}^{2+}$ (mg/l) | $\text{Cl}^{-}$ (mg/l)    | 0.87        | 17    | 0           |

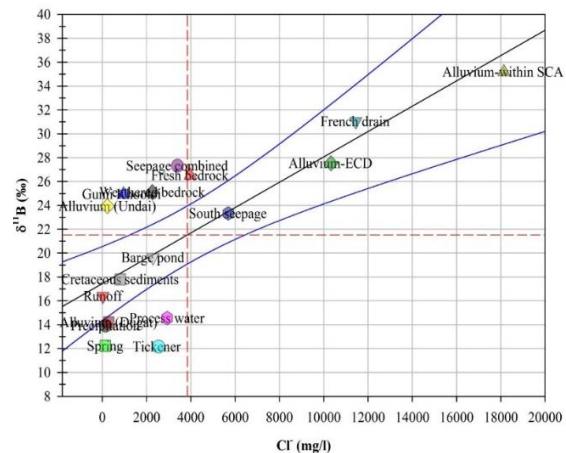
Significant correlations show that  $\delta^{11}\text{B}$  is positively related to  $\text{B}^{3+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ , and  $\text{Ca}^{2+}$  concentrations, and negatively correlated with pH, indicating that boron enrichment and isotopic fractionation are strongly associated with salinity and mineral dissolution rather than alkalinity. A previous study of the clay samples from the TSF area concluded that clay-rich samples, especially those containing smectite  $(\text{Ca},\text{Na})_{0.3}\text{Al}_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , have high cation exchange capacity, enhancing salt and trace element retention. Surface samples also contain soluble evaporites, suggesting a potential source of contaminants. Leaching tests

further show that salt release depends on water volume, infiltration depth, and contact time, with higher release observed at high soil-to-water ratios. Clays can also attenuate some salts during interaction. A high exchangeable sodium percentage indicates sodium dominates exchange sites, leading to soil dispersion, poor structure, and reduced permeability—especially in clay-rich soils—affecting how water and contaminants move. Thus, environmental risk depends on the extent and duration of soil–water interaction.

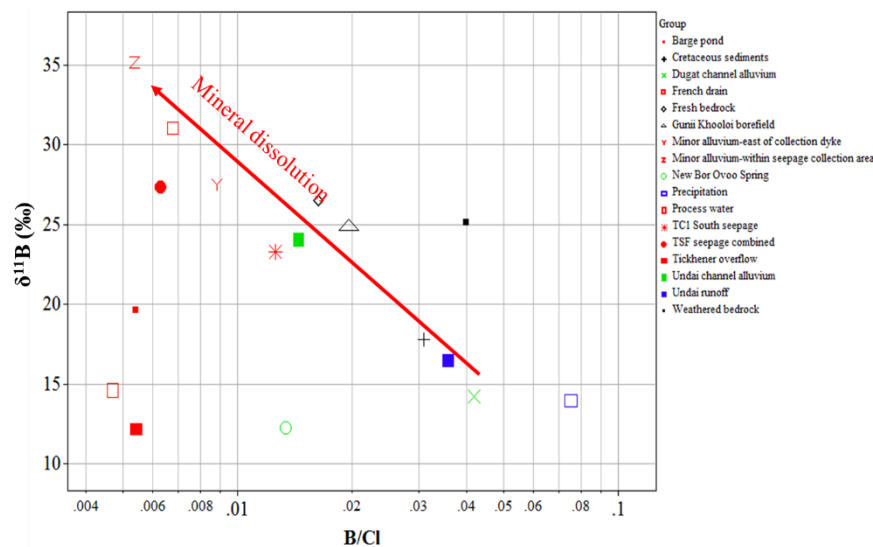
$\delta^{11}\text{B}$  increases with  $\text{Cl}^-$  concentration, indicating that boron enrichment is linked to salinity and mineral dissolution (Figure 4b). Low  $\text{Cl}^-$  (<4000 mg/L) and  $\delta^{11}\text{B}$  (<20‰) values are observed in fresh waters and clay-rich Cretaceous sediments, while high  $\text{Cl}^-$  (>10,000 mg/L) and  $\delta^{11}\text{B}$  (>30‰) values occur in alluvium and the French drain, reflecting strong evaporite influence. Seepage and bedrock samples fall in the mid-range, indicating interaction with clays.



a) correlation coefficient = 0.73, P = 0.009, n=17



b) correlation coefficient = 0.76, P = 0.004, n=17



c) correlation coefficient = -0.4, P = 0.12, n=17

Figure 4. Relationship between  $\delta^{11}\text{B}$  isotopic values and ion concentrations in different water types in the OT mine: All waters, except South seepage, French drain, alluvium within the seepage collection area (SCA), and alluvium east collection dyke (ECD), shown in panels (a) exhibit  $\delta^{11}\text{B}$  values lower than seawater (+39‰) and generally have boron concentrations below that of seawater (~5 mg/L).

The hypothesis is that when halite dissolves, boron species also dissolve easily, increasing boron mobility in solution (Figure 4c). Although the correlation was not statistically significant ( $p = 0.12$ ), the distribution suggests a possible negative trend between  $\delta^{11}\text{B}$  and B/Cl ratios, which may indicate underlying geochemical processes. Red-colored symbols represent mine process water and TSF seepage, which cluster at low B/Cl ratios ( $\sim 0.004\text{--}0.01$ ) but high  $\delta^{11}\text{B}$  values ranges between 25 and 35‰. This pattern indicates chloride dominance and boron isotopic enrichment, typical of recycled or highly saline process water. The elevated  $\delta^{11}\text{B}$  suggests fractionation during mineral dissolution or adsorption, leaving heavier boron isotopes in solution. These samples are geochemically distinct from natural waters such as springs and Cretaceous sediments and represent a potential source of salinity and boron contamination if they interact with groundwater. The overall negative trend between  $\delta^{11}\text{B}$  and B/Cl ratios, highlighted by the mineral dissolution arrow, reflects geochemical processes influencing boron behavior. Hussain et al. (2021) concluded that coupling boron concentration and  $\delta^{11}\text{B}$  isotopes from halite rocks can be applied to other arid regions to reconstruct lake water paleosalinity and related paleoclimate conditions during the Neoproterozoic era. The observed positive relationship between boron content and  $\delta^{11}\text{B}$  reflects higher salinity and drier paleoclimate conditions associated with intense evaporation during the Late Neoproterozoic period. This approach could also help explain the naturally enriched isotopic signatures observed in our study.

We did not consider much of the potential B inputs from clay minerals. It is now well established that clay desorption can affect marine pore waters without releasing Cl (Choi and You, 2006).

#### 4. CONCLUSION

In conclusion, the combination of high boron content and a readily distinguishable isotopic signature makes boron an effective tracer for identifying anthropogenic contaminant sources, particularly the origin of copper mine processing water. The distinctive isotopic composition of anthropogenic boron compared to regional uncontaminated groundwater and natural saline sources positions boron isotope ratios as valuable tool for determining the origin of dissolved constituents and sources of contamination. The large isotopic differences between natural and anthropogenic boron sources, along with the process of boron adsorption onto clay minerals, enable the reconstruction of fluid origin, migration, evolution, and interactions with aquifer rocks. Notably, the observation that  $\delta^{11}\text{B}$  values are low under high-pH conditions warrants further detailed study of equilibrium and thermodynamic processes in aqueous solutions.

#### REFERENCES

1. Tamir. P, Samdanjigmed. T, Otgonbaatar. S, Sod-Erdene. B, Batdemberel. B, Bilguun. M, Tamir. S, Altantungalag. D, Munkhtuya. N, Purevsuren. N, Water quality and potential sources in alluvial bore, downstream of the tailings storage facility, Oyu Tolgoi copper mine, Mongolia, in S Knutsson, AB Fourie & M Tibbett (eds), "Mine Closure 2025: Proceedings of the 18th International Conference on Mine Closure, Australian Centre for Geomechanics, Perth, [https://doi.org/10.36487/ACG\\_repo/2515\\_96](https://doi.org/10.36487/ACG_repo/2515_96)", 2025
2. Hershey. J. P, Fernandez. M, Milne. P. J, & Millero. F. J, The ionization of boric acid in NaCl, Na-Ca-Cl and Na-Mg-Cl solutions at 25° C. "Geochimica et cosmochimica acta". 1986, 50(1), page 143-148.
3. Hemming. N. G, & Hanson. G. N, Boron isotopic composition and concentration in modern marine carbonates. "Geochimica et Cosmochimica Acta". 1992, 56(1), page 537-543.

4. Zeebe. R. E, Stable boron isotope fractionation between dissolved  $B(OH)_3$  and  $B(OH)_4^-$ . “*Geochimica et Cosmochimica Acta*”. 2005, 69(11), page 2753-2766.
5. McCulloch, MT, Holcomb, M, Rankenburg, K & Trotter, JA, Rapid, high-precision measurements of boron isotopic compositions in marine carbonates ” *Rapid Comm Mass Spectrometry*”, 2014, v. 28, pp. 2704–2712. <https://doi.org/10.1002/rcm.7065>
6. Catanzaro, Edward John, Boric acid: isotopic and assay standard reference materials, Vol. 260. No. 17. National Bureau of Standards, Institute for Materials Research, 1970.
7. Brand. WA, Coplen. TB, Vogl. J, Rosner. M, Prohaska. T, Assessment of international reference materials for isotope-ratio analysis (IUPAC Technical Report). “*Pure and Applied Chemistry*”. 2014 Mar 20, 86 (3), page 425-67.
8. Hummel, RM, Elizabeth, A, Claassen, RD & Wolfinger, RD 2021, JMP® for Mixed Models, SAS Institute Inc., Cary, NC.
9. Roberto. G, & Maddalena. P, The behaviour of boron isotopes in natural waters and in water–rock interactions.” *Journal of Geochemical Exploration*”. 2006, Volume 88, Issues 1–3, Pages 114-117,
10. Hussain, S.A.; Han, F.-Q.; Ma, Z.; Hussain, A.; Mughal, M.S.; Han, J.; Alhassan, A.; Widory, D. Unraveling Sources and Climate Conditions Prevailing during the Deposition of Neoproterozoic Evaporites Using Coupled Chemistry and Boron Isotope Compositions ( $\delta^{11}B$ ): The Example of the Salt Range, Punjab, Pakistan. *Minerals* 2021, 11, 161. <https://doi.org/10.3390/min11020161>
11. Chao, H.; You, C. Distribution of B, Cl and their isotopes in pore waters separated from gas hydrate potential areas, offshore southwestern Taiwan. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.* 2006, 17, 961.

## ACKNOWLEDGMENTS

This project was funded by Oyu Tolgoi LLC. We sincerely thank Greg Skrzypek and Aleksey Sadekov for conducting the isotopic and TE analyses, and Oyunzul Gantulga for leading the project contract and overseeing its implementation. We gratefully acknowledge the support and collaboration of the Water Team, Environment Department, Tailings and Hydrogeology team, as well as Rio Tinto’s senior hydrogeologists and geochemists, for their valuable advice, technical input, and assistance throughout the sampling campaign. We also extend our thanks to the Travel and Finance teams at Oyu Tolgoi LLC for their essential contributions to the successful completion of this project.

# БУУРЫН ГОЛЫН АДАГ ОРЧМЫН ГАДАРГЫН БОЛОН ГАЗАР ДООРХ УСНЫ ТОГТВОРТОЙ ИЗОТОП

**Б.Бямбасүрэн\*, С.Чинзориг**

*ШУА-ийн Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, Усны нөөц, ус ашиглалтын салбар  
(\*Холбоо барих зохиогч: [byambaa0695@gmail.com](mailto:byambaa0695@gmail.com))*

## ХУРААНГУЙ

Энэхүү судалгаа нь Сэлэнгэ аймгийн Сүхбаатар сумын нутагт орших Буурын голын адаг хэсгийн нуур орчмын экосистемийг судлан нуурын экосистемийн төлөв байдлыг үнэлэх, нуурын усан мандлын талбайг нэмэгдүүлэх, экосистемийн тэнцвэрийг хадгалах нөхөн сэргээх боломжийг тодорхойлж зураглал гаргах юм. Ингэхдээ GNIP хур тунадасны устөрөгч ( $\delta^2\text{H}$ ) ба хүчилтөрөгчийн ( $\delta^{18}\text{O}$ ) изотопын суурь өгөгдлийг ашиглан изотопын дээжүүд цуглуулан усны тогтвортой изотопыг шинжилж, усны гарал үүслийг тодорхойлсон. Судалгааны үр дүнгээр голын ус газар доорх ус нь гидравлик холбоо хамааралтай, газар доорх усыг хур борооноос тэжээмж авдаг. Харин Буурын голын татамд байгаа хэд хэдэн нуур нь газар доорх усаар, хамгийн дээд талд орших нуур голын усаар тэжээгддэг байж болохоор байна.

**Түлхүүр үгс:** Тогтвортой изотоп, Ууршилт, Хур тунадасны шугам, Хур тунадас,

## ОРШИЛ

Урсац болон түүний эргэлтийн процессыг нарийвчлан судлах нь усны менежментийн байгууламж, усны нөөцийн тогтвортой менежментийн шинжлэх ухааны үндэс суурийг бүрдүүлдэг. Усны эргэлт нь ууршилт, хур тунадас, гадаргын урсац, газар доорх усны хөдөлгөөн зэрэг олон хүчин зүйлсийн нэгдэл бөгөөд эдгээрийг уламжлалт гидрологийн хэмжилтээс гадна изотопын аргаар тодорхойлох нь илүү нарийн, итгэлтэй үр дүн гаргах боломжийг олгодог. Байгалийн усанд агуулагдах устөрөгч, хүчилтөрөгчийн тогтвортой изотопууд ( $\text{HD}^{18}\text{O}$ ,  $\text{H}^{218}\text{O}$ ,  $\text{HD}^{18}\text{O}$ ) нь усны гарал үүсэл, ууршилт ба тунадасны динамикийг тодорхойлоход ашиглагддаг бол цацраг идэвхт изотопууд болох тритиум ( $^3\text{H}$ ), нүүрстөрөгч-14 ( $^{14}\text{C}$ ), хлор-36 ( $^{36}\text{Cl}$ ), криптон-81 ( $^{81}\text{Kr}$ ) зэрэг нь газар доорх усны насжилт, сэлбэгдэх хугацаа, урсгалын чиглэл, гүн ба давхаргын хоорондын холбоог судлахад чухал ач холбогдолтой.

Изотопын найрлагын өөрчлөлт нь тухайн усны эх үүсвэр, орчны нөхцөл, уур амьсгалын нөлөөллийг илтгэдэг. Иймээс изотопын судалгаа нь гадаргын болон газар доорх усны хоорондын харилцан үйлчлэлийг илрүүлэх, бохирдлын гарал үүслийг тогтоох, усны нөөцийн тэжээмж ба нөхөн сэргэлтийн механизмыг тодорхойлох зэрэг олон талын мэдээллийг нэгэн зэрэг өгөх чадвартай. Эдгээр мэдлэг, өгөгдөл нь усны нөөцийг хамгаалах, бохирдлоос урьдчилан сэргийлэх, нөхөн сэргээх арга хэмжээг төлөвлөх, ус ашиглалтыг оновчтой болгох, мөн уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөхцөлд усны нөөцийн тогтвортой менежментийн стратегийг боловсруулахад зайлшгүй шаардлагатай шинжлэх ухааны үндэслэл болж байна.

Монгол орны усны нөөцийн тогтвортой байдал нь байгаль орчны өөрчлөлт, уур амьсгалын хэлбэлзэл, хүний үйл ажиллагааны нөлөөнд мэдрэмтгий байдаг тул усны экосистемийн төлөв байдлыг нарийвчлан судлах шаардлагатай болж байна. Сүүлийн

жилүүдэд гол, нуур, булаг, худгийн усны түвшин буурах, усны чанарын найрлага өөрчлөгдөх зэрэг үзэгдэл илэрч байгаа нь тухайн бүс нутгийн усны тэжээмж, нөхөн сэлбэгдэх чадвар, экосистемийн уялдаа холбоог судлах зайлшгүй хэрэгцээг бий болгож байна.

Монголд анх Монгол, Оросын судлаачдын (Романов В.В., Ефимова Д., Власова Л. С., З.Цэрэндорж) 1980-аад оны дундуур манай дорнод ба төв хэсгээс агаарын хур тунадасны 2, гадаргын усны 7, газар доорх усны 27 сорьц авч тритийн нэгжийн хэмжээг тодорхойлж, газар доорх усны насыг Халх гол орчимд 1000 жил гэж тогтоож, агаарын хур тунадсаар тэжээгддэг хэмээн дүгнэж байжээ. (Жанчивдорж ба бусад. 2013).

ОУАЭА 1981 оноос изотоп гидрологийн чиглэлээр судалгаа явуулах хүний нөөцийн чадавхыг сайжруулах изотопын аргаар ус нөөц, тэжээмжийг изотоп, гидрологийн чиглэлийг хүлээн авч хамтран ажиллах болсон түүхтэй (Усны бодлогын хүрээлэн 1996.) Сүүлийн жилүүдэд Монголд изотоп гидрологийн судалгааг хийх гүйцэтгэх чадавх нэмэгдэж байна. Изотопын аргыг усны эргэлтийн судалгаа, усны экосистемийн судалгаа, усны менежментийг сайжруулах үндэслэлийг боловсруулах зэрэгт өргөнөөр ашиглах боломжтой.

Энэхүү судалгаа нь Сэлэнгэ аймгийн Сүхбаатар сумын нутагт орших Буурын голын адаг хэсгийн нуур орчмын экосистемийг судлан нуурын экосистемийн төлөв байдлыг үнэлэх, нуурын усан мандлын талбайг нэмэгдүүлэх, экосистемийн тэнцвэрийг хадгалах нөхөн сэргээх боломжийг тодорхойлж зураглал гаргах юм.

Усны изотопын судалгаа нь энэхүү зорилгод чухал хувь нэмэр оруулах бөгөөд нуур, булаг, худгийн усны харилцан хамаарал, эх үүсвэр, усны эргэлтийн механизмыг тогтвортой изотопын аргаар ( $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) тодорхойлох замаар нуурын тэжээл, ууршилт, орчны усны солилцооны процессыг анхлан үнэлэх боломжийг бүрдүүлж байна. Үүний үр дүнд нуурын экосистемийн динамикийг илүү нарийвчлалтай тодорхойлох, нөхөн сэргээх төлөвлөлтийг шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр боловсруулах суурь мэдээлэл бий болох юм.

## **1 АРГА, АРГАЧЛАЛ**

### **1.1 Ашигласан өгөгдөл, материал**

Сэлэнгэ аймгийн Сүхбаатар сумын Буурын голын адагт орших нуурын судалгааны ажлын хүрээнд 2025 оны 9-р сарын 11–15-ны өдрүүдэд Сэлэнгэ аймгийн Сүхбаатар сумын нутаг дахь Буурын голын адаг орчмын нуур, гол, булаг, худгийн уснаас нийт 21 дээж авч усны тогтвортой изотоп ( $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ )-ын найрлагыг тодорхойлсон. Дээжүүдийн дотор 4 цэгээс нуурын ус, 4 цэгээс голын ус, 2 булгийн ус, 7 энгийн худаг, болон 4 өрөмдмөл худаг тус тус багтсан байна (Зураг 1).

Олон Улсын Атомын Энергийн Агентлаг (ОУАЭА) болон Дэлхийн Цаг Уурын Байгууллага (WMO)-аас санаачлан дэлхий даяарх хур тунадасны усны устөрөгч, хүчилтөрөгчийн изотопын найрлагыг хянах зорилгоор 1960 онд “Хур тунадасны изотопын дэлхийн сүлжээ (GNIP — Global Network of Isotopes in Precipitation)”-г байгуулсан байдаг. Энэхүү сүлжээ нь дэлхийн усны эргэлтийн үйл явц, уур амьсгалын өөрчлөлт, гидрологийн процессуудыг изотопын аргаар судлахад суурь мэдээлэл өгдөг олон улсын чухал хяналтын тогтолцоо юм.

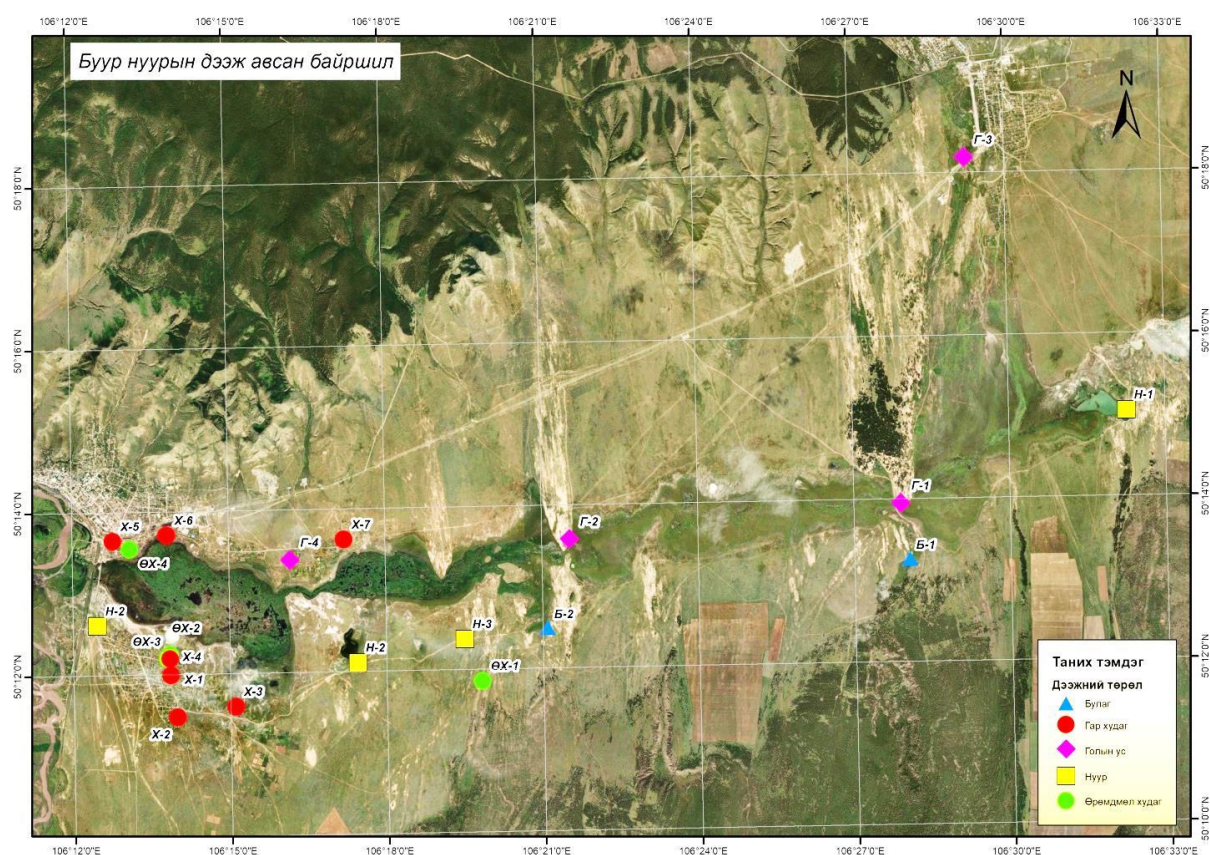
Монгол Улсад хур тунадасны изотопын хяналтын сүлжээг анх 1990–2001 оны хооронд Улаанбаатар хотод ажиллуулж байсан бөгөөд 2021 оны 1-р сараас дахин сэргээн

байгуулж, байнгын ажиллагаанд оруулаад байна. Энэхүү сүлжээгээр хур тунадасны усанд агуулагдах устөрөгч ( $\delta^2\text{H}$ ) ба хүчилтөрөгчийн ( $\delta^{18}\text{O}$ ) изотопын улирлын болон орон зайн хэлбэлзлийг судалж, усны гарал үүсэл, ууршилт, тэжээлийн динамикийг тайлбарлахад ашигладаг.

Буурын голын адаг орчмын нуур болон орчны гадаргын ба газар доорх усны изотопын судалгаанд хамгийн ойр орших Улаанбаатар хотод байрлах хур тунадасны изотопын сүлжээний 1990–2001 он болон 2021–2022 оны хур тунадасны изотопын дундаж өгөгдлийг ашигласан. Эдгээр мэдээлэл нь бүс нутгийн усны изотопын найрлагыг орон нутгийн тунадасны нөхцөлтэй харьцуулан тайлбарлах,  $\delta^2\text{H}$ – $\delta^{18}\text{O}$ -ийн хамаарлыг үнэлэх, усны тэжээлийн эх үүсвэрийг илрүүлэхэд суурь өгөгдөл болж байна.

## 1.2 Изотопын дээж авах

Хэрвээ худгийн ус нь тодорхой хугацаанд ашиглагдаагүй бол уснаас дээж авахын өмнө тухайн худгийн усны температур, ЦДЧ, рН ба булингаршилт зэрэг үзүүлэлтүүд нь тогтвортой болтол нь шавхалт хийсэн байх (эдгээр параметруудийн утга тогтворжсоноор шавхалт бүрэн хийгдсэнд тооцогдоно) шаардлагатай. Ган төмөр тоноглолтой цэвэр Тефлон хоолойг худгийн ус татах хоолой руу оруулж заавар зөвлөмжийн дагуу аль болох худгийн ус тогтох түвшинд ойр байрлуулна. Дээж авах цэг нь усны нөөцийн сав ба ус цэвэршүүлэх төхөөрөмж (хэрэв шүүлтүүртэй бол) рүү орохоос өмнөх аль болох худгийн үндсэн ундаргад хамгийн ойр байвал зохино.



Зураг 1. Усны тогтвортой изотопын дээж авсан цэгүүд

$\delta^2\text{H}$ -Дейтериум болон  $\delta^{18}\text{O}$ -ыг тодорхойлоход зориулсан дээжид онцгойлон тавих шаардлага байхгүй бөгөөд 50 мл орчим багтаамжтай, өндөр нягттай полиэтилен

хуванцар сав болон эргэдэг бөглөөтэй шилэн саванд дээжийг авна. Хээрийн нөхцөлд дээжийн савыг зайлах буюу ямарваа нэгэн химийн цэвэрлэгч ашиглан цэвэрлэхгүй. Дээж авсны дараа тээвэрлэх явцад аливаа тэлэлт үүсэх, хөлдөх зэргээс шалтгаалж сав хагарахаас урьдчилан сэргийлэхийн тулд савны 2/3-т усны дээжийг хийнэ. Дээж бүрийн савны таг нь хуванцар лацтай эсвэл давхар тагтай байна. Лабораторид хүргэх хүртэл тасалгааны температурт дээжээ хадгалах бөгөөд таг нь ууршилт явагдаж тогтвортой изотопын найрлагад өөрчлөлт оруулахааргүй нягтай байхыг шаардана. Гялгар тууз эсвэл өөр тохиромжтой материалаар хамгаалсан лацтай таг нь урьдчилан тооцоолоогүй элдэв осол гэмтлээс үүдэн дээж асгарах аюулаас хамгаална.

### 1.3 Усны тогтвортой изотопыг шинжлэх

“Нуурын эко системийн судалгаа, дүгнэлт нөхөн сэргээх зураглал /Боргүвээ 5 дугаар баг/” судалгааны ажлын хүрээнд Буурын гол, нуур болон газар доорх уснаас усны тогтвортой изотоп ( $\delta^{2}\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ )-ын 21 усны дээж (4 цэгээс нуурын ус, 4 цэгээс голын ус, 2 булгийн ус, 7 энгийн худаг, болон 4 өрөмдмөл худаг)-ийг авч ШУА-ийн Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэнгийн усан дахь тогтвортой изотоп тодорхойлогч LGR-45EP лазер спектроскопын багажаар шинжилсэн (Зураг 2, Зураг 3).



Зураг 2. Тогтвортой изотоп тодорхойлогч лазер спектроскоп



Зураг 3. Хээрийн нөхцөлд авсан дээжийг багажийн автомат дээж авагчид суурилуулна.

32mb санах ой бүхий компьютерт суулгасан LIMS for laser spectroscopy тусгай программ ашиглан дээжийн хэмжээ, байрлал, багажийн марк, тухайн гүйцэтгэж буй ажлын товч тодорхойлолтыг нарийн тодорхойлон оруулан лазер спектроскоп багажид уншуулж Буурын голын сав газрын гадаргын болон газар доорх уснаас усны тогтвортой изотоп ( $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ )-ын дүнг гарган авсан.

#### 1.4 Усны тогтвортой изотопыг ашиглан усны гарал үүсэл тодорхойлох

Газар доорх усны тэжээмжийн судалгаанд  $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^3\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  ба  $\delta^{14}\text{C}$  изотопуудыг түгээмэл ашигладаг ба эдгээрээс ялангуяа  $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^3\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  изотопууд нь усны молекулын нэг хэсэг учраас усны эргэлт, явцыг үнэн зөв дүрслэн тодорхойлдог.

Тогтвортой изотопууд нь цацраг идэвхт бус задардаггүй учраас тогтвортой изотопууд гэж нэрлэгддэг бөгөөд зөвхөн усны нэг төлөвөөс нөгөө төлөвт шилжих үйл явцын /ууршилт болон холилдох/ үр дүнд л өөрчлөгддөг. Тус изотоп нь усны эх үүсвэрийг тогтоож, усны ялгаатай төрлүүдийн /жишээлбэл: гадаргын болон газар доорх ус/ хоорондын хамаарлыг тогтоодог хамгийн түгээмэл арга болох төдийгүй газар доорх усны системд тохиолдож болох геохимийн урвалуудын талаар ойлгоход мөн өргөнөөр ашиглагдаж байна.

Хүчилтөрөгч, нүүрстөрөгч болон устөрөгчийн тогтвортой изотопуудын хэмжээг концентрациар илэрхийлэхгүй бөгөөд пермил буюу изотопын харьцангуй харьцаагаар мянгад эзлэх хувиар илэрхийлж (‰) хэмжих ба дельта ( $\delta$ ) –аар тэмдэглэнэ.

$$\delta' E = \left[ \frac{R \text{ sample}}{R \text{ reference}} - 1 \right] * 1000\text{‰}$$

Энд:

$i$  – элементийн (O, C ба H) хүнд изотопын атомын масс

$R_{\text{sample}}$  - дээжэд агуулагдах тухайн  $E$  -элементийн ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^2\text{H}$ ) хүнд изотопуудаас ( $\delta^{16}\text{O}$ ,  $\delta^{12}\text{C}$ ,  $\delta^1\text{H}$ ) хөнгөн изотопууд хүртэлх изотопуудын атомын тооны харьцаа

$R_{\text{reference}}$  – Лавлах материал дахь тухайн элементийн хүнд изотопоос хөнгөн изотоп хүртэлх изотопуудын атомын тооны харьцаа

Хүчилтөрөгч ба устөрөгчийн лавлах нь Венийн Далайн усны стандарт дундаж (VSMOW) бөгөөд энд  $\delta^{18}\text{O}$  ба  $\delta^2\text{H}$  –н хэмжээ 0.00 ‰ тэмдэглэх ба устөрөгчийн хүнд изотопын нийтлэг нэр нь дейтериум бөгөөд  $\delta^2\text{H}$  заримдаа  $\delta\text{D}$  гэж бичсэн байдаг. Мөн Венийн Пий Дий Белемнитийн (VPDB), нүүрстөрөгчийн лавлахад  $\delta^{13}\text{C}$  –н хэмжээг 0‰ –р зааж өгсөн байна. Эерэг утга нь хүнд изотопын хуримтлалыг илэрхийлэх бол сөрөг утга нь хүнд изотопын хомсдол байгааг илэрхийлдгийг стандарт лавлахтай харьцуулан дүгнэнэ.

Изотопын ус судлалын аливаа судалгаанд эхлэх цэг нь тухайн бүс нутгийн гадаргын усны изотопын найрлагыг тогтоох явдал байдаг. Хур тунадас ба газар доорх ус нь тухайн байршилдаа тэдгээрийн байгалийн үе давхарга үүсэх үйл явцын үр дүнгээс хамаараад илэрхий тогтмол изотопын харьцаатай байдаг.

VSMOW олон улсын стандарт Венийн Далайн усны стандарт дундаж нь тэнгисийн усыг тэг утга болгож авсан байдаг учраас далайн усанд хүчилтөрөгч ба устөрөгчийн утга  $\delta$  хэмжээнд ойролцоо байдаг (e.g. ~0‰). Далайн усны ууршилт ба усны эргэлтийн үйл явц болон усны уур конденсацид орж үүл болох процессын дүнд явагдах изотопын задрал нь

$\delta^{18}\text{O}$  ба  $\delta^2\text{H}$  изотопуудын хомсдолд хүргэнэ. Ингэснээр цэнгэг усанд агуулагдах  $\delta$  хэмжээ нь далайн устай харьцуулахад сөрөг утга илэрхийлдэг. Үргэлжилсэн бороо нь агаараас  $\delta^{18}\text{O}$  ба  $\delta^2\text{H}$  –ийн хүнд изотопуудыг сайн зайлуулдаг. Энэ нь агаар дахь уурын болон хур тунадасны  $\delta^{18}\text{O}$  ба  $\delta^2\text{H}$  –н хэмжээнд аажим бууралт бий болгож агаарын масс туйл руу шилждэг ба үүнийг өргөргийн нөлөө гэж ч нэрлэдэг. Чийглэг агаарын масс гүнд эсвэл их өндөрт шилжих явцад хүнд изотопын хомсдол үүсдэг энэ үзэгдлийг эх газрын нөлөө, өндөржилтийн нөлөө гэж нэрлэдэг. Далайн эргийн халуун бүс нутгууд хур борооны давтамж болон эрчимшилтэй холбоотой  $\delta^{18}\text{O}$  ба  $\delta^2\text{H}$ -ийн их хэмжээний хомсдолд хүрдэг. Уг нөлөөллийн хэмжээ нь экваторын бүсэд улирлын шинж чанартай байна. Өвлийн хүйтэн саруудад дэлхийн бөмбөрцгийн хойд хагаст дундаж болон өндөршил ихтэй газруудад агаарын температураас хамаарсан улирлын хэлбэлзлийн онцгой эх үүсвэр бий болдгоос хур тунадсанд  $\delta^{18}\text{O}$  ба  $\delta^2\text{H}$ -ийн үлэмж их хомсдол үүсдэг байна. Эргийн бүсийнхтэй харьцуулахад эх газар бүсэд тунадасны изотопын найрлагын улирлын хэлбэлзэл тодорхой илэрч байдаг.

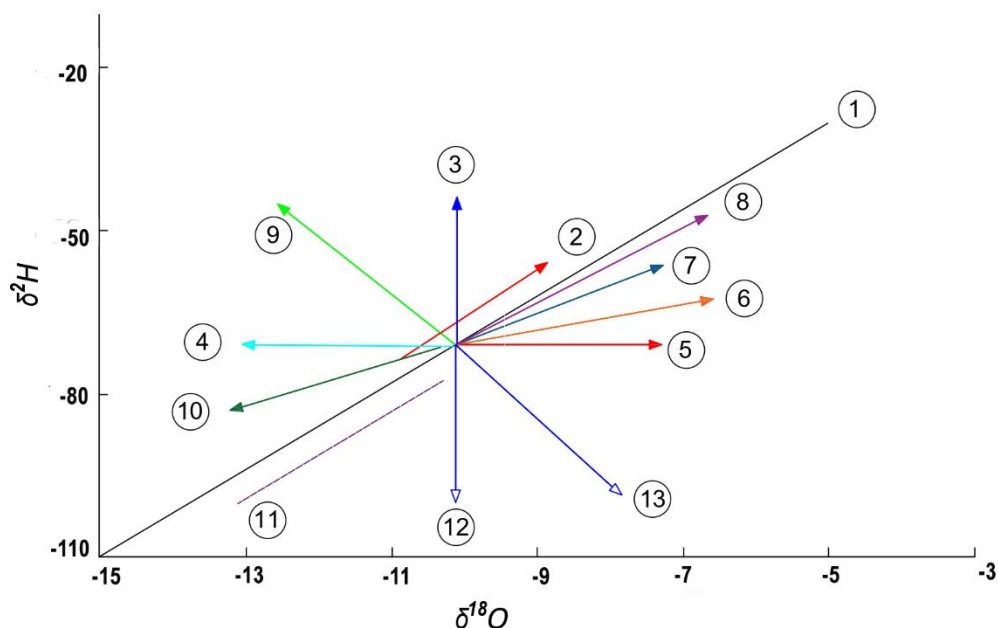
Температур болон чийгшлийн өөрчлөлтийг он цагийн хэлхээнд хэрхэн өөрчлөгдсөнийг нарийн тооцоолохын тулд газар доорх усны  $\delta^{18}\text{O}$  болон  $\delta^2\text{H}$  –ийн хэмжилт хийж тэдгээрийн ялгаатай нөлөөллүүдийн үнэлгээнд тулгуурлан эртний уур амьсгалын мэдээг ашиглан одоогийн өөрчлөлтийг шинэчлэн сэргээх ажил хийгддэг байна. Газар доорх ус нь агаарын тунадасны нэвчилтээс бий болох ба цаашлаад тухайн сав газарт унах хур тунадасны изотопын найрлага тодорхой түвшинд газар доорх усанд нөлөөлөгч хүчин зүйл болдог. Төм хэмжээтэй сав газар янз бүрийн өндөрлөгөөс ус хурааж газар доорх уст давхаргыг тэжээж байгаа учир ялгаатай изотопын найрлагатай байж болно.

Хур тунадас дахь  $\delta^{18}\text{O}$  ба  $\delta^2\text{H}$  –ийн улирлын хэлбэлзэл нь голдуу газар доорх усны нэвчилт, шүүрлийн дараа жигдэрдэг. Хэдий тийм боловч ус судлалын шинж чанар, уст үеийн агааржилтын бүсийн хэмжээ, зузаанаас хамаарч улирлын нөлөөтэй байж болно. Өөр нэг харьцуулалтаар, газар доорх усны салангид тэжээл болон изотопын задралын нөлөөгөөр ууршиц, урсацтай холбоотой, газар доорх усны изотоп агаарын тунадасны изотопоос ялгаатай байж болно.

Ихэвчлэн өндөр өргөрөгт улирал солигдох үед ууршиц, урсцын механизм нь уур амьсгалтай холбоотой байдаг. Бага гүнтэй уст давхаргад, хүйтэн (бага температуртай) усанд хүчилтөрөгчийн болон устөрөгчийн изотопын найрлага нь тогтвортой байдаг. Энэ нь голдуу изотопоороо ялгаатай усны масстай холилдсон үед л өөрчлөгдөнө. Агаар мандлын ус гэдэг ойлголт нь хур тунадас, газар доорх ус, гадаргын ус, ан цавын ус, мөсөн уул ба мөнх цэвдэг зэргийн эргэлтээр тодорхойлогддог бөгөөд дэлхий дахинд усны  $\delta^{18}\text{O}$  ба  $\delta^2\text{H}$  –ийн утга хоорондоо шугаман хамааралтай байгааг харуулдаг. Энэхүү харилцан хамаарлыг дэлхийн агаар мандлын усны түвшин (GMWL) гэж нэрлээд дараах томъёогоор илэрхийлдэг.

$$\delta^2\text{H} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10$$

Энэхүү харилцан хамаарал олон удаагийн судалгаагаар баталгаажсаныг Зураг 4-т үзүүлэв.



Зураг 4. (Дэлхийн усны шугам) Дэлхийн усны хүчилтөрөгч ба устөрөгчийн шугаман хамаарал болон ус чулуулгийн харилцан үйлчлэлийн үйл явцыг судлах изотоп геоиндикатор (Эх үүсвэр Pang Zhonghe, 2011, IGG, CAS)

**Зургийн тайлбар:** 1-Дэлхийн усны шугам GMWL, 2-чийгийн эргэлт, 3-H<sub>2</sub>S –тэй изотопын солилцоо, 4-CO<sub>2</sub>-той изотопын солилцоо, 5-газрын гүний дулааны системийн ус чулуулгийн харилцан үйлчлэл, 6-андезит устай холилдсон, 7-ууршилтын явцад орсон ус, 8-далайн устай холилдсон ус, 9-цахиурын эрдэстэй изотопын солилцоо, 10-чийгийн конденсацын процесс, 11-эртний ус, 12-нүүрс устөрөгчтэй изотопын солилцоо, 13-шохойн эрдэстэй изотопын солилцоо

Байгалийн усан дахь тогтвортой изотопын хэмжээ нь аль хэлбэрийн хандлагыг илүү дүрслэн үзүүлж байгаагаар нь тухайн усны гарал үүслийг ерөнхийд нь тодорхойлох боломжийг олгодог.

Дээрх зурагт үзүүлж буй 13 төрлийн хандлагыг үүссэн үйл явцаар нь агаар мандлын усны эргэлт, гадаргын болон газар доорх усны гэж 3 хувааж болно.

**А. Агаар мандлын усны систем:**

Энэ системд 1, 2, 10, 11-р шугамууд хамрагдах ба 1-р шугам бол бүх шугамын суурь утга болох Дэлхийн усны шугам буюу GMWL утга юм. 2-р шугам нь дахин эргэлтэд орсон чийг (recycled moisture) бөгөөд агаар мандлын усны ихэнх хувь нь Дэлхийн усны шугамд харгалзан буух боловч зарим нь энэ шугам дээр буух тохиолдол гардаг. Чийгийн дахин эргэлтийн үйл явцын үед изотопын хуваагдал үүсэж болох ба үүнээс шалтгаалан Өрөмчийн сав газрын изотопын дахин эргэх хуваагдал 8% байгааг хэд хэдэн судлаачид тогтоожээ. 11-р шугам бол сүүлийн мөстлөгийн үед үүссэн хур тунадаснаас гаралтай изотоптой усны шугам юм.

Шугам 1:  $\delta D = 8\delta^{18}O + 10$

Шугам 2:  $\delta D = 8\delta^{18}O + d$  ( $d > 10$ )

Шугам 10:  $\delta D = n\delta^{18}O + d$  ( $n < 8$ ,  $\delta^{18}O < \delta^{18}O_{GMWL}$ )

Шугам 11:  $\delta D = 8\delta^{18}O + d$  ( $d < 10$ )

### **Б. Гадаргын усны систем:**

7-р шугам нь ууршилтын шугам бөгөөд өөр өөр хазайлттай боловч GMWL-ээс үргэлж бага байдаг. Ердийн хазайлт нь тухайн бүс нутгийн температур, харьцангуй чийгшлээс хамаарч 4-6 байна. Гадаргын усны ууршилттай харьцуулахад хөрсний ууршилт хамаагүй бага хазайлттай байдаг. 10-р шугам задгай уснаас ууршсан уурын конденсацын шугам. Үүнээс гадна тунадас унах үйл явцын үед ууршилт мөн тохиолдож болох бөгөөд үүнийг үүлэн доорх ууршилт гэж нэрлэдэг. Дейтерийн илүүдэл ( $d = \delta H - 8\delta^{18}O$ ) чийглэг болон хуурай бүс нутгийн аль алинд нь ууршсан фракцын 1% тутамд 1.1-1.2 тоогоор өөрчлөгддөг.

Шугам 7:  $\delta D = m\delta^{18}O + d$  ( $m < 8$ ,  $\delta^{18}O > \delta^{18}O_{GMWL}$ )

6-р шугам нь галт уулын ууртай холилдсон шугам бөгөөд жишээ болгон андезит усыг ашиглаж байна. Эдгээр ус нь голчлон газар гүний дулааны системтэй арлын галт уулын усанд их тохиолдоно.

Шугам 6:  $\delta D_{\text{andesitic water}} = -20 \pm 10\%$ ,  $\delta^{18}O_{\text{andesitic water}} = -10 \pm 2\%$

8-р шугам нь далайн устай холилдсон шугам юм. Далайд ойрхон далайн усны болон далайн усны нэвчилтийн нөлөөнд автсан эрэг орчмын уст давхаргын ус нь энэ шугамын дагуу буудаг.

Шугам 8:  $\delta D_{\text{sea water}} = 0$ ,  $\delta^{18}O_{\text{sea water}} = 0$

### **В. Газар доорх усны систем:**

Энэ системийн хувьд ус чулуулгийн харилцан үйлчлэлийн үйл явц түгээмэл байдаг. 3, 4-р шугамууд нь  $H_2S$ -тэй болон  $CO_2$ -той солилцооны шугам юм. Устөрөгчийн сульфид (шугам 3) нь органик нүүрстөрөгчийн давхарга бүхий газар доорх усанд үүсэж болно. Эсрэг шилжилт (шугам 4) нь  $CO_2$  их агууламжтай усанд их тохиолдоно.

5, 9, 13-р шугамууд нь өндөр температурт силикат болон шаварлаг эрдсүүдтэй харилцан үйлчлэх шугамууд бөгөөд ус ба силикатуудын хоорондох солилцоо нь  $\delta H$ -ийг нэмэгдүүлж,  $\delta^{18}O$  утгыг бууруулах боломжтой (шугам 9).

12-р шугам нь нүүрс-устөрөгчтэй изотоп солилцоо шугам юм. Нүүрс үүсэх үед устөрөгч нь нүүрс-устөрөгчөөр солигдох үед энэ шугам үүснэ. Төрөл бүрийн газар доорх үйл явц нь газар доорх усны изотопын найрлагыг өөрчилж, түүний хувьсал, ус чулуулгийн геохимийн урвалын талаарх чухал мэдээллийг энэ шугам өгнө.

Газрын гүний дулааны ус нь эерэг  $\delta^{18}O$  шилжилтийг харуулдаг (шугам 5). Энэ нь ихэвчлэн өндөр температурт явагддаг ус чулуулгийн харилцан үйлчлэлтэй холбоотой юм. Шаврыг үүсэх үеийн усгүйжүүлэлтийн нөлөөгөөр шугам 13 тохиолдож болно.

Нуур, гол мэтийн тусгаарлагдсан гадаргын усан санд усны масс нь ууршиж изотопын хуримтлал үүсгэдэг. (Pang Z, Kong Y, Froehlich K, et al 2011. Processes affecting isotopes in precipitation of an arid region. *TellusB*, 63(3): 352-359.)

## 2 ҮР ДҮН

### 2.1 Усны тогтвортой изотопын дүн

Сэлэнгэ аймгийн Сүхбаатар сумын нутаг дахь Буурын голын адаг орчмын нуурын экосистемийн изотопын судалгааны хээрийн хэмжилт, дээж цуглуулах ажлууд 2025 оны 9-р сарын 11–15-ны өдрүүдэд хийж гүйцэтгэсэн. Судалгааны ажлын хүрээнд нийт 21 цэгээс дээж авсан бөгөөд үүнд нуурын усны 4 цэг, голын усны 4 цэг, булгийн усны 2 цэг, гар худгийн усны 7 цэг, өрөмдмөл худгийн усны 4 цэг тус тус багтсан (*Хүснэгт 1*).

Дээжүүдийг усны тогтвортой изотоп ( $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ )-ын шинжилгээнд хамруулсан бөгөөд шинжилгээг Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэнгийн тогтвортой изотопын лабораторийн LGR-45EP лазер спектроскопын багажаар хийж гүйцэтгэсэн. Изотопын дүнгүүдийг усны гарал үүсэл, ууршилт болон гадаргын ба газар доорх усны харилцан хамаарлыг тодорхойлоход ашигласан.

Изотопын өгөгдлөөр нуур, гол, булаг, худгийн усны хоорондох  $\delta^2\text{H}$  ба  $\delta^{18}\text{O}$ -ийн хамаарлыг шинжилж, тухайн бүс нутгийн усны тэжээлийн нөхцөл, ууршилт-тэжээлийн тэнцэл, усны харилцан үйлчлэлийг тодорхойлох боломж бүрдсэн. Судалгааны үр дүн нь Буурын голын адаг орчмын нуурын экосистемийн усны тэжээлийн онцлогийг илрүүлэх, нуурын усан мандлын талбайг нэмэгдүүлэх нөхөн сэргээх шийдэл боловсруулахад шинжлэх ухааны суурь өгөгдөл болно.

Изотопын дүнг графикаар ( $\delta^2\text{H}$ – $\delta^{18}\text{O}$  шугаман хамаарал) илэрхийлэхэд, дээжүүдийн тархалт нь голын болон худгийн усны бүлгүүдийн хооронд тодорхой ялгаа үүсгэж байгааг харуулна. Голын усны дээжүүд дэлхийн тунадасны шугамд (Global Meteoric Water Line) ойр байрлалтай байгаа нь тэжээл голчлон хур тунадасны уснаас бүрдэж байгааг, харин нуурын болон булаг, худгийн усны дээжүүд харьцангуй ууршсан шинж чанартай,  $\delta^2\text{H}$  ба  $\delta^{18}\text{O}$ -ийн утга илүү эерэг чиглэлд байрлаж байгааг илтгэнэ. Энэ нь тухайн бүс нутгийн усны эргэлтэд ууршилт давамгайлж байгааг харуулж, нуурын ус голын болон газар доорх усны холимог гаралтай болохыг нотолж байна (**Error! Reference source not found.**).

Хүснэгт 1. Тогтвортой изотопын дүн (Буурын гол, нуур, газар доорх ус).

| № | Дээж нэр | Байршил   |            | Төрөл    | Дээж авсан огноо | Тайлбар         | Шинжилгээний дүн |       |
|---|----------|-----------|------------|----------|------------------|-----------------|------------------|-------|
|   |          | X         | Y          |          |                  |                 | D                | 18O   |
| 1 | Г-1      | 50°13'57" | 106°27'54" | Голын ус | 2025.09.11       | Буурын голын эх | -95.6            | -11.8 |
| 2 | Б-1      | 50°13'16" | 106°28'4"  | Булаг    | 2025.09.11       | Баянбулаг       | -104.1           | -13.3 |
| 3 | Н-1      | 50°15'3"  | 106°32'16" | Нуур     | 2025.09.11       | Гялааны нуур    | -80.2            | -9.1  |
| 4 | Б-2      | 50°12'3"  | 106°21'6"  | Булаг    | 2025.09.11       | Согоо булаг     | -105.7           | -13.6 |
| 5 | Г-2      | 50°13'35" | 106°21'32" | Голын ус | 2025.09.11       | Буурын гол      | -97.3            | -12.1 |
| 6 | Г-3      | 50°18'11" | 106°29'14" | Голын ус | 2025.09.11       | Хиагт гол       | -97.6            | -12.1 |
| 7 | Н-2      | 50°12'07" | 106°17'27" | Нуур     | 2025.09.11       | Хөдөө нуур      | -52.7            | -3.5  |

|    |      |           |            |                |         |                                |        |       |
|----|------|-----------|------------|----------------|---------|--------------------------------|--------|-------|
| 8  | Г-4  | 50°13'23" | 106°16'10" | Голын ус       | 2025.09 | Буурын гол                     | -77.5  | -8.6  |
| 9  | Н-2  | 50°12'37" | 106°12'28" | Нуур           | 2025.09 | Буурын голын адагт орших нуур  | -79.2  | -9.5  |
| 10 | Н-3  | 50°12'23" | 106°19'30" | Нуур           | 2025.09 | Цагаан нуур                    | -62.2  | -6.0  |
| 11 | Х-1  |           | 106°13'52" | Гар худаг      | 2025.09 | Гантулгийн гар худаг           | -88.3  | -10.7 |
| 12 | ӨХ-1 | 50°12'52" | 106°19'50" | Өрөмдмөл худаг | 2025.09 | Лхагважавын өрөмдмөл худаг     | -104.5 | -13.2 |
| 13 | Х-2  | 50°11'29" | 106°13'59" | Гар худаг      | 2025.09 | Б.Даваажавын гар худаг         | -92.4  | -11.4 |
| 14 | Х-3  | 50°11'36" | 106°15'6"  | Гар худаг      | 2025.09 | Ч.Энхтуяагийн гар худаг        | -91.2  | -11.2 |
| 15 | ӨХ-2 | 50°12'12" | 106°13'48" | Өрөмдмөл худаг | 2025.09 | Д.Төмөрбаатарын өрөмдмөл худаг | -98.3  | -12.1 |
| 16 | ӨХ-3 | 50°12'15" | 106°13'51" | Өрөмдмөл худаг | 2025.09 | Н.Баярсайханы өрөмдмөл худаг   | -107.6 | -13.7 |
| 17 | Х-4  | 50°12'12" | 106°13'51" | Гар худаг      | 2025.09 | Н.Баярсайханы гар худаг        | -94.8  | -11.7 |
| 18 | Х-5  | 50°13'39" | 106°12'47" | Гар худаг      | 2025.09 | Ш.Багбаярын гар худаг          | -96.0  | -11.6 |
| 19 | ӨХ-4 | 50°13'33" | 106°13'6"  | Өрөмдмөл худаг | 2025.09 | Ч.Намжилдоржийн өрөмдмөл худаг | -97.1  | -11.4 |
| 20 | Х-6  | 50°13'43" | 106°13'49" | Гар худаг      | 2025.09 | Л.Чулуунцэцэгийн гар худаг     | -95.8  | -11.7 |
| 21 | Х-7  | 50°13'38" | 106°17'13" | Гар худаг      | 2025.09 | Л.Чинзаяагийн гар худаг        | -90.2  | -10.7 |

## 2.2 Усны эх үүсвэр

### Дэлхийн хур тунадас дахь изотопын сүлжээний дүн

Дээр өгүүлсэнчлэн, Улаанбаатар хотод байрлах хур тунадасны изотопын цэг нь Монгол орны төвийн бүсийн усны изотопын найрлагыг судлахад хамгийн ойр ба найдвартай эх сурвалж юм. Энэ сүлжээгээр сар бүр хур тунадасны дээж авч, лабораторид шилжүүлэн устөрөгч ( $\delta^2\text{H}$ ) болон хүчилтөрөгчийн ( $\delta^{18}\text{O}$ ) изотопын шинжилгээ хийдэг бөгөөд тухайн бүс нутгийн уур амьсгал, усны эргэлтийн изотопын онцлогийг илэрхийлдэг гол мэдээлэл болдог.

Улаанбаатар хот дахь GNIP сүлжээний хур тунадасны изотопын ( $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) өгөгдлөөс харахад жилийн хугацаанд улирлын хэлбэлзэл хүчтэй ажиглагдаж байна. Энэхүү хэлбэлзэл нь тухайн бүс нутгийн уур амьсгалын нөхцөл, агаарын температур, тунадас үүсэх процесс, мөн агаарын чийгийн гарал үүсэл ба усны фазын шилжилтийн онцлогоос шууд хамаардаг.

Өвлийн улиралд (11–2-р сар) температур хасах хэмд байдаг тул усны ууршил багасаж, тунадасны үүсэлт өндөр өргөргөөс ирэх хүйтэн, хуурай агаарын урсгал давамгайлдаг. Энэ үед усны уур дутмаг бөгөөд тунадас үүсэх явцад хөнгөн изотопууд ( $^1\text{H}$ ,  $^{16}\text{O}$ ) хялбар

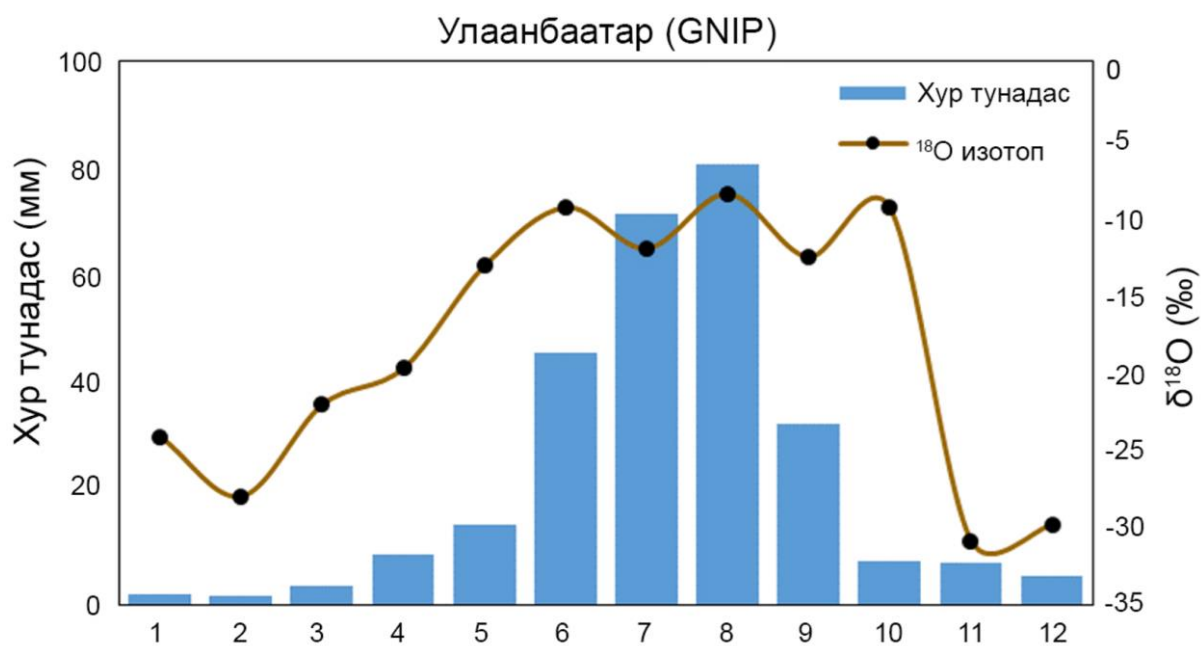
ууршиж, хүнд изотопууд ( $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) илүү их хэмжээгээр конденсацид ордог тул тунадасны ус харьцангуй “изотопын хувьд хөнгөн” найрлагатай болдог. Тиймээс өвлийн хур тунадасны  $\delta^{18}\text{O}$  болон  $\delta^2\text{H}$ -ийн утгууд хамгийн бага буюу  $-25\text{‰}$ -аас  $-30\text{‰}$ ,  $-180\text{‰}$ -аас  $-230\text{‰}$  хооронд хэлбэлздэг.

Харин дулааны улиралд (6–9-р сар) Азийн зуны муссоны нөлөө нэмэгдэж, халуун, чийглэг уур амьсгал бүрддэг. Энэ үед агаарын чийгийн эх үүсвэр нь ойролцоох нуур, гол, хөрсний ууршилт болон алслагдсан халуун бүс нутгаас ирэх чийглэг агаараас бүрддэг тул хур тунадасны ус илүү “изотопын хувьд хүнд” найрлагатай болдог. Өөрөөр хэлбэл, цаг уур дулаарах тусам усны уурын конденсаци бага явагдаж, тунадас үүсэхдээ хүнд изотопууд илүү давамгайлдаг. Үүний үр дүнд  $\delta^{18}\text{O}$ -ийн утга  $-8\text{‰}$  орчим,  $\delta^2\text{H}$   $-60\text{‰}$  орчимд хүрч, өвлийн улирлынхаас 2–3 дахин илүү хүнд болдог.

Энэ улирлын ялгаа нь тухайн бүсийн изотоп агаар мандлын тэнцвэрийн процессын илрэл бөгөөд Монгол орны тэнгэрийн тунадасны гарал ба уур амьсгалын улирлын мөчлөгийг тодорхойлох чухал үзүүлэлт болдог. Түүнчлэн GNIP-ийн мэдээлэл нь бүс нутгийн Бүс нутгийн усны шугам (LMWL) байгуулах, гадаргын болон газар доорх усны гарал үүсэл, ууршилт ба тэжээлийн харилцан хамаарлыг тайлбарлахад үндсэн өгөгдөл болдог.

Иймд GNIP-ийн Улаанбаатар дахь хур тунадасны изотопын өгөгдөл нь Монгол орны төвийн бүсийн усны изотоп гидрологийн судалгаанд бүс нутгийн төлөөлөх стандарт өгөгдөл болж, Буурын голын сав газрын усны эх үүсвэр, ууршилт тэжээлийн шинж чанарыг үнэлэхэд суурь үндэслэл болж байна.

Улаанбаатар хотын GNIP цэгийн хур тунадасны дундаж изотопын өгөгдлөөс харахад улирлын ялгаа тод ажиглагддаг (Зураг 5). Өвлийн улиралд буюу 11–2-р сард хур тунадас хамгийн хөнгөн изотопын найрлагатай ( $\delta^{18}\text{O}$   $-27.5\text{‰}$ – $-28.9\text{‰}$ ;  $\delta^2\text{H}$   $-209\text{‰}$ – $-224.8\text{‰}$ ) бол харин 6–9-р сард орсон хур бороо харьцангуй хүнд изотопын найрлагатай ( $\delta^{18}\text{O}$   $-7.9\text{‰}$ – $-9.0\text{‰}$ ;  $\delta^2\text{H}$   $-57.8\text{‰}$ – $-69.2\text{‰}$ ) байна. Энэ нь дулааны улиралд ууршилт нэмэгдэж, халуун, чийглэг нөхцөлд үүссэн хур тунадас илүү хүнд изотопын найрлагатай байдгийг илтгэж байна.

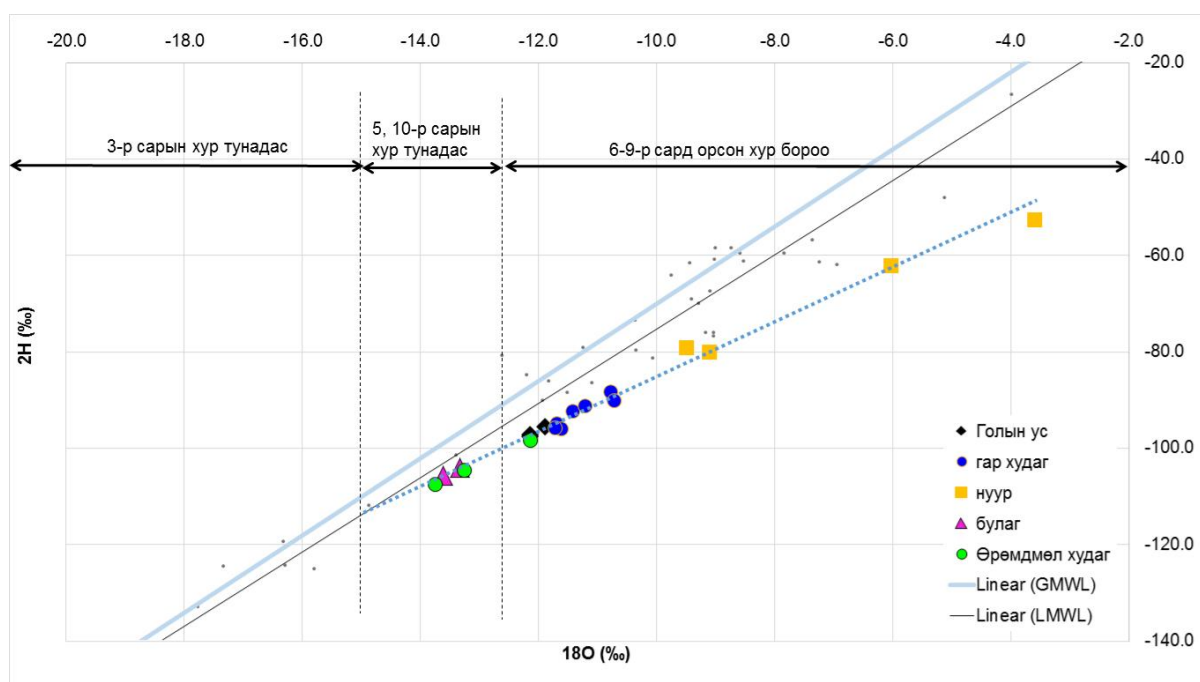


Зураг 5. Дэлхийн хур тунадасны изотопын сүлжээ (GNIP)-ний Улаанбаатар дахь хур тунадасны тогтвортой изотопын дүн (1990-2000, 2021-2022).

### Бүс нутгийн цаг уурын усны шугам

Хур тунадасны изотопын өгөгдөлд тулгуурлан тухайн бүс нутгийн усны изотопын харьцааг илэрхийлэх шугамыг Бүс нутгийн усны шугам (Local Meteoric Water Line, LMWL) гэж нэрлэнэ. Энэ нь тухайн бүсийн уур амьсгалын нөхцөл, өндөржилт, температур, ууршилт зэрэг хүчин зүйлээс хамааран Дэлхийн усны шугамаас (Global Meteoric Water Line, GMWL) тодорхой хэмжээнд зөрүүтэй байдаг.

Буурын голын сав газрын гадаргын болон газар доорх усны  $\delta^2\text{H}$ – $\delta^{18}\text{O}$ -ийн өгөгдлийг LMWL ба GMWL-тэй харьцуулан шинжилснээр (Зураг 6), дээжүүдийн гарал үүсэл, тэжээлийн эх үүсвэр, ууршилтын нөлөөг тодорхойлох боломж бүрдэж байгаа юм.



Зураг 6. Улаанбаатар хот дахь хур тунадасны болон Буурын гол, нуур, газарн доорх усны усны тогтвортой изотоп.

Буурын голын сав газрын гадаргын болон газар доорх усны тогтвортой изотопын шинжилгээний дүнг ( $\delta^2\text{H}$  ба  $\delta^{18}\text{O}$ ) графикаар харуулж, дэлхийн болон бүс нутгийн усны шугамуудтай (GMWL, LMWL) харьцуулан үнэлэв (Зураг 6).

Голын усны дээжүүд (хар ромбо тэмдэг) LMWL-ийн дагуу байрлаж, GMWL-д ойрхон утгатай байна. Энэ нь тухайн ус шууд хур тунадасны тэжээлтэй болохыг илтгэх ба голын урсгалын үүсэл нь ихэвчлэн зуны улирлын хур борооны тэжээлтэй байж болохоор байна.

Энгийн уурхайн худаг (цэнхэр дугуй тэмдэг) голын усны изотопын харьцаатай давхцаж байгаа нь гадаргын болон газар доорх бага гүндэх усны хооронд тодорхой хэмжээнд гидравлик холбоо байгааг илтгэх бөгөөд ус нь голын уснаас шүүрэн нэвчиж, орчны элс, хайрганы үеүдэд хуримтлагдсан харьцангуй залуу ус бөгөөд зуны улирлын хур тунадасны нэвчилтээр сэлбэгддэг болно.

Өрөмдмөл худгийн ус (ногоон дугуй тэмдэг) харьцангуй хөнгөн изотопын найрлагатай бөгөөд LMWL-ийн доод хэсэгт тархаж байна. Энэ нь ус нь ууршилтын нөлөө багатай байна. Булгийн ус (ягаан гурвалжин тэмдэг) гүн өрмийн худгийн устай нэг групп үүсгэж байгаа бөгөөд энэ нь тухайн дээж авсан булгийн ус харьцангуй гүнээс тэжээлтэй байж болохыг харуулна.

Нуурын ус (шар дөрвөлжин тэмдэг) бусад төрлийн уснаас ялгаатайгаар LMWL-ийн шугамаас баруун тийш буюу хүнд изотопоор баяжсан нь нуурын ус ууршилтаар баяжсан шинж чанартай болохыг харуулж байгаа бөгөөд нуурын усны  $\delta^{18}\text{O}$ -ийн утга  $-8\text{‰}$ — $-5\text{‰}$ ,  $\delta^2\text{H}$   $-70\text{‰}$ — $-50\text{‰}$  хооронд хэлбэлзэж байна.

Нуурын усны эх үүсвэрийн хувьд хөрсний ус болон голын усны эх үүсвэртэй бөгөөд нөхөн сэлбэгдэх хугацаа хурдан биш, харьцангуй удаан хугацаанд нөхөн сэлбэдэг байж болохоор байна. Изотопын диаграммаас харахад, голын ус, энгийн уурхайн болон өрөмдмөл худгийн усны дээжүүд LMWL-ийн дагуу байрлаж байгаа нь эдгээр ус гол төлөв хур тунадасны тэжээлтэй болохыг илтгэнэ. Харин Буурын голын татамд байгаа хэд хэдэн нуур нь хөрсний усаар, хамгийн дээд талд орших нуур голын усаар тэжээгддэг байж болхоор байна.

### 3 ДҮГНЭЛТ

Сэлэнгэ аймгийн Сүхбаатар сумын Буурын голын адаг орчмын нуурын экосистемийн усны тогтвортой изотопын ( $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) судалгааны дүнгээс харахад тухайн сав газрын гадаргын болон газар доорх усны гарал үүсэл, тэжээл ба ууршилтын процесс харилцан уялдаатай, улирлын шинжтэй хамаарал бүхий усны эргэлтийн систем бүрдэж байна.

Изотопын шинжилгээгээр голын ус, булаг, энгийн уурхайн болон өрөмдмөл худгийн уснуудын изотопын найрлага Дэлхийн (GMWL) болон бүс нутгийн (LMWL) усны шугамд ойр байрлалтай байгаа нь эдгээр ус хур тунадасны шууд болон дам тэжээлтэй болохыг илтгэнэ. Энэ нь сав газрын усны системийн үндсэн тэжээл хавар, зуны улирлын хур борооноос үүсдэг болохыг харуулж байна.

Энгийн уурхайн худгийн ус голын усны бүлэгтэй төстэй хамааралтай байгаа нь гадаргын ус болон газар доорх усны хооронд гидравлик холбоо байгааг харуулж байна. Булаг болон өрөмдмөл худгийн усны  $\delta^{18}\text{O}$  ба  $\delta^2\text{H}$ -ийн утга илүү хөнгөн байгаагаас үзэхэд эдгээр ус илүү гүн давхаргаас гаралтай, ууршилтын нөлөө бага, харьцангуй “хуучин ус” байна.

Нуурын усны  $\delta^{18}\text{O}$  ба  $\delta^2\text{H}$ -ийн утга илүү эерэг чиглэлд буюу хүнд изотопоор баяжсан, LMWL-ийн шугамаас баруун тийш байрлаж байгаа нь нуурын ус ууршилтын тодорхой нөлөөнд автсан болохыг илтгэж байна. Энэ нь нуур нь гадаргын ус болон газар доорх усны холимог эх үүсвэртэй боловч ууршилт давамгайлсан хаалттай усан системийн шинж чанартай байгааг харуулдаг.

GNIP-ийн Улаанбаатар дахь хур тунадасны изотопын өгөгдөлтэй харьцуулахад судалгааны бүсийн усны  $\delta^{18}\text{O}$  ба  $\delta^2\text{H}$ -ийн утгууд зуны улирлын хур тунадасны найрлагад ойролцоо байгаа нь Буурын голын сав газрын усны тэжээл дийлэнх хувь нь зуны улирлын борооны уснаас бүрэлдэж байгааг нотолж байна.

Иймд Буурын голын сав газрын гадаргын болон газар доорх усны изотопын бүтэц нь тухайн бүс нутгийн уур амьсгалын улирлын өөрчлөлт, ууршилт-тэжээлийн динамик болон гидрогеологийн нөхцөл байдлыг илтгэж байгаа бөгөөд:

1. Голын болон гар худгийн ус нь хур тунадасны богино хугацааны тэжээлтэй, улирлын эргэлттэй усны системийг бүрдүүлж байна.
2. Булаг болон өрөмдмөл худгийн ус нь гүн давхаргын, ууршилтын нөлөө багатай, харьцангуй хуучин ус бөгөөд урт хугацааны хур тунадасны хуримтлалын үр дүн юм.
3. Нуурын ус нь голын болон газар доорх усны нийлмэл тэжээлтэй бөгөөд ууршилтын нөлөө давамгайлсан, усны солилцооны хаалттай орчин бүрдүүлж байна.
4. Судалгааны бүсийн усны изотопын бүтэц GNIP-ийн зуны улирлын хур тунадасны утгатай нягт уялдаж байгаа нь тухайн бүс нутгийн усны тэжээлийн гол эх үүсвэр нь 6–9-р сард ордог бороо болохыг нотолж байна.

Эдгээр үр дүн нь нуурын экосистемийн тэжээлийн механизмыг тодорхойлох, нуурын усны түвшин, усан мандлын тэнцвэрийг хадгалах нөхөн сэргээлтийн арга хэмжээ боловсруулахад шинжлэх ухааны үндэслэл болох ач холбогдолтой. Цаашид улирлын давтамжтайгаар изотопын болон химийн хяналт хийх замаар сав газар усны динамикийг илүү нарийвчлалтай тодорхойлох боломжтой.

Изотопын шинжилгээний дүнгээс харахад голын татамд байгаа нуурын ус ууршилтаар баяжсан, усны солилцоо сул явагдаж буй хаалттай системийн шинжтэй байна. Энэ нь нуурын экосистемийн усны тэнцвэр алдагдаж, нөхөн сэлбэгдэх чадвар буурч байгааг илтгэж байна. Иймээс нуурын усны нөхөн сэлбэлтийг нэмэгдүүлэхийн тулд гидротехникийн арга хэмжээ авч, нуурт урсах гадаргын болон газар доорх усны урсцыг чөлөөтэй нэвтрүүлэх нөхцөл бүрдүүлэх шаардлагатай.

## **АШИГЛАСАН БҮТЭЭЛ**

1. Жанчивдорж, Л. 2018. Бүлэг 7, Ус хөгжлийн түлхүүр. Редактор Балдандорж, Ц.: Хөгжлийн түлхүүр ус, 157-184. Сэлэнгэ пресс хэвлэв. ISBN 978-99978-3-505-5
2. Жанчивдорж, Л. Эрдэнэчимэг, Б. Оюунбаатар, Д. 2013. 5.9 Цөмийн технологи усны судалгаанд. Редактор Тэгшбаяр, Н. Дамдинсүрэн, Ц.: Цөмийн энергийн комисс 50 жил. Хөх Монгол принтинг хэвлэв, 103-106.
3. Санждорж, С. 1996. Газрын доорх усыг изотопын аргаар судалсан дүн. Усны бодлогын хүрээлэнгийн ЭШ-ний бичиг, Тэргүүн дэвтэр.
4. Удвалцэцэг, Г. Жанчивдорж, Л. Наранцэцэг, Ц. Одонцэцэг, Д. Жавзан, Ч. Эрдэнэчимэг, Б. Онон, О. Ринзан, М. Бямбасүрэн, З. 2016. Говийн зарим томоохон хотгоруудын Газрын доорх усны нарийвчилсан судалгаа. ШУА, ШУ Технологийн сан захиалгат ажил, Газарзүй, Геоэкологийн хүрээлэнд хэвлэв.
5. Чинзориг С., Жанчивдорж Л. 2020. Цөмийн технологийг усны менежментэд ашиглах нь. Цөмийн технологи Монгол Улсын хөгжилд.
6. Усны бодлогын хүрээлэн (1996). Олон улсын атомын энергийн агентлагтай хамтран Цамбагарав ууланд хийсэн изотопын судалгааны тайлан боть I

# ГАЗРЫН ТОСНЫ ОРДЫН (ХИХ ТАЛБАЙ) ГИДРОХИМИЙН СУДАЛГАА

А.Хандсүрэн<sup>1</sup>, Л.Эрдэнэсайхан<sup>1,2</sup>, Ц.Цэрэнжаргал<sup>3</sup>, Д.Энхбаяр<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ШУТИС, ГУУС, Гидрогеологи, инженер геологийн тэнхим, <sup>2</sup>"Хатандалай" ХХК, <sup>3</sup>Дорнод аймгийн Байгаль орчин, аялал жуулчлалын газар  
(\*Холбоо барих зохиогч: [denkhbayar@must.edu.mn](mailto:denkhbayar@must.edu.mn))

## ХУРААНГУЙ

Газрын тосны ордын ХИХ талбай нь Дорнод аймгийн Матад сумын нутагт байрлах ба 2024, 2025 онуудын 7 дугаар сард гидрохимийн судалгааны ажлын жил дараалан гүйцэтгэлээ. Тус ажлын хүрээнд үйлдвэрийн зориулалттай ашиглалтын, мониторингийн, малчны худаг зэрэг давхардсан тоогоор нийт 20 уст цэгт усны сорьцлолтын ажлыг хийн газар доорх усанд ууссан гол ионуудын үр дүнг боловсруулсан болно. Уг газрын тосны ордод байрлах хугдуудын ус нь Na-Cl ба Na-Cl-SO<sub>4</sub> найрлагатай, өндөр эрдэжилтэй, шүлтлэгээс хүчтэй шүлтлэг орчинтой ус байна. Цаашид усны химийн найрлагын үр дүнгээр гидрогеохимийн задлан шинжилгээ хийж тухайн бүс нутгийн газар доорх усны ус-чулуулгийн харилцан хамаарлыг тодорхойлж, үнэлгээ өгөх нь зүйтэй.

**Түлхүүр үг:** усны химийн найрлага, Матад сум, пайпер диаграмм

## ОРШИЛ

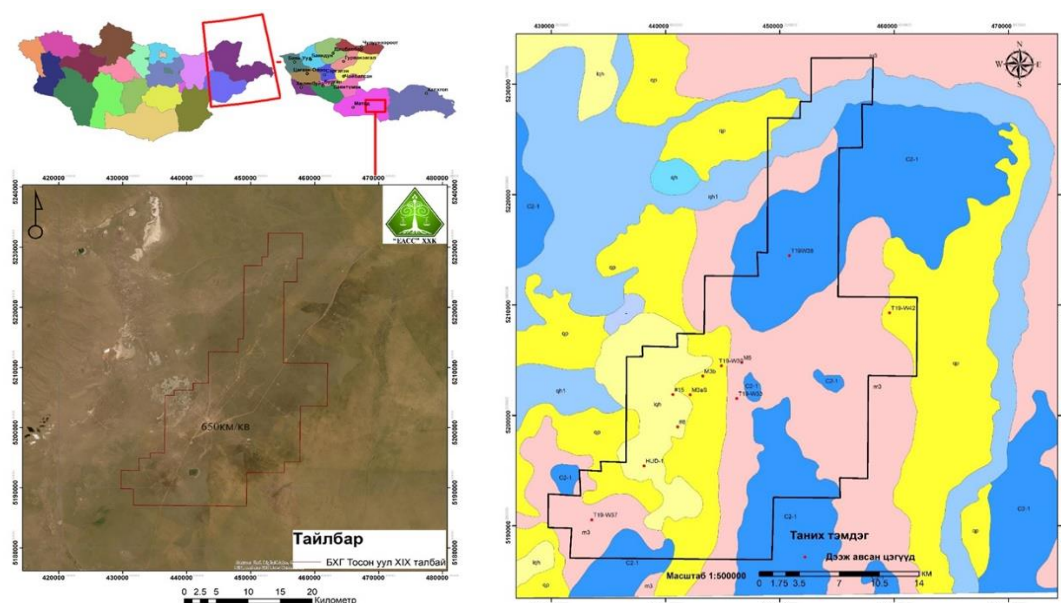
Монгол орны зүүн хязгаар Дорнод аймгийн Матад сумын нутагт байрлах газрын тосны Тосон-Уулын орд газраас ойролцоогоор 1.2-1.8 сая/м<sup>3</sup>/жил усыг, усны хугдаар олборлон эргүүлээд газрын гүний өөр давхаргад шахах зарчимаар усыг ашиглаж байгаа [1]. Тосон-Уулын орд газарт 1990-ээд оноос газрын тосны хайгуулын ажил эхэлж 2011 онд олборлолтонд шилжсэн түүхтэй. Газрын тосны үйл ажиллагаа явагдаж буй Тосон-Уул ХИХ талбай нь уртаашаа 45 км, хамгийн өргөн хэсгээрээ 24 км, нийт 650 км<sup>2</sup> талбайг хамардаг ба газрын тос олборлох үед тосны өгөмжийг нэмэгдүүлэх зорилгоор газрын доорх ус ашигладаг [2]. Тус талбай нь тэгш, өндөрлөг бүс, гадаргуугийн хэлбэр нь долгиолсон маягтай, далайн төвшнөөс дээш 615-756 м өндөрт өргөгдсөн. Жилийн дундаж температур нь 3.9°C~6.6°C, жилийн дундаж хур тунадас 276.4 мм буух ба ууршилт 1518.7 мм байна. Судалгааны талбайн 10 км радиуст ямар нэгэн гадаргын урсац байдаггүй урд зүгт Хөвөө нуур хур тунадас ихтэй жил түр зуурын устай байдаг [1].

### *Геологи, гидрогеологийн нөхцөл*

Судалгааны талбайд баруун хойд, баруун, баруун урд хэсгээр дөрөвдөгч хурдас тархах ба дайрга, элс, хайрганцар, шавранцар, шавар агуулгатай байна. Талбайн төв хэсэг, баруун урд хэсгээр Неогений Миоцены 10-80м зузаантай Хөх нуур формац тархах ба улаан өнгөтэй шавар, элсэнцэр, шавранцар, хайрганцар, дайргаас бүрдэнэ. Талбайн хойд хэсэг, төвөөс зүүн урагшаа, баруун урд үзүүрийн хэсэгт дээд цэрдийн настай Баянширээ формацийн хурдас тархах ба 150 м зузаантай. Тус насны хурдас, чулуулаг нь улаан алаг, эрээн ногоон шаргал өнгийн шавар, элсэрхэг шавар, элс элсэнцэр, мөлгөржөөгүй хэмхдэснүүд, хайрга, шавар, наанги шавраас бүрдэнэ. Гидростратиграфийн нэгжийн хувд нуурын гаралтай хурдас дахь ус агуулагч үе ба ус үл нэвтрүүлэгч хурдасны үелэл тархсан байна. Проллови-аллюви, проллови-деллювийн гаралтай хурдас дахь ус агуулагч үе давхарга судалгааны талбайн баруун урт хэсэгт

байрлана. Миоцены настай хөх нур формацад агуулагдах нүх сүвэрхэг давхарга, Дээд цэрдийн настай Баянширээ формац дахь ус агуулагч нүх сүвэрхэг устай давхарга талбайн төв хэсгээр тархана [2].

Газрын тосны ордын хэмжээнд гидрогеологийн судалгаа маш ховор хийгдсэн. Тухайлбал тус XIX талбайд 2024, 2025 онуудад газар доорх усны химийн найрлага, тэдгээрийн шинж чанарыг үнэлсэн судалгааг анх удаа хийсэн. Судалгааны үр дүнгээр тухайн бүс нутгийн гидрохимийн онцлог, найрлагыг тодорхойлохоор зорилоо.



Зураг 1. Судалгааны талбай болон уст цэгүүдийн байршил

## СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Судалгааны талбайд 2024 оны 7-р сард 10 уст цэгээс, 2025 оны 7-р сард 10 уст цэг, давхардсан тоогоор нийт 20 уст цэгээс усны сорьц авч, макро элементийн шинжилгээг ШУА-ийн харьяа Геоэкологийн хүрээлэнгийн лабораторид, микро элементийн шинжилгээг “SGS IMME” ХХК-ийн лабораторид индукцийн холбоост плазмын масс спектрометрийн (ICP-MS) багажаар 53 хүнд металлын агууламжийг тодорхойлсон. Усны сорьцолтын явцад хээрийн лабораторийн ажлаар газар дээр нь рН, ЕС, TDS, ORP, DO, T° зэрэг параметруудийг HANNA HI98194 багаж ашиглан тодорхойлсон. Усны шүлтлэг чанар буюу усан дахь гидрокарбонатын ионыг 24 цагийн дотор титирлэх аргаар тодорхойлсон (Зураг 2).

Судалгааны талбай уст цэгийн химийн найрлагыг тодорхойлохоор Microsoft Excel программын интерфейст суурилсан HydroChem 2.0 программыг ашиглан Пайпер диаграммыг байгуулж усны төрлийг тодорхойлов. Уст цэгүүдийн усанд агуулагдах давамгайлах ионуудаар О.А.Алекины ангилал хийлээ.



Зураг 2. Уст цэгт хээрийн хэмжилт хийж буй болон гидрокарбонатын ионыг тодорхойлж байгаа байдал

## ҮР ДҮН

2024-2025 онуудад газар доорх усны түвшин малчдын гар худгуудад (HUD1, HUD2) газрын гадаргаас доош 2.86-3.44 м хооронд хэлбэлзэж байна. Бусад гүнд өрөмдсөн уст цэгүүдийн усны түвшин 2024 оны байдлаар газрын гадаргаас доош 2.15-74.1 м байхад 2025 оны хувьд 2.1-74.2 м хооронд хэлбэлзэнэ. Уст цэгүүдийн нь 200-500 м гүнтэй даралтад гадаргатай уст давхаргад байрлана. Малчны гар худгууд нь 3.83-5.2 м гүнтэй байна.

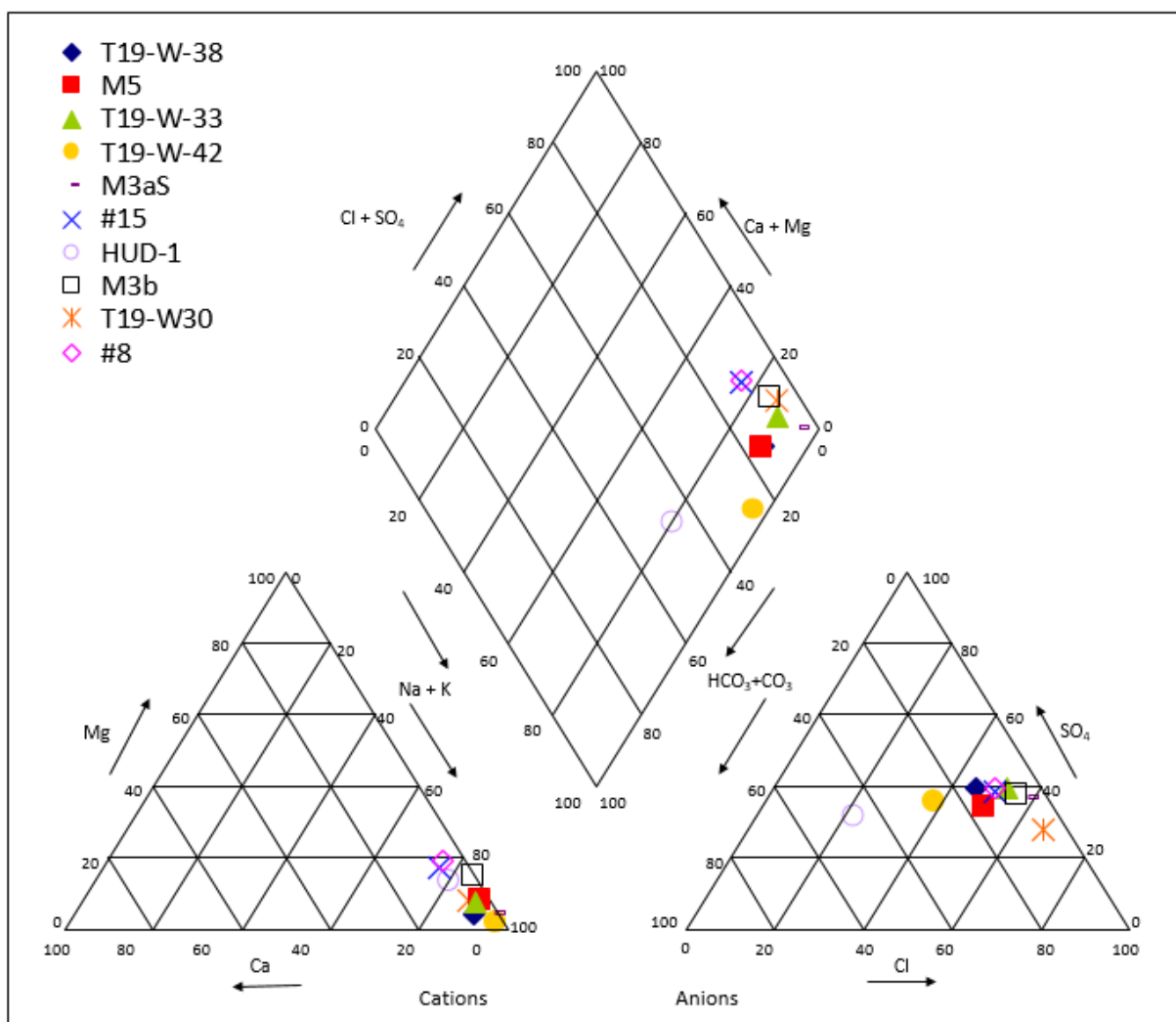
Хээрийн лабораторийн ажлын үр дүнд 2024 оны байдлаар цахилгаан дамжуулах чадвар 2382-14530  $\mu\text{S}/\text{cm}$  хооронд хэлбэлзэж байсан бол 2025 оны хувьд 2000-14970  $\mu\text{S}/\text{cm}$  хооронд байна. 2024 оны байдлаар газар доорх усны pH 7.27-10.8 хооронд хэлбэлзэж байгаа бол 2025 оны байдлаар 7.37-9.72 байгаа нь сулавтар шүлтлэгээс-хүчтэй шүлтлэг усан орчинтой байна. Эрдэсжилт хувьд 2024-2025 оны байдлаар дундаж утга 3364.64-3687.72 м хооронд бол хамгийн их эрдэсжилттэй T19W37 дугаартай уст цэгийн хувьд 2024-2025 онуудад 7272-8981 мг/л байна. Уусан хүчилтөрөгч 2024 оны байдлаар 2.27-9.14 мг/л бол 2025 оны байдлаар 1.12-3.82 мг/л хооронд хэлбэлзэнэ (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Уст цэгийн гидрохимийн статистик үзүүлэлтүүд

| Параметрууд                  | Газар доорх ус    |                   |                 |                 |             |             |
|------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|
|                              | 2024 он           | 2025 он           | 2024 он         | 2025 он         | 2024 он     | 2025 он     |
|                              | Хамгийн бага утга | Хамгийн бага утга | Хамгийн их утга | Хамгийн их утга | Дундаж утга | Дундаж утга |
| pH                           | 7.27              | 7.37              | 10.83           | 9.72            | 8.57        | 8.45        |
| Эрдэсжилт мг/л               | 1191              | 1200              | 7272            | 8981            | 3364.64     | 3687.73     |
| ЦДЧ, $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 2382              | 2000              | 14530           | 14970           | 6701.2      | 6146.3      |
| Ууссан хүчил төрөгч, мг/л    | 2.27              | 1.12              | 9.14            | 3.82            | 5.46        | 2.3         |

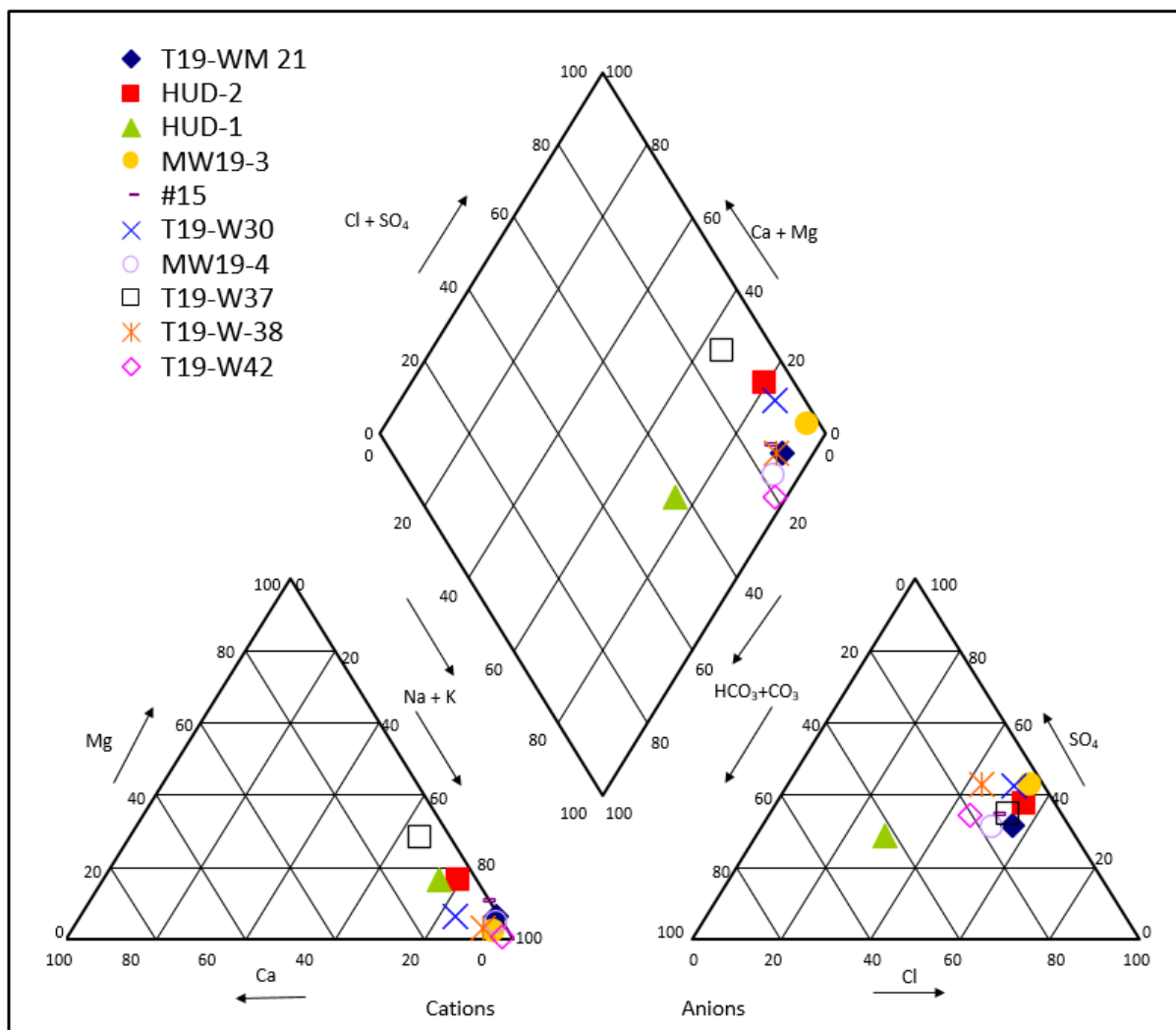
|                         |       |       |        |        |        |        |
|-------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Ca, мг/л                | 5.2   | 8.8   | 236.9  | 216.4  | 65.52  | 58.8   |
| Na+K, мг/л              | 416   | 375.8 | 2418.3 | 2413   | 1303.9 | 1262.2 |
| Mg, мг/л                | 4.5   | 2.3   | 576.1  | 551.6  | 135.2  | 100.8  |
| HCO <sub>3</sub> , мг/л | 274.5 | 36.6  | 1504.6 | 1183.4 | 639.8  | 398.1  |
| SO <sub>4</sub> , мг/л  | 298   | 290   | 2760   | 2688   | 1300.4 | 1168.2 |
| Cl, мг/л                | 159.8 | 213   | 3319.3 | 3049.5 | 1412.9 | 1208.4 |

Пайпер диаграммаар усны төрлийг тодорхойлоход 2024 онд усны сорьц авсан HUD-1 буюу малчны гар худгийн ус Na<sup>+</sup>- HCO<sub>3</sub> төрөл давамгайлж байхад бусад уст цэгүүдийн хувьд Na<sup>+</sup>- Cl<sup>-</sup> ба Na<sup>+</sup>- Cl<sup>-</sup> - SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> найрлагатай ус зонхилж байна. О.А. Алекины ангиллаар HUD-1 уст цэг нь I-р төрлийн шүлтлэг, зөөлөн усны ангилалд багтаж байгаа бол бусад уст цэгүүдийн хувьд II-р төрлийн эрдэсжилттэй устай байна (Зураг 2).



Зураг 2. 2024 оны уст цэгүүдийн усны химийн найрлага - Пайпер диаграмм

Пайпер диаграммаар усны төрлийг тодорхойлоход 2025 оны хувьд HUD-1, T19-W37 буюу малчны гар худагт Na<sup>+</sup>- HCO<sub>3</sub> төрөл давамгайлж байхад бусад уст цэгүүдийн ус 2024 оны химийн найрлагын үр дүнтэй ижил Na<sup>+</sup>- Cl<sup>-</sup> ба Na<sup>+</sup>- Cl<sup>-</sup> - SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> найрлагатай ус давамгайлж байна. О.А. Алекины ангиллаар II-р төрлийн өндөр эрдэсжилттэй устай байна (Зураг 3).



Зураг 3. 2025 оны уст цэгүүдийн усны химийн найрлага - Пайпер диаграмм

## ДҮГНЭЛТ

Газрын тосны XIX талбайн гидрохимийн судалгааг 2024, 2025 онуудын 7-р сард хийж гүйцэтгэсэн. Тус 2 жилийн хугацаанд нийт давхардсан тоогоор 20 уст цэгт усны сорьцлолтын ажил хийж гүйцэтгэсэн. Судалгааны үр дүнгээс ажиглахад малчны гар худгаас бусад гүн өрөмдсөн цоонуудын усны хувьд Na-Cl, Na-Cl-SO<sub>4</sub> найрлагатай өндөр эрдэжилттэй ус зонхилж байгаа усны байгаль дахь эргэлт, сэлгэлтийн нөлөө бага байгаатай холбоотой байж болох юм. Малчны гар худгуудын ус нь Na-HCO<sub>3</sub> химийн найрлага давамгайлж байгаа нь бага гүний уст давхаргууд усны байгаль дахь эргэлт, сэлгэлтийн нөлөө их байдагтай холбоотой усны найрлагын зүй тогтол ажиглагдаж болно. Цаашид уг судалгааны талбайд гидрогеохимийн задлан шинжилгээг хийж, ус-чулуулгийн харилцан хамаарлын үнэлгээ өгнө.

## АШИГЛАСАН НОМ, СЭТГҮҮЛ

1. Л.Эрдэнэсайхан, А.Хандсүрэн, Д.Энхбаяр, Ц.Цэрэнжаргал. Газрын тосны тосонуул ордын XIX талбайн гидрогеохимийн судалгааны зарим үр дүнгээс. Ханын илтгэл, 2025.

2. Л.Дашбямба, Д.Ган-эрдэнэ. (2016) Дорнод аймгийн матад сумын нутаг дахь бүтээгдэхүүн хуваах гэрээт хйх талбайд явуулсан газрын доорх усны гүйцээх хайгуулын ажлын эцсийн үр дүнгийн тайлан.
3. Andres Marandi , Paul Shand. (2018) Groundwater chemistry and the Gibbs Diagram. Applied Geochemistry, Pages 209-212.
4. Marsin Kozak, Malgorzata Tartanus. (2017).What story does the durow diagram tell?
5. L. Elanqo and R. Kannan. (2017) rock-water interaction and its control on chemical composition of groundwater
6. M.R. Goutham, Umamahesh Goudu, S.S.K. Chaitanya and Suneel Kumar Duvvuri. Characterization of Groundwater in and around Rajahmundry, Andhra Pradesh, South India. GSC Advanced Research and Reviews, 2025, 24(03), 295-306.

# ХӨДӨӨ АЖ АХУЙН УС ХАНГАМЖИЙН СУДАЛГААНД ГИДРОГЕОФИЗИКИЙН АРГЫГ ХЭРЭГЛЭХ НЬ

П.Хөхөө

“Нэмэр интернэшнл” ХХК  
(Холбоо барих зохиогч: [p\\_khukhuu@yahoo.com](mailto:p_khukhuu@yahoo.com))

## ХУРААНГУЙ

Өмнөговь аймгийн Ханбогд сумын Хөдөө аж ахуйн ус хангамжид зориулж харьцангуй бага гүнд орших усажсан бүс, үе, давхаргыг гидрогеофизикийн аргаар тандсан судалгааныхаа үр дүнгээс өгүүлсэн болно.

**Түлхүүр үг:** Тектоник хагарал; Босоо цахилгаан бүсчлэл; Геозүсэлт; Ан цавын ус.

## ОРШИЛ

Ханбогд сум Өмнөговь аймгийн нутаг дэвсгэрийн зүүн өмнөд хэсэгт, Улаанбаатар хотоос урд зүгт, 442 км зайд оршино. Уур амьсгалын хувьд эх газрын эрс тэс шинжтэй, агаарын температурын хэлбэлзэл их, хур тунадас бага буудаг, ууршилт их. Ханбогд сумын нутагт 1962÷1983 оны мэдээгээр олон жилийн дунджаар 88.7 мм, 1976÷2023 оны мэдээгээр 98.1 мм хур тунадас унасан байна. 2018 онд хамгийн их 216.9 мм, 1982 онд хамгийн бага тунадас 38.1 мм оржээ. Жилийн дундаж агаарын үнэмлэхүй их температур +42.2°C.

Ханбогд сумын нутаг дэвсгэрт 1974÷2007 онуудад өрөмдөж гаргасан гидрогеологийн 37 цооногийн үндсэн үзүүлэлтэд анализ хийж үзвэл: цооногийн дундаж гүн 96.5 м, усажсан үеийн орших дундаж интервал 55.9÷87.1 м, усажсан үеийн дундаж зузаан 31.2 м, статик дундаж түвшин 41.4 м, түвшин бууралтын дундаж хэмжээ 19.3 м, дундаж ундарга 2.2 л/с, дундаж хувийн ундарга 0.51 л/с\*1м [1].

Өмнөговь аймгийн Усны аж ахуйг удирдах газраас Хөдөө аж ахуйн ус хангамжийг сайжруулж, бэлчээр усжуулах зорилготой 1973÷1990 онуудад хийсэн гидрогеологи-геофизикийн ажилд босоо цахилгаан бүсчлэлийн аргыг голлон ашиглаж байв [2]. Сүүлийн жилүүдэд гидрогеологийн хүнд нөхцөлтэй газарт гидрогеофизикийн арга хэрэглэх шаардлага тавигдаж байна [3].

Ханбогд сумын нутаг дэвсгэрт усажсан бүс илрүүлэх зорилгоор судалгаа хийв [4]. Судалгаанд Улаан хошуу нэгж талбайг сонгосон. Улаан хошуу Ханбогд сумын төвөөс баруун зүгт, шулуунаар 38 км-т, Гавилууд багийн нутагт оршино.

## АРГА, АРГАЧЛАЛ

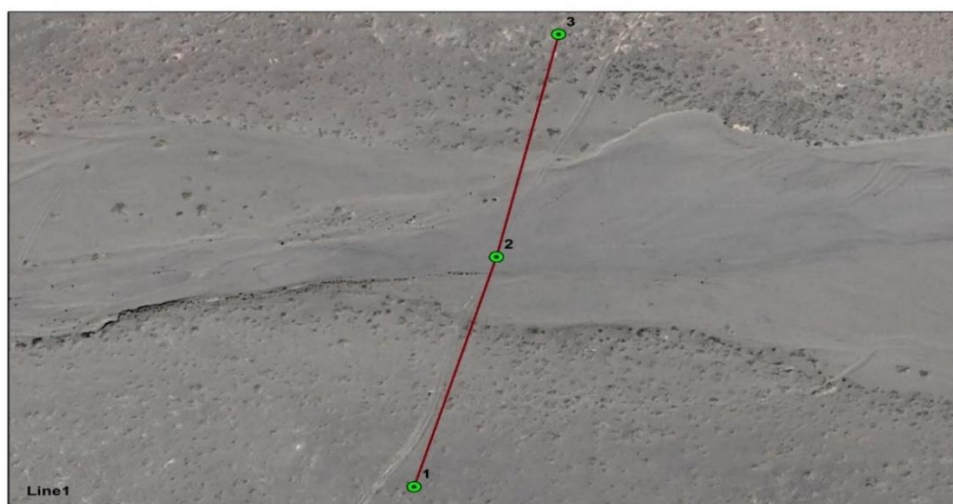
Гидрогеофизикийн хайгуулд босоо цахилгаан бүсчлэл (БЦБ), өдөөгдмөл туйлшрал (ӨТА), акустик резонансын томограф (АРТ) аргуудыг хэрэглэсэн бөгөөд суурин боловсруулалтын үед онолын тайлал хийж, улмаар тухайн талбайн геологийн тогтоц, хурдас чулуулгийн зузаан, коллектор шинжийг үнэлэв. Хээрийн материал боловсруулахад Prosys II, IX1D, IX1Dv2, Res2din, RAP-PLUS, RAP-DOWNLOAD программ хангамж ашиглав.

Тухайн талбайн геологийн тогтоц, геоморфологийг харгалзан урдаас хойш чиглэлд татсан шугам дагуу (Зураг 1) БЦБ, ӨТА, АРТ аргаар девоны боржин, цэрдийн Баянширээ формацийн тунамал хурдасны хил зааг дээр хэмжилт хийлээ.

## ҮР ДҮН

Цахилгаан хайгуулын тэжээлийн АВ шугамын сунгалтын урт 300 м, хэмжилтийн алхам 100 м. Хээрийн хэмжилтийг SYSCAL R1+Auto багажаар авав. Судалгааны үр дүнд хэмжиж, тооцоолсон чулуулгийн цахилгаан эсэргүүцлээр геозүсэлт буюу инверс загварыг гаргалаа. Акустик-резонансын томографын хэмжилтүүдийн алхам 10 м. Судалгааны гүнийг 200 м хүртэл гэж тооцоолсон. Акустик-резонансын томографын спектрийн тайллын үр дүнгээр 2 төрлийн график байгуулав (А-гэрэл сүүдрээр, Б-өнгө ялгарлаар).

БЦБ, ӨТА аргаар шугам 1-1 дагуу тус бүр 3 физик цэгийн хэмжилт хийсэн. Судалгааны үр дүнд хэмжиж, тооцолсон чулуулгийн цахилгаан эсэргүүцлээр инверс загварыг гаргав. Акустик-резонансын томографаар 23 физик цэгт хэмжилт авсан. Акустик резонансын гажлаар литологийн ялгаатай хурдас, чулуулгийн зааг буюу усажсан байх өндөр магадлалтай үеийг ялгав.



Зураг 1. Сансрын зурагт буулгасан шугам 1-1-ийн байрлал (У→Х)

БЦБ-ийн өгөгдөхүүнээр геозүсэлт буюу эсэргүүцлийн инверс загвар гаргав (Зураг 2). Геозүсэлтийн дээд хэсгийг бага хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй нягт шавар үндсэндээ бүрдүүлж байна. Таамаглаж буй литологи:

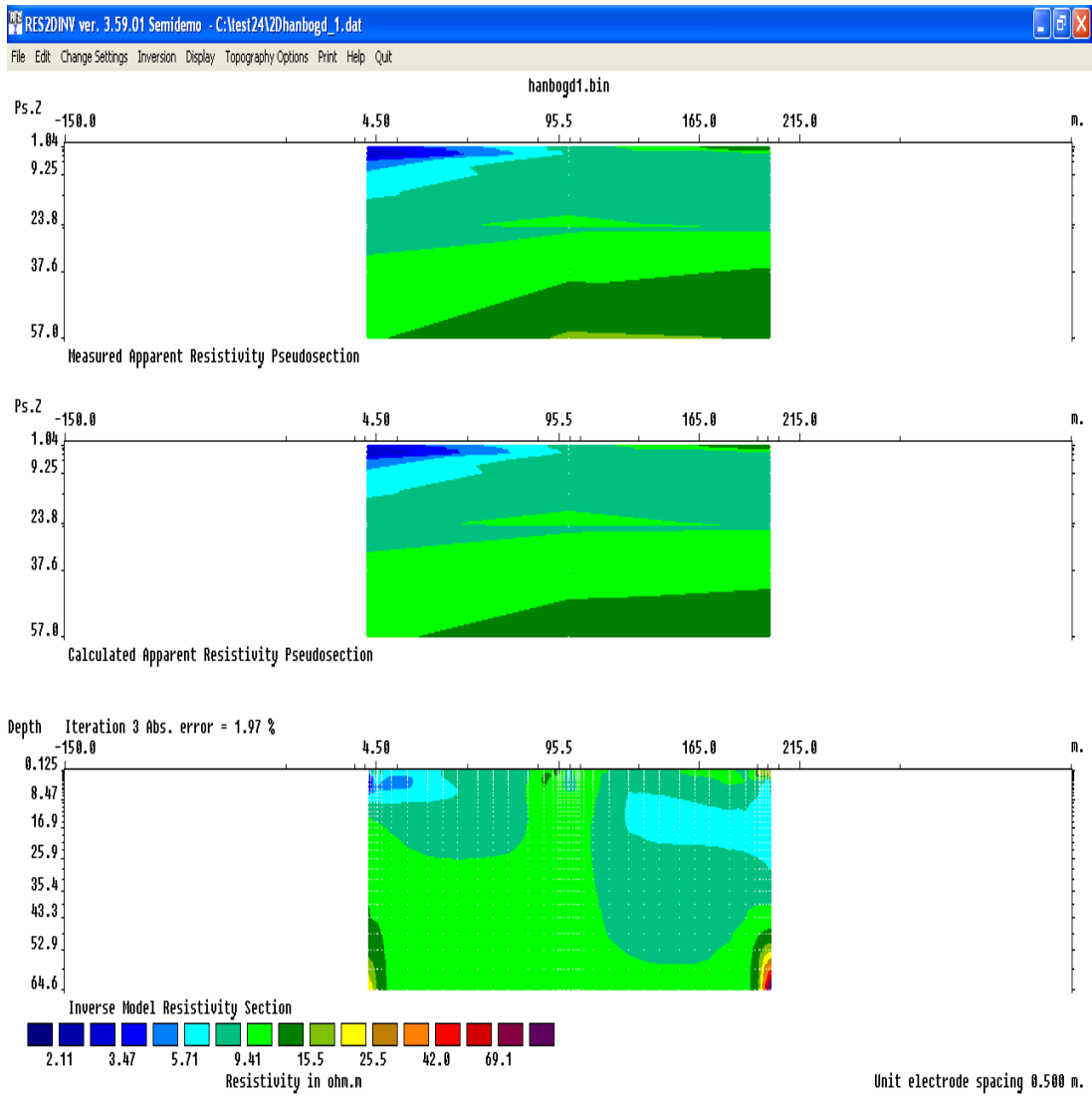
Цэг №1. 3.0÷20 м. Шавар нягт.  $\rho \approx 4$  Ом·м

Цэг №2. 0÷20 м. Шавранцар, элсэнцэр.  $\rho \approx 8$  Ом·м

Шугамын дагууд 20÷40 м. Шаварлаг хурдас хэмхдэст материал бүхий.  $\rho \approx 15$  Ом·м

40 м-ээс доош. Боржин өгөршилд орсон.  $\rho \approx 40$  Ом·м.

Талбайн ерөнхий дүр төрх, боржингийн гаршийг фотозургаар үзүүлээ (Зураг 4, 5). Хэмжилтийн шугамын дунд хэсэгт (сайр дагасан) тектоник сулралын бүс илэрч байна. Энд 40 м хүртэлх гүнд, гидрогеологийн массивт грунтын төрлийн, ан цавын дэд төрлийн ус тархсан гэж үзэв.



Зураг 2. Шугам 1-1 дагуух геозүсэлт буюу эсэргүүцлийн инверс загвар



Зураг 3. Судалгааны талбайн ерөнхий төрх, хээрийн хэмжилт. 2024.11.24 (Фотог П.Хөхөө)



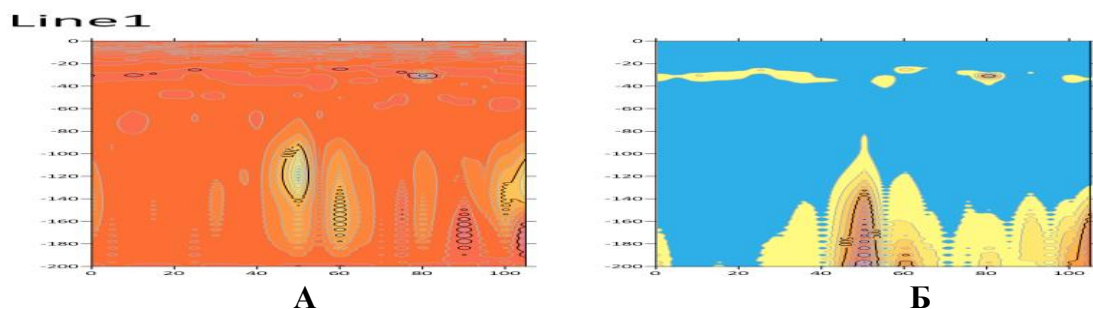
Зураг 4. Талбайн хойт хэсэгт илэрсэн боржин. 2024.11.24 (Фотог П.Хөхөө)

ӨТА-ын тоон үзүүлэлтийг хүснэгтэд өгөв (Хүснэгт 1). Чулуулгийн өдөөгдмөл туйлшрал АВ/2 40 м-ээс доош аажмаар буурч ажиглагдана.

Хүснэгт 1. Шугам 1-1 дагуу ӨТА-аар хийсэн хэмжилтийн үр дүн

| АВ/2, м | М, % |      |      |
|---------|------|------|------|
|         | №1   | №2   | №3   |
| 3       | 0.09 | 0.96 | 0.13 |
| 4.5     | 0.2  | 0.82 | 0.15 |
| 6       | 0.25 | 0.76 | 0.18 |
| 9       | 0.34 | 0.62 | 0.33 |
| 15      | 0.40 | 0.68 | 0.46 |
| 25      | 0.46 | 0.62 | 0.58 |
| 40      | 0.50 | 0.84 | 0.55 |
| 65      | 0.63 | 0.66 | 0.29 |
| 65      | 0.53 | 0.62 | 0.48 |
| 100     | 0.52 | 0.57 | 0.29 |
| 150     | 0.42 | 0.49 | 0.41 |

Акустик-резонансын томографын спектрийг 2 хувилбараар боловсруулж, тайллын үр дүнг графикаар харуулав. 20÷40 м гүний интервалд акустик резонансын гажил илэрсэн нь туйлшралынхтай ерөнхийдөө тохирч байна (Зураг 4).



Зураг 4. Шугам 1-1 дагуух АРТ-ын хэмжилтийн үр дүн

Судалгааны үр дүнд нам уулсын толгодорхог рельефтэй Улаан толгойд девоны боржин, цэрдийн Баянширээ формацын тунамал хурдасны заагт усажсан бүс илрүүлэв.

## **ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ**

1. Говийн бүсэд тархсан боржингийн гол онцлог нь хүчтэй өгөршилд орж ан цавжсан ч шаварлаг хурдсаар дүүрсэн байдаг. Энэ нь чулуулгийн хувийн цахилгаан эсэргүүцлийг Хангайнхтай харьцуулахад бараг 2 дахин багасгаж, ус агуулах чадамжийг бууруулдаг. Гидрогеофизикийн аргаар усажсан бүс, үе, давхаргыг нарийвчлан тогтоох боломжтой.

2. Ханбогд сумын нутагт газар доорх усыг судлах ажилд бага гүний (50 м хүртэл, энэ хэсэгт грунтны ус зонхилно), харьцангуй гүний (150 м хүртэл, энэ бол Өмнийн говьд цэнгэг усны бүс орших гүний интервал), гүний (150 м-ээс доош, эрдэсжилт өндөрсдөг) хэмээн 3 хувааж, түүнд тохирох арга, технологи сонгож ажиллах нь оновчтой.

## **ДҮГНЭЛТ**

1. Тектоник хагарлын судалгаанд гидрогеофизикийн арга хэрэглэх нь Хөдөө аж ахуйн ус хангамжийг сайжруулах ач холбогдолтой юм.

2. Улаан толгойд 50 м хүртэлх гүнд усажсан бүс байна гэж дүгнэв.

## **АШИГЛАСАН НОМ ЗҮЙ**

[1] П.Хөхөө., Н.Батсүх., А.Хишигмаа., А.Батбилэг. Өмнөговь аймгийн нутагт бэлчээр усжуулах зорилгоор өрөмдсөн гидрогеологийн цооногуудын үндсэн үзүүлэлт. ШУТИС, “Геологи” сэтгүүл, №24. Улаанбаатар, 2012. Тал 51-61.

[2] П.Хөхөө., А.Батбилэг. Өмнөговь аймгийн бэлчээр нутагт 2013 онд хийсэн газрын доорх усны геофизикийн хайгуулын ажлын техникийн тайлан. Улаанбаатар, 2013. 1-р боть-125 тал., 2-р боть 126 тал.

[3] П.Хөхөө., Д.Лхагвадорж. Гидрогеофизик. Улаанбаатар, 2020. 187 тал.

[4] Өмнөговь аймгийн Ханбогд сумын Хөдөө аж ахуйн ус хангамжийн тогтвортой байдлын судалгааны эхний шатны тайлан. “Оюу Толгой” ХХК. Улаанбаатар. 2025. 90 тал.

## **ТАЛАРХАЛ**

Энэ өгүүлийг хянан нягталж, үнэтэй зөвлөгөө өгсөн доктор (Sc.D), профессор Н.Батсүх багшдаа гүн талархал илэрхийлье.

# OPTIMIZATION OF LOW-GRADE URANIUM RECOVERY THROUGH IN-SITU RECOVERY (ISR) AT A ROLL-FRONT DEPOSIT IN KAZAKHSTAN

*Anthony Le Beux, Christian Polak, Thomas Oppeneau*

*Orano Mining & Katco*

## ABSTRACT

Uranium mining began in the 1940s, initially using traditional methods such as open-pit and underground mining. During the 1960s, a new mining method was developed in the United States and the USSR (Uzbekistan): the In Situ Recovery (ISR) or In Situ Leaching (ISL) method. This new method, which uses only injection and production wells, avoids the need to extract the ore, thereby significantly reducing operating costs. The ISL method has thus made it possible to exploit deposits with very low uranium content, which cannot be exploited economically by other methods, at depths ranging from 150 m to over 600 m, depending on the deposit. Since the 2010s and the strong growth in ISR production in Kazakhstan and Australia, more than 50% of global uranium production has been carried out using the ISR method. The application of ISR works for roll-front uranium deposits, which have ideal properties for this mining method: good permeability of the surrounding rock and low uranium grades. Since ISR began in the 1970s, knowledge about the interaction processes between injection solutions and the geological environment has evolved year after year; this scientific knowledge is now used to optimize mining methods and the design of monitoring networks during and after mining. The development of digital tools, in particular static modeling, flow modeling, and reactive transport modeling, has been leveraged, notably by Orano Mining, to develop tools for optimizing the planning of ISR mine extraction. These modeling tools are now mastered and used in all phases of ISR mining projects, from pre-feasibility studies and production phases to post-operational environmental monitoring.

**Keywords :** In situ recovery (ISR), Uranium, Roll-front deposit, Sulphuric acid, Kazakhstan

## INTRODUCTION

Uranium mining using the in-situ recovery (ISR) method has shown strong economic interest due to lower operating costs than traditional mining methods. Roll-front deposits are generally located in deep aquifers (< 600m) with low grades (0.1% U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) where conventional techniques would not be economical. In-situ recovery of uranium by leaching sandy formations has thus become the main mining method in global uranium production.

Katco, a subsidiary of Orano Mining, operates a deposit located in the Shu Sarysu basin in Kazakhstan. Its production capacity is one of the highest in Kazakhstan, with production costs among the lowest on the global market. Backed by extensive experience in the field, Orano Mining and Katco engineers have developed cross-functional expertise that enables them to optimize the operation of their deposit. This article presents some of the levers identified in recent years to improve the performance of mining operations.

### **Economical context**

Developed in the mid-1960s in Central Asia and the United States, uranium extraction using ISR is now used in six countries: the United States, Russia, Uzbekistan, Australia, China, and the world's leading producer, Kazakhstan.

This technology, which avoids the need for open-pit or underground mining, enables production at the most competitive costs on the market. It has undergone tremendous development and now accounts for more than 50% of global production (Figure 1).

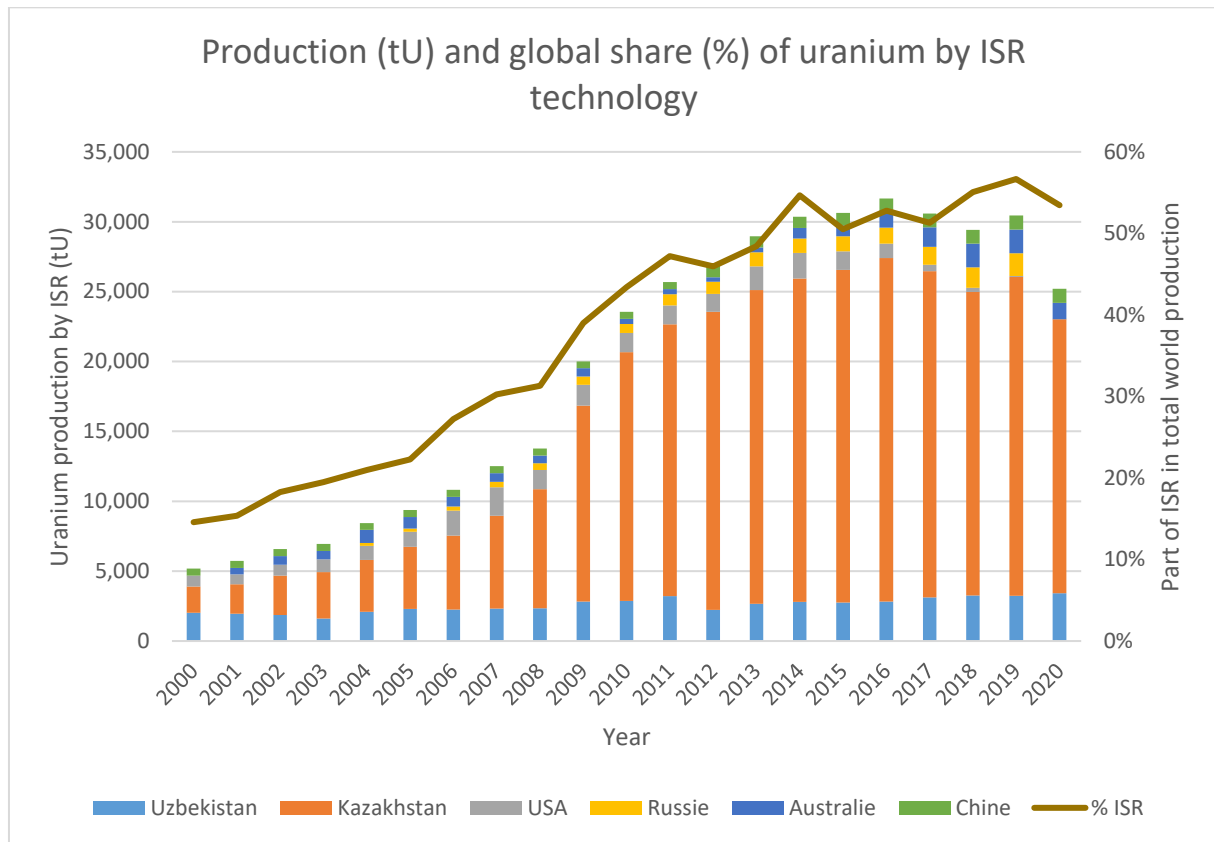


Figure 1: Production in tU and global share in % of uranium using ISR technology (Orano data)

## Environmental context

### Regional geology and stratigraphy

The uranium mineralization is located in the Suzak depression, on the southern margin of the Chu-Saryssu basin. This depression is bounded to the south by the Karatau Range, composed of Proterozoic to Ordovician metamorphic rocks unconformably overlying Carboniferous to Devonian sandstone limestones, and to the north by the Zhuantovin Fault (Petrov et al., 1998). The basin is filled with 750 m to 800 m of sediments dating from the Cretaceous to the Quaternary, mainly of continental origin, with some intercalations of sediments characteristic of a shallow marine environment. The Katco operation is located in the eastern part of the depression, where roll-front type uranium mineralization is found at depths of 200 m and 600 m in permeable sandy Paleogene formations. These reservoirs have production thicknesses ranging from 10 m to 30 m and contain numerous clay and carbonate interbeds.

### Hydrogeology of mineralized reservoirs

Uranium mining takes place in confined aquifers with pore pressures ranging from 200 m to 600 m. Permeabilities, estimated by pumping tests, range from 8 to 15 m/day, which is

compatible with ISR mining. If the salinity of the reservoirs is low, alpha and beta radioactivity is higher, rendering them unusable for drinking water supplies (Figure 2).

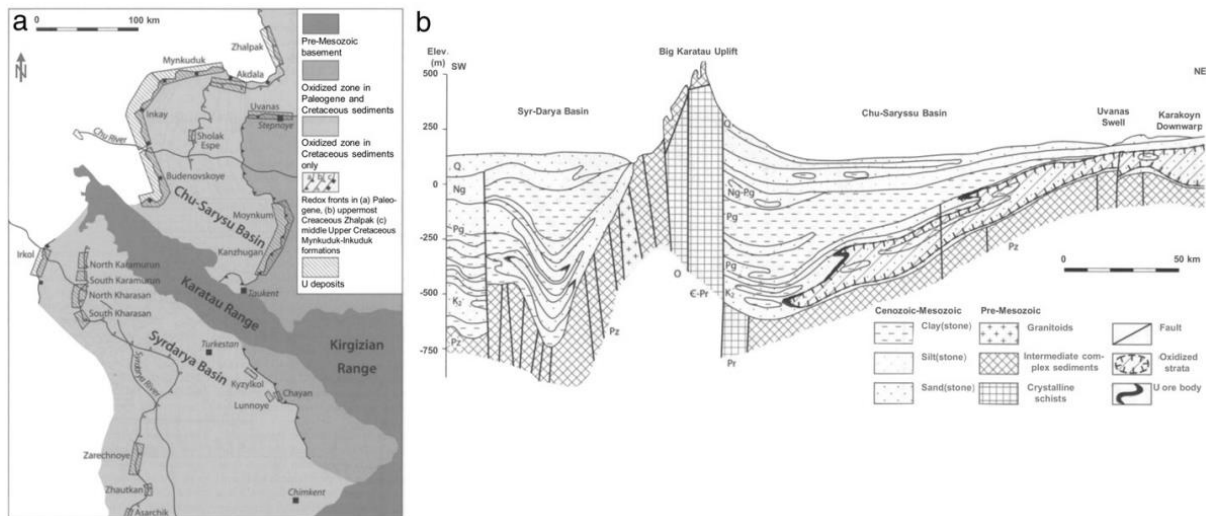


Figure 2: a) Generalized geological map of the Chu-Saryssu and Syrdarya basins. b) SW-NE cross-section in the Chu-Saryssu basin (after Dahlkamp, 2009)

## Uranium mineralization

Uranium mineralization is mainly represented by coffinite (hydrated uranium silicate). It occurs in the form of an oxidation-reduction front. Uranium is concentrated by precipitation (change in uranium valence from +VI in an oxidized environment to +IV, a very insoluble form) or adsorption (on organic matter, ferric oxides, clay, and titanium oxides). The morphology of the front varies greatly from one reservoir to another. Mineralization can therefore take various geometric forms, with uranium present both at the base of the reservoir and in a perched laminar form.

## Description of the ISR process

### The well field

During the ISR process, uranium is recovered by injecting a diluted sulfuric acid solution into the reservoir. This solution releases the ferric ions needed to oxidize and dissolve the uranium. The solution is then sent through a hydraulic network to the plant to extract the uranium. Upon leaving the plant, the solution is returned to the well field. The risk of spreading acid out of the reservoir is controlled by monitoring wells around the deposits, high standard in the well completion with regular control of its integrity and negative balance withing the water flow to avoid any outflow.

The production unit is called a processing block. It consists of a combination of 10 to 15 production cells, each cell comprising six injection wells (arranged in a hexagon, Figure 3) and one production well (located in the center of the hexagon). The interlocking of cells and production blocks optimizes the number of wells to exploit the entire mineralization. At the Katco site, annual uranium production can reach 4,000 tons with a solution flow through the plant of around 7,000 m<sup>3</sup>/h.

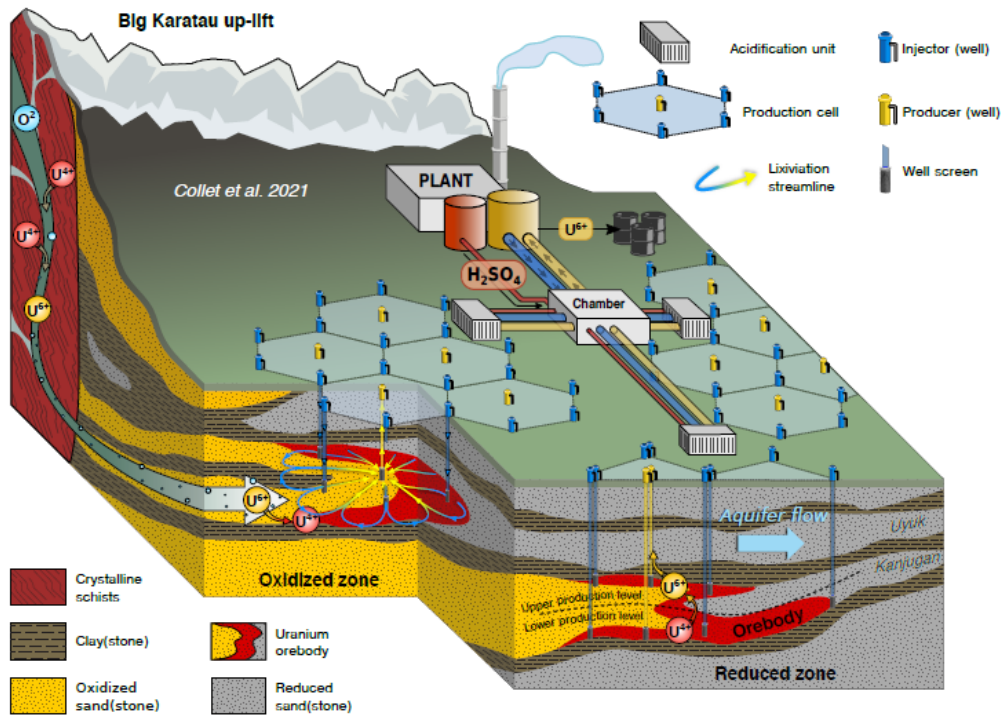


Figure 3: Schematic view of the ISR well-field (Collet et al, 2022)

### Production forecasting

The annual production target is achieved by sequencing the opening and closing of the technological blocks. The production sequence must comply with, among other things, the hydraulic capacity limits of the networks supplying the plant and the construction capacities of technological blocks and acid supply. On average, 15 to 20 new technological blocks open each year, representing approximately 700 to 900 new wells.

The behavior of the technological blocks is obtained by applying empirical models calibrated on historical production data. One of the difficulties of planning is therefore to ensure the right level of confidence in the parameters of these empirical models in order to take into account the high variability of behavior linked to the heterogeneity of the reservoir and mineralization (see Figure 4).

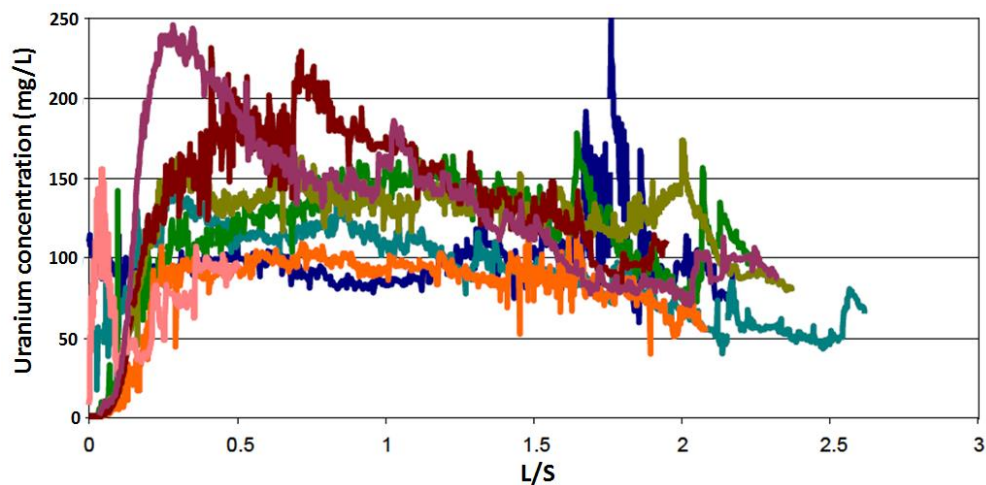


Figure 4: Examples of changes in uranium concentration as a function of the ratio between pumped volume and mass of mined ore

## ISR production

The main operational indicators of daily performance for a technology unit are flow rate, uranium concentration, and pH. Other parameters, such as iron, aluminum, and calcium concentration, can also reflect mineral gangue dissolution phenomena and thus indicate to the operator changes in the unit's behavior that could adversely affect production (excessive acid consumption, clogging of production wells, etc.). Optimal operation of the processing unit is generally achieved by approaching hydraulic equilibrium between pumping and injection and maintaining an operating pH of around 1.8 solubility of ferric ions, dissolution of secondary alumino-sulfate phases: Regnault, 2017).

## Optimization of extraction processes

Throughout all the mining step, Katco is using modeling tools to optimize extraction, from : block design, drilling operation and during extraction process.

## Geological and hydrodynamic modeling

Using drilling data, Katco's modelers construct geological models of lithological facies, permeability, and uranium distribution (see Figure 5). The model is updated in real time from its construction after the development drilling phase until the block is put into production, as more detailed geological information is obtained through technological wells. 3D visualization of the production reservoir allows for optimization of the placement of injection and production well screens.

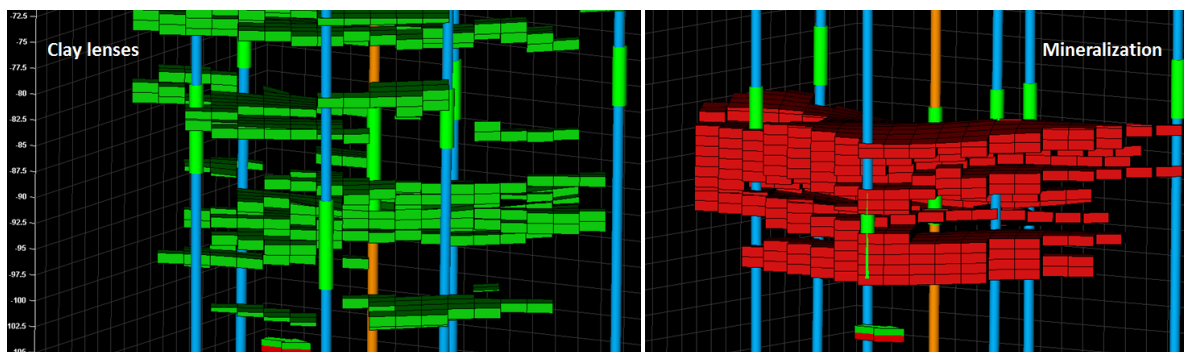


Figure 5: 3D visualization of the production reservoir, clays in green, mineralization in red

The 3D geological model is then coupled with a hydrodynamic simulator that calculates the flow lines between injection and production wells based on operating parameters. The simulations are then used to verify that the leaching fluids cover the entire mineralized mass. Several indicators are used to evaluate the performance of a technological block. The first indicator involves simulating the injection of a non-reactive tracer into the reservoir and calculating the ratio between the amount of tracer and aquifer water entering the production well. The lower this indicator, the more diluted the solution pumped into the production well will be and therefore the lower its uranium concentration. If such behavior emerges, the operator can, for example, review the hydraulic balance between pumped and injected flow rates, or reconsider the positioning of the screens in the reservoir.

The second type of performance indicator involves looking at the ratio between tracer and aquifer water in the reservoir. This is an indicator of the proper invasion of the reservoir by the leaching solution. If the invasion indicator is low (see Figure 6), it means that certain parts of

the reservoir are not being invaded and therefore the operation of the technological block must be revised.

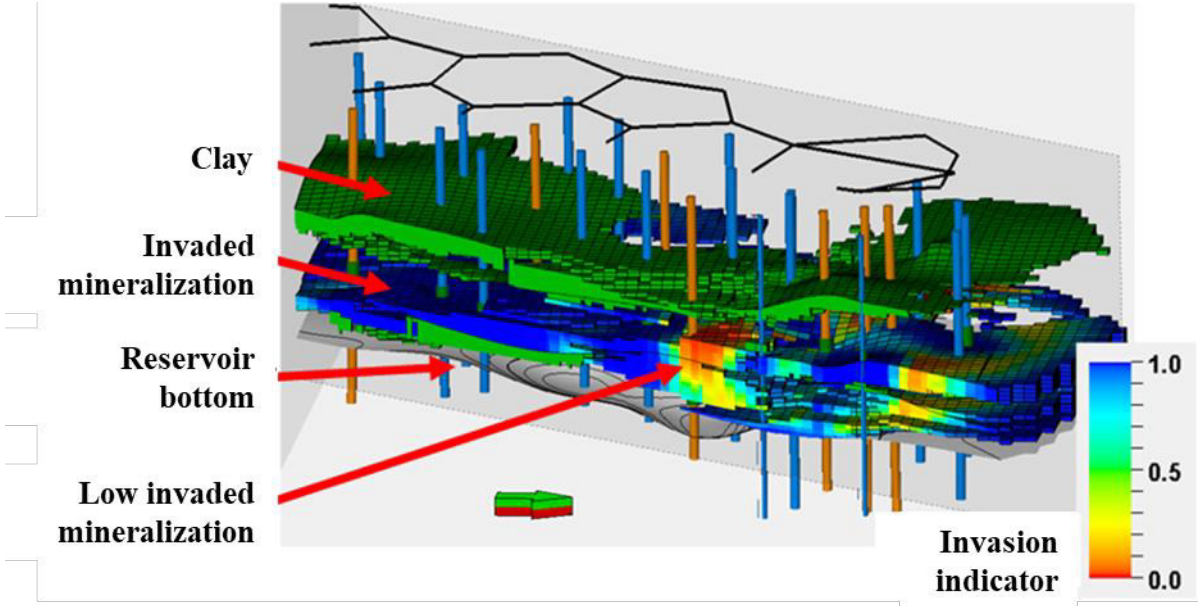


Figure 6: Illustration of the indicator of reservoir invasion by the leaching solution

**Reactive transport modeling**

For more than a decade (Bonnaud, 2014 and Regnault, 2014), engineers at Orano Mining, in collaboration with the MINES ParisTech Geosciences Center, have been developing an industrial tool based on the HYTEC calculation code for modeling the hydrochemical behavior of production blocks. The tool allows uranium production and associated acid consumption to be predicted using a limited number of hydrogeological and geochemical parameters (see Figure 7).

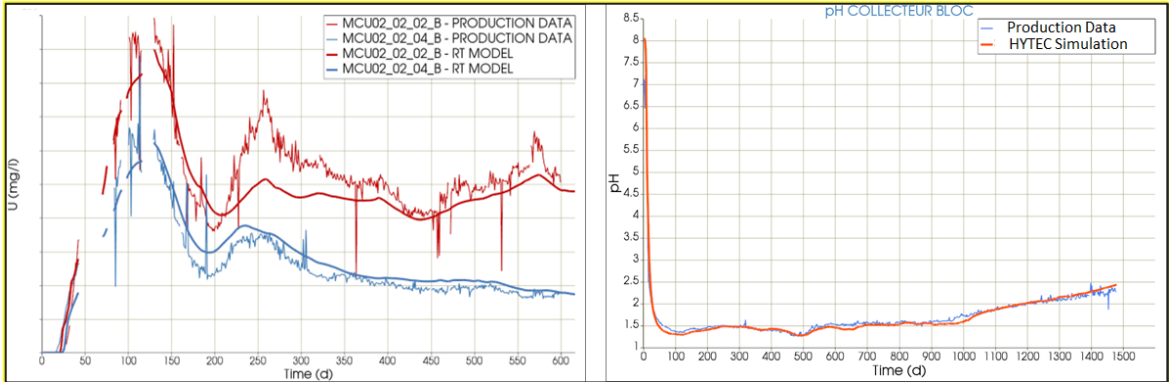


Figure 7: HYTEC simulation of uranium concentration and pH during production

Reactive transport simulations now enable mining planning engineers to provide uranium recovery and acid consumption curves for future production blocks based on measurements of the main parameters affecting the reservoir (presence of calcite, reactive clay content, etc.). This new approach allows Katco to anticipate the opening of blocks to meet production requirements and to better distribute acidification capacity throughout the year.

Reactive transport simulations can also be used to analyze the behavior of technological blocks whose production does not reach expected levels. The simulator can provide the pH, the amount of uranium remaining, and the concentration of uranium in the water at any point in the reservoir and over time (see Figure 8). This information enables the operator to decide, for example, whether to drill new wells, either to recover dissolved uranium that is not accessible to the production well, or to inject acid solution into parts of the reservoir where mineralization is poorly recovered.

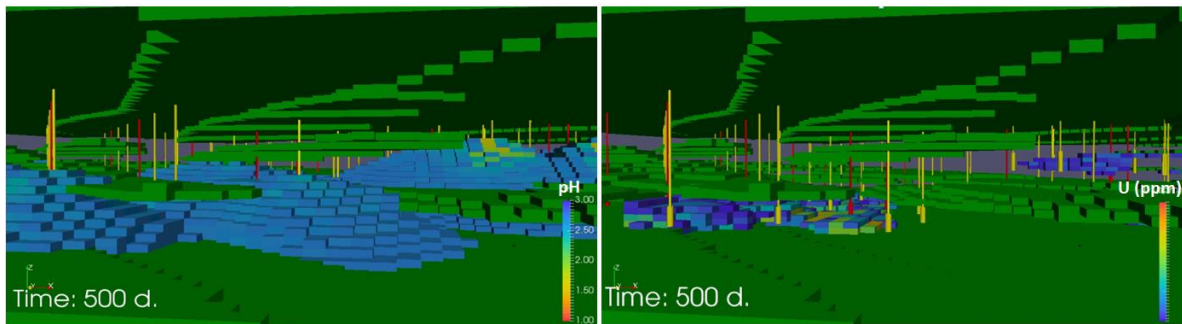


Figure 8: 3D visualization of reactive transport simulations at 500 days of production

## CONCLUSIONS

Orano and its subsidiary Katco have demonstrated, through the operation of their current ISR mines by an operational team, the effective use of a 3D simulation tool based on production indicators and reservoir characteristics.

This tool quickly provides the qualitative information needed to optimize well utilization on a routine operational basis.

Understanding reactive transport makes it possible to deliver quantitative information on uranium production and acid consumption for each technological block.

## REFERENCES

- Petrov N., 1998. Gisements d'uranium d'infiltration en couches épigénétiques du Kazakhstan. *Geology of Kazakhstan*, 2, 22-39.
- Dalkhamp F.J., 2009. *Uranium deposits of the World: Asia*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p. 520
- Collet A., Regnault O., Ozhogin A., Imantayeva A., Garnier L., 2022. Three-dimensional reactive transport simulation of Uranium in situ recovery: Large-scale well field applications in Shu Saryssu Bassin, Tortkuduk deposit (Kazakhstan). *Hydrometallurgy* 211 (2022)
- Regnault O., Petit G., Lagneau V. Le Beux A. and Fiet N., 2017. 3D Reactive Transport Simulation of Uranium in situ Leaching. VIII International Research and Practical Conference "The topical issues of the uranium industry", Kazakhstan, Astana /3-5 August 2017.
- Bonnaud E., Lagneau V., Regnault O., Fiet N., 2014. Reactive transport simulation of uranium ISR: effect of the density driven flow. VII International Uranium Mining and Hydrogeology Conference, Freiberg, Germany /21-25 September 2014.

Regnault O., Fiet N., Lagneau V., Mathieu R., Garnier V., Selezneva V., Pouradier A., Petiteau S., 2014. 3D Reactive Transport simulations of Uranium In Situ Leaching: Forecast and Process Optimization. VII International Uranium Mining and Hydrogeology Conference, Freiberg, Germany /21-25 September 2014.

# АРХЕОЛОГИЙН ХАЙГУУЛ СУДАЛГААНД ГЕОФИЗИКИЙН ЦАХИЛГААН ЭСЭРГҮҮЦЛИЙН ТОМОГРАФЫН АРГЫГ АШИГЛАХ БОЛОМЖ

Г.Цогт-Эрдэнэ<sup>1\*</sup>, А.Саруулзаяа<sup>1</sup>

*Шинжлэх Ухааны Академи, Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн  
(\*Холбоо барих зохиогч: [tsogterdeneg@mas.ac.mn](mailto:tsogterdeneg@mas.ac.mn))*

## ХУРААНГУЙ

Археологийн судалгааны ажил нь өргөн цар хүрээг хамарсан, нарийн зохион байгуулалт, шат дараалалтай ажлуудаас бүрддэг. Археологийн судалгааны өмнөх төлөвлөлтийн үе шатанд геофизикийн цахилгаан эсэргүүцлийн хэмжилтийг ашигласнаар хөрс чулуулгийн үе давхаргын хувийн цахилгаан эсэргүүцэлд үндэслэн өндөр нарийвчлалтай давхарга зүйн зургийг боловсруулан авч судалгаа шинжилгээний ажлын үр дүнг орон зайн хувьд нарийвчлах давуу талтай болно. Өвөрхангай аймгийн Хархорин сумын нутаг дахь Хархорум хот байгуулах төлөвлөлтийн талбайд археологийн судалгааны ажлыг бататгах зорилгын хүрээнд 6 цэгт барилгын туурь, оршуулгын байгууламж зэргийг дайруулан 1-2 м-ийн алхамтайгаар 48-96 м урт, 10-20 м гүнийг хамарсан 6 удаагийн хэмжилт хийж гүйцэтгэсэн. Хэмжилтийн цахилгаан эсэргүүцлийн утга 50-4500 Ом.м-ын хооронд хэмжигдэв. Х-6 хэмжилтэд булш бүхий оршуулгын байгууламжийн гүн 1.8-2 м орчим гүнд оршиж байгааг илрүүлэв. Хэмжилтийн үр дүнгээс эртний 3 барилга байгууламжийн үлдэгдлийн газрын гадаргаас доош орших гүнийг тодорхойлж, археологийн малталтын ажилд шаардлагатай мэдээгээр хангасан нь археологийн малталт судалгааны ажлыг оновчтой төлөвлөхөд геофизикийн цахилгаан хайгуулын судалгаа нь чухал ач холбогдолтой болохыг бататгаж байна.

**Түлхүүр үг:** Археологи, геофизик, цахилгаан эсэргүүцэл

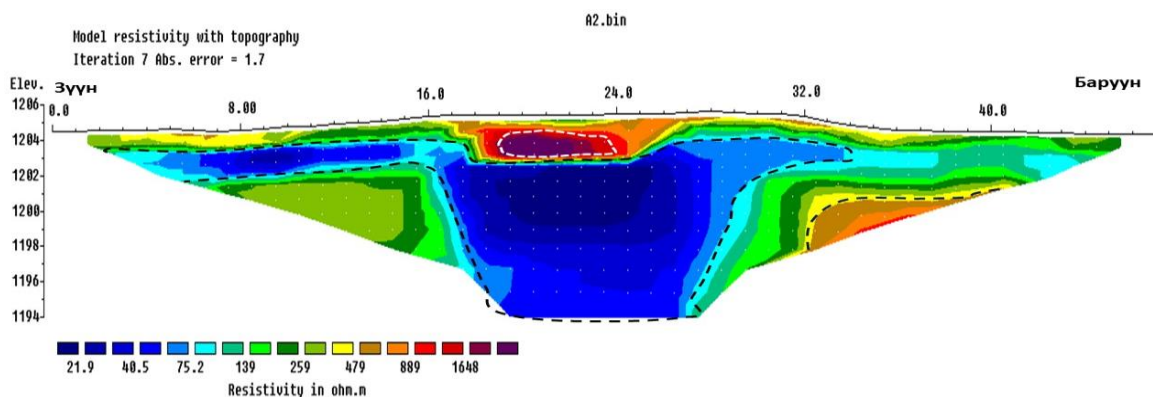
## ОРШИЛ

Хархорум хот байгуулах төслийн хүрээнд ШУА-ийн Археологийн хүрээлэнгийн судлаачдын хүсэлтээр Өвөрхангай аймгийн Хархорин сумын нутаг дахь Хархорум хот байгуулах төлөвлөлтийн талбайд археологийн судалгааны ажлыг бататгах зорилгоор геофизикийн цахилгаан хайгуулын хэмжилт хийж гүйцэтгэсэн. Судалгааны талбай орчим хурдас чулуулгийн хувьд Орхон голын хөндий 18-28 км өргөсөх хэсэгт дөрөвдөгч галавын дунд, дээд галчны настай алаг болон саарал өнгийн элс хайрган, элс сайрган хурдаснаас тогтжээ [1]. Орхоны хөндийд аллюви, пролювийн хайргатай, элс элсэнцэр улс хөрсөнд улирлын хөлдөлт, гэсэлтийн гүн 3.5-4.2 м хүрдэг [2]. Орхоны хөндийн дурсгалууд нь голын хөндий дагуу элэгдэл хуримтлалын хэв шинж зонхилсон нуурын болон голын хурдас талархаг гадаргад оршдог. Судалгааны талбайд өмнө нь бүртгэгдээгүй олдворуудыг илрүүлэх, археологийн дурсгалыг авран хамгаалах зорилгын хүрээнд археологийн дурсгалыг баталгаажуулах үүднээс цахилгаан эсэргүүцлийн томографын хэмжилтийг 6 цэгт хийж барилгын үлдэгдэл, тоосго шатаах зуух, оршуулгын байгууламж байх боломжтой цэгүүдийн хөрс чулуулгийн үе давхаргыг тодорхойлж, археологийн малталт судалгааны төлөвлөлтөд шаардлагатай мэдээллээр хангах зорилго тавилаа.

## СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Археологийн судалгааны ажилд геофизикийн аргуудыг түгээмэл ашигладаг. Эдгээр олон аргуудыг судалгааны зорилго болон судалгааны талбайн онцлогоос шалтгаалан дангаар болон хослуулан хэрэглэхээ сонгодог. Цахилгаан эсэргүүцлийн хэмжилт нь хөрс чулуулгийн цахилгаан эсэргүүцлийн хэмжигдэхүүнээр тодорхойлогдоно. 1990 оны эхнээс инженерийн хайгуул судалгааны олон сувгийн багаж хурдацтай хөгжсөнтэйгөөр археологийн судалгаанд инверсийн программ хангамжуудыг ашигладаг аргууд давамгайлах болсон [3]. Монгол орны хувьд археологийн судалгаанд геофизикийн аргуудыг ашиглаж байсан туршлага харьцангуй цөөн бөгөөд Сүхбаатар аймгийн Түвшинширээ сумын нутагт орших хиргисүүрт георадарын хэмжилтийг археологийн судалгаанд ашиглаж байжээ [4]. Байгаль орчин болон инженерийн салбарт өргөнөөр ашиглагддаг цахилгаан эсэргүүцлийн томографын хэмжилтийг Монгол улсын археологийн судалгаанд төдийлөн түгээмэл ашиглаж байгаагүй юм.

2024 онд Хэнтий аймгийн Дэлгэрхаан сумын нутаг дахь Ауруг хотын туурийн археологийн судалгааны ажилд геофизикийн цахилгаан хайгуулын хэмжилт хийж, хэд хэдэн барилгын туурийг дайруулан хөрсний үе давхаргыг тодорхойлсон [5]. Энэ хэмжилтийн хувийн цахилгаан эсэргүүцлийн утга 21.9-1648 Ом.м байна. 80-150 Ом.м утгыг элсэнцэр шавранцар, 150-250 Ом.м утгыг элсэн чигжээстэй хайрга, 250-650 Ом.м утгыг том чулуутай хайр хайрга, 650-1000 Ом.м утгыг нягт, хуурай дайрга, 1000 Ом.м-оос дээш утгыг суурь чулуулаг, том бул агуулсан сэвсгэр хурдас гэж үзэв. Уг зүсэлтийн 20-24 м-ийн тушаа гадаргаас 0.8-1 м гүнээс доош 2.2 м хүртэл бул чулуу агуулсан сэвсгэр хурдас бүхий нүх байх боломжтой байна (Зураг 1).



Зураг 1. Ауруг хотын туурийн хэмжилтийн үр дүн

Хархорум хотын археологийн судалгаа 19-р зуунаас эхлэлтэй бөгөөд 1948-1949 онд оросын эрдэмтэн С.В.Киселев, археологич Х.Пэрлээ нарын удирдлагаар Монгол Зөвлөлийн хамтарсан шинжилгээний анги Хархорум хотод дорвитой томхон малтлагын ажил гүйцэтгэж археологийн судалгааны үндсийг тавьсан. 1976-1986 онд Н.Сэр-Оджавын удирдсан Хархорумын шинжилгээний анги Их Монгол улсын нийслэл Хархорум болон ХарХул хааны балгасанд малтлага судалгааны үр дүнд олон үндэстэн зэрэгцэн эв найртай оршиж байсныг баталснаараа онцлог. 1995-1996 онд Монгол-Японы хамтарсан Хархорум хотын туурийг хадгалан хамгаалах шинжилгээний анги нь Монголын эртний нийслэлийн судалгаанд чухал үүрэг гүйцэтгэсэн. 1999 оноос Хархорум хотын дэвсгэр талбайд үйл ажиллагаа эхлүүлсэн Монгол-Германы хамтарсан “Хархорум” төслийн үр дүнд археологийн судалгааны ажлыг шинэ түвшинд хүргэсэн [6].

## Судалгааны талбай

Судалгааны талбай нь Хангайн нурууны бэсрэг уулсын мужид, Орхон голын зүүн этгээдэд Хөгшин Орхон голын хөндийд, д.т.д 1440-1460 м өндөрт оршино (Зураг 2).



Зураг 2. Судалгааны талбай

Өвөрхангай аймгийн Хархорин сумын нутаг эртний Хархорум хотын орчимд геофизикийн цахилгааны эсэргүүцлийн томографын 6 хэмжилт хийсэн (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Хэмжилтийн цэгүүдийн байршил

| № | Хэмжилтийн шугамын нэр | Эхлэл                           | Төгсгөл                         | Хамрах гүн м | Хэмжилтийн урт м |
|---|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------|------------------|
| 1 | X-1                    | 47°12'8.11"N<br>102°51'36.99"E  | 47°12'6.96"N<br>102°51'35.46"E  | 10           | 48               |
| 2 | X-2                    | 47°11'33.60"N<br>102°52'21.00"E | 47°11'32.36"N<br>102°52'19.58"E | 10           | 48               |
| 3 | X-3                    | 47°12'58.55"N<br>102°51'59.38"E | 47°13'0.00"N<br>102°51'59.80"E  | 10           | 48               |
| 4 | X-4                    | 47°12'4.62"N<br>102°52'3.37"E   | 47°12'3.09"N<br>102°52'3.23"E   | 10           | 48               |
| 5 | X-5                    | 47°13'51.15"N<br>102°56'10.22"E | 47°13'51.83"N<br>102°56'8.29"E  | 10           | 48               |
| 6 | X-6                    | 47°14'59.30"N<br>102°57'8.50"E  | 47°14'56.56"N<br>102°57'10.43"E | 20           | 96               |

## АРГА АРГАЧЛАЛ

### Цахилгаан эсэргүүцлийн томографын арга

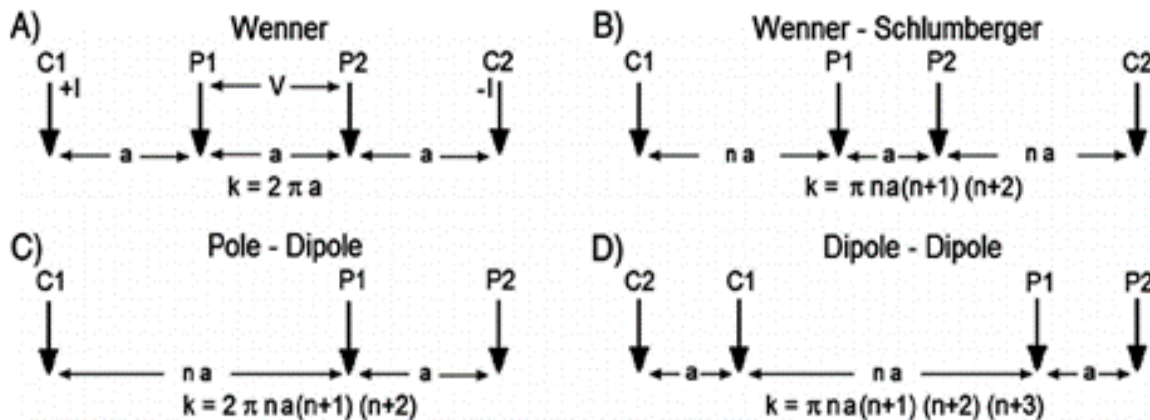
Геофизикийн цахилгаан хайгуулын арга нь хөрс чулуулгийн цахилгаан эсэргүүцлийн физик хэмжигдэхүүнийг тодорхойлж, хувийн цахилгаан эсэргүүцэл (Ом) -ын утгаар чулуулгийн тархалтыг тодорхойлно [7].

$$Pt = K \frac{\Delta U}{J} \text{ (Томьёо 1)}$$

Үүнд: Pt- Цахилгаан эсэргүүцэл (Ом),  
 K-Геометрийн итгэлцүүр,  
 $\Delta U$ -Потенциалын ялгавар (мВ),  
 J-Гүйдлийн хүч (мА).

Геофизикийн цахилгаан хайгуулын хэмжилтийн өгөгдлийг тусгай программ хангамжийн тусламжтайгаар боловсруулж, инверсийн зүсэлтийг зураг хэлбэрээр үр дүн болгон гаргадаг [8]. Энэхүү аргаар 5-80 м гүний өнгөн хурдсанд тархсан цэвдгийн тархалтыг нарийн тодорхойлоход ашиглана. Цахилгаан эсэргүүцлийн хэмжилт нь газрын гадарга дээрээс газрын гүний хөрсний эсэргүүцлийн тархалтыг тодорхойлдог. Хөрс чулуулгийн цахилгаан эсэргүүцэл нь геологи орчны эрдэс чулуулаг, ус чийг, нүх сүвшилт, усаар ханасан байдал зэргээс хамаарч харилцан адилгүй байна.

Цахилгаан эсэргүүцлийн хэмжилтийн өгөгдлийг тусгай программ хангамжуудын тусламжтайгаар боловсруулж инверсийн зүсэлтийн зураг хэлбэрээр үр дүнг гаргадаг.



Зураг 3. Геофизикийн хэмжилтийн төхөөрөмж

Уг хэмжилтийг Франц улсад үйлдвэрлэсэн “IRIS INSTRUMENTS” компанийн SYSCAL R1+ болон SWITCH PRO багажуудыг ашиглан хийсэн. Судалгааны төрөл, зорилгоос хамааран дамжуулагч гадас хоорондын алхмыг 1-5 хооронд сонгож, хамрах гүнийг тодорхойлж, хэмжилт хийхээ тогтоно. Веннер, Веннер-Шлюмбержер, Поле-диполе, Диполе-диполе, Поле-поле зэрэг төхөөрөмжөөс (Зураг 3) хэвтээ чиглэлд давхаргыг өндөр давтамжтай зурагладаг Веннер-Шлюмбержерийн аргыг хэрэглэв. Цахилгаан эсэргүүцлийн томографын зургийг Res2Dinv программын тусламжтайгаар өндрийн утга оруулж, инверсийн боловсруулалт хийв.

## ҮР ДҮН

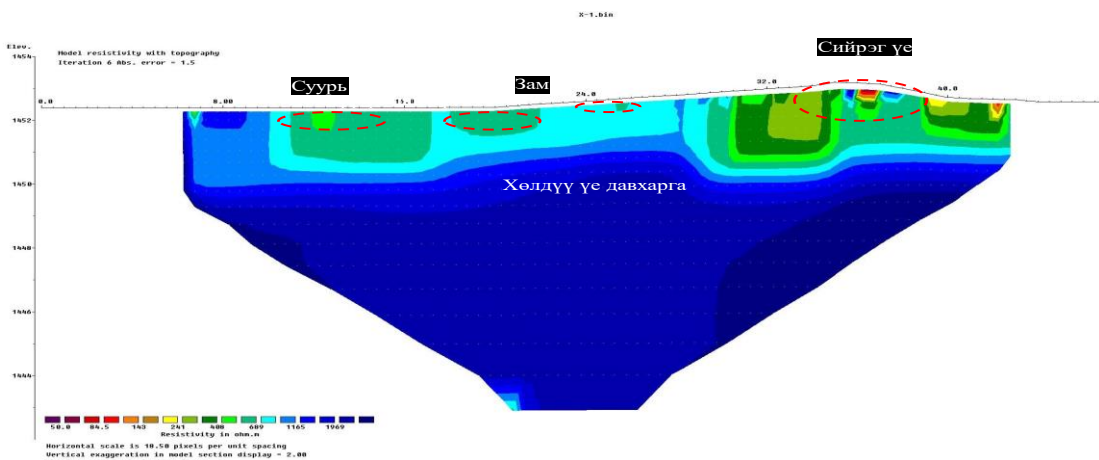
### *X-1 зүсэлтийн үр дүн*

Жижиг довыг дайруулан зүүн хойноос баруун урагш чиглэлд зүссэн хэмжилт. Хуучин хотын зам байх боломжтой хэсгийг хөндлөн зүссэн. Хэмжилтийн шугамын нийт урт 48 м, хамрах гүн 10 м (Зураг 4).



Зураг 4. X-1 хэмжилтийн шугам

Дамжуулагч гадас хоорондын зай 1 м, урт 48 м, хамрах гүн 10 м. Энэ зүсэлтийн хувийн цахилгаан эсэргүүцлийн утга 50- 1820 ом.м хооронд байна. 50-150 Ом.м-ын утгыг элсэнцэр, 150-250 Ом.м-ын утгыг элсэн чигжээстэй хайрга, 250-650 Ом.м-ын утгыг том чулуутай хайр хайрга, 650-1000 Ом.м-ын утгыг нягт, хуурай дайрга, 1000 Ом.м-оос дээш утгыг хөлдүү үе гэж авч үзэв. Улирлын хөлдөлт бүрэн гэсэх хугацаа бүс нутаг бүрд харилцан адилгүй байдаг. 5 сарын эхэнд хэмжсэн хэмжилт учраас хөрс өнгөн хэсгээсээ 1 м орчим гэссэн байна. Хэмжилтийн шугамын 20-28 м -ийн хооронд газрын гадаргаас 40-50 см орчим гүнд нягтаршуулсан замын хэсгүүд байх боломжтой байна. Хэмжилтийн шугамын 10-14 м-т 80 см орчим гүн бүхий суурь байх боломжтой. 32-36 м орчимд гадаргаас 1.5 м орчим сийрэг, элсэнцэр шавранцар бүхий суурийн үлдэгдэл байх боломжтой байна (Зураг 5).



Зураг 5. X-1 хэмжилтийн шугам

## Х-2 зүсэлтийн үр дүн

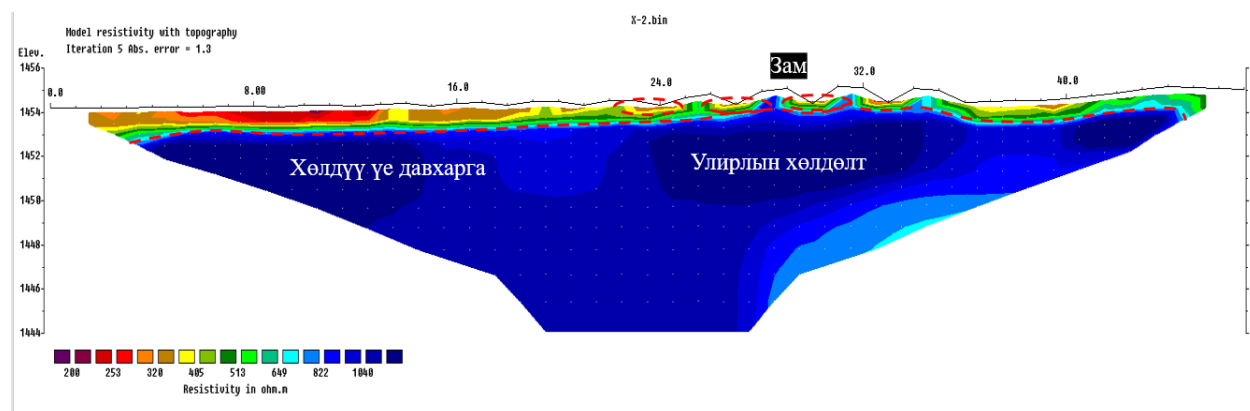
Эртний хотын замыг хөндлөн огтолж, зүүн хойноос баруун урагш чиглэлд зүссэн хэмжилт. Хэмжилтийн шугамын нийт урт 48 м, хамрах доод гүн 10 м (Зураг 6).



Зураг 6. Х-2 хэмжилтийн шугам

Дамжуулагч гадас хоорондын зай 1 м, урт 48 м, хамрах гүн 10 м. Энэ зүсэлтийн хувийн цахилгаан эсэргүүцлийн утга 200- 1200 ом.м хооронд байна. 200- 250 ом.м-ын утгыг элсэн чигжээстэй хайрга, 250-650 ом.м-ын утгыг том чулуутай хайр хайрга, 650 - 1000 ом.м-ын утгыг нягт, хуурай дайрга, 1000 ом.м-оос дээш утгыг хөлдүү үе гэж авч үзэв. Хайрганы үе 10 орчим м зузаантай байна.

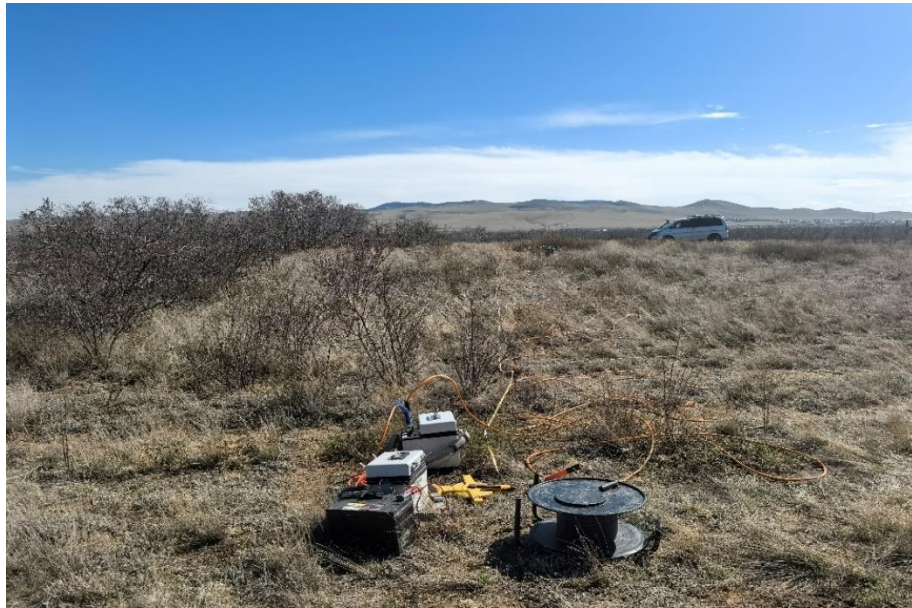
Улирлын хөлдөлтийн гүн 4-5 м орчим байна. Өнгөн хэсгээсээ 1.2-1.4 м орчим гэссэн байна. Хэмжилтийн шугамын 23-28 м -ийн хооронд газрын гадаргаас 40-50 см орчим гүнд нягтаршуулсан замын хэсгүүд байх боломжтой байна. Энэ хэмжилтэд ямар нэг байшин барилгын туурь илэрсэнгүй (Зураг 7).



Зураг 7. Х-2 хэмжилтийн шугам

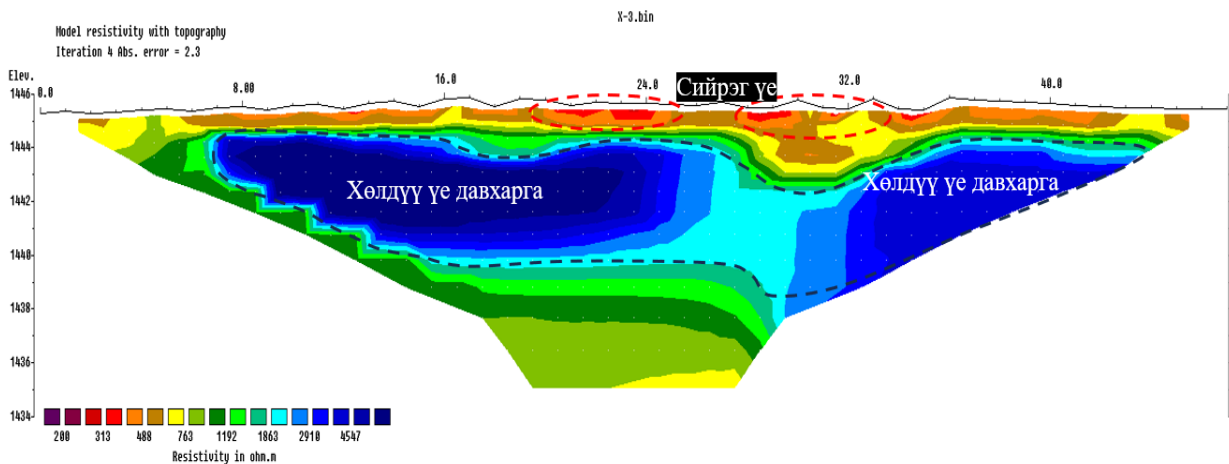
### Х-3 зүсэлтийн үр дүн

Жижиг довыг дайруулан урдаас чанх хойш чиглэлд зүссэн хэмжилт. Хэмжилтийн шугамын нийт урт 48 м, хамрах доод гүн 10 м (Зураг 8).



Зураг 8. Х-3 хэмжилтийн шугам

Дамжуулагч гадас хоорондын зай 1 м, урт 48 м, хамрах гүн 10 м. Энэ зүсэлтийн хувийн цахилгаан эсэргүүцлийн утга 200- 4500 ом.м хооронд байна. 200- 250 ом.м-ын утгыг элсэн чигжээстэй хайрга, 250-650 ом.м-ын утгыг том чулуутай хайр хайрга, 650 - 1000 ом.м-ын утгыг нягт, хуурай дайрга, 1000 ом.м-оос дээш утгыг хөлдүү үе гэж авч үзэв. Улирлын хөлдөлтийн гүн 4-5.5 м орчим байна. Өнгөн хэсгээсээ 1.2-1.4 м орчим гэссэн байна. Хэмжилтийн 20-32 м-ийн хооронд 1.1 – 1.3 м орчим гүнд суурийн үлдэгдэл байх боломжтой байна (Зураг 9).



Зураг 9. Х-3 хэмжилтийн шугам

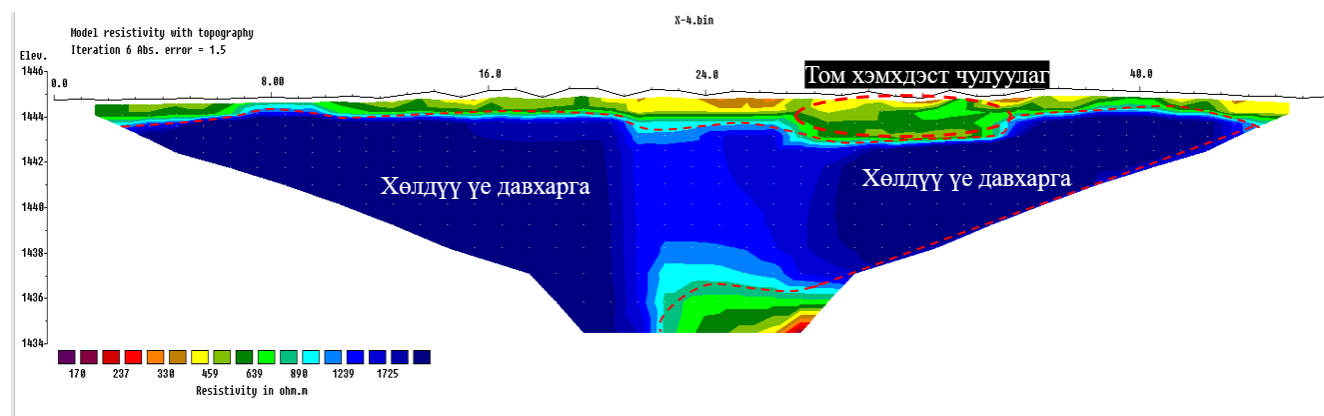
### Х-4 зүсэлтийн үр дүн

Жижиг довыг дайруулан хойноос чанх урагш чиглэлд зүссэн хэмжилт. Хэмжилтийн шугамын нийт урт 48 м, хамрах доод гүн 10 м (Зураг 10).



Зураг 10. X-4 хэмжилтийн шугам

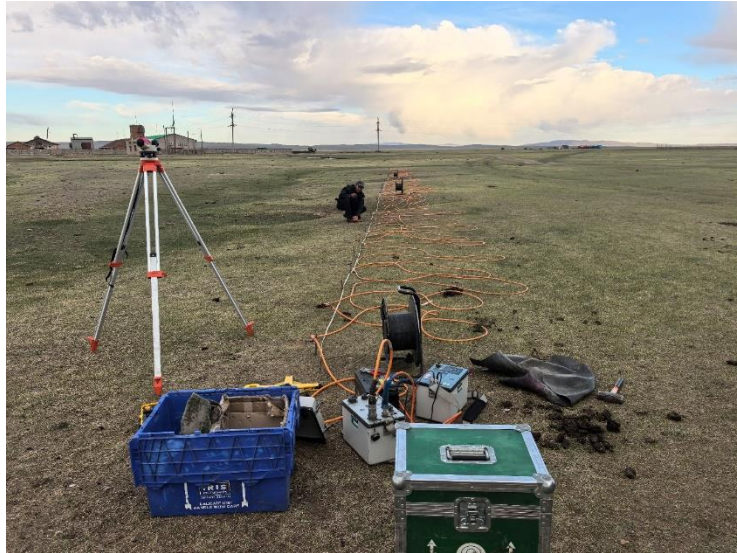
Дамжуулагч гадас хоорондын зай 1 м, урт 48 м, хамрах гүн 10 м. Энэ зүсэлтийн хувийн цахилгаан эсэргүүцлийн утга 180- 1700 ом.м хооронд байна. 200- 250 ом.м-ын утгыг элсэн чигжээстэй хайрга, 250-650 ом.м-ын утгыг том чулуутай хайр хайрга, 650 - 1000 ом.м-ын утгыг нягт, хуурай дайрга, 1000 ом.м-оос дээш утгыг хөлдүү үе гэж авч үзэв. Улирлын хөлдөлтийн гүн 4-5.5 м орчим байна. Өнгөн хэсгээсээ 1.2-1.4 м орчим гэссэн байна. Хэмжилтийн 24-34 м-ийн хооронд 1.3 – 1.6 м орчим гүнд том хэмхдэст чулуулаг бүхий барилгын суурийн үлдэгдэл байх боломжтой байна (Зураг 11).



Зураг 11. X-4 хэмжилтийн шугам

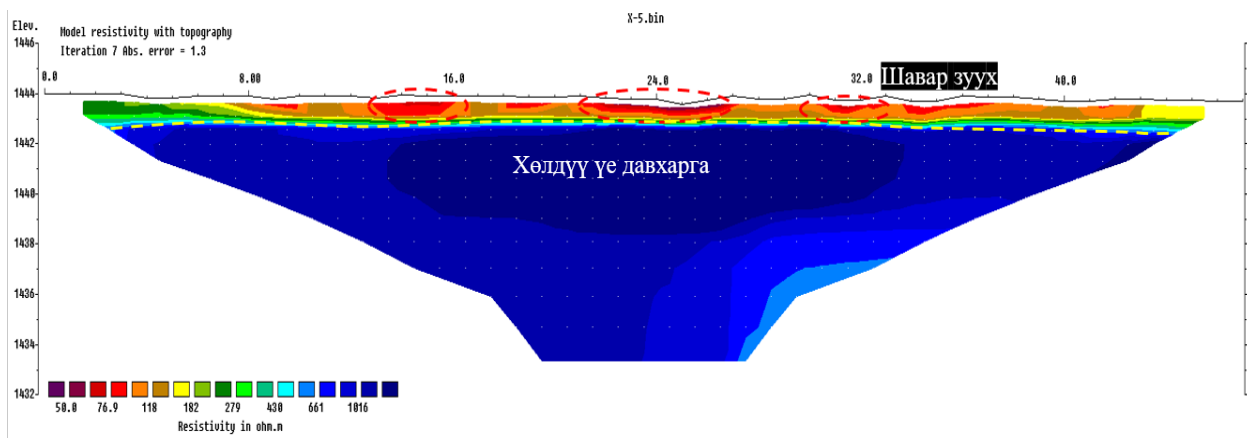
### X-5 зүсэлт

Голын өмнө эрэгт зуух байх боломжтой хонхруудыг дайруулан зүүн өмнөөс баруун хойш чиглэлд зүссэн хэмжилт. Хэмжилтийн шугамын нийт урт 48 м, хамрах доод гүн 10 м (Зураг 12).



Зураг 12. X-5 хэмжилтийн шугам

Дамжуулагч гадас хоорондын зай 1 м, урт 48 м, хамрах гүн 10 м. Энэ зүсэлтийн хувийн цахилгаан эсэргүүцлийн утга 50-1020 ом.м хооронд байна. 50-80 ом.м-ын утгыг чийглэг шавар шавранцар, 80-120 ом.м-ын утгыг элсэнцэр шавранцар, 120-250 ом.м-ын утгыг элсэн чигжээстэй хайрга, 250-650 ом.м-ын утгыг том чулуутай хайр хайрга, 650-1000 ом.м-ын утгыг нягт, хуурай дайрга, 1000 ом.м-оос дээш утгыг хөлдүү үе гэж авч үзэв. 14-16, 22-26, 30-32 м орчимд 80 см орчим гүнтэй шавар, шавранцар тодорхой ялгарч байна. Энэ нь тоосго шатаах шавар зуух байх боломжтой (Зураг 13).



Зураг 13. X-5 хэмжилтийн шугам

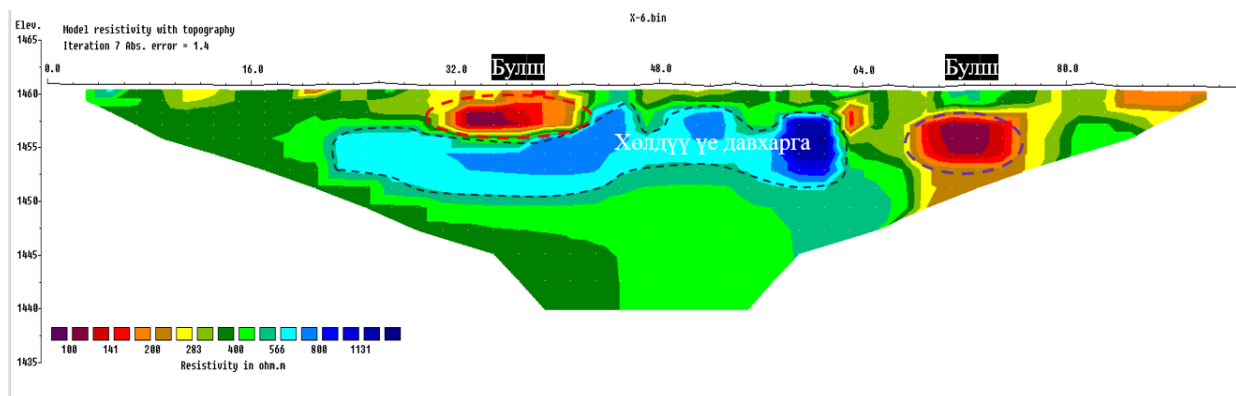
### X-6 зүсэлт

Жижиг дов болон оршуулгын байгууламжийг дайруулан баруун хойноос зүүн өмнө чиглэлд зүссэн хэмжилт. Хэмжилтийн шугамын нийт урт 96 м, хамрах доод гүн 20 м (Зураг 14).



Зураг 14. X-6 хэмжилтийн шугам

Дамжуулагч гадас хоорондын зай 2 м, урт 96 м, хамрах гүн 20 м. Энэ зүсэлтийн хувийн цахилгаан эсэргүүцлийн утга 100- 1100 ом.м хооронд байна. 100-120 ом ом.м-ын утгыг элсэнцэр шавранцар, 120- 250 ом.м-ын утгыг элсэн чигжээстэй хайрга, 250-650 ом.м-ын утгыг том чулуутай хайр хайрга, 650 - 1000 ом.м-ын утгыг нягт, хуурай дайрга, 1000 ом.м-оос дээш утгыг хөлдүү үе гэж авч үзэв. 30-40 м хооронд гадаргаас доош 1.8-2 м орчимд шаварлаг хэсэг эсвэл сийрэг орон зай байна. Мөн 68-74 м хооронд булш байх боломжтой хэсэг гадаргаас 2-4 м орчим гүнийг хамарч байна (Зураг 15).



Зураг 15. X-6 хэмжилтийн шугам

## ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Археологийн судалгаанд цахилгаан эсэргүүцлийн томографын хэмжилтийг ашиглаж, эрс ялгаатай үе давхаргыг ялган зураглах боломжийг олгож байна. Цаашид хэмжилтийн алхмыг 0.5 м болгож, хэмжилтийн нэвчих гүнийг 5-6 м-ийг хамруулан хэмжвэл үе давхаргын нарийвчлал сайжрах боломжтой гэж үзэж байна. Үүнээс гадна улирлын хөлдөлт, гэсэлтийн давхаргаас ялгах үүднээс улирлын гэсэлт бүрэн явагдсан үед буюу 7-9 сарыг сонгож хэмжих зохистой байна. Томоохон хот суурины үлдэц бүхий газарт босоо, хэвтээ буюу торлосон олон зүсэлт хийж, 3 хэмжээтээр зураглал гаргах боломж бий.

## ДҮГНЭЛТ

Өвөрхангай аймгийн Хархорин сумын нутагт Хархорум хот байгуулах төлөвлөлтийн талбайд нийт 6 удаагийн хэмжилт хийлээ. 1 м-ийн алхамтай, 10 м гүнийг хамарсан 48 м урттай 5 хэмжилт, 2 м алхамтай, 20 м гүнийг хамарсан 96 м урттай 1 хэмжилт нийт 336 тууш м хэмжилт хийв. Хэмжилтийн цахилгаан эсэргүүцлийн утга 50-4500 Ом.м-ын хооронд хэмжигдэв. 50-80 Ом.м утгыг чийглэг шавар шавранцар, 80-150 Ом.м утгыг элсэнцэр шавранцар, 150-250 Ом.м утгыг элсэн чигжээстэй хайрга, 250-650 Ом.м утгыг том чулуутай хайр хайрга, 650-1000 Ом.м утгыг нягт, хуурай дайрга, 1000 Ом.м-оос дээш утгыг хөлдүү үе давхарга гэж авч үзэв.

Байгалийн нөхцөл өөрчлөгдсөн буюу хүний үйл ажиллагааны улмаас өөрчлөгдсөн хөрс чулуулгийн үе давхаргыг цахилгаан эсэргүүцлийн томографын хэмжилтээр илрүүлэх боломж өндөр байна. Булш болон барилгын туурийн үлдэгдэл байх боломжтой хэсгүүдэд цахилгаан эсэргүүцлийн утга 100-150 Ом.м орчим байна. Улирлын хөлдөлт бүрэн гэсээгүй байгаа нь хэмжилтийн үр дүнгийн нарийвчлалд тодорхой хэмжээгээр нөлөөлж байна. Хөрс өнгөн хэсгээсээ 1-1.5 м хүртэл гэссэн байна. Улирлын хөлдөлтийн гүн хэмжилт хийсэн цэгүүдэд 4.5-5 м орчим байлаа. Геофизикийн цахилгаан эсэргүүцлийн томографын хэмжилтээр гадаргад мэдэгдэж буй археологийн илэрцийн үе давхаргын гүнийг тогтоож, малталт судалгааны ажил төлөвлөх үйл явцыг хялбарчлах боломж өндөр байна.

## АШИГЛАСАН НОМ ЗҮЙ

- [1] Цэгмид.Ш, Монгол орны физик газарзүй. 1969 он, хууд. 82
- [2] Төмөрбаатар.Д, Монгол орны улирлын ба олон жилийн цэвдэг чулуулаг, Улаанбаатар, 2004, хууд 10-11
- [3] Ullrich, Burkart, Günther, Thomas, Rücker, Carsten, Electrical resistivity tomography methods for archaeological prospection, Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Berlin, 2.-6. April 2007. Koll. Vor- u. Frühgesch. 10. Bonn 2008, p25
- [4] Нямбаяр.Ц, ООГФХ.GPR буюу Георадараар Сүхбаатар аймгийн Түвшинширээг сумын нутагт хийсэн судалгааны тайлан.2014, хууд 10-11
- [5] Саруулзаяа.А, Цогт-Эрдэнэ.Г., Батзориг.Б, Хэнтий аймгийн Дэлгэрхаан сумын нутаг дахь “Ауруг” балгасын туурь дээр хийсэн цахилгаан эсэргүүцлийн томографын хэмжилт судалгааны ажлын тайлан, 2024, хууд 20-24
- [6] Баяр.Д, Монголын дундад зууны археологийн судалгаа II боть. Улаанбаатар, 2013.
- [7] Loke, M.H., Electrical resistivity surveys and data interpretation. In Gupta, H (ed), Solid Earth Geophysics Encyclopaedia (2nd Edition) “Electrical & Electromagnetic” Springer-Verlag, 2011, p 276-283
- [8] Loke, M.H., et al., Instrumentation, electrical resistivity. In Gupta, H (ed), Solid Earth Geophysics Encyclopaedia (2nd Edition) “Electrical & Electromagnetic” Springer-Verlag, 2011a, p599-604.

# УУРХАЙН БҮСИЙН ГАЗРЫН ДООРХ УСНЫ ТҮВШИН, УСТ ДАВХАРГЫН ХООРОНДЫН ХАМААРЛ

Б.Сайнзаяа, Д.Оюун, Д.Энхбаяр\*

ШУТИС, ГУУС, Гидрогеологи, инженер геологийн тэнхим

(\*Холбоо барих зохиогч: [denkhbayar@must.edu.mn](mailto:denkhbayar@must.edu.mn))

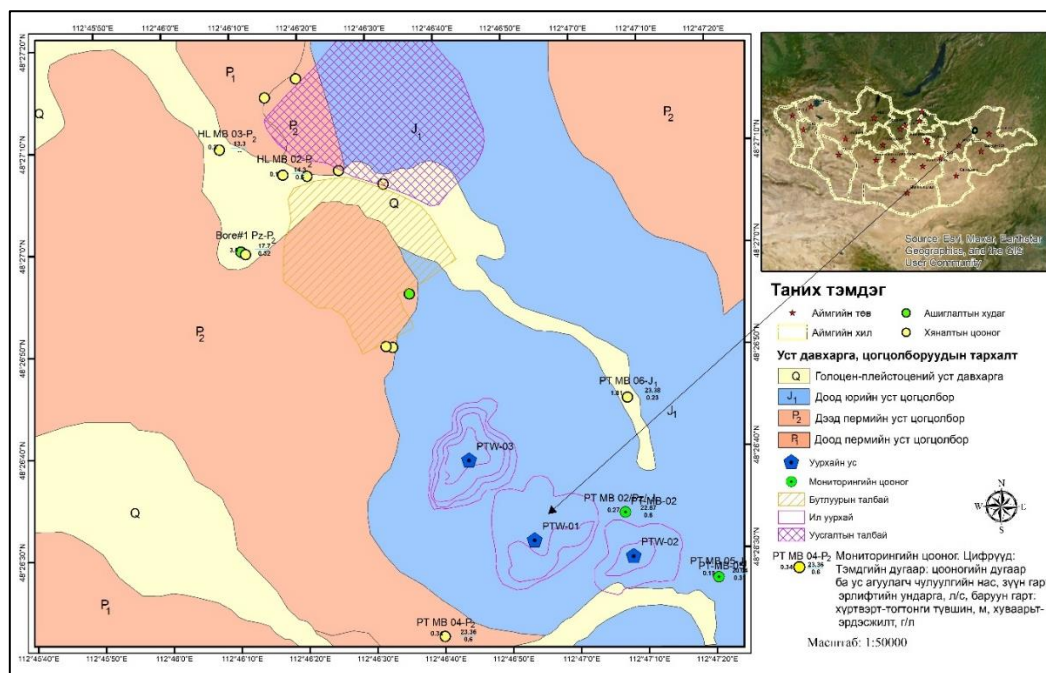
## ХУРААНГУЙ

Дорнод аймгийн нутагт байрлах Алтан цагаан овоо нэртэй алт-холимог металлын уурхайн ашиглалтын болон хяналтын цооногуудын усны түвшний мэдээг ашиглан судалгааны талбайд тархах уст давхаргуудын хооронд хамаарлыг тооцож үзэв. Газрын доорх усны түвшний 2023–2025 онуудын мэдээг ашигласан. Усны түвшний хэмжилтийн үр дүнг авч үзэхэд судалгааны талбайн доод юрагийн настай чулуулагт агуулагдах уст давхаргын болон дээд пермийн настай чулуулагт агуулагдах уст давхаргын усны түвшний хэлбэлзлээс харахад хоорондын хамаарал ажиглагдахгүй байна.

**ТҮЛХҮҮР ҮГ:** Гидроизогипс, урсгалын чиглэл, усны түвшин, статистик хамаарлын шинжилгээ

## ОРШИЛ

Энэхүү судалгааг Дорнод аймгийн Цагаан-Овоо сумын нутагт байрлах алт-холимог металлын уурхайн жишээн дээр гүйцэтгэлээ. Тус уурхай нь Улаанбаатар хотоос 650 км зайд оршино (Зураг 1). Уурхайн бүс орчмын өндөрлөг дунджаар 1050 м байх ба нам дор гадаргуу нь Баян голын хөндий 920 м, өндөрлөг хэсэг судалгааны талбайгаас баруун зүгт Баян уул 1236 м-т байрлана [1]. Уурхайн орчмын уур амьсгал эх газрын эрс тэс, жилийн дундаж температур нь  $-0.4^{\circ}\text{C}$ , хур тунадас жилд дунджаар 253.8-311.9 мм унадаг.



Зураг 1. Алтан цагаан овоо уурхайн уст цэгийн байршил

### ***Геологи, гидрогеологийн нөхцөл***

Алтан цагаан овоо нэртэй алт-холимог металлын уурхайн геологийн тогтцын хувьд доод пермийн наснаас дөрөвдөгчийн нас хүртэлх хурдас, чулуулаг тархах ба магмын хоёр удаагийн идэвхжил явагдсан нь тухайн дүүргийн тектоник үйл ажиллагаатай шууд холбоотой байна. Мөн дээд ба дунд пермийн терриген-вулканоген, доод юрагийн туфоген-терриген, дөрөвдөгчийн настай сэвсгэр хурдас чулуулаг өргөн тархсан байдаг [2, 5].

*Ан цавжсан чулуулгийн уст давхарга:* Ан цавтай чулуулаг дахь уст давхаргууд нь тунамал хурдасны уст давхаргатай гидравлик холбоо тодорхойгүй байна.

*Доод юрийн тунамал чулуулгийн уст цогцолбор* нь судалгааны талбайн төв хэсэгт тархах ба ус агуулагч чулуулаг нь элсэн чулуу, алевролитын нимгэн цөөн үе агуулсан, дундаас сайн мөлтгөржсөн, дунд зэрэг ялгагдсан хайрга бүхий конгломерат, гравелит, алевролит, туф элсэн чулуулгийн үеэс бүрдэнэ. Уурхайн бүс нутагт өрөмдсөн цооногуудын усны тогтсон түвшин 18.86-37.99 м, ус давхаргын зузаан 17.2-36.8 м хооронд хэлбэлзэнэ.

Голоцен-плейстоценийн настай уст давхарга судалгааны талбайн нам дор газар байрлана. Дөрөвдөгчийн хурдаснууд нь харилцан адилгүй зузаантай, усаар ханасан үеийн зузаан нь 10 м-ээс бага байна. Газрын доорх усны ерөнхий урсгалын чиглэл газрын хэвгийн дагуу урсана [3, 4].

Алтан цагаан овоо алт-холимог металлын уурхайн бүс нутагт гидрогеологийн ажлууд маш бага хийгдсэн, тус уурхайн нь сар бүр усны түвшний хэмжилтүүдийг уусгалтын талбай болон уурхайн нөлөөллийг үнэлэх зорилготой хяналтын цооногуудад усны мониторингийн ажил хийдэг ч усны түвшний боловсруулалтын ажил дутмаг байна. Иймд тус уурхайн бүсийн хэмжээнд ялгаатай уст давхаргуудын усны түвшний мэдээг боловсруулж, хоорондын хамаарал байгаа эсэхэд задлан шинжилгээ хийх зорилго энэхүү судалгааны ажилдаа тавилаа.

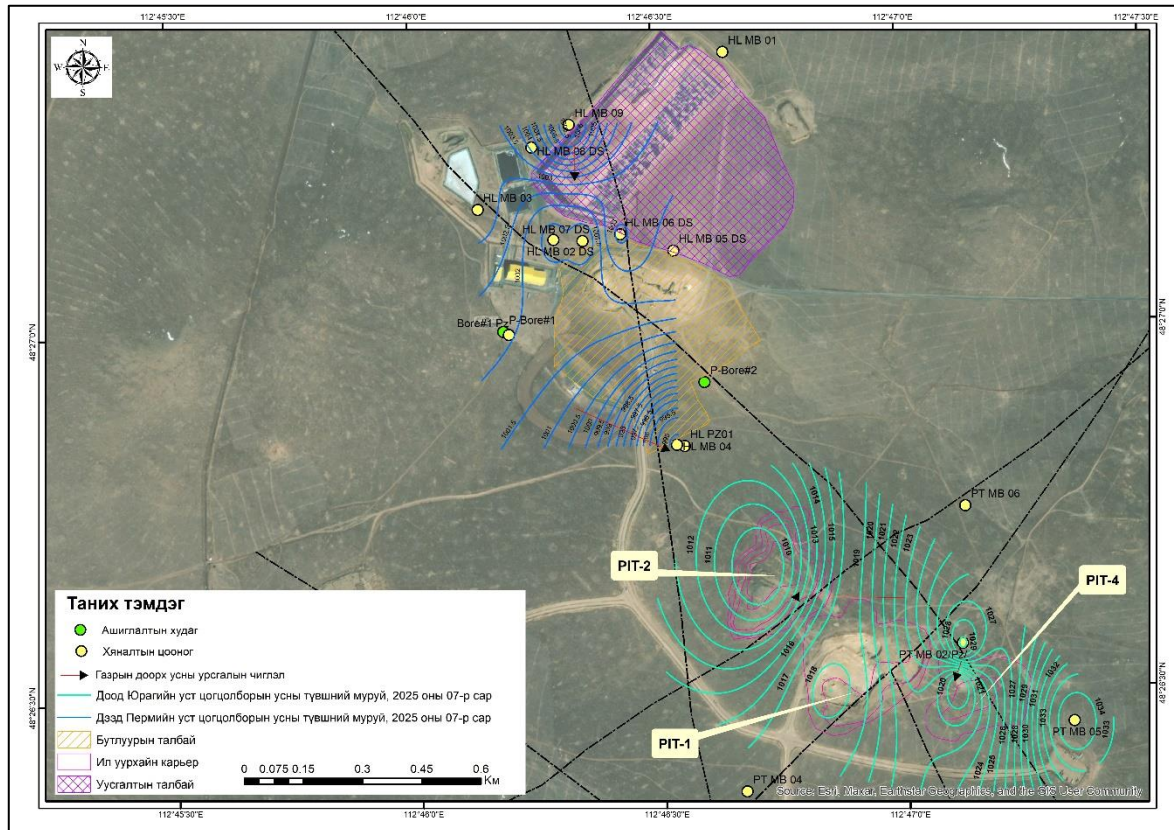
### **АРГА, АРГАЧЛАЛ**

Уурхайн бүсийн газрын доорх усны түвшний боловсруулалтыг хийхдээ 2023–2025 онуудын хооронд ашиглалтын болон мониторингийн хурднуудын усны түвшний сар тутмын хэмжилт, хур тунадасны мэдээлэл зэрэг өгөгдлүүдэд задлан шинжилгээ хийлээ. Энэ газрын доорх усны түвшний боловсруулалтын ажилд 7 хяналт шинжилгээний цооногийн усны түвшний өгөгдөл ашигласан ба эдгээрийн зарим цооногуудад 2 ялгаатай гүнд усны түвшнийг хэмжинэ. Тухайлбал D нь гүнд байрлах уст давхаргын усны түвшнийг, S нь бага гүнд байрлах уст давхаргын усны түвшнийг хянах зорилгоор тоноглогдсон хяналтын цооногууд болно. Уурхайн уусгалтын талбайн ус алдагдлыг хянах зорилготой өрөмдсөн HLMB-02, HLMB-05, HLMB-06, HLMB-07 цооногууд нь DS гэсэн тэмдэглэгээтэй хяналтын цооногууд болно (Зураг 1, 2). 2025 оны 7-р сарын усны түвшний өгөгдлөөр гидроизогипсийн зургийг IDW-г [6] ашиглан боловсруулсан. Судалгааны талбайн хоёр уст давхаргын усны түвшний 2023–2025 онуудад сарын давтамжаар хэмжсэн өгөгдөлд Python программын код [7] ашиглан статистик хамаарлын шинжилгээ хийв.

### **ҮР ДҮН**

Зураг 2-д 2025 оны 7-р сарын газрын доорх усны түвшний хэмжилтийн үр дүнгээр байгуулагдсан гидроизогипсийн зургийг үзүүлэв. Дээд Пермийн настай чулуулагт агуулагдах уст давхаргын усны түвшин 1000–1004 м хэлбэлзэнэ. Газрын доорх усны

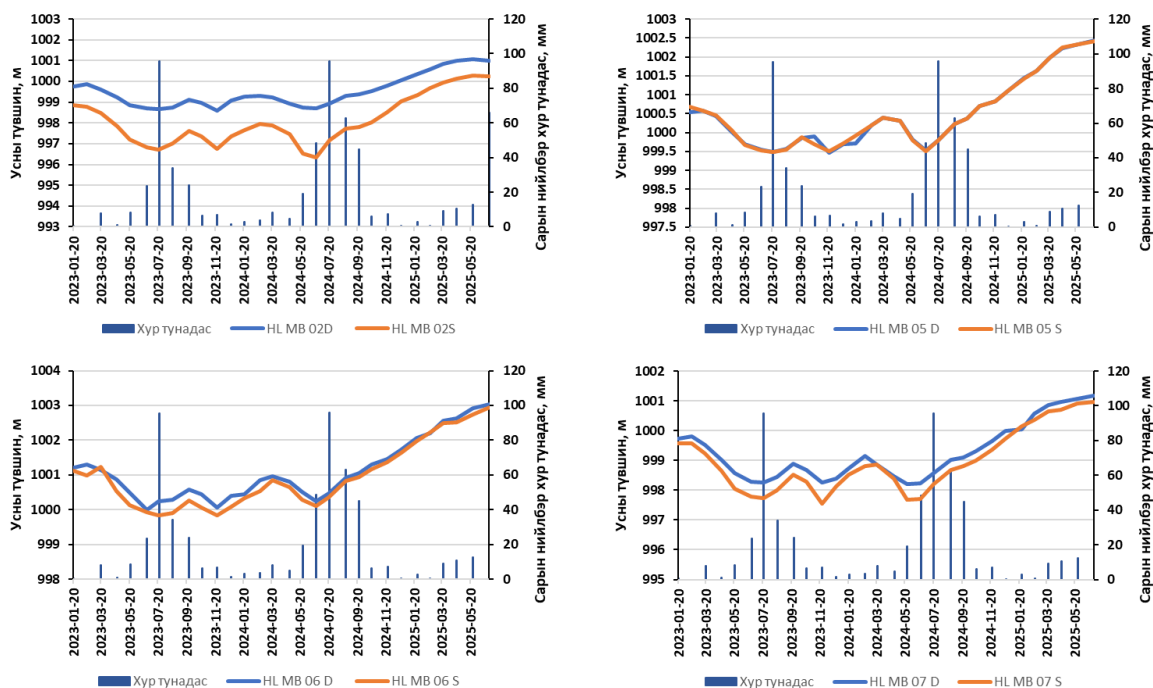
урсгалын ерөнхий чиглэл баруун хойш чиглэсэн байна. Харин доод Юрагийн настай чулуулагт агуулагдах уст давхаргын усны түвшин 1098–1015 м хооронд хэлбэлзэнэ. Газрын доорх урсгалын ерөнхий чиглэл байгалийн горим алдагдаж уурхайн карьер руу чиглэлтэй болсон байна.



Зураг 2. Газрын доорх усны ижил өндөртэй түвшний зураг. 2025 оны 7-р сарын байдлаар

Уурхайн уусалтын талбай хажууд байрлах хяналтын цооногуудын 2023 оны 1-р сараас 2025 оны 5-р сар хүртэлх усны түвшний мэдээг Дорнод аймгийн төвийн цаг уурын станцын сарын нийлбэр хур тунадастай харьцуулж үзлээ (Зураг 3). Тус цооногуудын усны түвшний хэлбэлзлийг ажиглахад хур тунадаснаас хамааран улирлын хэлбэлзлийг үзүүлж байна.

HLMB 06D ба HLMB 06S, HLMB 05D ба HLMB 05S шугам бараг давхацсан хоорондын ялгаа маш бага ба гүний/бага гүний давхаргууд гидравлик холбоо сайтай, нэг уст давхарга байж болзошгүйг харуулна.

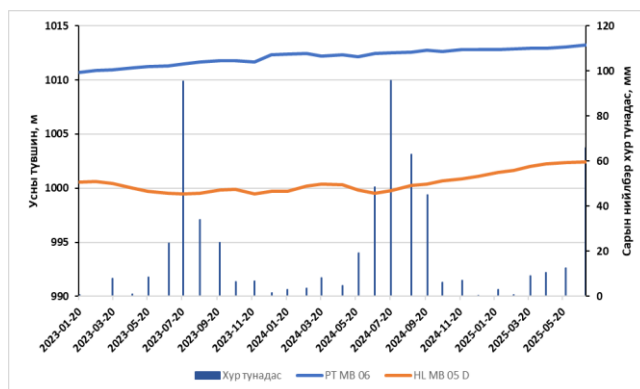


Зураг 3. Хяналтын цооногуудын усны түвшний хэлбэлзэл, хур тунадастай харьцуулсан байдал

Судалгааны талбайн дээд пермийн настай чулуулагт агуулагдах уст давхаргын 8 хяналтын цооногуудын усны түвшний хооронд хамаарлын статистик боловсруулалтыг хийж үзсэн. Тус хамаарлаар пирсоны корреляци  $r=0.96-1.00$  гарсан нь эдгээр цооногуудын ус гидрогеологийн хувьд нэг ялгаа харагдахгүй байна (Хүснэгт 1). Цаашид усны химийн найрлагын задлан шинжилгээ хийх шаардлагатай.

Хүснэгт 1. Дээд Пермийн настай чулуулагт агуулагдах уст давхаргад байрлах хяналтын цооногуудын усны түвшний хамаарал

|            | HL MB 02D | HL MB 02S | HL MB 05 D | HL MB 05 S | HL MB 06 D | HL MB 06 S | HL MB 07 D | HL MB 07 S |
|------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| HL MB 02D  | 1         | 0.98687   | 0.978315   | 0.982564   | 0.982566   | 0.97812    | 0.991162   | 0.990699   |
| HL MB 02S  | 0.98687   | 1         | 0.961685   | 0.967614   | 0.965936   | 0.961227   | 0.988177   | 0.995555   |
| HL MB 05 D | 0.978315  | 0.961685  | 1          | 0.997578   | 0.994912   | 0.991077   | 0.971179   | 0.97273    |
| HL MB 05 S | 0.982564  | 0.967614  | 0.997578   | 1          | 0.994341   | 0.993176   | 0.973876   | 0.977096   |
| HL MB 06 D | 0.982566  | 0.965936  | 0.994912   | 0.994341   | 1          | 0.992726   | 0.977067   | 0.977471   |
| HL MB 06 S | 0.97812   | 0.961227  | 0.991077   | 0.993176   | 0.992726   | 1          | 0.971478   | 0.975025   |
| HL MB 07 D | 0.991162  | 0.988177  | 0.971179   | 0.973876   | 0.977067   | 0.971478   | 1          | 0.990967   |
| HL MB 07 S | 0.990699  | 0.995555  | 0.97273    | 0.977096   | 0.977471   | 0.975025   | 0.990967   | 1          |



Зураг 4. HLMB05D болон RTMB06 цооногуудын усны түвшний хэлбэлзэл, хур тунадастай харьцуулсан байдал

Доод юрагийн настай чулуулагт агуулагдах уст давхаргын хяналтын цооног болох RTMB06 цооногийн усны түвшний хэмжилтийн мэдээг дээд пермийн настай чулуулаг агуулагдах уст давхаргын хяналтын цооног HLMB05D -ийн усны түвшний хэлбэлзлийг зураг 4-д үзүүлээ. Тус 2 цооногийн усны түвшний хэлбэлзлийн хамаарлыг шалгаж үзэхэд  $r \approx 0.57-0.59$  хамааралтай байна.

## ДҮГНЭЛТ

- HLMB05 хяналтын цооногоос бусад цооногуудын бага болон гүнд дэх уст давхаргын усны түвшний хэмжилтийг үр дүнгээс харахад гүнд байрлах уст давхаргаас бага гүний уст давхарга руу чиглэсэн усны хөдөлгөөн байж болох юм гэсэн таамаглал дэвшүүлж байна (Зураг 3).
- Газрын доорх усны ижил өндөртэй түвшний муруй байгуулсан зургаас ажиглахад уурхайн карьер байрлаж байгаа доод юрагийн настай чулуулагт агуулагдах уст давхаргын ус нь хүний үйл ажиллагаанд өртөгдөж гидродинамик орчин өөрчлөгдөж, урсгалын чиглэл карьер рүү шүүрэх нөхцөлд орсон байна. Харин дээд пермийн настай чулуулагт агуулагдах уст давхаргын усны ерөнхий чиглэл баруун хойш чиглэлтэй байна.
- Доод юрагийн настай чулуулагт агуулагдах уст давхаргын болон дээд пермийн настай чулуулагт агуулагдах уст давхаргын усны түвшний хэлбэлзлээс харахад хоорондын хамаарал ажиглагдахгүй байна.
- Цаашид тус уурхайн бүс нутгийн гидродинамик орчны өөрчлөлтийг судлахдаа нэмэлт байдлаар гидрохимийн задлан шинжилгээг хамтад нь хийх шаардлагатай.

## АШИГЛАСАН НОМ ЗҮЙ

1. Б.Сайнзаяа, Д.Энхбаяр. Алтан Цагаан Овоогийн алт-холимог металлын уурхайн газар доорх усны горимын судалгаа. *Монгол орын гидрогеологи, инженер геологи, геоэкологийн асуудлууд. Дугаар 32. Хууд. 98. 2024. Улаанбаатар*
2. "Алтан цагаан овоогийн алт-холимог металлын ордын гидрогеологийн тайлан", Вотер менежмент ХХК, 2019 он.
3. ATO prospect mine site hydrogeology: Deia hydrogeological technical supporting information, Aquaterra LLC, 2012 он.
4. ATO prospect water supply: Deia hydrogeological technical supporting information. Aquaterra LLC, 2012 он.

5. "Алтан Цагаан Овоогийн алт-холимог металлын үндсэн ордыг ил аргаар ашиглах техник-эдийн засгийн үндэслэлийн тодотгол". 2024.
6. Б.Сайнзаяа, Д.Энхбаяр. Д.Өлзийбаяр. ArcGIS программ ашиглан гидроизогипсийн зургийг боловсруулах аргууд (алтан цагаан овоо алт-холимог металлын уурхайн жишээн дээр). *Монгол Улсад Геологийн салбар үүсэж хөгжсөний түүхт 85 жилд зориулсан Эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэл*. хууд. 35. 2024. Улаанбаатар.
7. Salah Hamad. Geostatistical analysis of groundwater levels in the south Al Jabal Al Akhdar area using GIS. 2009.

## ҮҮСГЭМЭЛ УЛ ХӨРСНИЙ ТУХАЙ

Н.Батсүх<sup>1\*</sup>, И.Сайнсанаа<sup>1</sup>, Б.Сийлэгмаа<sup>2</sup>, М.Энхмандах<sup>3</sup>

<sup>1</sup>“Лэнд Тест” ХХК, <sup>2</sup> ШУТИС, ГУУС. Гидрогеологи, инженер геологийн тэнхим, <sup>3</sup> “САТУ” ХХК  
(\*Холбоо барих зохиогч: [nbatskh@gmail.com](mailto:nbatskh@gmail.com))

### ХУРААНГУЙ

Хүн төрөлхтний буй болгосон оюунлаг мандлын бодис зүйн үндсэн элемент болох үүсгэмэл ул хөрсний судалгааныхаа зарим үр дүнг толилууллаа.

**Түлхүүр үг:** Мандал, Онцлог, Ангилал, Тархалт

### ОРШИЛ

Эх Дэлхий дөрвөн үндсэн мандалтай экосистем билээ. Энэ нь агаар мандал (атмосфера), чулуун мандал (литосфера), усан мандал (гидросфера), шим мандал (биосфера) болно. Ийм мандлуудтай экосистемд хүн ойролцоогоор 2.5 сая жилийн өмнө Зүүн Африкт “Өмнөдийн сармагчин” хэмээх нэгэн төрөл сармагчнаас үүссэн [1]. Хоёр сая орчим жилийн тэртээгээс дэлхийн өнцөг булан бүрд тархаж суурьшсан бидний өвөг дээдэс газар тариалан эрхлээгүй, металл зэвсэг хийгээгүй байхдаа Австралийн том амьтадын 90 хувийг, Америк тивийн хөхтөн том амьтдын 75 хувийг, манай гарагийн эх газрын том амьтдын 50 хувийг мөхөхөд хүргэсэн байна [2]. Энэ бол дэлхийн хөгжлийн түүхэнд гарч байгаагүй үзэгдэл юм. Ямар нэгэн амьтны зүйл шим мандлын бүрэлдэхүүнд хүн шиг ингэж нөлөөлөөгүй. Үүнийг францын математикч, философич Э.Леруа 1927 онд шим мандлын геологийн хөгжлийн энэхүү шинэ үеийг “ноосфера” гэж нэрлэсэн. Мөн Оросын эрдэмтэн В.И.Вернадский, ...*Хүн төрөлхтөн бүхэлдээ геологийн хүчирхэг хүчин зүйл болж байна. Нэгдсэн нэг, чөлөөт сэтгэлгээтэй хүн төрөлхтний тусын тулд шим мандлыг өөрчлөн шинэчлэх асуудал түүний оюун ухаан, хөдөлмөрийн өмнө дэвшигдэн... ирлээ. Бидний өөрөө мэдэлгүй ойртож очиж байгаа шим мандлын энэ шинэ төлөв байдал нь «Ноосфера» юм гэж 1932 онд бичсэн [3]. Хүн төрөлхтөн одоо өөрсдийгөө бурхдын түвшинд хүргэж, нэг шат ахиулахаар буюу “Homo Sapiens” байхаа больж “Homo Deus” болохоор зорьж байна [4]. “Homo Deus” болохоор зорьж байгаа бид дэлхийн дөрвөн мандалд нөлөөлж тэдгээрийг өөрчлөн өөрсдөө цоо шинэ мандал “Ноосфера”-ыг буй болгож байна. Энэ шинэ мандлыг “Оюунлаг мандал” хэмээх нэрлэх саналыг бид 2023 онд дэвшүүлсэн билээ [5].*

### СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ БА АРГАЗҮЙ

Монгол Улсын Засгийн газраас “Байгаль орчны төлөв байдлын тухай” Улсын Их хуралд өргөн мэдүүлдэг жил бүрийн тайлангуудад дурдсан байгалийн нөөцийн хамгаалалт, ашиглалт, нөхөн сэргээлт, байгаль орчны бохирдол, өөрчлөлтийн төлөвийн талаарх тоон мэдээллүүд, дотоод, гадаадын эрдэм шинжилгээний сэтгүүл, бүтээлүүдэд манай орны эрдэмтэд, судлаачдын нийтлүүлсэн бэлчээр, газар тариалангийн хөрсний эвдрэл, бохирдолтын талаарх эрдэм шинжилгээний өгүүллүүд зэрэгт задлан шинжилгээ, нэгтгэн дүгнэх аргазүйгээр боловсруулалт хийлээ. Үүсгэмэл ул хөрсний талаар өөрсдийн хийж ирсэн судалгааны материалаасаа энд ашигласан болно.

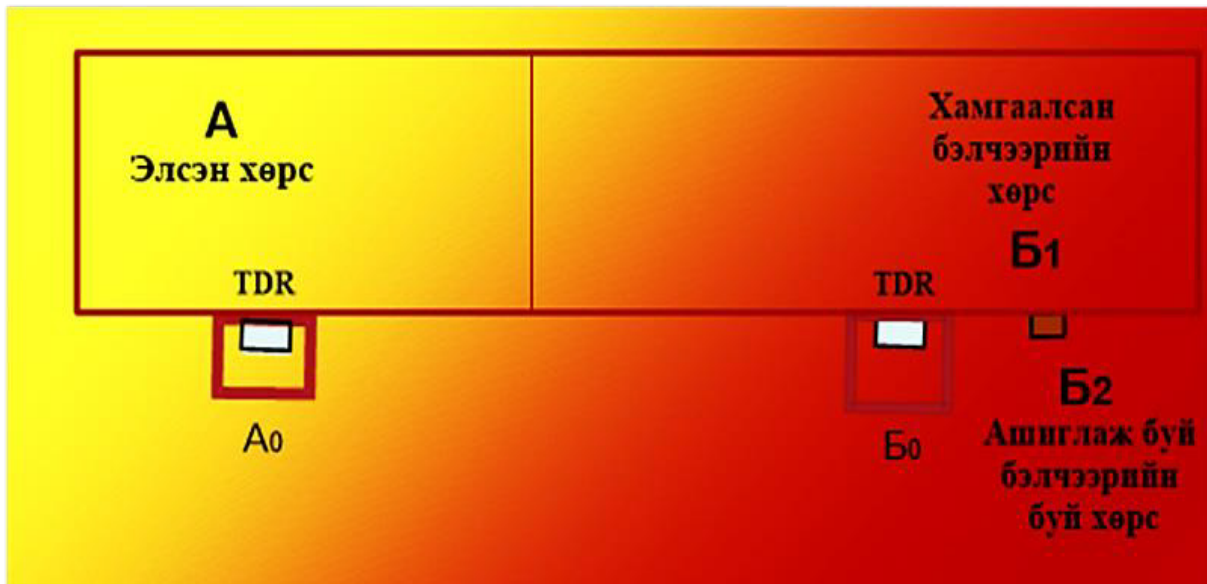
## ҮР ДҮН

Дэлхийн бөмбөрцөгт хүний очоогүй, судлаагүй, хүрээгүй цэг байхгүй. Дэлхийн бөмбөрцгийн хамгийн өндөр цэг Джомолунгма (үнэмлэхүй өндөр 8848 м) уулын оройд гарч, хамгийн нам цэг болох Марианы хонхорт (11022 м гүн) шумбаж, мөн дэлхийн дагуул Сар дээр буудаллаад зогсохгүй гадаад далай, агаар мандлыг хог хаягдлаараа дүүргэжээ. Дэлхийн чулуун мандалд 12000 гаруй метр гүн нэвтэрч түүнчлэн байгальд байгаагүй цоо шинэ чанартай химийн нэгдлүүдийг асар ихээр үйлдвэрлэх болов.

Монгол улсын стандартад (MNS 3263:2014. Ул хөрсний ангилал. 2014) “геологи орчны бүрэлдэхүүн хэсэг бөгөөд хүний инженерийн ба аж ахуйн үйл ажиллагааны зориулалтаар судлагддаг олон бүрдэлт нэгдэл болох чулуулаг, зөөгдөл хуримтлалын хурдас болон хүний инженерийн үйл ажиллагаагаар байгалийн бүтэц, тогтоц нь эвдэгдсэн хөрс, чулуулаг ба асгаас хуримтлалыг” **ул хөрс** хэмээнэ гэж тодорхойлсон байдаг. Энэ тодорхойлолтоос харахад хүний үйл ажиллагаагаар байгалийн бүтэц, тогтоц нь эвдэгдсэн геологи орчны бүрэлдэхүүн болсон хөрс, чулуулаг ба асгаас нь **үүсгэмэл ул хөрс** бөгөөд хүн төрөлхтний түүхийн болон хүний инженерийн ба аж ахуйн үйл ажиллагааны зориулалтаар судлагддаг аж.

Монгол нутагт дунд чулуун зэвсгийн үеэс мал аж ахуйг, шинэ чулуун зэвсгийн үеэс газар тариалан эрхлэх болж хүний хөдөө аж ахуйн үйлдвэрлэл өрнөсөн дэвсгэр нутгийн хэмжээгээр цоо шинэ байран үүсгэмэл ул хөрс үүсгэсэн.

Үүний тодорхой жишээ болгож Хустайн байгалийн цогцолборт газрын орчны бүсэд байрлах ХААИС-ийн Экосистемийн судалгааны төвийн туршилтын 2-р талбайд горимлон хийсэн бидний судалгааны үр дүнг танилцуулъя (1-р зураг) [6].



1 дүгээр зураг. Судалгааны талбай

Хамгаалсан болон ашиглаж байгаа бэлчээрийн элсэнцэр хүрэн хөрсний механик бүрэлдэхүүнийг Н.А.Качинскийн аргаар тодорхойлов [6].

Хамгаалсан бэлчээрийн хөрсний механик бүрэлдэхүүнийг ашиглаж буй бэлчээрийн хөрснийхтэй харьцуулахад хөрсний 0-10 см-ийн давхаргад агуулагдах шаврын хэмжээ 9.4%-иар их, харин 0-50 см-ийн давхаргад агуулагдах шаврын хэмжээ 2.6-9.4%-иар их байлаа.

Хамгаалсан болон ашиглаж буй бэлчээрийн хөрсний физик болон химийн чанарын үзүүлэлтийг тодорхойлсноос үзэхэд бэлчээрт ашиглагдаж байгаа хөрсний механик бүрэлдэхүүн, физик болон химийн шинж чанарыг хамгаалалтад байгаа хөрсний дээрх үзүүлэлтүүдтэй харьцуулахад тодорхой өөрчлөлтүүд гарч үүсгэмэл шинжтэй болсныг илтгэж байгааг энэ судалгаа харуулав [6].

Хүний газар тариалангийн үйл ажиллагаа нь ихээхэн талбайд байран үүсгэмэл ул хөрс үүсгэдэг. Жишээ болгож Дорнод аймгийн Халхгол сумын тариалангийн талбайд хийсэн хөрсний химийн шинж чанарыг дараах хүснэгтэд өгөв (1-р хүснэгт) [7].

1 дүгээр хүснэгт.

Хөрсний химийн шинж чанар


| Дээжийн нэр         | рН  | ЦДЧ. Ds/m | Давс, % | Ялзмаг, % | CaCO <sub>3</sub> , % | Солилцох сууриуд, мг-экв/100г |   | Шим гэжээлийн элементүүд, мг/100г |     |    |
|---------------------|-----|-----------|---------|-----------|-----------------------|-------------------------------|---|-----------------------------------|-----|----|
|                     |     |           |         |           |                       |                               |   |                                   |     |    |
| Атар (0-20 см)      | 6.4 | 0.114     | 0.13    | 2.99      | -                     | 16                            | 6 | 0.12                              | 1.5 | 22 |
| Атар (20-40 см)     | 6.3 | 0.243     | 0.08    | 1.73      | -                     | 15                            | 5 | 6.92                              | 1.3 | 25 |
| Тариалан (0-20 см)  | 6.4 | 0.202     | 0.06    | 2.76      | -                     | 19                            | 7 | 1.88                              | 1.5 | 27 |
| Тариалан (20-40 см) | 6.5 | 0.242     | 0.08    | 1.86      | -                     | 15                            | 6 | 35.05                             | 1.4 | 25 |

Дээрх хүснэгтээс харахад хөрсний эхний үе давхаргад урвалын орчин сул хүчиллэг, ялзмаг бага, хөдөлгөөнт элементүүдийг хөрсний хангамжийн зэргээр авч үзвэл нитрат азот бага, хөдөлгөөнт фосфор бага, солилцох кали дунд гэсэн хангамжийн зэрэгтэй байна.

Хүний хот байгуулалтын болон үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагаа нь хөдөө аж ахуйн үйл ажиллагаанаас ялгаатай нь үүсгэмэл байран ул хөрснөөс гадна зөөгдмөл, зориудаар буй болгосон маш олон төрлийн шинж чанартай үүсгэмэл ул хөрсийг үүсгэдэг. Зөөгдмөл үүсгэмэл ул хөрс үүсгэх үндсэн нэг эх сурвалж нь үйлдвэрлэлийн болон ахуйн хог хаягдал юм.

Манай улсын хэмжээгээр 500 гаруй хот, суурин буй болж хүн амын 70 орчим хувь нь тэнд оршин сууж байна. Дээрх хот суурингийн дэвсгэрт газарт 600.5 га талбайтай 1000 гаруй цэгт 5.8 сая м<sup>3</sup> орчим хог хаягдал хуримтлагджээ [8]. Энд дурдсан тоо одоо ихээхэн нэмэгдсэн байгаа. Уул уурхайн үйлдвэрлэл болон хот байгуулалтын үйл ажиллагаа их хэмжээний зөөгдмөл үүсгэмэл ул хөрс үүсгэдэг. Үүнийг Эрдэнэтийн овооны ордыг эзэмшихэд үүссэн үүсгэмэл ул хөрсний хэмжээнээс харахад л ойлгомжтой [5].

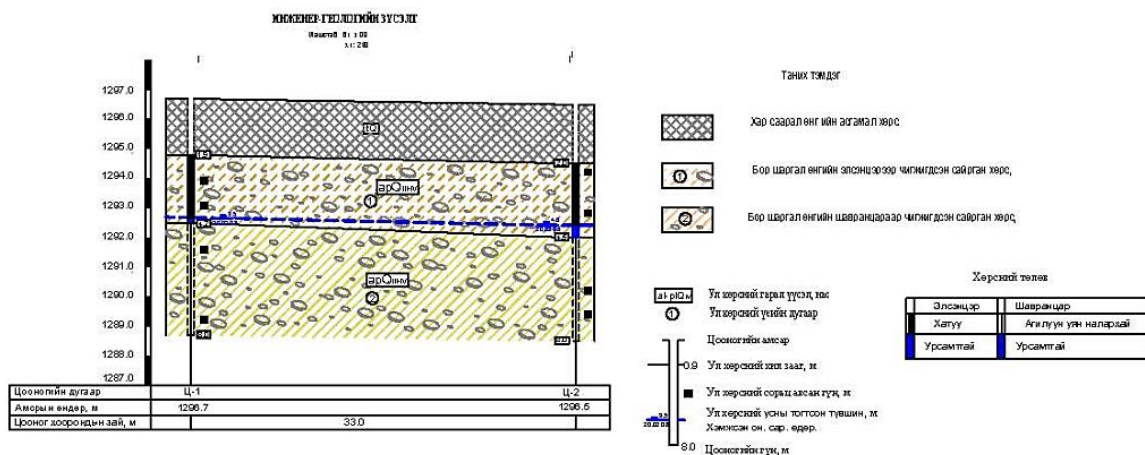
Эрхэм хүндэт уншигч Таны өмнө 1912 онд зураач Жүгдэрийн “Нийслэл хүрээ” хэмээх зураг дэлгээстэй байна (2-р зураг).

Энэхүү 2 дугаар зураг дээр  тэмдэглэгээгээр тухайн үед хуримтлагдсан хог хаягдлыг харуулсан аж. Уг хог хаягдлыг 1920 онд зөөж цэвэрлэсэн байна. Зураач Жүгдэрийн “Нийслэл хүрээ” зураг дээр бидний сумаар зааж харуулсан хог хаягдлын хуримтлалыг “Өндөр дов” хэмээн нэрлэдэг байжээ. Энэ “Өндөр дов”-ын хог хаягдлын хуримтлал үүссэн талбай нь өнөөдрийн манай нийслэл хотын төв талбай болох Сүхбаатарын талбай болно.

Сүхбаатарын талбайд хийсэн бидний инженер геологийн хайгуулын өрөмдлөгөөр үүсгэмэл зөөгдмөл ул хөрс 2.0 м зузаантай байгааг тогтоосон (3-р зураг) [9].



2 дугаар зураг. Нийслэл хүрээ (Зураач: Жүгдэр, 1912 он)



3 дугаар зураг. Сүхбаатарын талбайн инженер геологийн зүсэлт [9]

Монголын нийгмийн амьдралд хамгийн их үүрэг гүйцэтгэсэн, гүйцэтгэж байгаа Улаанбаатар хот 1639 онд үүсэж хөгжлийнхөө 139 жилд 20-иод удаа нүүдэллэн байж, 1778 онд Туул голын хөвөөнд бууснаас хойш өдгөө хүртэл 247 жилийн цаг хугацааг элээж ирэхдээ том хот боллоо. Үүнийг 1912 онд зураач Жүгдэрийн “Нийслэл хүрээ” зургийг (2-р зураг) өнөөгийн Улаанбаатар хот, түүний бүс нутгийн зурагтай харьцуулж харахад маш ойлгомжтой болно. Улаанбаатар хот нь одоо эзэлж байгаа талбайн хэмжээндээ төрөл бүрийн эх үүсвэрээр үүсгэсэн үүсгэмэл ул хөрсөөр хучигдсан дэвсгэр

нутагтай болсон байна гэдгийг дээр дурдсан жишээнээс ойлгож болно. Энэ нь хот, суурин байгуулах хүний үйл ажиллагаа үүсгэмэл ул хөрсийг үүсгэгч том эх сурвалж гэдгийг харуулна.

Мөн уул уурхайн олборлох үйлдвэрүүд ихээхэн хэмжээний үүсгэмэл зөөгдмөл ул хөрсийг үүсгэдэг. Төв аймгийн Заамар сумын нутаг дэвсгэрт 30 гаруй алтны ордыг олборлох 9000 гаруй га талбайд үүсгэмэл зөөгдмөл ул хөрсийг үүсгэсэн [10]. Үүний уршгаар байгалийн хөрсний шим тэжээлийн бодис ихээхэн алдагдсан (2-р хүснэгт) [10].

2 дугаар хүснэгт.

Уул уурхайн үйлдвэрлэлд ашиглагдсан газрын хөрсний шим тэжээлийн бодисын алдагдал

| № | Газрын нэр                           | Эвдэрсэн газар (га) | Гумины бодис (тн) | Азот (тн) | Кали (тн) | Фосфор (тн) |
|---|--------------------------------------|---------------------|-------------------|-----------|-----------|-------------|
| 1 | Туул голын голидрол Нугын хөрс       | 140                 | 60-70             | 0.5-0.7   | 0.20-0.25 | 0.10-0.15   |
| 2 | Ар наймганы хөрс хуулалт хөнгөн шаар | 157.5               | 57                | 0.19      | 0.45      | 0.3         |
| 3 | Заамар                               | 3.87                | 0.14              | 0.03      | 0.85      | 0.11        |

Хүний үйл ажиллагааны үр дүнд үүссэн, үүсэж байгаа үүсгэмэл ул хөрсийг нарийвчлан судлахын тулд түүнийг системчлэн ангилах, зураглах хэрэгтэй. Бид Завхан аймгийн Түдэвтэй сумын нутагт орших Ойгон нуурын ай савын нутаг дэвсгэрт үүссэн үүсгэмэл ул хөрсийг ангилах оролдлогыг 2024 онд хийсэн билээ [11].

Хүний үйл ажиллагааны үр дүнд үүсдэг үүсгэмэл ул хөрсний тархалт нь байгалийн үүсэлтэй ул хөрсний тархалтаас эрс өөр тархалттай байдаг. Энэ нь юугаар илрэх вэ? гэвэл: а) геологийн хүчин зүйлсээс хамааралгүй, эсвэл тун бага хамааралтай байдгаараа, б) бага талбайд, в) алаг цоог энд тэнд тархсан зэрэг онцлогтой. Тодорхой дэвсгэр нутагт өрнөсөн, өрнөж байгаа хүний үйл ажиллагааны төрөл зүйлээр тодорхойлогдон үүсгэмэл ул хөрс хуримтлагддаг.

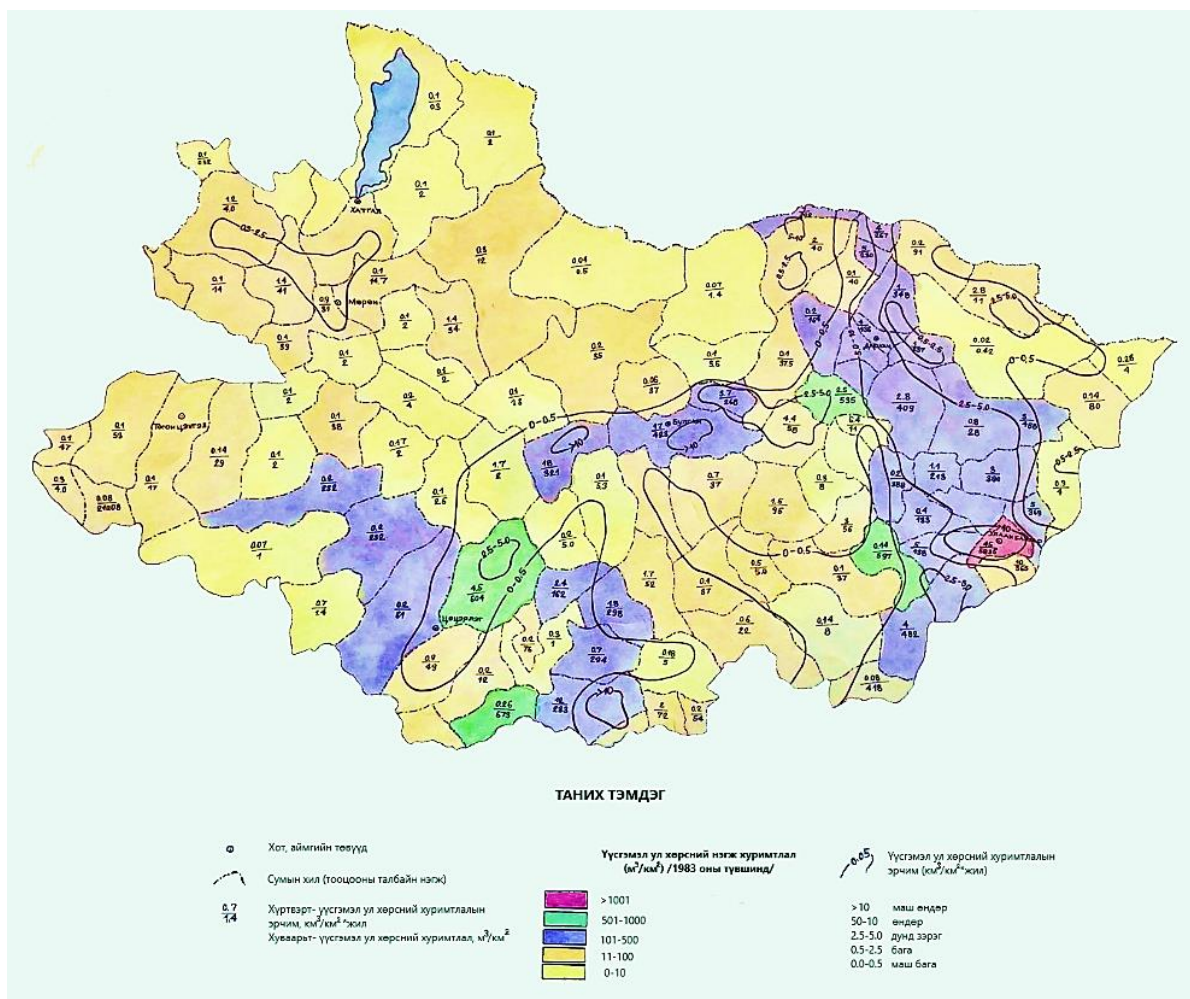
Үүсгэмэл ул хөрсний хуримтлалын зузаан ерөнхийдөө бага, хэдэн м-ээс хэдэн арван м байдаг. Эрдэнэтийн уулын баяжуулах үйлдвэр (УБҮ)-ийн хаягдлын байгууламж 1812.2 га талбай эзэлдэг. Нийт эзлэхүүн 25.6 мянган м<sup>3</sup>, 810 сая тн хаягдал хуримтлагдсан (2017 оны эцсийн мэдээ) [12]. Энэ бол тодорхой талбайд хуримтлуулсан үүсгэмэл хөрс юм. Улаанбаатар хотын дэвсгэр нутгийн хувьд 0.2-2.0 м үүсгэмэл ул хөрсний зузаан голын хөндийд, 4 м зарим хэсэгт, 10 м дарж тэгшилсэн гуу жалгын адагт, түүнээс их, хатуу хог хаягдлын цэгүүдэд 5-15 м хүрдэг. Орон сууцны хорооллуудын талбайн гадарга 0.2-1.5 м зузаан асгамал ул хөрсөөр жигд хучигдсан байдаг [13].

Үүсгэмэл ул хөрсний тархалт, хуримтлалын эрчмийг засаг захиргааны нэгжийн талбайтай харьцуулах үнэлэх аргыг 1975 онд оросын эрдэмтэн М.И.Хазанов боловсруулсан [14].

Н.Батсүх, Д.Пунцагдаш нар 1993 онд Сэлэнгэ мөрний ай савын хэмжээнд үүсгэж байгаа үүсгэмэл ул хөрсний хуримтлагдсан эзлэхүүн, хуримтлалын эрчмийг М.И.Хазановын боловсруулсан аргагүйгээр тооцоолж 1:500000 хураангуйлалтай зургийг зохиосон (4-р зураг) [15].

Үүсгэмэл ул хөрсний тархалтын зургийг жижиг хураангуйлалтайгаар зохиох боломжгүй гэдгийг түүний үүсгэгч эх үүсвэр-хүний үйл ажиллагааны өрнөлөөс харахад ойлгомжтой юм. Харин том, дунд хураангуйлалтайгаар зохиох боломжтой бөгөөд бодитой, үнэмшилтэй мэдээлэл их шаардагдах болно.

Манай Улсын Завхан аймгийн Түдэвтэй сумын нутагт орших 43715.64 км<sup>2</sup> талбайтай Ойгон нуурын ай савд үүсгэсэн ул хөрсний тархалтын зургийг 1:200000 хураангуйлалтай зохиосон (5-р зураг) [16].

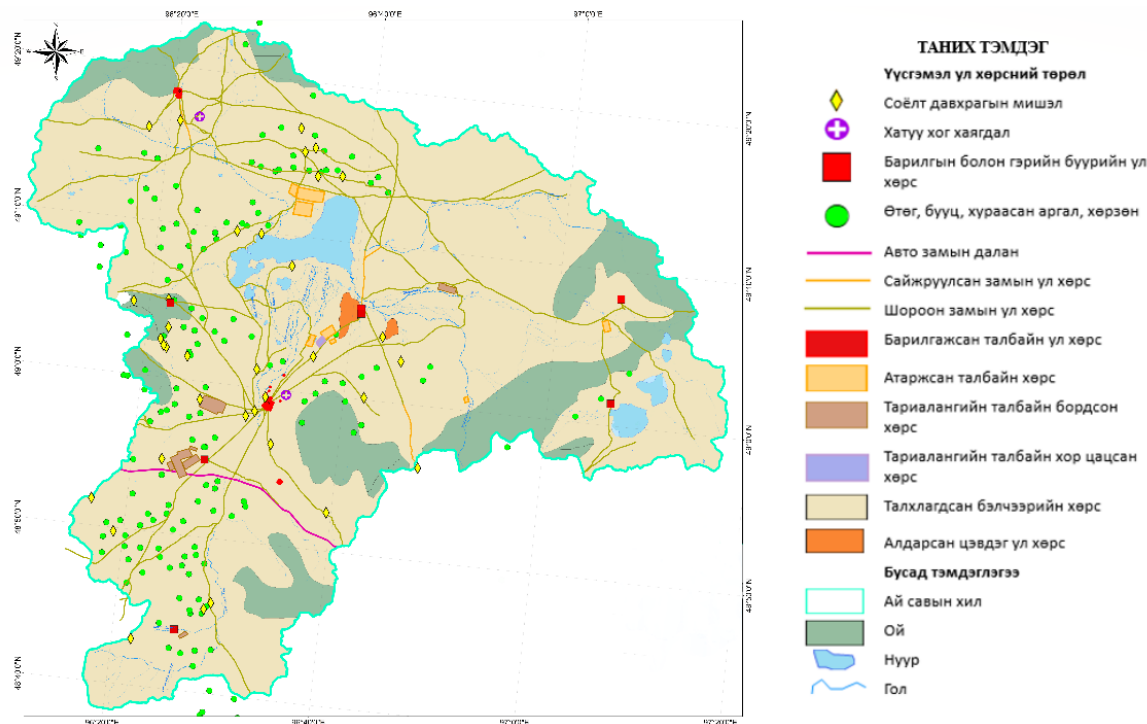


4 дүгээр зураг. Сэлэнгэ мөрний ай савын хэмжээнд (Монгол Улсын хилийн дотор) үүсгэж байгаа үүсгэмэл ул хөрсний хуримтлагдсан эзлэхүүн, хуримтлалын эрчмийн зураг

Энэ зургийг зохиоход шаардлагатай мэдээллийг Landsat 8, Sentinel 2 хиймэл дагуулын зураг, Google Earth-ийн зураг, 30 м нарийвчлалтай Монгол орны ASTRA DEM зураг, Монгол орны 1:100000 хураангуйлалтай байр зүйн зураг, Түдэвтэй, Баянхайрхан сумдын төвийн ерөнхий төлөвлөлтөд зориулсан инженер геологийн судалгааны үр дүнгийн тайлан, дээрх сумдын нийгэм-эдийн засгийн хөгжлийн статистикийн мэдээллүүд болон өөрсдийн биечлэн хийсэн хээрийн судалгааны мэдээлэл, баримтууд гээд олон тооны бодит мэдээллийн эх үүсвэрээс авсан болно.

Уг зургаар Ойгон нуурын ай савд тархсан үүсгэмэл ул хөрсний 4-р шатлал болох үүсгэмэл ул хөрсний төрлийн тархалтыг харуулсан болно.

Энэхүү зураг нь манай орны хувьд анхдагч юм. Иймээс эрдэмтэн судлаачид цаашид улам боловсронгуй болгоно гэдэгт итгэж байна.



5 дугаар зураг. Ойгон нуурын ай сав дахь үүсгэмэл ул хөрсний тархалтын зураг

## ШҮҮН ХЭЛЭЛЦЭХҮЙ

Хүн төрөлхтөн дэлхийгээ бүрэн эзэгнэж, түүний хөгжлийн түүхэнд урьд өмнө байгаагүй цоо шинэ оюунлаг мандлыг буй болголоо. Түүний эрдэслэг суурь нь үүсгэмэл ул хөрс юм. Үүсгэмэл ул хөрсийг шинжлэх ухааны олон салбарууд эрчимтэй судалдаг боллоо. Тухайлбал археологийн шинжлэх ухаан соёлт давхаргыг, хөрс судлалын шинжлэх ухаан бэлчээрийн болон газар тариалангийн хөрсийг, инженер геологи, геоэкологийн шинжлэх ухаан нь үүсгэмэл бүх л ул хөрсийг судалж байна. Манай оронд үүсгэмэл ул хөрсний судалгаа хомсхон байна гэхэд хилсдэхгүй. Ялангуяа үүсгэмэл ул хөрсний ангилал, зураглал, үнэлгээний талаар хийсэн судалгаа бараг алга.

Үүсгэмэл ул хөрсний стандарт ч байхгүй. Оросын Холбооны Улсад үүсгэмэл ул хөрсний маш нарийн боловсруулсан стандартыг [17] манай улсад мөрдөж байгаа ул хөрсний стандартад [18] байгаа үүсгэмэл ул хөрсний ангиллыг харьцуулаад үзэхэд ойлгомжтой. Сүүлийн жилүүдэд Эрдэнэт, Улаанбаатар, Дархан зэрэг аж үйлдвэр, газар тариалан эрчимтэй хөгжиж байгаа, хүн амын бөөгнөрөл ихтэй бүс нутгийн геоэкологийн сэдэвчилсэн судалгааны төслүүдийг хэрэгжүүлсэн боловч үүсгэмэл ул хөрсний талаар дорвитой судалгааг хийсэнгүй, төслийн геологийн даалгаварт энэ талаар тодорхой тусгасан зүйлгүй байлаа. Энэ нь манай улсад инженер геологи, геоэкологийн судалгаа хийдэг шинжлэх ухааны ямар нэг нэгж байхгүй, мөн инженер геологи, геоэкологийн судалгаа нь төрийн хоёр яаманд хуваагдан харьяалагдаж байгаа зэрэгтэй холбоотой юм. Энэ чиглэлээр ажилладаг эрдэмтэн судлаачид байхгүй боллоо.

## ДҮГНЭЛТ

1. Бид эх нутагтаа оюунлаг мандлыг эрчимтэй үүсгэн байгуулж байна. Иймээс үүсгэмэл ул хөрс их талбайд янз бүрийн зузаан, бүтэц, найрлагатай үүсэж, хуримтлагдаж ирлээ.
2. Инженер геологийн ялангуяа геоэкологийн судалгаанд үүсгэмэл ул хөрсийг бид зөвхөн барилга, байгууламжийн буурь, материал, орчин гэж үзэхгүй, өргөн хүрээнд, оюунлаг мандлын эрдэслэг суурь хэмээн судлах шаардлагатай боллоо.
3. Инженер геологи, геоэкологийн эрдэм шинжилгээний нэгж байгуулж оюунлаг мандлын геологийн судалгааг эрчимжүүлж судлаач эрдэмтдийг бэлтгэх цаг болжээ.

## ТАЛАРХАЛ

Энэхүү өгүүллийг тэрлэхэд гүн дэмжлэг үзүүлсэн ШУА-ын Газарзүй-геоэкологийн хүрээлэнгийн Усны нөөц, ус ашиглалтын салбарын эрдэм шинжилгээний дэд ажилтан З.Бямбасүрэн, эрдэм шинжилгээний дадлагажигч ажилтан Б.Бямбасүрэн нартаа гүн талархал илэрхийлж сайн сайхныг хүсье.

## НОМ ЗҮЙ

1. Вигасин А.А., Годер Г.И., Свенцицкая И.С. История древнего мира. М., “Просвещение”, 2011, 287 с
2. Ювали Ной Харари. Хүн төрөлхтний товч түүх. Монсдура, 2017, 516 тал
3. Вернадский В.И. Ноосферийн тухай хэдэн үг. “Геологи” сэтгүүл. №8, Улаанбаатар, 2003. Оруулсан Н.Батсүх, С.Гангантогос. тал 215-224
4. Юваль Ной Харари. Homo Deus. Маргаашийн товч түүх. Монсудар. 2019, 428 тал
5. Батсүх Н., Энхмандах М., Сийлэгмаа Б. Оюунлаг мандалын геологи. Геологи сэтгүүл. №38. 2023, тал 169-179
6. Сийлэгмаа Б. Хамгаалсан бэлчээрийн хөрсний физик, химийн чанарын судалгааны үр дүнгээс. Монгол орны гидрогеологи, инженер геологи, геоэкологийн асуудлууд. Дугаар 32. Улаанбаатар, 2024, тал 173-188
7. Дамбадаржаа Н., Буянбаатар А., Сэр-Од Б., Мөнх-Уянга З. Тариалангийн талбайн хөрсний элэгдэлтийг тооцож, зурагласан судалгааны ажлын үр дүнгээс. ХААИС. Газрын харилцаа сэтгүүл, 2021, тал 101-108
8. Батсүх Н., Бейбетхан Д., Чулуунцэцэг С., Доржсүрэн Д. Хог хаягдлын хуримтлал геологи орчинд нөлөөлөх тухай. ТИС-ийн эрдэм шинжилгээний бичиг. № 14, 1992, тал 112-123
9. Сайнсанаа И., Жанжин Д. Сүхбаатарын хөшөөг хүрэл болгохтой холбогдуулан хийсэн инженер геологийн дүгнэлт. “Инженер геодези” ХХК. 2008, 15 тал
10. Эрдэнэцогт Н., Эрдэнэжав Г., Байгалмаа Р. Байгаль орчинд уул уурхайн үйлдвэрийн үзүүлэх сөрөг нөлөөлөл. Улаанбаатар, 2011, 156 тал
11. Энхмандах М., Батсүх Н. Ойгон нуурын ай сав дахь үүсгэмэл ул хөрс. Монгол орны гидрогеологи, инженер геологи, геоэкологийн асуудлууд. Дугаар 29. Улаанбаатар, 2021, тал 209-214
12. Монгол орны байгаль орчны төлөв байдлын тайлан, 2016-2017 он. БОАЖЯ, Улаанбаатар, 2018
13. Бээжинхүү Т. Улаанбаатар хотын бүс нутгийн инженер геологийн нөхцөл, Улаанбаатар, 2015, 136 тал
14. Хазанов М.И. Искусственные грунты, их образование и свойства. М., Наука. 1975, 135с

15. Батсүх Н., Пунцагдаш Д. Сэлэнгэ мөрний ай савын техноген ул хөрсний тархалтын онцлог. “Монгол орны гидрогеологи, инженер геологи, геоэкологийн асуудлууд” эрдэм шинжилгээний хурлын илтгэлүүдийн товчлол. Улаанбаатар. 1993, тал 52-53
16. Энхмандах М., Батсүх Н. Ойгон нуурын ай сав дахь үүсгэмэл ул хөрс. Монгол орны гидрогеологи, инженер геологи, геоэкологийн асуудлууд. Дугаар 29. Улаанбаатар. 2021, тал 209-214
17. Афонин А.Д., Дудлер И.В., Зиангарв Р.С и др. Классификация техногенных грунтов. Инженерная геология. №1. 1990, с.115-121
18. Монгол Улсын стандарт. Ул хөрсний ангилал. MNS 3263:2014. Стандартчилал хэмжилзүйн газар. Улаанбаатар, 2014

# НЕФТЬ ДАМЖУУЛАХ ХООЛОЙН ЭХЛЭХ ЦЭГ, 1-Р ӨРГӨХ СТАНЦЫН ТАЛБАЙН ИНЖЕНЕР ГЕОЛОГИЙН НӨХЦӨЛ

Б.Сийлэгмаа<sup>1\*</sup>, О.Хосбаяр<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ШУТИС, ГУУС, Гидрогеологи, инженер геологийн тэнхим

<sup>2</sup>“Геосурвэй” ХХК

(\*Холбоо барих зохиогч: [siileg\\_hydro@must.edu.mn](mailto:siileg_hydro@must.edu.mn))

## ХУРААНГУЙ

Нефть дамжуулах хоолойн эхлэх цэг, өргөх 1-р станцын талбайн инженер геологийн нөхцөлийн дэлгэрэнгүй үнэлгээг анх удаа хийсэн үр дүнг толилуулж болно.

**Түлхүүр үг:** Инженер геологийн элемент, Нэгдсэн үзүүлэлт, Физик-механик шинж чанар

## ОРШИЛ

Монгол Улсын эрчим хүчний аюулгүй байдалд ач холбогдол бүхий Газрын тос боловсруулах үйлдвэртэй болохоор шийдвэрлэсэн нь түүхэнд тэмдэглэгдэх үйл явдал юм. Нефть боловсруулах үйлдвэр ашиглалтад орсноор жилдээ 1.5 сая тонн түүхий газрын тос боловсруулж, дотоодын газрын тосны хэрэглээний 55 орчим хувийг хангах боломжтой бөгөөд үүгээр зогсохгүй гадаад худалдааны алдагдал нэг тэрбум орчим ам.доллараар буурч, шатахууны үнэ импортын шатахуунаас 15-20 хувиар хямдарна гэсэн тооцоололтой байна. Дорнод аймгийн Матадаас Дорноговь аймгийн Алтанширээд буюу Сайншандад байгуулагдах үйлдвэрт боловсруулах газрын тосыг тээвэрлэх дамжуулах 530 км хоолойг барьж байгуулна [5]. “Нефть боловсруулах үйлдвэр”-ийн нефть дамжуулах хоолойн эхлэх цэг, 1-р өргөх станцын талбайн инженерийн геологийн нөхцөлийг судлах нь энэхүү ажлын зорилго оршино.

## Судалгаа хийсэн газрын байгаль, уур амьсгалын онцлог

Дорнод аймгийн Матад сумын төвөөс зүүн тийш 70 км-т орших Шавар хурын тойрмын урд, нефть дамжуулах хоолойн эхлэх цэг, Баруун түнтгэр уулын хойно 1-р өргөх станц тус тус оршино.

Судалгааны талбай Монгол орны барилгын төлөвлөлтөд зориулсан уур амьсгалын бүсчлэлээр эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай. Талбайн цаг уурын үзүүлэлтүүдийг “Барилгад хэрэглэх уур амьсгал ба геофизикийн үзүүлэлт (БНБД 23-01-09) [1] болон Дорнод аймгийн Матад сумын цаг уурын станцын мэдээний үзүүлэлтүүдээр 1-9-р хүснэгтүүдэд үзүүлэв.

Жилийн ба сарын дундаж агаарын температур °C

1 дүгээр хүснэгт

| Станц | I     | II   | III  | IV  | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X   | XI   | XII   | Жил |
|-------|-------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|-------|-----|
| Матад | -19.0 | -4.4 | -7.2 | 3.2 | 11.5 | 17.5 | 20.3 | 18.2 | 11.2 | 2.0 | -9.0 | -16.1 | 1.5 |

Гадна агаарын үнэмлэхүй хамгийн их температур, °C

2 дугаар хүснэгт

| Цаг уурын станц | Хамгийн их агаарын температур | Ажиглагдсан огноо | VII сарын үнэмлэхүй ихийн дундаж |
|-----------------|-------------------------------|-------------------|----------------------------------|
| Матад           | 40.4                          | 1999.VII.26       | 34.5                             |

Гадна агаарын үнэмлэхүй хамгийн бага температур, °C

3 дугаар хүснэгт

| Цаг уурын станц | Хамгийн бага агаарын температур | Ажиглагдсан Огноо | 1 сарын хамгийн багийн дундаж температур |
|-----------------|---------------------------------|-------------------|--|
| Матад           | -36.8                           | 1990.I.28         | -32.7                                    |

Агаарын чийгшил ба хур тунадас

4 дүгээр хүснэгт

| Станц | Хоногийн хамгийн дулаан цагийн харьцангуй чийгшил |            | Хур тунадас |           |                     |               |
|-------|---|------------|-------------|-----------|---------------------|---------------|
|       | Халуун сар  | Хүйтэн сар | Жил         | Дулаан үе | Хоногийн хамгийн их | Он, сар, өдөр |
| Матад | 45  | 66         | 240.4       | 224.5     | 76.2                | 1988.VIII.07  |

Жил, сарын дундаж салхины хурд, м/с

5 дугаар хүснэгт

| Станц | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | өвөл | Жил |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| Матад | 4.3 | 3.9 | 4.3 | 5.2 | 4.8 | 3.7 | 3.2 | 3.1  | 3.9 | 4.0 | 4.3 | 4.3 | 4.2  | 4.1 |

Аянга, дуу цахилгаан

6 дугаар хүснэгт

| Муж          | Аянга дуу цахилгаантай |                       |                    | Нэг аянга  |  | 1 км <sup>2</sup> талбайд ниргэх тоо |
|--------------|------------------------|-----------------------|--------------------|------------|--|--------------------------------------|
|              | Өдөр                   | Дундаж үргэлжлэх, цаг | Хамгийн удаан, цаг | минут      |  |                                      |
| Дорнод аймаг |                        |                       |                    |            |  |                                      |
| II           | 22-36/29/              | 43-50/46/             | 56-100             | 83-121/94/ |  | 5-6                                  |

Нойтон цас, цан, мөстлөг субилмацийн үзэгдлийн давтагдал, ачаалал

7 дугаар хүснэгт

| Муж | Нойтон цастай |                | Цантай     |                | Мөстлөгийн |                |                      |        |
|-----|---------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|----------------------|--------|
|     | Өдрийн тоо    | Үргэлжлэх, цаг | Өдрийн тоо | Үргэлжлэх, цаг | Өдрийн тоо | Үргэлжлэх/цаг/ | Зузаан, /ачаалал/ мм |        |
|     |               |                |            |                |            |                | 10 жилд              | 5 жилд |
| III | 1-5           | 2-3            | 1-5        | 6-14           | 1-2        | 1-3            | 10                   | 5      |
| IV  | 1             | 1-2            | 1          | 8-10           | 1-2        | 1-3            | 5                    | <5     |

Газрын гадарга дээрх цасны ачааллын муж

8 дугаар хүснэгт

| Муж | Цасан бүрхүүлийн нормчилсон ачаалал, кг/м <sup>2</sup> , /гПа/ |
|-----|--|
| II  | 50/0.5/  |
| III | 30/0.3/  |

Улирлын хөлдөлтийн норматив гүн, м

9 дүгээр хүснэгт

| №  | Ул хөрсний нэр                         | Хам байдал   | Улирлын хөлдөлтийн гүн, м |
|--|--|--------------|---------------------------|
| Эхлэх цэг (Initial station)                          |  |              |                           |
| Нуур-пролювийн гаралтай геологи-гарал үүслийн нэгдэл |  |              |                           |
| 1  | Хайрга агуулсан шавархаг элс           | Хатуу        | 2.27                      |
| 2  | Хайрга агуулсан жигд бус ширхэгтэй элс | Бага чийгтэй | 2.76                      |

|  |                                    |              |      |
|--|------------------------------------|--------------|------|
| 3  | Элс агуулсан шаварлаг хайрга       | Хатуу        | 3.24 |
| 4  | Хайрга агуулсан жигд ширхэгтэй элс | Бага чийгтэй | 3.24 |
| Өргөх станц-1 (IHPS-1)                               |                                    |              |      |
| Нуур-пролювийн гаралтай геологи-гарал үүслийн нэгдэл |                                    |              |      |
| 1  | Элс агуулсан тоосорхог хайрга      | хатуу        | 3.24 |
| 2  | Хайрга агуулсан шаварлаг элс       | хатуу        | 2.27 |
| 3  | Хайрга агуулсан жигд ширхэгтэй элс | Бага чийгтэй | 3.24 |

Нефть дамжуулах хоолой тавих зурвасын геоморфологийн хэв шинжийн хувьд, ерөнхийдөө намхан уулс, ухаа гүвээ, дов толгодын хажуу, бэл хормойн хурдас чулуулгийн зөөгдөл- хуримтлалын гадаргуу байх ба зарим нэг хэсгээр нам уул, жижиг толгодын оройн элэгдэл хуримтлалын гадаргуу тааралдана. Өндрийн хувьд эхлэх цэг 633-635м-т, өргөх станц-1 964-967м-т оршино.

Судалгааны талбайн геологийн тогтцын хувьд эхлэх цэг орчимд Плейстоцен-Голоцены настай, нуур-пролювийн гаралтай (pQ<sub>1-2</sub>) элсэн болон шаварлаг хурдаснууд Плиоцены настай хүрэм, андезит-хүрэм, трахит-хүрэм, улаан, хааяа саарал өнгийн шавар, алеврит, хайргажин, элс, мергель, элсэн чулуу, гравелитын зузаалгыг хучиж тогтсон. Өргөх станц-1 орчимд Плейстоцен-Голоцены настай, нуур-пролювийн гаралтай (pQ<sub>1-2</sub>) элсэн болон шаварлаг хурдаснууд ангилаагүй хурдас, шаварлаг занар, элсэн чулуу, бөсөл-элсэн чулуу, алевролит, ховроор хас суурилаг ба дундлаг найрлагатай эффузив, тэдгээрийн бөсөл, шохойн чулуу хучиж тогтсон.

## СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГАЗҮЙ

Нефть дамжуулах хоолойн эхлэх цэг, 1-р өргөх станц барих талбайн хэмжээнд манай улсад мөрдөж байгаа стандартын дагуу инженер хайгуулын өрөмдлөг, сорьцлолт, туршилт, лабораторийн шинжилгээг хийж [2, 3] мэдээллийг мөн мөрдөж байгаа стандартууд [4] баримтлан боловсруулалт хийсэн болно.

## СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ҮР ДҮН

УГВ-1ВС, ПБУ-1 өрмөөр 168-110 мм-н диаметртэй хуурай, эргэлтэт өрөмдлөгийн аргачлалаар ул хөрсний шинж чанарыг алдагдуулахгүйгээр 10.0-20.0 м хүртэл өрөмдөн сорьцлолт гүйцэтгэв.

Судалгааны талбайд тархсан ул хөрсний физик механик шинж чанарыг ШУТИС-ийн ГУУС-ийн Грунтын механикийн лабораторид ASTM D2487 стандартын дагуу тодорхойлсон.

Төслийн нийт талбайд ул хөрсний бат бэхийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох зорилгоор Стандарт пенетрацийн туршилтыг 18 удаа хийлээ. Стандарт пенетрацийн туршилтыг конусан үзүүрийг хөрсөнд шигтгэхийн тулд 1.0-3.0 м -ийн алгасалттайгаар 0.7 м-ийн өндрөөс 63.5 кг жинтэй алхыг чөлөөт уналтаар унагаж туршсан (1-р зураг).



1 дүгээр зураг. Талбайн стандарт пенетрацийн туршилт

Судалгааны талбайд тархсан ул хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцлийг зорилгоор **ElricPro** багажаар 0.01Ohm.m-1.0hmm.m хүртэл нарийвчлалтай, 1.0-4.0м-ийн алгасалттайгаар нийт 11 хэсэгт газрын гадаргууд гадсан туршилт, ул хөрс ба зөөлөн чулуулгийн дулаан дамжуулалт, дулаан эсэргүүцэх чадварыг тодорхойлох 3.0 м гүнтэй 5 шурфэнд дулаан дамжуулах чадварын туршилтыг 25 удаа, TLS/transient Line Source/-100 маркийн багажаар тодорхой гүнд ASTM D5334 стандартын дагуу 50-100 мм-ын урттай зүү мэдрэгчээр 2-5%-ийн нарийвчлалтайгаар хэмжилтийг гүйцэтгэсэн (2-р зураг).

Инженер-геологийн судалгаагаар илэрсэн ул хөрс чулуулгуудын нас, гарал үүсэл, ул хөрсний төрөл, шинж чанараас нь хамааруулан лабораторид тодорхойлсон үр дүнгийн нэгдсэн үзүүлэлтүүдийг ижил төстэй байдлаар нь талбай тус бүрээр инженер геологийн элемент болгон ангилж статистик боловсруулалт хийж 10-р хүснэгтэд нэгтгэн үзүүллээ.

### Инженер геологийн элементийн ангилал

10 дугаар хүснэгт

| №  | Ул хөрсний нэр                         | Хам байдал   | Симбол | ИГЭ-ийн дугаар |
|--|--|--------------|--------|----------------|
| <b>Эхлэх цэг</b>                                     |  |              |        |                |
| Нуур-пролювийн гаралтай геологи-гарал үүслийн нэгдэл |  |              |        |                |
| 1  | Хайрга агуулсан шавархаг элс           | Хатуу        | SC     | ИГЭ-1          |
| 2  | Хайрга агуулсан жигд бус ширхэгтэй элс | Бага чийгтэй | SP     | ИГЭ-2          |
| 3  | Элс агуулсан шавархаг хайрга           | Хатуу        | GC     | ИГЭ-3          |
| 4  | Хайрга агуулсан жигд ширхэгтэй элс     | Бага чийгтэй | SW     | ИГЭ-4          |
| <b>Өргөх станц-1</b>                                 |  |              |        |                |
| Нуур-пролювийн гаралтай геологи-гарал үүслийн нэгдэл |  |              |        |                |
| 6  | Элс агуулсан тоосорхог хайрга          | хатуу        | GC     | ИГЭ-1          |
| 7  | Хайрга агуулсан шавархаг элс           | хатуу        | GC     | ИГЭ-2          |
| 8  | Хайрга агуулсан жигд бус ширхэгтэй элс | Бага чийгтэй | SW     | ИГЭ-3          |



2 дугаар зураг. Судалгааны талбайн ул хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл, дулаан дамжуулах чадварын туршилт

Судалгааны талбайд тархсан ул хөрс, чулуулгийн инженер-геологийн элементүүдийг физик-механик шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг 11-р хүснэгтэд нэгтгэн үзүүлэв. Ул хөрсний нэг тэнхлэгийн хам шахалтын /консолдаци/ туршилтыг шавар хөрсөн дээр хийсэн. Лабораторийн нөхцөлд тодорхойлсон хэв гажилтын модулийг тооцооны утагд хөрвүүлэн сүвшлийн коэффициентоос хамааруулан бодож тооцов (12-р хүснэгт). Ул хөрсний шилжээсийн эсэргүүцлийн туршилтыг шавар хөрсөнд хийж лабораторид барьцалдалтын хүч, дотоод үрэлтийн өнцөг тодорхойлов (13-р хүснэгт).

Ул хөрсний хэв гажилтын модуль

12 дугаар хүснэгт

| Ул хөрсний нэр                   | Хуурай үеийн хэв гажилтын модуль, Е, мПа | Норголттой үеийн хэв гажилтын модуль, Е, мПа |
|----------------------------------|--|--|
| Хайрга агуулсан шаварлаг элс-SC  | 17.31                                    | 27.48  |
| Элс агуулсан тоосорхог хайрга-GC | 21.27                                    | 26.15  |

Ул хөрсний дотоод үрэлтийн өнцөг

13 дугаар хүснэгт

| Ул хөрсний нэр                   | Дотоод үрэлтийн өнцөг $\varphi$ | Зууралтын хүч $\text{kg/cm}^2$ |
|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Хайрга агуулсан шаварлаг элс-SC  | 13                              | 0.15                           |
| Элс агуулсан тоосорхог хайрга-GC | 11                              | 0.14                           |

Тухайн талбайн инженер геологийн элементүүдэд харгалзах Стандарт пенетрацийн туршилтын үр дүнг дараах хүснэгтэд үзүүлээ (14-р хүснэгт).

Стандарт пенетрацийн туршилт

14 дүгээр хүснэгт

| Инженер геологийн элемент | Нягтын үзүүлэлт | Дундаж утга $(N_1)_{60}$ | Хөрсний нэр                            |
|---------------------------|-----------------|--------------------------|--|
| Эхлэх цэг                 |                 |                          |  |
| ИГЭ-1                     | нягт            | 38                       | Хайрга агуулсан шавархаг элс           |
| ИГЭ-2                     | хатуу           | 25                       | Хайрга агуулсан жигд бус ширхэгтэй элс |
| ИГЭ-3                     | нягт            | 45                       | Элс агуулсан шавархаг хайрга           |
| ИГЭ-4                     | Маш нягт        | 50                       | Хайрга агуулсан жигд ширхэгтэй элс     |
| Өргөх станц-1             |                 |                          |  |
| ИГЭ-1                     | нягт            | 42                       | Элс агуулсан тоосорхог хайрга          |
| ИГЭ-2                     | хатуу           | 22                       | Хайрга агуулсан шавархаг элс           |
| ИГЭ-3                     | Маш нягт        | 50                       | Хайрга агуулсан жигд ширхэгтэй элс     |

Талбайн хэмжээнд хийгдсэн стандарт пенетрацийн туршилтын үр дүнгээс үзэхэд ИГЭ бүрд харилцан адилгүй үр дүн гарсан байна. Энэ нь талбайн хэмжээнд тархсан ул хөрс лабораторийн туршилтын үр дүнгээр инженер геологийн нэг элемент болон ангилагдсан ч тухайн ул хөрсний тогтоц бодит байдал дээр сийрэг тогтоцтой эсвэл нягт орших бөгөөд тодорхой зүй тогтолгүй байна. Эдгээр үр дүнгээс элемент тус бүр дээр гарсан үр дүнгийн дундаж утгаар цаашдын тооцоонд ашиглах хэрэгтэй.

Ул хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцлийн туршилтыг шурф малталтын явцад илэрсэн ул хөрсөнд Вез.веннер туршилтын үр дүнгээр талбай тус бүр дээр тодорхойлон дараах хүснэгтэд үзүүлээ (15-р хүснэгт).

Ул хөрсний физик үзүүлэлтүүд

11 дүгээр хүснэгт

| №                     | ИГЭ-ийн дугаар | Ул хөрсний нэр                         |      |            | Ширхгийн бүрэлдэхүүн, % хайрга (сайрга) |                                      |                          | Ширхгийн бүрэлдэхүүн, % хайрга (сайрга) | Тоос/шавар | Уян налархайн үзүүлэлт | Нягт                         |                        |                               | Сүвшил, $n$ | Сүвшлийн коэффициент, $e$ | Чийглэгийн зэрэг, $S_r$ | Урсамттайн үзүүлэлт, $I_r$ |
|-----------------------|----------------|--|------|------------|---|--------------------------------------|--------------------------|---|------------|------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|
|                       |                | Хайрга                                 | Элс  | Тоос/шавар | Урсгалтын хязгаар дахь чийг, $W_L$      | Имрэглэгийн хязгаар дахь чийг, $W_p$ | Уян налархайн тоо, $I_p$ |   |            |                        | Хатуу хэсгийн нягт, $\rho_s$ | Байгалийн нягт, $\rho$ | Эрдэст хэсгийн нягт, $\rho_d$ |             |                           |                         |                            |
| Эхлэх цэг             |                |  |      |            |   |                                      |                          |   |            |                        |                              |                        |                               |             |                           |                         |                            |
| 1                     | ИГЭ-1          | Хайрга агуулсан шавархаг элс           | 21.1 | 18.4       | 16.9                                    | 13.7                                 | 32.8                     | 22.1                                    | 10.7       | 2.72                   | 1.89                         | 1.67                   | 38.86                         | 0.640       | 0.59                      | -0.78                   |                            |
| 2                     | ИГЭ-2          | Хайрга агуулсан жигд бус ширхэгтэй элс | 0.5  | 90.4       | 9.1                                     | 8.7                                  |                          |   |            | 2.66                   | 1.73                         | 1.59                   | 40.30                         | 0.680       | 0.33                      |                         |                            |
| 3                     | ИГЭ-3          | Элс агуулсан шаварлаг хайрга           | 54.3 | 20.1       | 25.7                                    | 13.5                                 | 32.2                     | 23.3                                    | 9.2        | 2.76                   | 2.20                         | 1.94                   | 29.11                         | 0.412       | 0.89                      | -1.05                   |                            |
| 4                     | ИГЭ-4          | Хайрга агуулсан жигд ширхэгтэй элс     | 53.3 | 42.6       | 4.1                                     | 3.8                                  |                          |   |            | 2.67                   | 2.21                         | 2.13                   | 20.28                         | 0.255       | 0.40                      |                         |                            |
| Өргөх станц-1 /HPS-1/ |                |  |      |            |   |                                      |                          |   |            |                        |                              |                        |                               |             |                           |                         |                            |
| 5                     | ИГЭ-1          | Элс агуулсан тоосорхог хайрга          | 56.3 | 20.4       | 23.3                                    | 13.0                                 | 32.4                     | 22.3                                    | 10.2       | 2.74                   | 2.22                         | 1.97                   | 28.20                         | 0.393       | 0.91                      | -0.96                   |                            |
| 6                     | ИГЭ-2          | Хайрга агуулсан шавархаг элс           | 24.0 | 43.2       | 32.8                                    | 15.3                                 | 34.3                     | 22.4                                    | 11.9       | 27.40                  | 1.93                         | 1.67                   | 38.91                         | 0.637       | 0.66                      | -0.60                   |                            |
| 7                     | ИГЭ-3          | Хайрга агуулсан жигд ширхэгтэй элс     | 65.4 | 30.8       | 3.8                                     | 3.9                                  |                          |   |            | 2.68                   | 2.22                         | 2.14                   | 20.05                         | 0.250       | 0.42                      |                         |                            |

Ул хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцлийн утга

15 дугаар хүснэгт

| Байршил              |          |           | Хоорондох зай (m) | (Вэз веннер)      |                            | Ул хөрсний нэр                                |
|----------------------|----------|-----------|-------------------|-------------------|----------------------------|---|
|                      |          |           |                   | Эсэргүүцэл (Ohms) | Хөрсний эсэргүүцэл (Ohm-m) |   |
| <b>Эхлэх цэг</b>     |          |           |                   |                   |                            |   |
| TP-2                 | 440154   | 5200340.2 | 1                 |                   | 54.16                      | <b>Хайрга агуулсан жигд бус ширхэгтэй элс</b> |
| Zone 50              |          |           | 2                 |                   | 46.22                      |   |
|                      |          |           | 3                 |                   | 49.91                      |   |
|                      |          |           | 4                 |                   | 58.1                       |   |
| TP-1                 | 440342.9 | 5200398.1 | 1                 |                   | 10.38                      | <b>Хайрга агуулсан шавархаг элс</b>           |
| Zone 50              |          |           | 2                 |                   | 13.11                      |   |
|                      |          |           | 3                 |                   | 16.27                      | <b>Хайрга агуулсан жигд бус ширхэгтэй элс</b> |
|                      |          |           | 4                 |                   | 21.9                       |   |
| <b>Өргөх станц-1</b> |          |           |                   |                   |                            |   |
| TP_4                 | 354511.2 | 5194196   | 1                 |                   | 174.3                      | <b>Элс агуулсан шавархаг хайрга</b>           |
| Zone 50              |          |           | 2                 |                   | 400.57                     |   |
|                      |          |           | 3                 |                   | 438.82                     |   |
|                      |          |           | 4                 |                   | 459.94                     |   |
| TP-3                 | 354660.1 | 5194225.6 | 1                 |                   | 76.1                       | <b>Хайрга агуулсан жигд ширхэгтэй элс</b>     |
| Zone 50              |          |           | 2                 |                   | 88.25                      |   |
|                      |          |           | 3                 |                   | 113.67                     | <b>Элс агуулсан шавархаг хайрга</b>           |
|                      |          |           | 4                 |                   | 117.23                     |   |

Талбайн хэмжээнд хийгдсэн ул хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцлийн үр дүнгээс үзэхэд талбайн байршил, гарал үүсэл, хөрсний шинж чанар, геологийн тогтцоос нь шалтгаалан ИГЭ бүрд харилцан адилгүй үр дүн гарсан ба элемент бүрийн харилцан уялдаа хамаарал бүхий зүйл ажиглагдахгүй байна. Туршилтын үр дүнд гарсан цахилгаан эсэргүүцлийн хэмжилтийг элемент бүр дээр, талбай бүрд цаашдын тооцоонд ашиглахдаа нэг бүрчлэн тооцвол зохистой.

Ул хөрсний дулаан дамжуулах чадварын туршилтыг шурф малталтын явцад илэрсэн ул хөрсөнд TLS-100 багажаар хийсэн туршилтын үр дүнгээр талбай тус бүр дээр тодорхойлон 16-р хүснэгтэд үзүүллээ.

## 16 дугаар хүснэгт

| Багажийн төрөл | Шурфны дугаар | $\lambda$ (W/mK) | R (mK/W) | Ул хөрсний нэр                  | #   |   |
|----------------|---------------|------------------|----------|---------------------------------|---|---|
| Эхлэх цэг      |               |                  |          |                                 |   |   |
| TLS50          | TP-1-2        | 0.102            | 11.730   | Хайрга агуулсан шавархаг элс-SC | 1   |   |
| TLS50          | TP-1-3        | 0.109            | 9.578    |                                 | 2   |   |
| TLS50          | TP-2-2        | 0.098            | 10.222   |                                 | Хайрга агуулсан жигд бус ширхэгтэй элс-SP | 3 |
| TLS50          | TP-2-3        | 0.087            | 11.718   |                                 |   | 4 |
| TLS50          | TP-2-4        | 0.093            | 11.502   |                                 |   | 5 |
| Өргөх станц-1  |               |                  |          |                                 |   |   |
| TLS50          | TP-3-2        | 0.178            | 5.688    | Элс агуулсан шаварлаг хайрга-GC | 1   |   |
| TLS50          | TP-3-3        | 0.087            | 11.862   |                                 | 2   |   |
| TLS50          | TP-4-2        | 0.214            | 4.843    |                                 | 3   |   |
| TLS50          | TP-4-3        | 0.137            | 7.764    |                                 | 4   |   |

Плейстоцены настай, нуур пролювийн гаралтай ( $lpQ_{1-2}$ ) сэвсгэр хурдас газар доорх ус агуулсан бөгөөд цооногуудад газрын доорх ус илэрсэн, тогтсон түвшин, усны сорьц авсан гүн зэргийг дараах хүснэгтэд үзүүлэв (17-р зураг).

## Газар доорх усны мэдээлэл

## 17 дугаар хүснэгт

| №         | Цооногийн дугаар | Илэрсэн гүн, м | Тогтсон түвшин, м | Сорьц авсан гүн, м |
|-----------|------------------|----------------|-------------------|--------------------|
| Эхлэх цэг |                  |                |                   |                    |
| 1         | ВН-1-1           | 11.0           | 9.0               |                    |
| 2         | ВН-1-2           | 11.5           | 10.0              |                    |
| 3         | ВН-1-3           | 13.7           | 11.5              |                    |
| 4         | ВН-1-9           | 11.8           | 10.1              | 13.7               |
| 5         | ВН-1-10          | 11.2           | 10.0              | 13.7               |
| 6         | ВН-1-11          | 12.0           | 10.5              | 13.7               |
| 7         | ВН-1-16          | 12.5           | 10.1              |                    |
| 8         | ВН-1-17          | 12.5           | 10.1              |                    |
| 9         | ВН-1-18          | 13.8           | 12.1              |                    |
| 10        | ВН-1-19          | 14.5           | 12.5              | 13.7               |

Ул хөрсний усны химийн найрлагыг Курловын томъёогоор үзүүлбэл:

$$\text{ВН-1-9 цооногт } 13.7 \text{ м гүнд; } M_{2.5} \frac{Cl_{49.2} HCO_3 SO_4 15.6}{Na_{69.6} Ca_{16.4} Mg_{13.9}}$$

Хлорид-гидрокарбонат ангийн натрийн бүлгийн I төрлийн найрлагатай, саармаг орчинтой, өндөр эрдэжилттэй, хатуулаг ус болохын хамт бохирдолтыг илэрхийлэгч нэгдлүүд илрээгүй байна.

$$\text{ВН-1-10 цооногт } 13.7 \text{ м гүнд } M_{2.5} \frac{Cl_{37.3} SO_4 34.0 HCO_3 28.7}{Na_{80.5} Ca_{11.2}}$$

Хлорид-гидрокарбонат ангийн натрийн бүлгийн I төрлийн найрлагатай, саармаг орчинтой, өндөр эрдэжилттэй, хатуулаг ус болохын хамт бохирдолтыг илэрхийлэгч нэгдлүүд үл мэдэг илэрсэн байна.

$$\text{ВН-1-11 цооногт } 13.7 \text{ м гүнд } M_{2.4} \frac{Cl_{40.4} HCO_3^- 40.1 SO_4 19.5}{Na_{77.3} Ca_{14.3}}$$

Хлорид-гидрокарбонат ангийн натрийн бүлгийн I төрлийн найрлагатай, саармаг орчинтой, эрдэжилт ихтэй, хатуулаг ус болохын хамт бохирдолтыг тодорхойлогч нэгдлүүд илрээгүй.

Судалгааны талбайд газар доорх усны химийн найрлагын үр дүнгээс үзэхэд тухайн уст цэгийн “Бетон болон барилгын зуурмагт хэрэглэх ус техникийн нөхцөл УСТ 3821:85 стандартын заалтыг эрдэжилтийн агууламжаар хангахгүй байгаа хэдий ч зохих маркын цемент хэрэглэж хамгаалах хучилт хийж ашиглах боломжтой. Бас суулт үүсгэж болзошгүйг анхаарахад илүүдэхгүй.

## СУДАЛГААНЫ ДҮГНЭЛТ

“Нефть боловсруулах үйлдвэр” хүртэлх нефть дамжуулах хоолойн эхлэх цэг, 1-р өргөх станц барилга байгууламжуудын талбай геоморфологийн хэв шинжийн хувьд нам дор тэгшивтэр тогтоцтой, өндөржилт нь 633-635 м, зөөгдөл-хуримтлалын хэв шинжит гадаргууд хамаарагдана. Геологийн тогтцын хувьд нефть дамжуулах хоолойн эхлэх цэгийн хувьд Плейстоцен-Голоцены настай, нуур-пролювийн гаралтай (IpQ<sub>1-2</sub>) элсэн болон шаварлаг хурдаснууд Плиоцены настай хүрэм, андезит-хүрэм, трахит-хүрэм, улаан, хааяа саарал өнгийн шавар, алеврит, хайргажин, элс, мергель, элсэн чулуу, гравелитыг хучиж тогтсон байна. 1-р өргөх станцын талбайн хувьд Плейстоцен-Голоцены настай, нуур-пролювийн гаралтай (IpQ<sub>1-2</sub>) элсэн болон шаварлаг хурдаснууд ангилаагүй хурдас, шаварлаг занар, элсэн чулуу, бөсөл-элсэн чулуу, алевролит, ховроор хас суурилаг ба дундлаг найрлагатай эффузив, тэдгээрийн бөсөл, шохойн чулуу хучиж тогтсон. Гидрогеологийн нөхцөлийн хувьд нэг уст давхаргатай байна. Уст давхаргын зузаан 20-50 см. Газар доорх ус агуулагч хурдас нь элсэн болон шаварлаг хурдас. Газар доорх ус нь хур борооны усаар тэжээгдэнэ. Хлорид-гидрокарбонат ангийн натрийн бүлгийн I төрлийн найрлагатай, саармаг орчинтой, өндөр эрдэжилттэй, хатуулаг ус болохын хамт бохирдолтыг илэрхийлэгч нэгдлүүд үл мэдэг илэрсэн байна. Харин уусамтгай давс зонхилсон найрлагатай тул суулт үүсгэж болзошгүй болно. Физик-геологийн үзэгдэл, процесс хөгжөөгүй. Дээрх судалгааны үр дүнгээс үзэхэд түүхий нефтийн хоолойн эхлэх цэгийн талбай нь инженер геологийн төвөгшлийн зэргээр төвөгтэй нөхцөлтэй, 1-р өргөх станцын талбай нь инженер геологийн төвөгшлийн зэргээр дунд зэргийн нөхцөлтэй болно.

## АШИГЛАСАН НОМ ЗҮЙ

1. Намхайжанцан Г. "Барилгад хэрэглэгдэх уур амьсгал ба геофизикийн үзүүлэлт". БНБД 23-01-09. Улаанбаатар. 2009.
2. Балдорж О, Должин С. "Барилгын инженер-геологийн ажил". БНБД 11-03-11. Улаанбаатар хот. 2002.
3. Барилга байгууламжийн инженер-экологийн судалгаа (БД 11-102-07)
4. Батсүх Н, Балдорж О, Должин С, Баасан Б, бусад "Инженер-геологийн судалгааны тайлан, дүгнэлт бичих дүрэм". БД-11-107-11. Улаанбаатар. 2011.
5. (<https://cmsg.mongolcontent.mn/r/mwj2o>)
6. Дорнод аймаг Матад сум 19 дүгээр талбайгаас Дорноговь аймаг Сайншанд хот “Нефть боловсруулах үйлдвэр” хүртэлх түүхий нефть дамжуулах хоолойн эхлэх цэг, 4 ширхэг өргөх станц, үйлдвэртэй холбох хэсгүүдийн инженер геологийн судалгааны ажлын тайлан

# ОЮУ ТОЛГОЙ УУРХАЙН ХАЯГДЛЫН ДАЛАНГИЙН ЧУЛУУН ДҮҮРГЭЛТИЙН НЯГТРАЛЫГ ТАЛБАЙН ТУРШИЛТААР ТОДОРХОЙЛСОН ҮР ДҮН БА ШИНЖИЛГЭЭ

А.Эрдэнэцэцэг<sup>1,2\*</sup>, Б.Сумьяабаяр<sup>2</sup>, Б.Сарангэрэл<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ШУТИС, ГУУС, Гидрогеологи, инженер геологийн тэнхимийн докторант

<sup>2</sup>“Эн Си Си Эс” ХХК-ийн чанар хяналтын инженер

(\*Холбоо барих зохиогч: [erkaa5001@gmail.com](mailto:erkaa5001@gmail.com))

## ХУРААНГУЙ

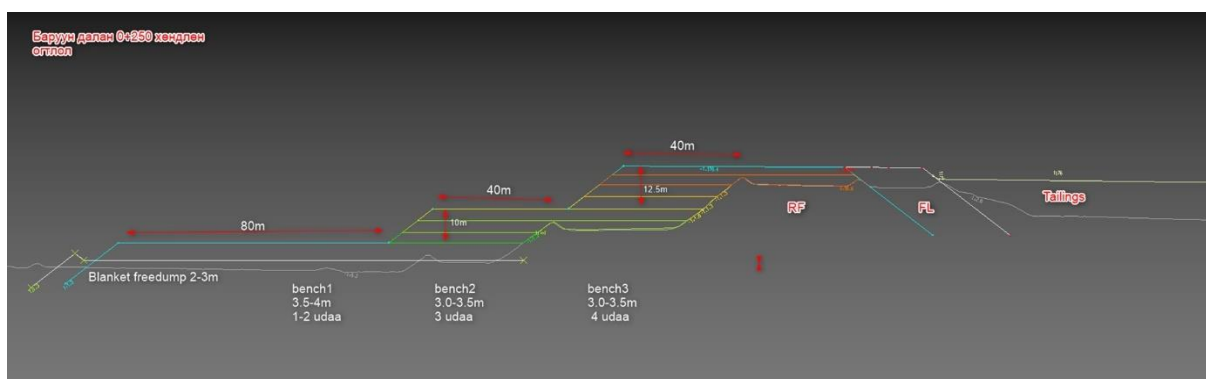
Оюу Толгой компанийн захиалгаар “Эн Си Си Эс” ХХК нь 2024 оны 11 сараас 2025 оны 4 сар хүртэл Хүдрийн хаягдал хадгалах байгууламжийн (TSF) чулуун дүүргэлтийн материалын нягтралыг талбай дээр тодорхойлох туршилт хийсэн. Далан 1 болон Далан 2 дээр тус бүр 20 цэгт ус орлуулах аргаар (ASTM D5030) нүхний эзлэхүүн тодорхойлон, нийт 40 туршилт гүйцэтгэсэн. Дээжүүдийн ширхгийн бүрэлдэхүүн, чийгийн агууламжийг лабораторид тодорхойлж, хуурай нягтралын утгуудыг тооцсон. Үр дүнгээр далангийн чулуун дүүргэлт хангалттай нягтралыг авсан бөгөөд бүтцийн тогтвортой байдалд шаардлагатай үзүүлэлтүүдийг хангаж буйг тогтоов.

**Түлхүүр үг:** Хаягдлын далан, талбайн туршилт, чулуулгийн дүүргэлтийн нягт, ASTM D5030

## ОРШИЛ

Чулуун дүүргэгч нь далан болон инженерийн байгууламжийн бүтээцэд өргөн хэрэглэгддэг бөгөөд өндөр бат бэх, ус нэвтрүүлэх чадвар сайтай, хэлбэлзэл багатай онцлогтой. Дүүргэгчийн нягт болон нягтруулалтын түвшин нь байгууламжийн тогтвортой байдлыг хангахад чухал үүрэгтэй.

Оюу Толгойн далангийн чулуун дүүргэлтийг ил уурхайгаас гарч байгаа хаягдал чулуугаар уруудан өргөсгөх аргаар (downstream method) барьж байна. Энэхүү аргын давуу тал нь далангийн суурийг илүү өргөн, бат бэх болгодог (Зураг1).



Зураг 1. Далангийн хөндлөн зүсэлт –TC2

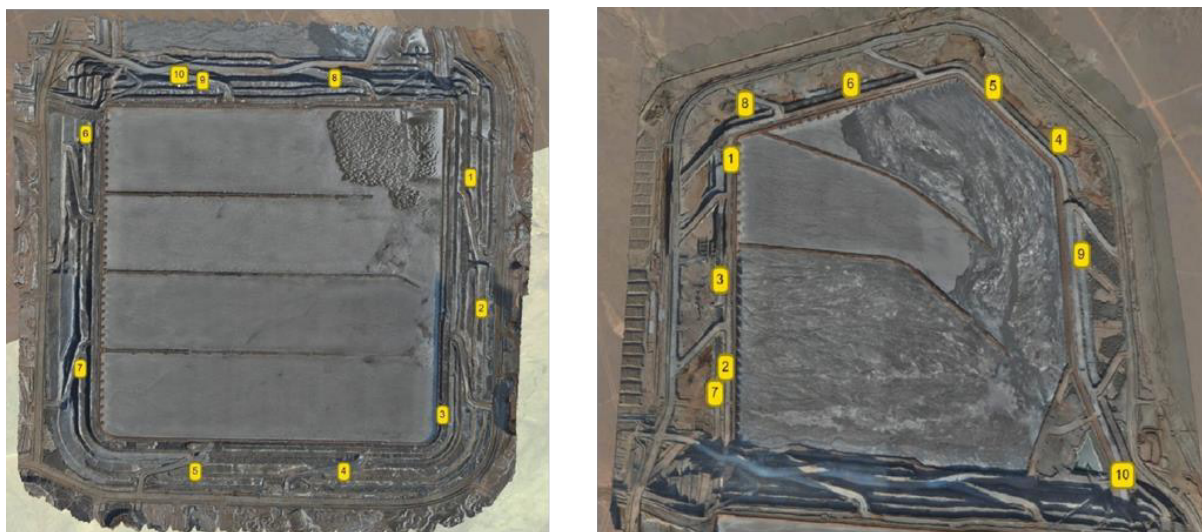
Олон улсын судалгаагаар [1] хайрга, элс, шаврын харьцаа нь чулуун дүүргэгчийн нягтралыг тодорхойлох үндсэн хүчин зүйл болдог. Хайрганы хэмжээ 65–75 % орчим

байх үед дүүргэгч хамгийн их нягтралыг авдаг болохыг лабораторийн болон талбайн туршилтуудаар тогтоосон байдаг. Энэхүү судалгааны үр дүн нь уг онолтой нийцэж байна.

## АРГА АРГАЧЛАЛ

Талбайн туршилтыг ASTM D5030 стандартын дагуу усаар дүүргэх арга (Water Replacement Method) ашиглан нүхний эзлэхүүнийг тодорхойлж, чулуун дүүргэгчийн нойтон болон хуурай нягтыг тодорхойлсон.

Туршилтын нүхийг 1 м диаметр, 0.7 м гүнтэй ухаж, байхаар нийт 40 ширхэг туршилт далан #1, далан #2 дээр тус тус 20 цэгт хийсэн. Туршилтын байршлыг зураг 2-т харуулав.



Зураг 2. Туршилт хийсэн цэгүүдийн байршил

Нүхийг усаар дүүргэхээс өмнө ус үл нэвтрэх уян хальс ашиглан нүхний эзлэхүүнийг тодорхойлсон. Туршилтын явцыг зураг 3,4 -т үзүүлэв.



Зураг3. Туршилтын нүх ухсан байдал

Нүхнээс гаргасан чулуулгийн дээжийн жинг жинлэж, 19мм -ээс бага хэмжээтэй хөрснөөс авч лабораторид ширхгийн бүрэлдэхүүн болон чийгийг тодорхойлсон.



Зураг4. Талбай дээр хөрсийг шигшсэн байдал

Эдгээр үр дүнг нэгтгэж дараах томъёогоор нойтон болон хуурай нягтыг дараах томъёогоор тооцсон:

$$\rho_n = W / (1 + (M/100 \times A/100))$$

Энд; W – нийт нойтон жин, M – чийгийн %, A – 19 мм-ээс бага ширхгийн эзлэх %.

## ҮР ДҮН

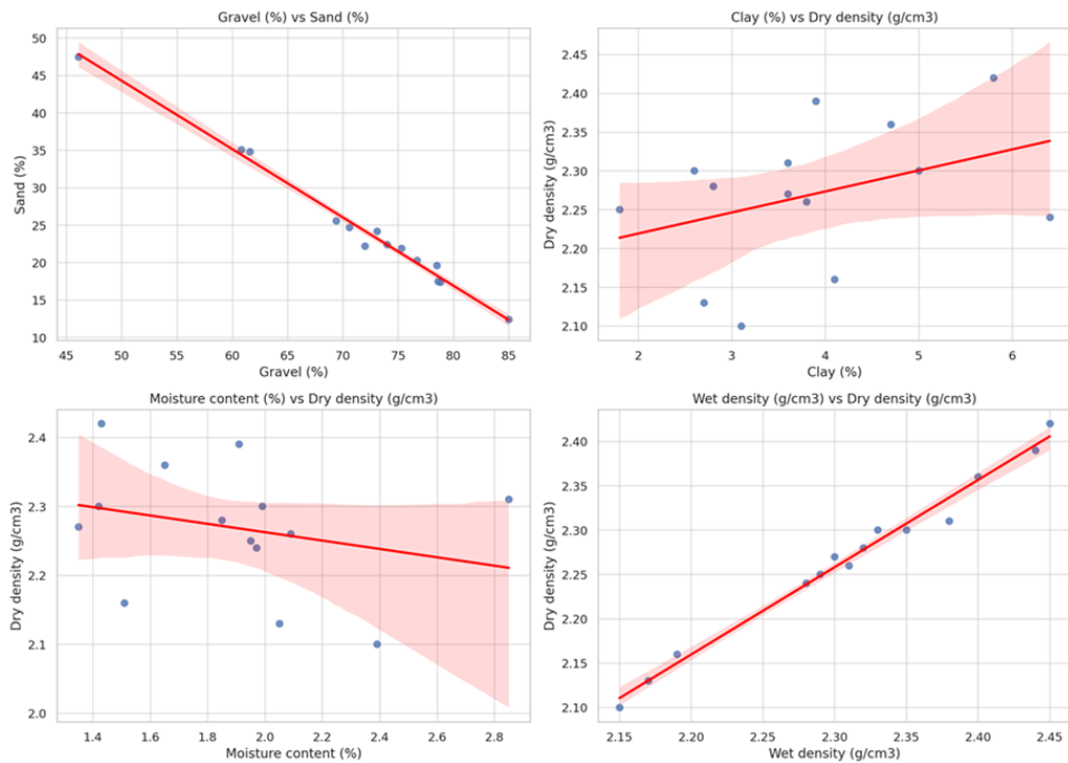
Чулуун дүүргэлтийн материалын дундаж ширхгийн бүрэлдэхүүн хайрга 70%, элс 20%, шавар 10% байв. Далан 1 дээрх материалын чийгийн агууламж 1.24–2.85%, хуурай нягт 2.10–2.42 г/см<sup>3</sup>; далан 2 дээрх материалын чийгийн агууламж 1.04–7.53%, хуурай нягт 2.09–2.58 г/см<sup>3</sup> хооронд байсан. Энэ нь MNS ASTM D2487:2004 стандартаар GW ба GP ангилалд хамаарч байв. Дэлгэрэнгүй үр дүнгүүдийг хүснэгт 1, 2-д үзүүлэв.

## Хамаарлын шинжилгээ

Ширхгийн бүрэлдэхүүн, чийгийн агууламж болон хуурай нягтын хоорондын хамаарлыг Пирсоны корреляцийн аргаар тодорхойлсон бөгөөд дараах үр дүн гарсан:

| Параметр хослол       | Хамаарлын коэффициент (r) | Тайлбар                   |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| Хайрга ба элс         | -0.99                     | Маш хүчтэй сөрөг хамаарал |
| Шавар ба хуурай нягт  | +0.38                     | Сул эерэг хамаарал        |
| Чийг ба хуурай нягт   | -0.27                     | Сул сөрөг хамаарал        |
| Нойтон ба хуурай нягт | +0.99                     | Маш хүчтэй эерэг хамаарал |

Эдгээрээс харахад хайрга, элсний хувь хооронд маш хүчтэй сөрөг хамааралтай байгаа нь материалын ангилалт сайн байгааг илтгэнэ.



## ДҮГНЭЛТ

Оюу Толгой уурхайн хаягдлын далангийн чулуун дүүргэлтийн нягтрал хуурай нягт 2.10–2.58 г/см<sup>3</sup>-ийн хооронд байна. Чулуун дүүргэлтийн материал нь MNS ASTM D2487:2004 стандартын дагуу GW ба GP ангилалд багтаж, хайрганы агууламж өндөр, шаврын хэмжээ бага байна. Шаврын хувь нэмэгдэхэд нягт бага зэрэг нэмэгдэх хандлагатай байгаа нь нарийн ширхэгт материалууд хоорондын нягтралд дэмжлэг үзүүлж байгааг илтгэнэ.

Чийгийн агууламж болон хуурай нягтын хооронд сул сөрөг хамаарал илэрсэн — энэ нь илүүдэл чийг нягтралыг бууруулдаг гэсэн ерөнхий хандлагатай нийцэж байна. Энэ судалгаагаар Монгол Улсад анх удаа ASTM D5030 стандартаар хийгдсэн том ширхэгтэй чулуулгийн талбайн нягт тодорхойлох аргачлал амжилттай туршигдаж, хаягдлын далангийн барилгын чанарын баталгаажуулалтад хэрэгжих боломжтойг нотоллоо.

## АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. U.S. Army Corps of Engineers (1963). Field Compaction Control of Rockfill, Cougar Dam Project Report. Portland District, USACE, Oregon.
2. Kloth Crippen Berger (2006). Оюу Толгойн хаягдлын агуулахын ТЭЗҮ, Эцсийн төслийн тайлан, M09300A02.01.500.
3. ASTM D5030 – Хөрс, чулуулгийн нягтыг ус орлуулах аргаар тодорхойлох стандарт арга.
4. MNS ASTM D2487:2004 – Хөрсний инженерийн ангиллын стандарт.
5. Feng, T. & Vitton, S.J. (1997). Laboratory Determination of Compaction Criteria for Rockfill Material Embankments. Proc. 14th ICSMFE.
6. Liu, B., Zhang, D., & Guo, H. (2022). Compaction Density Evaluation Model of Sand–Gravel Materials. *Frontiers in Physics*, 9:806231.

Хүснэгт 1. Далан 1 дээрх туршилтын үр дүнгүүд

| №  | Огноо     | Цэг        | Үе  | Далангийн байршил | Уртраг | Өргөрөг | Тест №  | Ширхгийн бүрэлдэхүүн |        |          | Чийг, % | Нойтон нягт, г/см <sup>3</sup> | Хуурай нягт, г/см <sup>3</sup> |
|----|-----------|------------|-----|-------------------|--------|---------|---------|----------------------|--------|----------|---------|--------------------------------|--------------------------------|
|    |           |            |     |                   |        |         |         | Хайрга, %            | Элс, % | Шавар, % |         |                                |                                |
| 1  | 20-02-25  | TC1 5+700  | 3rd | East embankment   | 655660 | 4762746 | TP25-01 | 76.8                 | 19.6   | 3.6      | 1.46    | 2.34                           | 2.31                           |
| 2  | 21-Feb-25 | TC1 5+700  | 3rd | East embankment   | 655667 | 4762746 | TP25-02 | 78.8                 | 17.4   | 3.8      | 2.09    | 2.31                           | 2.26                           |
| 3  | 22-Feb-25 | TC1 4+500  | 2nd | East embankment   | 655420 | 4761811 | TP25-03 | 70.6                 | 24.7   | 4.7      | 1.65    | 2.40                           | 2.36                           |
| 4  | 24-Feb-25 | TC1 4+500  | 2nd | East embankment   | 655417 | 4761813 | TP25-04 | 69.4                 | 25.6   | 5.0      | 1.42    | 2.33                           | 2.30                           |
| 5  | 27-Feb-25 | TC1 4+050  | Top | East embankment   | 655012 | 4761369 | TP25-05 | 68.9                 | 26.1   | 5.0      | 1.24    | 2.40                           | 2.37                           |
| 6  | 28-Feb-25 | TC1 4+050  | Top | East embankment   | 655018 | 4761366 | TP25-06 | 78.6                 | 17.5   | 3.9      | 1.91    | 2.44                           | 2.39                           |
| 7  | 2-Mar-25  | TC1 3+500  | 2nd | South embankment  | 654299 | 4761215 | TP25-07 | 72.0                 | 22.2   | 5.8      | 1.43    | 2.45                           | 2.42                           |
| 8  | 4-Mar-25  | TC1 3+500  | 2nd | South embankment  | 654302 | 4761218 | TP25-08 | 60.8                 | 35.1   | 4.1      | 1.51    | 2.19                           | 2.16                           |
| 9  | 5-Mar-25  | TC1 2+500  | 1st | South embankment  | 653392 | 4761530 | TP25-09 | 74.0                 | 22.4   | 3.6      | 1.35    | 2.30                           | 2.27                           |
| 10 | 5-Mar-25  | TC1 2+500  | 1st | South embankment  | 653394 | 4761534 | TP25-10 | 61.6                 | 34.8   | 3.6      | 2.85    | 2.38                           | 2.31                           |
| 11 | 8-Mar-25  | TC1 1+000  | 3rd | West embankment   | 653440 | 4763797 | TP25-11 | 85.0                 | 12.4   | 2.6      | 1.99    | 2.35                           | 2.30                           |
| 12 | 8-Mar-25  | TC1 1+000  | 3rd | West embankment   | 653439 | 4763800 | TP25-12 | 76.7                 | 20.3   | 3.1      | 2.39    | 2.15                           | 2.10                           |
| 13 | 10-Mar-25 | TC1 1+500  | 3rd | West embankment   | 652916 | 4762402 | TP25-13 | 78.5                 | 19.6   | 1.8      | 1.95    | 2.29                           | 2.25                           |
| 14 | 12-Mar-25 | TC1 1+500  | 3rd | West embankment   | 652920 | 4762400 | TP25-14 | 73.1                 | 24.2   | 2.7      | 2.05    | 2.17                           | 2.13                           |
| 15 | 13-Mar-25 | TC1 N1+000 | 3rd | North embankment  | 655044 | 4763619 | TP25-15 | 75.3                 | 21.9   | 2.8      | 1.85    | 2.32                           | 2.28                           |
| 16 | 14-Mar-25 | TC1 N1+000 | 3rd | North embankment  | 655043 | 4763617 | TP25-16 | 46.1                 | 47.5   | 6.4      | 1.97    | 2.28                           | 2.24                           |
| 17 | 16-Mar-25 | TC1 N1+700 | 3rd | North embankment  | 654249 | 4763875 | TP25-17 | 82.7                 | 15.1   | 2.2      | 2.23    | 2.24                           | 2.19                           |
| 18 | 16-Mar-25 | TC1 N1+700 | 3rd | North embankment  | 654248 | 4763870 | TP25-18 | 73.9                 | 22.4   | 3.7      | 2.62    | 2.33                           | 2.27                           |
| 19 | 27-Mar-25 | TC1 N1+850 | 2nd | North embankment  | 654120 | 4763958 | TP25-19 | 71.5                 | 26.0   | 2.5      | 2.61    | 2.36                           | 2.30                           |
| 20 | 27-Mar-25 | TC1 N1+850 | 2nd | North embankment  | 654123 | 4763961 | TP25-20 | 77.3                 | 20.6   | 2.1      | 1.92    | 2.25                           | 2.21                           |

Хүснэгт 2. Далан 2 дээрх туршилтын үр дүнгүүд

| №  | Огноо     | Цэг       | Үе  | Далангийн байршил | Уртраг | Өргөрөг | Тест № | Ширхгийн бүрэлдэхүүн |        |          | Чийг, % | Нойтон нягт, г/смЗ | Хуурай нягт, г/смЗ |
|----|-----------|-----------|-----|-------------------|--------|---------|--------|----------------------|--------|----------|---------|--------------------|--------------------|
|    |           |           |     |                   |        |         |        | Хайрга, %            | Элс, % | Шавар, % |         |                    |                    |
| 1  | 6-Nov-24  | TC2 1+650 | Top | West embankment   | 654265 | 4765754 | TP#1   | 46.4                 | 41.2   | 12.4     | 7.53    | 2.25               | 2.09               |
| 2  | 7-Nov-24  | TC2 1+650 | Top | West embankment   | 654262 | 4765754 | TP#2   | 58.7                 | 32.3   | 9.0      | 7.52    | 2.32               | 2.16               |
| 3  | 10-Nov-24 | TC2 0+400 | Top | West embankment   | 653894 | 4764618 | TP#3   | 68.1                 | 29.1   | 2.8      | 1.96    | 2.43               | 2.38               |
| 4  | 11-Nov-24 | TC2 0+400 | Top | West embankment   | 653906 | 4764624 | TP#4   | 70.1                 | 25.2   | 4.7      | 1.48    | 2.52               | 2.48               |
| 5  | 29-Nov-24 | TC2 0+950 | 1st | West embankment   | 654003 | 4765090 | TP#5   | 67.0                 | 24.2   | 8.8      | 5.99    | 2.32               | 2.19               |
| 6  | 29-Nov-24 | TC2 0+950 | 1st | West embankment   | 653997 | 4765091 | TP#6   | 66.4                 | 30.2   | 3.4      | 4.23    | 2.42               | 2.32               |
| 7  | 4-Dec-24  | TC2 3+950 | 1st | NE embankment     | 656176 | 4765362 | TP#7   | 78.6                 | 18.5   | 2.9      | 1.65    | 2.35               | 2.31               |
| 8  | 6-Dec-24  | TC2 3+950 | 1st | NE embankment     | 656183 | 4765361 | TP#8   | 81.7                 | 16.1   | 2.2      | 3.28    | 2.30               | 2.23               |
| 9  | 8-Dec-24  | TC2 3+350 | Top | NE embankment     | 655928 | 4765784 | TP#9   | 73.3                 | 25.1   | 1.6      | 1.53    | 2.36               | 2.32               |
| 10 | 11-Dec-24 | TC2 3+400 | Top | NE embankment     | 655932 | 4765785 | TP#10  | 75.8                 | 21.2   | 3        | 2.33    | 2.40               | 2.35               |
| 11 | 13-Dec-24 | TC2 2+800 | Top | North embankment  | 655101 | 4766024 | TP#11  | 73.3                 | 25.1   | 1.6      | 2.19    | 2.24               | 2.19               |
| 12 | 16-Dec-24 | TC2 2+800 | Top | North embankment  | 655095 | 4766022 | TP#12  | 81.5                 | 16.4   | 2.1      | 1.53    | 2.30               | 2.27               |
| 13 | 20-Dec-24 | TC2 0+300 | 1st | West embankment   | 653807 | 4764505 | TP#13  | 67.5                 | 29     | 3.5      | 1.89    | 2.53               | 2.48               |
| 14 | 20-Dec-24 | TC2 0+300 | 1st | West embankment   | 653817 | 4764503 | TP#14  | 57.3                 | 37.2   | 5.5      | 1.68    | 2.62               | 2.58               |
| 15 | 27-Dec-24 | TC2 1+900 | 1st | NW embankment     | 654452 | 4766077 | TP#15  | 79.4                 | 17.1   | 3.5      | 1.65    | 2.49               | 2.45               |
| 16 | 30-Dec-24 | TC2 1+900 | 1st | NW embankment     | 654451 | 4766082 | TP#16  | 79.2                 | 17.5   | 3.3      | 1.33    | 2.44               | 2.41               |
| 17 | 6-Jan-25  | TC2 4+500 | 1st | East embankment   | 656022 | 4764685 | TP#17  | 83.2                 | 14.1   | 2.7      | 1.49    | 2.28               | 2.25               |
| 18 | 16-Jan-25 | TC2 4+500 | 1st | East embankment   | 656026 | 4764686 | TP#18  | 70.1                 | 27.9   | 2        | 1.04    | 2.47               | 2.44               |
| 19 | 24-Jan-25 | TC2 5+900 | Top | East embankment   | 655748 | 4763533 | TP#19  | 64.7                 | 27.4   | 7.9      | 2.12    | 2.31               | 2.26               |
| 20 | 24-Jan-25 | TC2 5+900 | Top | East embankment   | 655741 | 4763531 | TP#20  | 67.1                 | 22.8   | 10.1     | 2.59    | 2.30               | 2.24               |

# БӨӨРӨЛЖҮҮГИЙН ТАЛ ДАХЬ ГЕОЛОГИ ОРЧНЫ БҮРЭЛДЭЖ БУЙ ОНЦЛОГ

Р.Алтанчимэг<sup>1\*</sup>, Б.Буянхишиг<sup>2</sup>, Н.Батсүх<sup>3</sup>, Ж.Дашдондов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>“Орхон - Гидрогео” ХХК, <sup>2</sup>“Барнаб” ХХК, <sup>3</sup>“Лэнд тест” ХХК  
(\*Холбоо барих зохиогч: [aradnaa58@gmail.com](mailto:aradnaa58@gmail.com))

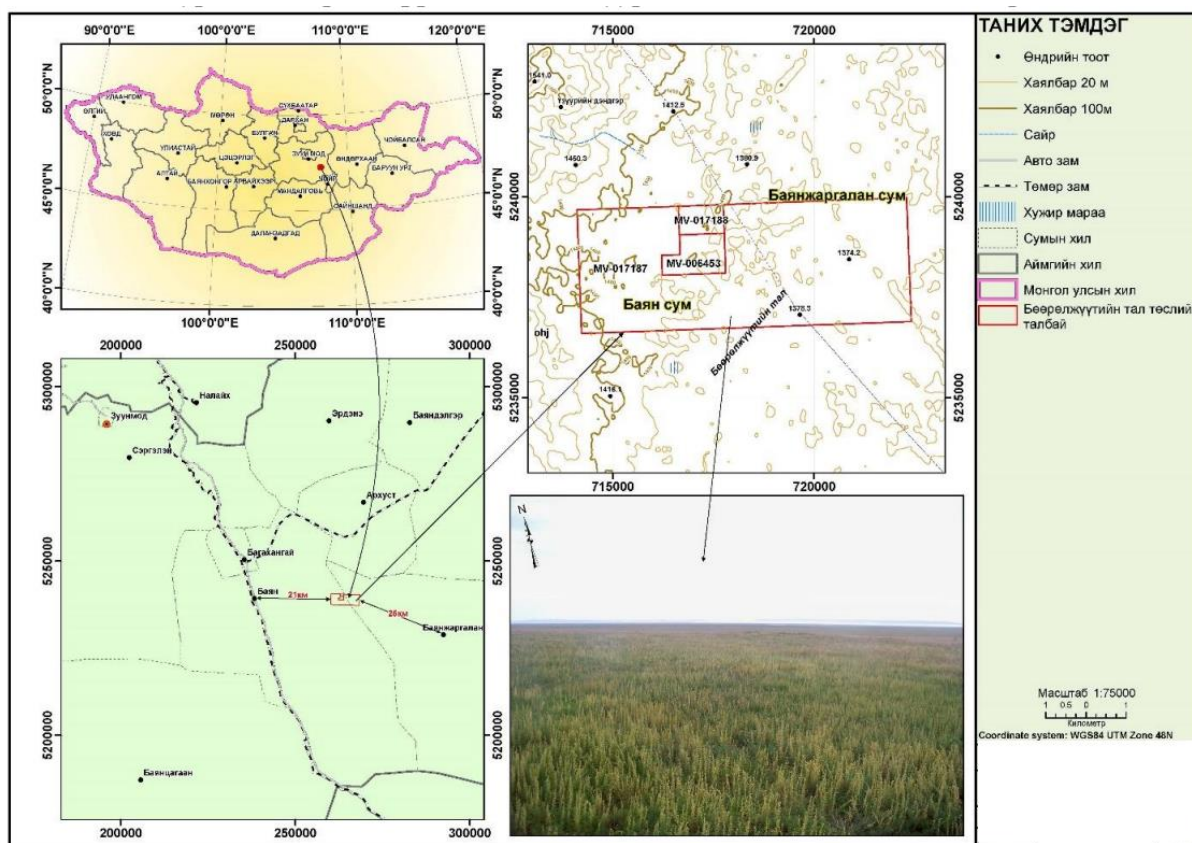
## ХУРААНГУЙ

Бөөрөлжүүгийн талд өрнөсөн бүтээн байгуулалт цоо шинэ техноген тогтолцоо, шинэ ландшафтыг бий болгож байгаа талаар хийсэн геоэкологийн судалгааны үр дүнг өгүүлсэн болно.

Түлхүүр үг: Техноген тогтолцоо, Техноген ландшафт, Гадаад хил зааг.

## ОРШИЛ

Бөөрөлжүүгийн тал Дорнод Монголын тал хээрийн бүсэд Хэнтий нурууны урд үргэлжлэлийн төгсгөл хэсгийн ойт хээрийн бүсийг тал хээрийн бүсэд шилжих заагт орших хөндий болон түүний баруун талаас нийлэх Хөнхөрийн хөндийн уулзвар хэсэгт байрлана. Газрын гадарга нь ерөнхийдөө тэгшивтэр 1370 – 1430 м өндөр, харьцангуй өндрийн ялгаа 60 м ба баруунаас зүүн тийш намсаж тогтсон. Хамгийн өндөр цэг нь Үзүүрийн Дэндгэр уул (д.т.д 1541 м), Янсангийн хар толгой (д.т.д 1481 м) юм (1-р зураг) [1].



1 дүгээр зураг. Бөөрөлжүүгийн талын байршил

Бөөрөлжүүтийн талын хэвлий нүүрсээр баян бөгөөд Монгол орны нүүрсний сав газруудын дүүрэгчлэлээр Чойр-Нялгын сав газарт хамаарагддаг [2]. Энэ талд орших нүүрсний ордын геологийн тогтоц, инженер геологи, гидрогеологийн нөхцөлийн судалгааг Ж.Дашдондов хийж өөрийнхөө бүтээлд дэлгэрэнгүй тусгасан [3]. Бөөрөлжүүтийн тал нүүрснээс гадна эрдэст нуур, эмчилгээний шавраараа өнө эртнээс алдартай. Бөөрөлжүүтийн нуурын эмчилгээний шаврыг анх 1675 онд өндөр гэгээн Занабазар нээж олны хүртээл болгосон түүхтэй.

Нуур нь **давстай, лаг шавартай** байдаг ба нутгийнхан заримдаа давс, шаврыг нь ахуйн хэрэгцээнд ашигладаг.

**Усны түвшин улирлын болон жилийн хур тунадаснаас хамаарч** эрс өөрчлөгддөг. Хуурай зун, намрын улиралд нуур хатаж, давстай талст үүсдэг.

**Шувуудын зогсоол газар** болдог – нүүдлийн усны шувууд хавар, намрын улиралд нуур орчмоор түр амьдардаг.

## СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ БА АРГАЗҮЙ

Өмнөх судлаачдын судалгааны материалд системийн задлан шинжилгээгээр боловсруулалт хийж, агаар сансрын зураг дээр Google Earth Pro программ хангамжаар ажилласан. Бөөрөлжүүтийн талд геоэкологийн чиглэлээр маршрутын танилцах судалгааг 2025 онд хийсэн ба түүний мэдээллийг ашигласан болно.

## ҮР ДҮН

Бөөрөлжүүтийн талд өрнөсөн бүтээн байгуулалт нь цоо шинэ ландшафтыг буй болгож байна. Үүний тодорхой баримт нь энд үүсгэсэн техноген тогтолцоо тодорхой харуулна (1-р хүснэгт) (2-р, 3-р, 4-р зургууд)

### ТЕХНОГЕН ТОГТОЛЦОО ТЭДГЭЭРИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТ

1-р хүснэгт

| № | Бөөрөлжүүтийн талд бий болсон техноген тогтолцоо | Хэмжээ   |
|---|--|--|
| 1 | Нүүрсний ил уурхай                               | 3.5 га   |
| 2 | Овоолго  | 4.0 га   |
| 3 | Цахилгаан станц хүчин чадал                      | 35/6 кВ-ийн 800 кВа чадалтай Бөөрөлжүүт дэд станц  |
| 4 | Нүүрс тээвэрлэх шугам                            | Нүүрсний агуулахад хураах (1км), Хөрсийг уурхайгаас гадаад овоолго хүртэл тээвэрлэх (2км)  |
| 5 | Нүүрс хадгалах склад                             | Нүүрсний агуулах талбай нь 10 га газрыг эзлэнэ.  |
| 6 | Өндөр хүчдэлийн шугам                            | Төв аймгийн Баян сум, Баянжаргалан сум хоорондын 35 кВ-ийн ЦДАШ-наас уурхай хүртэл 2.0 км салбар шугам   |
| 7 | Сайжруулсан авто зам                             | Уурхайн ажилчдын хотхоноос уурхайн үүд хүртэл 5 км зам, уурхайн технологийн болон дотоод замууд багтаж байна. Уурхайгаас уурхайн захиргаа хүртэл 3.5 км зам, |
| 8 | Хиймэл нуур                                      | 5ш (нийт талбайн хэмжээ: 13.6 га)  |

|    |                             |   |
|----|-----------------------------|---|
| 9  | Ус зайлуулах суваг, хоолой  | хуванцар 2.4 км урт хоолой<br>2.7 км урттай суваг                 |
| 10 | Малчны хотууд               | 25-30 орчим малчин айл  |
| 11 | Суурин                      | Баян сум, Баянжаргалан сум, Бөөрөлжүүтийн баг,<br>Булагтай өртөө. |
| 12 | Амралт сувиллын газар       | Булагтай амралт, Бөөрөлжүүтийн амралт- сувилал                    |
| 13 | Бэлчээр                     | 15 га   |
| 14 | Уст цэг (Байршил)           | 10 уст цэг  |
|    | 107° 51' 48.7"/47° 15'37.7" | TSG-01  |
|    | 107° 51' 21.0"/47° 14'3.4"  | TSG-04  |
|    | 107° 52' 32.8"/47° 16'30.7" | TSG-07  |
|    | 107° 50' 30.1"/47° 16'1.7"  | TSG-13  |
|    | 107° 48' 11.2"/47° 14'29.3" | Кемпийн худаг   |
|    | 107° 55' 21.6"/47° 14'39.8" | Суваг 2.7км   |
|    | 107° 57' 17.5"/47° 13'28.6" | Хар нуур /4.3 га/   |
|    | 107° 55' 11.4"/47° 14'33.5" | Тунгаах нуур /7.3 га/   |
|    | 107° 57' 15.0"/47° 16'22.0" | Хашаат худаг  |
|    | 107° 54' 3.9"/47° 14' 52.9" | Шүүрлийн ус   |



2 дугаар зураг. Бөөрөлжүүтийн цахилгаан станцын бүтээн байгуулалтын ерөнхий байдал.



3 дугаар зураг. Бөөрөлжүүтийн нүүрсний ил уурхай 2025-09-09.  
Фото зургийг Н.Батсүх



4 дүгээр зураг. Хиймэл нууранд усны шувууд ирсэн нь  
2025-09-09. Фото зургийг Н.Батсүх

Дээрх техноген тогтолцооны ачааллын үйлчлэлээс хамаарч геологи орчинд гарсан өөрчлөлтүүд:

Нүүрсний ил уурхай олборлоход хөрс хуулалтын үйл ажиллагаа явагдаж, уг хөрсөөрөө уурхайн эргэн тойронд хамгаалалтын овоолго, далан байгуулсан нь газрын гадаргад шинээр хотгор гүдгэрийн шинэ хэлбэрүүдийг үүсгэсэн.

Төрөл бүрийн барилга байгууламж, зам харгуй, овоолго, өндөр хүчдэлийн шугам, малчны хотууд ихээхэн талбайд үүсгэмэл ул хөрсийг үүсгэсэн нь геологи орчны геологийн тогтцод тодорхой өөрчлөлтийг оруулсан. Ил уурхайн хатаалт нь газар доорх усны гидрогеодинамикийн орчинд өөрчлөлт оруулж газар доорх усны түвшний буурцын хүнхээлийг үүсгэжээ.

Дээр дурдсан геологи орчинд гарч буй өөрчлөлтийг геоэкологийн том хураангуйлалтай зураглалын ажлыг гүйцэтгэж тогтоох шаардлагатай. Геологи орчны гадаад хил хязгаарт тодорхой өөрчлөлт гарч цоо шинэ усан сүлжээг үүсгэсэн. Энэ усан сүлжээ нь 5 нуур, 2.7 км урттай сувгаар илэрхийлэгдэнэ. Харин цахилгаан станц нь нүүрсийг бараг 100% шатаадаг учир агаарын бохирдолт байхгүй, нөгөө талаар ил уурхайгаас олборлосон нүүрсийг цахилгаан станц руу нүүрс тээвэрлэх хоолойгоор зөөвөрлөдөг тул агаарын тоосжилт бага аж.

## **ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ**

Бөөрөлжүүтийн тал дахь геологи орчин нь байгаль орчинд ээлтэйгээр бүрэлдэж байгаа онцлогтой юм. Манай орны цахилгаан станцууд бүгд хэдэн зуун километрээс нүүрсээ тээвэрлэдэг, ихээхэн утааг агаарт цацдаг билээ. Үүнтэй жишиж Бөөрөлжүүтийн цахилгаан станц, нүүрсний уурхайтай харьцуулж үзвэл: Бөөрөлжүүтийн хүрэн нүүрсний ил уурхай нь 3,5 га талбайг хамардаг ба 4,0 га талбайд уурхайн овоолго эзэлдэг атлаа тоосжилт байхгүй, олборлосон нүүрсээ битүү дамжлагаар цахилгаан станц руугаа явуулж ангилан цэвэршүүлж, нүүрснийхээ шинж чанарыг өөрийнхөө дотоод дахь лабораторид тогтмол шинжлэн, хянадаг. Ийнхүү нүүрсний уурхай, цахилгаан станцынх нь бүх үйл ажиллагаа нь сүүлийн үеийн бүрэн автоматжсан, хүчин чадал сайтай, бүтээлч, хүний хөдөлмөр хөнгөвчилсөн, байгаль орчиндоо ээлтэй, агаарт болон хөрсөндөө бохирдолгүй байгааг харж болно.

Бөөрөлжүүтийн тал дахь геологи орчны гадаад хил хязгаарт тун тааламжтай өөрчлөлт гарч олон арван малчдын нутаглах бэлчээрийн усан хангамж сайжирч, шинэ бэлчээрийг ашиглах болов. Мөн малчид өөрсдийн мал, малын ашиг шимээ борлуулах шинэ зах зээлтэй болжээ. Мөн энд үүссэн үүсгэмэл нуур, сувгийг түшиглэн амралт, аяллын цогцолбор үүсгэж эхэлсэн байна (5-р, 6-р, 7-р, 8-р зургууд).



5 дугаар зураг. Бөөрөлжүүтийн нүүрсний ил уурхайн 1 дүгээр нуурын хөвөөн дэх бүтээн байгуулалтын хэсэг. 2025-09-09. Фото зургийг Р.Алтанчимэг



6 дугаар зураг. Бөөрөлжүүтийн нүүрсний ил уурхайн 1 дүгээр нуурын эрэг дээрх амралтын газар. 2025-09-09. Фото зургийг Р.Алтанчимэг



7 дугаар зураг. Бөөрөлжүүтийн нүүрсний ил уурхайн 1 дүгээр нуурын хөвөөн дэх бүтээн байгуулалт. 1. Кофе шоп 2. Бассейн, саун  
2025-09-09. Фото зургийг Р.Алтанчимэг.



8 дугаар зураг. Бөөрөлжүүтийн нүүрсний ил уурхайн 1 дүгээр нуураас дараагийн нуур руу цутгасан голын гүүр.  
2025-09-09. Фото зургийг Р.Алтанчимэг

## **ДҮГНЭЛТ**

1. Онгон, зэлүүд байсан Бөөрөлжүүтийн талд цоо шинээр техноген ландшафт бүрэлдэж, амжилттай хөгжиж байна.
2. Бөөрөлжүүтийн талд өрнөж байгаа бүтээн байгуулалт XXI-р зууны манай орны хөгжлийн түүчээ болж байна.
3. Бөөрөлжүүтийн талыг хамарсан энэ бүсийн том хураангуйлалтай геоэкологийн судалгааг хийх шаардлагатай байна.

## **ТАЛАРХАЛ**

Бөөрөлжүүтийн талд ийм иж бүрэн техноген тогтолцоог санаачлан, гар сэтгэл нийлсэн хамт олны хүчээр бүтээн байгуулж Монгол улсынхаа хөгжил цэцэглэлтэд асар их хувь нэмэр оруулж байгаа манай гидрогеологи, инженер геологи, геоэкологийн салбарын 1992 оны төгсөгч, Монгол Улсын гавьяат эдийн засагч Данзандоржийн Баясгаландаа энэхүү өгүүллийг тэрлэхэд гүн туслалцаа үзүүлсэнд гүнээ талархаж, хүний ертөнцийн хамгийн сайн сайхныг хүсэн ерөөж байна.

## **НОМ ЗҮЙ**

1. Батчулуун Е. Монгол орны физик газар зүй, Улаанбаатар 2020.
2. Бат-Эрдэнэ Д. Шатах ашигт малтмал. Монголын геологи ба ашигт малтмал V боть. Улаанбаатар, 2009. Ерөнхий эрхлэгч Бямба Ж, 390 тал
3. Дашдондов Ж. Монгол орны нүүрсний ордын инженер геологи, Улаанбаатар. 2024. 118 тал,
4. <https://www.google.com/>

# DESULFURIZATION EFFICIENCY IN CIRCULATING FLUIDIZED BEDS AT A CENTRAL HEATING PLANT OF OYU TOLGOI

**Bataa Dandarmaa<sup>1\*</sup>, Enkhjin Naranbaatar<sup>1</sup>, Otgonbaatar Sededpurev<sup>1</sup>, Tumenbayar Avirmed<sup>2</sup>, Battur Buyan<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Health, Safety, Environment, Security and Communications Department, Oyu Tolgoi LLC, Mongolia; <sup>2</sup>School of Power Engineering, Mongolian University of Science and Technology, Mongolia  
(\*Corresponding mail: [bataad@ot.mn](mailto:bataad@ot.mn))*

## ABSTRACT

This study investigates the desulfurization performance of Circulating Fluidized Bed (CFB) boilers at the Oyu Tolgoi Central Heating Plant (CHP), Mongolia. After the expansion of the plant from 72 MW to 130 MW in 2019–2021, in-bed limestone addition was used to control sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) emission [1]. Data from the Continuous Emission Monitoring System (CEMS) 2020–2025 was used to analyze performance of sulfur removal. The results show that the limestone-to-coal ratio ranged between 3.7 and 4.4 wt%, allowing SO<sub>2</sub> reduction efficiencies up to 93.8% [4]. The average SO<sub>2</sub> amount decreased from over 1800 mg/Nm<sup>3</sup> (before limestone use) to below 200 mg/Nm<sup>3</sup>. It is established by these works that limestone addition in CFB boilers is an efficient and sustainable way to comply with the environmental emission standards in medium-scale heating plants.

**Keywords:** Desulfurization, Circulating Fluidized Bed, Limestone, Sulfur Dioxide, Emission Control

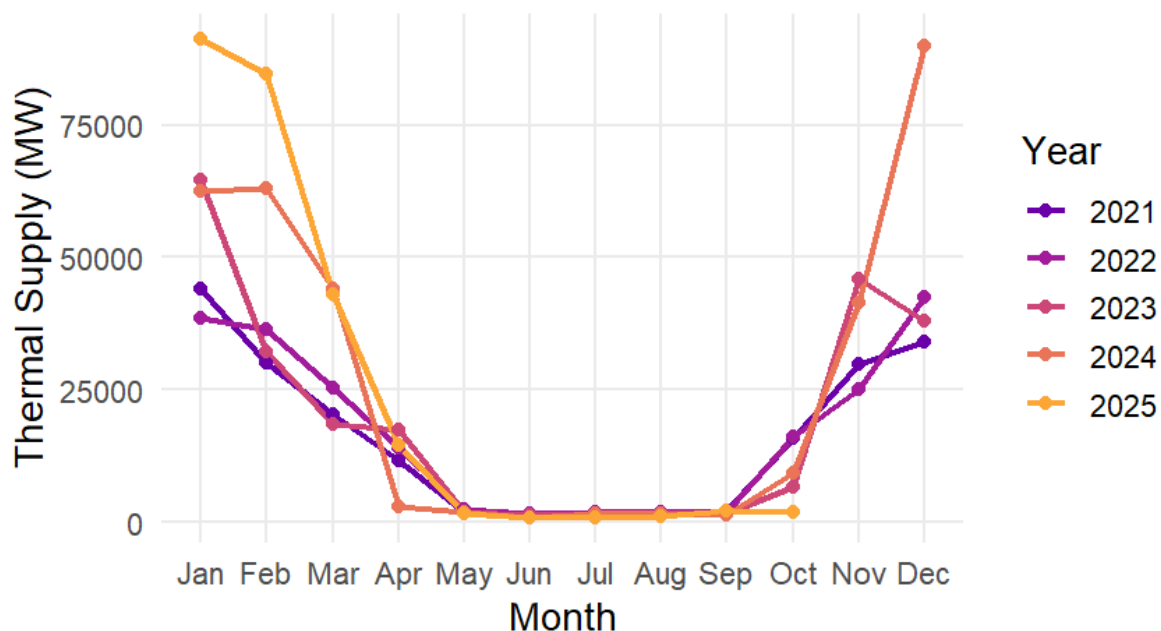
## INTRODUCTION

From 2021 onwards, coal made up more than 80 % of Mongolia's gross energy consumption [7]. This heavy dependence on coal made sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) generation the leading contributor of air pollution [8]. Circulating Fluidized Bed (CFB) combustion is considered one of the cleaner coal technologies with increased energy saving and lower pollutant emissions [9]. The Oyu Tolgoi Central Heating Plant (CHP) was commissioned in 2013, and a capacity of 130 MW was reached by 2021 by developing limestone-based in-bed desulfurization to curb SO<sub>2</sub> emissions. This study assesses the desulfurization efficiency of CFB boilers in the plant based on Continuous Emission Monitoring System (CEMS) data, collected from 2020 to 2025 [11].

The graph displays distinct winter peaks (January–March and November–December) and almost zero production during summer (May–August), which is consistent with Mongolia's extreme continental climate and dependence upon centralized heating. There is an evident increasing trend, with winter peaks having grown from approximately 40,000–60,000 MW in 2021–2022 to over 90,000 MW in 2024–2025, signaling a rise in heating demand from industrialization in the Oyu Tolgoi region.

## CHP Oyu Tolgoi – Thermal Supply (MW)

Comparison of monthly output by year (2020–2025)



**Figure 1.** The seasonal thermal output of the Oyu Tolgoi Central Heating Plant from 2021 to 2025.

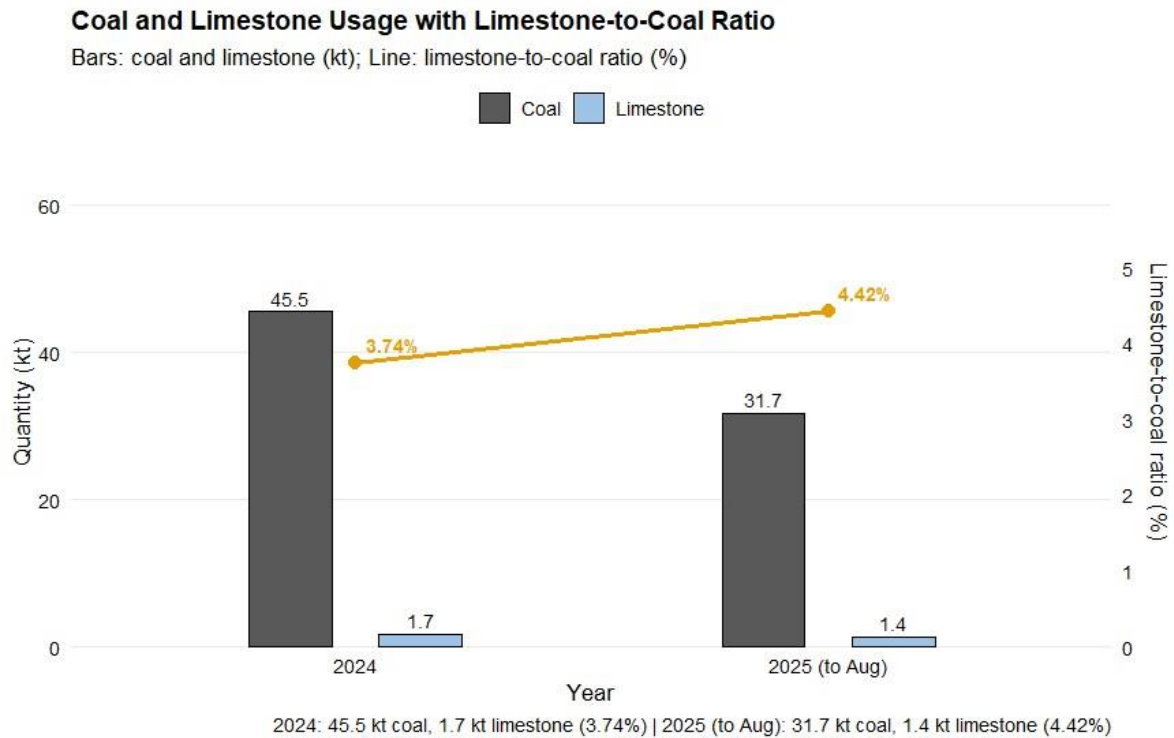
### METHODS

The Continuous Emission Monitoring System (CEMS) implemented in the Oyu Tolgoi Central Heating Plant was commissioned in July 2019 to monitor SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, and CO concentrations by SDL 1080 analyzer and particulate matter by SDL 230 unit [12]. Baseline measurements without limestone were done in 2014 and continuous monitoring measurements were taken from 2020 to 2025 [13]. Fuel consumption data show that 45.5 kilotons (kt) of coal and 1.7 kt of limestone served the facility in 2024, an estimated limestone-to-coal ratio of 3.74%. By August 2025, 31.7 kt coal and 1.4 kt limestone were consumed, producing a 4.42 % ratio [14]. All emission data were normalised according to Mongolian Standard MNS 6298:2011 [15]. Desulfurization efficiency was calculated using the equation:

$$\eta_{\text{SO}_2} = (\text{C}_{\text{in}} - \text{C}_{\text{out}}) / \text{C}_{\text{in}} \times 100$$

where C<sub>in</sub> and C<sub>out</sub> represent inlet and outlet SO<sub>2</sub> concentrations (mg/Nm<sup>3</sup>) [16].

SO<sub>2</sub> emissions decreased from 1897.3 mg/Nm<sup>3</sup> (no additive) to ≤211 mg/Nm<sup>3</sup> after limestone-based desulfurization, achieving >95 % removal efficiency and maintaining compliance with the MNS 6298:2011 limit of 400 mg/Nm<sup>3</sup> throughout 2020–2025 [17].



**Figure 2.** Limestone-to-coal ratio at Oyu Tolgoi CHP for 2024 and 2025.

The ratio increased from 3.74 % in 2024 to 4.42 % in 2025, despite lower absolute quantities of coal and limestone. This rise suggests a deliberate increase in limestone dosing per unit of coal, likely to maintain high SO<sub>2</sub> removal efficiency under reduced coal consumption or to compensate for variability in coal sulfur content [18].

## RESULTS

Limestone-to-coal ratio at Oyu Tolgoi CHP in 2024 and 2025. It rose to 4.42% from 3.74% in 2024, despite lower absolute quantities of coal and limestone. The increase may indicate a pre-programmed upgrading of limestone dosing per unit coal, not only to preserve high SO<sub>2</sub> removal efficiency under less use of coal, but also to control the effects of a varying coal sulfur content [18]. Due to the introduction of limestone addition, the average SO<sub>2</sub> concentration drastically reduced from >1800 mg/Nm<sup>3</sup> to less than 200 mg/Nm<sup>3</sup>. Desulfurization efficiency was up to 93.8%, indicating good performance. The total annual SO<sub>2</sub> emission reduction was regarded in the range of 200–250 tons per year. The molar ratio of Ca/S was found to be in the range of 2.0 - 2.5, acceptable for international CFB boilers [19].

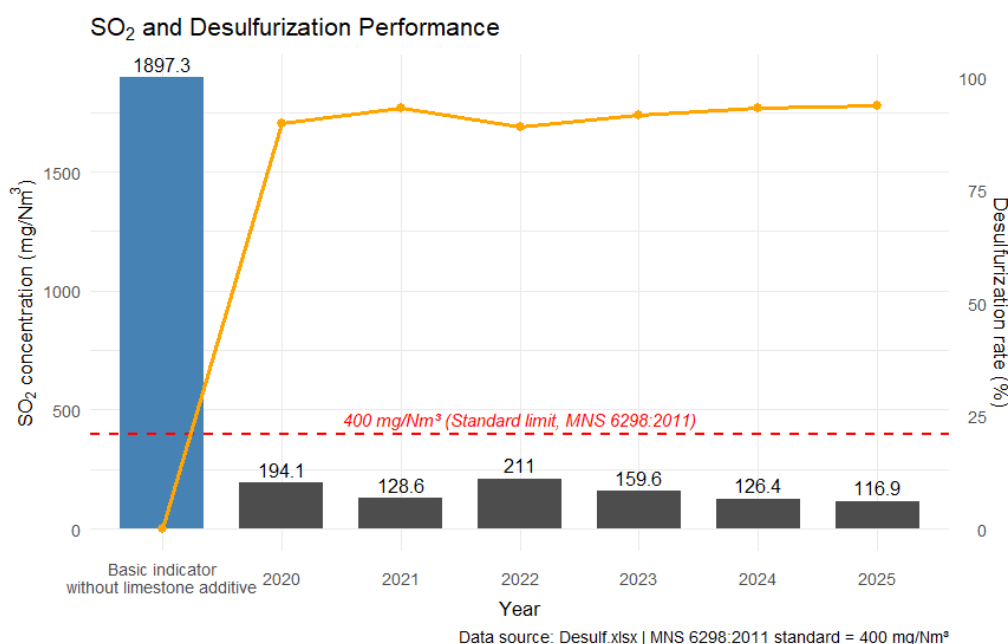


Figure 3. Annual desulfurization efficiency at Oyu Tolgoi CHP (2020–2025).

## DISCUSSION

Desulfurization in such a system is dependent on temperature-dependent chemicals (limestone  $\text{CaCO}_3$ ). Calcination ( $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ ) takes place at temperatures more than  $825^\circ\text{C}$  to generate reactive calcium oxide, which captures sulfur dioxide to produce calcium sulfate ( $\text{CaSO}_4$ ) [19]. At relatively low temperatures (approximately  $700\text{--}800^\circ\text{C}$ ), direct sulfation is also considered for capturing sulfur ( $\text{CaCO}_3 + \text{SO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2$ ) [20]. Optimal bed temperature and Ca/S molar ratios need to be optimized to achieve high  $\text{SO}_2$  removal efficiency [21]. These results are supported by previous research; Adams (2017) and Miller (2018) have indicated efficiencies of 92–94% in similar CFB plants [22]. Improved limestone particle size (0.3–0.6 mm) and temperature control and real-time adjustment by real-time CEMS feedback can contribute also to further improvement [23].

## CONCLUSION

The Oyu Tolgoi Central Heating Plant achieved desulfurization efficiencies up to 93.8% by using limestone as addition material in Circulating Fluidized Bed boilers. For sulfur capture an optimal limestone-to-coal ratio of about 4% was found which helped to maintain operational stability effectively. These results indicate that an in-bed desulfurization strategy of limestone is a viable and environmentally friendly form of emission control, particularly in Mongolia's medium-sized heating plant.

## REFERENCES

1. Deng, Y., Ansart, R., Baeyens, J., & Zhang, H. (2019). Flue Gas Desulphurization in Circulating Fluidized Beds. *Energies*, 12(20). <https://doi.org/10.3390/en12203908>
2. Smith, I. M. (2007). Properties and behaviour of  $\text{SO}_2$  adsorbents for CFBC. IEA Clean Coal Centre.
3. Shun, D., Bae, D. H., Jang, I.-K., Park, K.-H., & Park, S. K. (2013). Kinetic study of sulfur dioxide elimination by limestone through the lab scale circulating fluidized bed combustor. *Advances in Materials Physics and Chemistry*.

4. Wang, C., Song, G., Yang, Z., Xiao, Y., Yang, X., Ji, Z., & Lyu, Q. (2023). Influence of limestone addition on combustion and emission characteristics of coal slime in the 75 t/h CFB boiler with post-combustion chamber. *Journal of Thermal Science*, 32(5), 1849–1857. <https://doi.org/10.1007/s11630-023-1805-z>
5. Same as [4] or plant operational data (internal source).
6. Same as [1] and [2].
7. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2024). *Renewable Energy Statistics 2024*.
8. Smith, I. M. (2007). *Properties and behaviour of SO<sub>2</sub> adsorbents for CFBC*. IEA Clean Coal Centre.
9. Deng, Y., Ansart, R., Baeyens, J., & Zhang, H. (2019). Flue Gas Desulphurization in Circulating Fluidized Beds. *Energies*, 12(20). <https://doi.org/10.3390/en12203908>
10. Wang, C., Song, G., Yang, Z., Xiao, Y., Yang, X., Ji, Z., & Lyu, Q. (2023). Influence of limestone addition on combustion and emission characteristics of coal slime in the 75 t/h CFB boiler with post-combustion chamber. *Journal of Thermal Science*, 32(5), 1849–1857. <https://doi.org/10.1007/s11630-023-1805-z>
11. Oyu Tolgoi CHP operational data (internal source).
12. SDL Environmental Monitoring Systems Manual.
13. Oyu Tolgoi CHP operational data (internal source).
14. Fuel consumption logs, Oyu Tolgoi CHP (2024–2025).
15. Mongolian Standard MNS 6298:2011 – Air Quality Standards.
16. Deng, Y., Ansart, R., Baeyens, J., & Zhang, H. (2019). Flue Gas Desulphurization in Circulating Fluidized Beds. *Energies*, 12(20).
17. Wang, C., Song, G., Yang, Z., Xiao, Y., Yang, X., Ji, Z., & Lyu, Q. (2023). Influence of limestone addition on combustion and emission characteristics of coal slime in the 75 t/h CFB boiler with post-combustion chamber. *Journal of Thermal Science*, 32(5), 1849–1857.
18. Buryan, P., et al. (2008). Influence of coal and limestone impurities on desulfurization efficiency in circulating fluidized bed combustion. *Fuel Processing Technology*, 89(11), 1101–1108. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2008.05.002>
19. Buryan, P., et al. (2008). Influence of coal and limestone impurities on desulfurization efficiency in circulating fluidized bed combustion. *Fuel Processing Technology*, 89(11), 1101–1108
20. Anthony, E. J., & Bulewicz, E. M. (1994). Mechanisms of sulfation and calcination of limestone in fluidized beds. *Fuel*, 73(3), 389–394.
21. Kishore, S. N., et al. (2021). Selection of Ca/S ratio and bed temperature for Indian lignite-based CFBC boiler using simplified sulfur capture model. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 3, 100094.
22. Adams, R. (2017). Performance of limestone-based desulfurization in CFB boilers. *International Journal of Energy Research*, 41(12), 1678–1689.
23. Miller, T. (2018). Optimization of sorbent particle size and temperature control in fluidized bed combustion. *Applied Thermal Engineering*, 135, 456–463.

# ХЭРЛЭН ГОЛЫН САВ ГАЗРЫН БЭЛЧЭЭРИЙН УРГАМЛЫГ ЗАЙНААС ТАНДАН СУДАЛГААТАЙ ХОСЛУУЛСАН ҮР ДҮН

Э.Үүрийнцолмон\*, Б.Бямбадолгор

ШУА-ийн Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн  
(\*Холбоо барих зохиогч: [uuriintsolmon.e@mas.ac.mn](mailto:uuriintsolmon.e@mas.ac.mn))

## ХУРААНГУЙ

Бэлчээрийн ургамал нь гадаад орчин болон ургамал хоорондын ихээхэн нийлмэл харилцан нөлөөллийн дүнд бүрэлддэг. Зүйлийн бүрэлдэхүүн, ургац, бүрхэц нь ургамлан бүлгэмдлийн шинжийг илэрхийлэх нэг чухал үзүүлэлт болдог. Энэхүү судалгаагаар ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүн, ургамлан бүлгэмдэл, бэлчээрийн төрөл, хэв шинж, ургамлан бүлгэмдлийн биологийн бүтээмж/ургац/-нд тулгуурлан судалгааны үр дүн гаргахын тулд Хэрлэн голын сав газарт тухайн бүлгэмдлийн шинж төрхийг илэрхийлэх, ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүнийг төлөөлж чадахуйц талбайг сонгож, 50 цэгт Браун-Бланкын ургамлын судалгааны аргазүйг ашиглан 1x1 м<sup>2</sup> талбайд ургамлын бичиглэл хийж, 0.5x0.5 м<sup>2</sup> талбайгаас ургацын дээж цуглуулж, дээжүүдийг лабораторийн нөхцөлд хатаах шүүгээнд 60°C-д 24 цаг хатааж, хуурай жинг тодорхойлсон. Ургац болон бүрхцийн хамаарлыг судлахад эерэг хамааралтай буюу  $r=0.6$  байгаа нь талбайн ургамлын бүрхэц нэмэгдэхэд ургац ихэсдэг хандлагатайг харуулж байна. Гэхдээ ургац, бүрхэц өндөр байгаа ч мал иддэггүй адамсын шарилж зонхилсон бэлчээр ихэнх судалгааны талбайд тохиолдсон. Харин зүйлийн тоо болон бүрхцийн хамаарлыг үзэхэд эерэг хамааралтай буюу  $r=0.5$  буюу дунд зэрэг хамааралтай байна. Бэлчээрийн ургацын хээрийн хэмжилтийн мэдээг NDVI-ийн утгатай харьцуулсан дүн шинжилгээг хийхэд  $r=0.44$  дунд зэргийн эерэг хамааралтай байна.

**Түлхүүр үг:** Бэлчээр, зүйлийн бүрэлдэхүүн, ургац, бүлгэмдэл, NDVI

## ОРШИЛ

Монгол орон өргөн уудам нутаг дэвсгэртэй уул нуруу, хотгор гүдгэр гадаргатай, эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай учраас ургамалжлын хувьд нэлээд өвөрмөц байдаг. Ургамлан нөмрөгийн төлөв байдлын өөрчлөлт сүүлийн жилүүдэд уур амьсгалын хуурайшил, бэлчээр ашиглалтын зохисгүй үйл ажиллагаанаас хамаарч цөлжилтөд өртөх, малын хөлөөр талхлагдах зэрэг сөрөг нөлөөгөөр ургамлын төрөл зүйл багасах, бэлчээр тэжээлийн нөөц хомсдох, зарим газруудад ганд илүү тэсвэртэй боловч малын идэш тэжээлд тохирохгүй ургамлаар солигдох зэрэг үзэгдэл гарах болсон байна.

Бэлчээрийн ургамалжилт нь бэлчээрийн талбайн бүтээмж, тогтвортой байдлыг үнэлэх хамгийн чухал хүчин зүйл болдог [1]. Бэлчээрийн ургамлын төлөв байдал цаг уурын, хүний хүчин зүйлээс хамааран өөрчлөгдөж байдаг [2]. Мал бэлчээрлэлт нь ургамлын бүлгэмдлүүдийн төрөл зүйлийн баялаг, зүйлийн олон янз байдлыг өөрчлөх замаар экосистемд шууд болон шууд бусаар нөлөөлж болно [3]. Малыг бэлчээрлэлтийн ургамлын төрөл зүйлийн баялагт, үзүүлэх нөлөөг дэлхий даяар судалж үзэхэд чиглэл, цар хүрээний хувьд харилцан адилгүй зөрүүтэй үр дүн гардаг [4]. Бэлчээрийн нөлөөлөл нь зөвхөн төрөл зүйлийн баялагт бус зонхилох зүйлийн эзлэх хувийн жинд нөлөөлдөг мөн ургамлын зүйлүүд дунд зэргийн талхлагдалд хамгийн их зүйлийн баялаг, зүйлийн олон янз байдлыг олж авдаг [5] зэрэг судлаачдын бүтээлд тэмдэглэсэн байна. Ургамлын бүрхэвч нь бүлгэмдэл болон абиотик орчинд нөлөөлдөг [6].

Зайнаас тандсан мэдээг газрын гадаргын өөрчлөлтийн судалгаа, ургац, ой, усны нөөцийн судалгаа, хөрс, газар тариалангийн чийгийн үнэлгээ, газрын доройтол, цөлжилт, цаг уурын өөрчлөлт, байгаль орчны судалгаанд өргөнөөр ашиглаж байна. Ургамал нөмрөгийн өөрчлөлтийн хандлагыг илрүүлэх, NDVI-ийн хоорондын хамаарлын судалгааг Сайнбаяр, Воа нар [7] [8] хийжээ. NDVI-ийн мэдээг ашиглан ургамлын төлөв байдал, өөрчлөлт, ургамал бүрхэвч болон, газрын доройтлыг үнэлсэн судалгаанууд нэлээд хийгдсэн байдаг ч тухайн үеийн газрын мэдээтэй холбосноор ямар төрөл зүйл зонхилж байгаа болон тэр зүйлийн ач холбогдол мэдэх боломжтой. Ургамал нөмрөгийн өөрчлөлтийг судлах нь хүрээлэн буй орчинд гарч буй өөрчлөлтийг илрүүлэхэд чухал ач холбогдолтой юм.

Судалгааны зорилго, зорилт: Хэрлэн голын сав газрын бэлчээрийг ялгаатай 3 хэв шинжид ялган талхагдал өөрчлөлтийг зайнаас тандан болон газрын мэдээтэй хослуулах. Зорилгоо биелүүлэхийн тулд дараах зорилтуудыг дэвшүүлэв. Үүнд:

- Ургамлан бүлгэмдлийн бүтэц бүрэлдэхүүн тогтоох
- Бэлчээрийн төрөл, хэв шинж гаргах
- Бэлчээрийн ургамлын бичиглэл дээрээ үндэслэн зүйлийн бүрэлдэхүүн гаргах
- Ургамлан бүлгэмдлийн биологийн бүтээмж зүйлийн бүрэлдэхүүн, бүрхцэд тулгуурлан судалгааны үр дүн гаргах
- Судалгааны цэгийн бэлчээрийн ургацын хээрийн хэмжилтийн мэдээг NDVI-ийн утгатай харьцуулан дүн шинжилгээг хийх

## Судалгааны талбай

Судалгааны талбай буюу Хэрлэн голын сав газар нь Хэнтий, Дорнод, Төв аймгийн нутаг дамнан оршдог. Монгол орны ургамлын аймгийг газарзүйн байдалтай уялдуулан ургамал-газарзүйн 16 тойрогт хуваасан байдаг [10]. Хэрлэн голын сав газар нь ургамал газарзүйн мужлалаар Монгол-Дагуурын уулын ойт хээрийн тойрог, Дундад халхын хээрийн тойрог, Дорнод монголын хуурай хээрийн тойрогт хамаарагддаг.



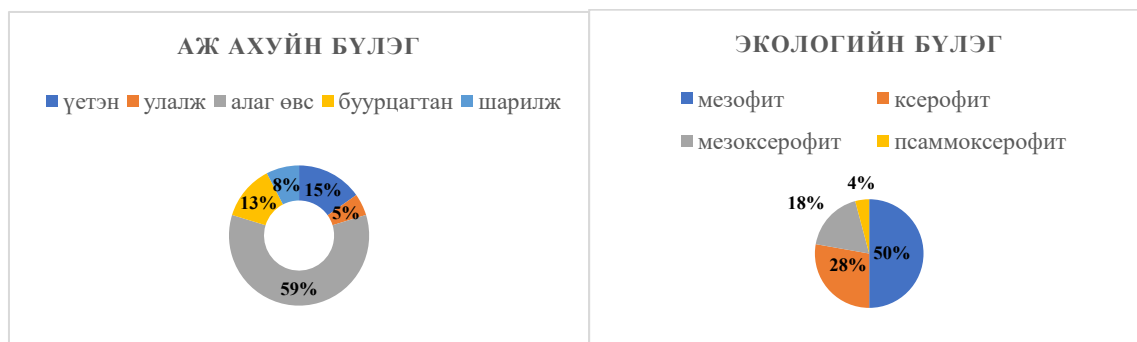
Зураг 1. Судалгааны дээж авсан цэгүүд

## СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ

Хэрлэн голын сав газарт тухайн бүлгэмдлийн шинж төрхийг илэрхийлэх, ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүнийг төлөөлж чадахуйц талбайг сонгож, 50 цэгт ургамлын судалгааны аргазүйг ашиглан 1x1 м<sup>2</sup> талбайд ургамлын бичиглэл хийж, ургамлын зүйлүүдийг Монгол орны гуурс ургамал таньж тодорхойлох бичиг ашиглаж ургамлын зүйлүүдийг тодорхойлсон [9]. 0.5x0.5 м<sup>2</sup> талбайгаас ургацын дээж цуглуулж, дээжүүдийг лабораторийн нөхцөлд хатаах шүүгээнд 60°C-д 24 цаг хатааж, хуурай жинг тодорхойлсон.

## СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Хэрлэн голын сав газрын ургамлын судалгаагаар 30 овог 67 төрөл 80 зүйл бүртгэгдлээ. Бүртгэгдсэн зүйлүүдийг аж ахуйн бүлэг ангилан үзэхэд 59% алаг өвс, 13% буурцагтан, 15% үетэн, 8% шарилж, 5% улалж байна. Экологийн бүлгээр нь ангилан үзэхэд 50% мезофит (чийгсэг), 28% ксерофит (хуурайсаг), 18% мезоксерофит (чийгсүү-хуурайсаг) болон ксеромезофит (хуурайсуу-чийгсэг), псаммоксерофит (элссүү-хуурайсаг) зүйлүүд тус тус тархсан байна (Диаграмм 1,2).



Диаграмм 1. Аж ахуйн бүлэг

Диаграмм 2. Экологийн бүлэг

Судалгааны талбайн нийт цэгийн мэдээллийг уулс хоорондын хөндий, энгэр хажуу, тэгш тал, голын хөндий зэрэг 3 ангилан зүйлийн бүрэлдэхүүн, ургац, бүрхэц зэрэгт анализ хийсэн. Бэлчээрийн ургамлын өөрчлөлт талхагдлын судалгааг хээрийн хэмжилтийн мэдээ болон NDVI аргуудыг ашиглан харьцуулсан дүн шинжилгээг хийсэн болно

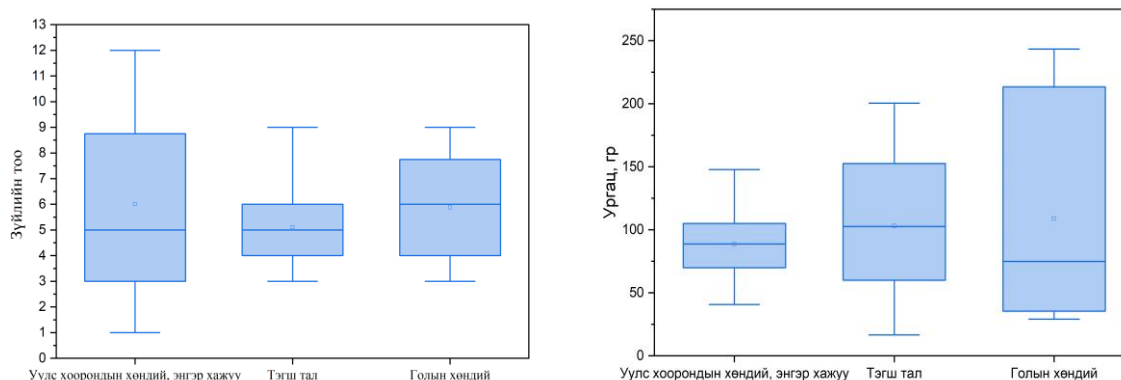


График 1. Гурван ялгаатай орчны зүйлийн тоо, ургацыг харьцуулсан байдал

Дээрх ургамлын судалгааны үр дүнгээс үзэхэд зүйлийн тоо уулс хоорондын хөндий, энгэр хажуугийн бэлчээрт 3-8,5 зүйл, тэгш талын бэлчээрт 4-6 зүйл, голийн хөндийн бэлчээрт 4-7,5 зүйл ургамал байна. Зүйлийн тоо өндөр бэлчээр нь уулс хоорондын хөндий, энгэр хажуугийн бэлчээр, цөөн зүйлтэй бэлчээр тэгш талын бэлчээр байна. Харин ургамлын ургац уулс хоорондын хөндий, энгэр хажуугийн бэлчээрт 54-110 г/м<sup>2</sup>, тэгш талын бэлчээрт 60-150 г/м<sup>2</sup>, голийн хөндийн бэлчээрт 40-220 г/м<sup>2</sup> байна (График 1). Tukey-ийн олон давталттай харьцуулалтын шинжилгээний үр дүнгээр уулс хоорондын хөндий, энгэр талууд, тэгш тал, голын хөндий гэсэн гурван 3 орчин хооронд зүйлийн тооны дундаж утгын ялгаа статистикийн хувьд ач холбогдолгүй байсан ( $p > 0.05$ ). Иймд байршлын ялгаа нь зүйлийн тоонд мэдэгдэхүйц нөлөө үзүүлээгүй байна. Ургамлын ургац болон бүрхцийн хамаарлыг судлахад эерэг хамааралтай буюу  $r=0.6$  байгаа нь талбайн ургамлын бүрхэц нэмэгдэхэд ургац ихэсдэг хандлагатайг харуулж байна. Гэхдээ ургац, бүрхэц өндөр байгаа ч мал иддэггүй адамсын шарилж зонхилсон бэлчээр ихэнх судалгааны талбайд тохиолдсон. Харин зүйлийн тоо болон бүрхцийн хамаарлыг үзэхэд эерэг хамааралтай буюу  $r=0.5$  буюу дунд зэрэг хамааралтай байна (График 1). Гэхдээ зарим цэгүүд дээр зүйлийн тоо цөөн байхад бүрхэц их байгаа цэгүүд байна. Эдгээр цэгүүд нь маш их талхагдалд орсон навтуул гичгэнэ, адамсын шарилж, ширэг улалж, агь шарилж зонхилсон бэлчээр байна.

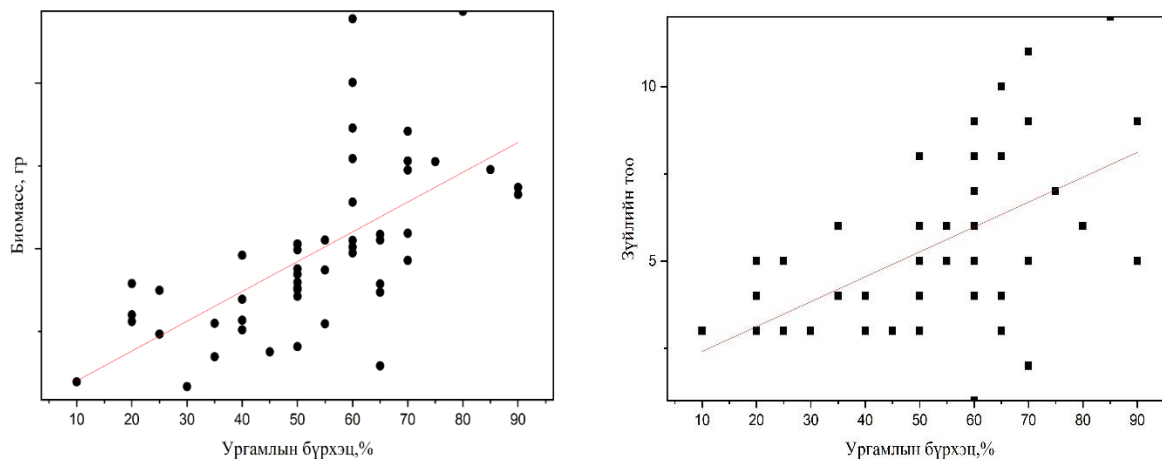


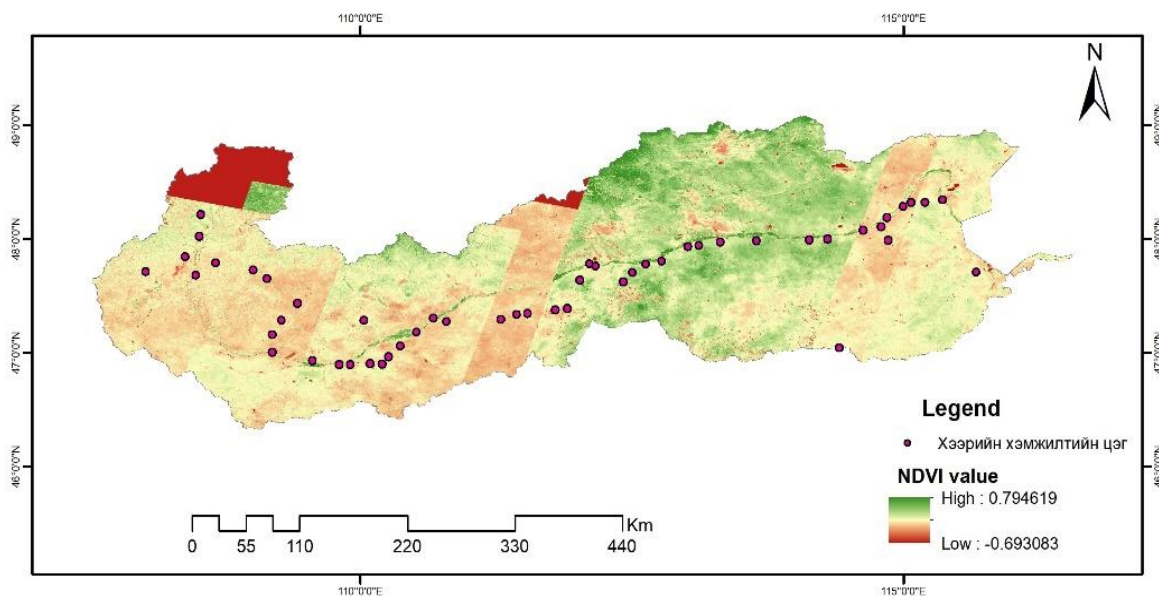
График 2. Ургамлын ургац, зүйлийн тоотой ургамлын бүрхцийн хамаарал

### Судалгааний талбай болон мэдээ

Энэхүү судалгаанд бид Ландсат 8 болон 9 хиймэл дагуулын 2022 оны 8-р сарын 5, 2022 оны 8-р сарын 23, 2022 оны 8-р сарын 27, 2022 оны 9-р сарын 7, 2022 оны 9-р сарын 11, болон 2022 оны 9-р сарын 13-ний өдрүүдийн нийт 9 мэдээг ашиглан дүн шинжилгээ хийж гүйцэтгэлээ. Тухайн мэдээний үзэгдэх гэрлийн болон ойрын нил улаан туяан мужийн мэдээнүүдийг тус тус ашигласан болно. Зураг 1-т Ландсат хиймэл дагуулын 5, 4 болон 3-р сувгуудыг ашиглан хуурмаг өнгөт дүрс үүсгэсэн байдал болон хээрийн хэмжилтийн цэгийн тархалтыг харууллаа.

Судалгаандаа ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс (NDVI) ашигласан. NDVI утга нь -1-ээс +1-ийн хооронд хэлбэлздэг ба дараах томъёогоор илэрхийлэгдэнэ:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$



Зураг 2. Хэрлэн голын сав газрын NDVI-ийн орон зайн тархалт

Судалгааны талбайн хэмжээнд NDVI-ийн утгатай 0.14- 0.35 хооронд байна. NDVI-ийн утга бага гарч байгаа иш голын нөлөө орсон байж болох юм. Энэхүү судалгааны хүрээнд бэлчээрийн ургацын хээрийн хэмжилтийн мэдээг NDVI-ийн утгатай харьцуулсан дүн шинжилгээг хийхэд  $r=0.44$  дунд зэргийн эерэг хамааралтай байна.

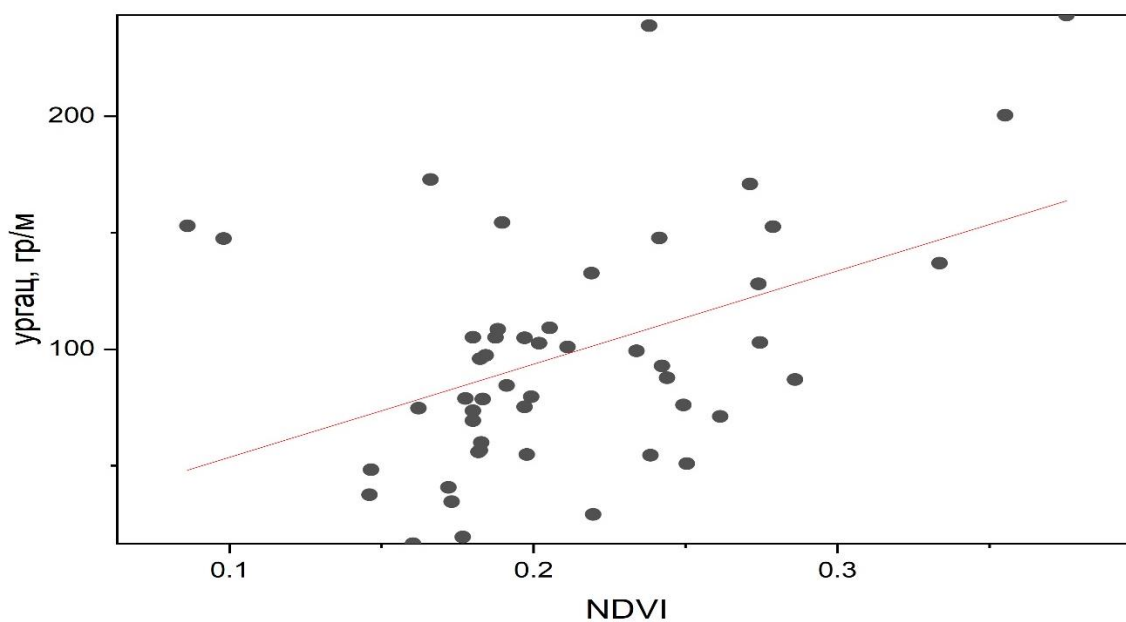


График 3. Бэлчээрийн ургац, NDVI хамаарал

### ДҮГНЭЛТ, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Хэрлэн голын сав газрын ургамлын судалгаагаар 30 овог 67 төрөл 80 зүйл бүртгэгдлээ. Экологийн бүлгийн хувьд мезофит (чийгсэг), ксерофит (хуурайсаг), болон ксеромезофит (хуурайсуу-чийгсэг), орчинд тархан ургадаг алаг өвс, шарилжийн зүйлүүд тус тус тархсан байна.

Уулс хоорондын хөндий, энгэр хажуугийн бэлчээрт 3-8,5 зүйл, тэгш талын бэлчээрт 4-6 зүйл, голийн хөндийн бэлчээрт 4-7,5 зүйл ургамал байна. Зүйлийн тоо өндөр бэлчээр нь уулс хоорондын хөндий, энгэр хажуугийн бэлчээр, цөөн зүйлтэй бэлчээр тэгш талын бэлчээр байна.

Ургамлын ургац уулс хоорондын хөндий, энгэр хажуугийн бэлчээрт 54-110 г/м<sup>2</sup>, тэгш талын бэлчээрт 60-150 г/м<sup>2</sup>, голийн хөндийн бэлчээрт 40-220 г/м<sup>2</sup> байна. Голыг хөндийн бэлчээр нь ургац өндөртэй ч ихээхэн бэлбэлзэлтэй байна

Талбайн ургамлын бүрхэц нэмэгдэхэд ургац ихэсдэг хандлагатайг харуулж байна. Гэхдээ ургац, бүрхэц өндөр байгаа ч малын иддэггүй адамсын шарилж зонхилсон бэлчээр ихэнх судалгааны талбайд тохиолдсон.

Бэлчээрийн ургацын хээрийн хэмжилтийн мэдээг NDVI-ийн утгатай харьцуулсан дүн шинжилгээг хийхэд  $r = 0.44$  дунд зэргийн эерэг хамааралтай байна.

### Талархал

Энэхүү судалгааг “Хэрлэн голыг бохирдуулагч эх үүсвэрүүдийг зайнаас тандах (хиймэл дагуулын мэдээ) арга зүй ашиглан мониторинг, үнэлгээ хийх технологийн судалгаа” ажлын хүрээнд хийж гүйцэтгэлээ. Газарзүй, Геоэкологийн хүрээлэнгийн Усны нөөц, ус ашиглалтын салбарын дарга доктор С.Чинзориг болон салбарын хамт олонд талархсанаа илэрхийлье.

### АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Sergelenkhuu Jambal, Takashi Otda, Yoshihiro Yamada, Undarmaa Jamsran, Keiji Sakamoto, and Ken Yoshikawa, "Effect of Grazing Pressure on the Structure of Rangeland Plant Community in Mongolia," *Journal of Arid Land Studies*, pp. 235-38, 2012.
- [2] "Бэлчээрийн урт хугацааны мониторинг 2013-2015 онолын суурь судалгааны тайлан," *Мал аж ахуйн эрдэм шинжилгээний*, no. online, p. <http://data.stf.gov.mn/Project/>, 2015.
- [3] Yongjun Liu, Guoxi Shi, Lin Mao, Gang Cheng, Shengjing Jiang, Xiaojun Ma, Lizhe An, Guozhen Du, Nancy Collins Johnson, Huyuan Feng "Direct and indirect influences of 8 yr of nitrogen and phosphorus fertilization on Glomeromycota in an alpine meadow ecosystem," *New Phytologist*, vol. 194, no. 2, pp. 523-535 doi: 10.1111/j.1469-8137.2012.04050.x., 2012.
- [4] Harnett, D.C., Hickman, K.R., Walter, L.E.F.. Harnett, "Effects of bison grazing, fire and topography on floristic diversity in tallgrass prairie," *Journal of Range Management*, p. 413-420., 1996.
- [5] J. Connell, " Diversity in tropical rain forests and coral reefs – high diversity of trees and corals is maintained only in a non-equilibrium state.," *Science* 199, p. 1302-1310., 1978.
- [6] Ernst- Detlef Schulze, Erwin Beck, Nina Buchmann, Klaus Müller-Hohenstein, Michael Scherer-Lorenzen, Plant Ecology, Hamburg, Germany: Springer, 2019.
- [7] Д. Сайнбаяр, "Байгалийн бүс, бүслүүр дэх ургамалжлын нормчилсон индексийн өөрчлөлт, түүний уур амьсгалын хүчин зүйлээс хамаарах хамаарал," *Газарзүйн асуудлууд*, vol. 2, pp. 55-64, 2017.
- [8] G. Bao, Y. Bao, A. Sanjjava, Z. Qin "NDVI-indicated long-term vegetation dynamics in Mongolia and their response to climate change at biome scale: VEGETATION

DYNAMICS IN MONGOLIA AND THEIR RESPONSE TO CLIMATE CHANGE,"  
*Int. J. Climatol*, vol. 35, no. <https://doi.org/10.1002/joc.4286> , pp. 4293-4306, 2015.

- [9] Грубов В.И., Монгол орны гуурст ургамал, Улаанбаатар: Ган принт, 2008.
- [10] Н. Өлзийхутаг, Монгол орны ургамлын аймгийн тойм,, Улаанбаатар, 1989.
- [11] О. Чогний, in Монголын ойт хээр, хээрийн бүсийн нүүдлээр ашиглагдсан бэлчээрийн өөрчлөгдөх сэргэх онцлог, Улаанбаатар, 2018.

## Усны салбар дахь олон талт хамтын ажиллагааны сайн жишээ:



Усны зүй зохистой хэрэглээ, дахин ашиглалт, газрын доорх усны ач холбогдлыг олон нийтэд таниулах, нөөцийг хамгаалах зорилготой “Усны дусал бүрийг гүнээсээ хайрлая” мэдээллийн аяныг дөрөв дэх жилдээ амжилттай зохион байгуулж байгаа билээ.

Энэхүү мэдээллийн аяныг “Оюу толгой” компани газрын доорх усыг олон нийтэд таниулах, ач холбогдлыг нь сурталчлах зорилгоор Монгол Улсын Засгийн газрын хэрэгжүүлэгч агентлаг “Усны газар”, Галба-Өөш Долоодын Говийн сав газрын захиргаа, Монголын Гидрогеологи, Геоэкологийн мэргэжлийн холбоо, Шинжлэх ухаан технологийн их сургууль (ШУТИС)-ийн Геологи, уул уурхайн сургууль (ГУУС)-ийн Гидрогеологи, инженер геологийн тэнхимтэй хамтран “Усны дусал бүрийг гүнээсээ хайрлая” аяныг дөрөв дэх жилдээ амжилттай хэрэгжүүлж байгаа юм.

“Усны дусал бүрийг гүнээсээ хайрлая аян” нь зөвхөн усны салбарын мэдээллийг олон нийтэд хүргэхээс гадна, усны салбарт тулгамдаж буй асуудлуудад дэмжлэг үзүүлэн ажиллахыг эрмэлзсэн юм. Үүнд салбарын хүний нөөцийг нэмэгдүүлэх зорилгоор “Гидрогеологи” мэргэжлийг сурталчлах төрөл бүрийн арга хэмжээ хэрэгжүүлсэн бөгөөд тэдгээрийн нэг нь тус мэргэжлээр суралцаж буй оюутан залууст зориулсан гадаад, дотоод тэтгэлэгт хөтөлбөр байв. Мөн гидрогеологийн салбарын талаарх олон нийтийн ойлголтыг нэмэгдүүлэх зорилгоор уран бүтээлч, сэтгүүлчдийн дунд “Гүнээсээ хайрлая” феллов хөтөлбөрийг зарлаж, хүүхэд багачуудад зориулсан “Бяцхан чандманийн түүх 1, 2” комик ном, усны салбарын шилдгүүдийг тодруулах “Гүнээсээ хайрлая” шалгаруулалт зэрэг олон талт хамтын ажиллагааг тус аяны хүрээнд амжилттай зохион байгуулсан юм.

“Усны дусал бүрийг гүнээсээ хайрлая” мэдээллийн аяны хүрээнд хийгдсэн онцлох ажлууд:

### 1 Дотоодын тэтгэлэгт хөтөлбөр

“Оюу толгой” компаниас зарладаг дотоодын тэтгэлэгт хөтөлбөрт салбарын хүний нөөцийг нэмэгдүүлэх зорилгоор байгаль орчны чиглэлээрх нэн хэрэгцээт “Гидрогеологи” мэргэжлийг тусгайлан багтааж, 2024 оноос эхлэн тус мэргэжлээр суралцаж буй оюутнуудаас шалгаруулан сургалтын төлбөр, сар бүрийн амьжиргааны тэтгэмж, дотуур байрын төлбөрийг багтаасан тэтгэлгийг олгож эхэлсэн билээ. Ийнхүү суралцагч оюутны тоог өсгөх зорилго тавьж тэтгэлэг зарласнаар ШУТИС-ийн ГУУС-д “Гидрогеологи” мэргэжлээр суралцагчдын тоо 2022 онд 8 байсан бол 2024-2025 оны хичээлийн жилд 22 болж өсөөд байгаа юм.

### II “Гүнээсээ хайрлая” феллов хөтөлбөр.

Газрын доорх усны ач холбогдлыг олон нийтэд таниулах, сурталчлах зорилготой энэхүү феллов хөтөлбөрт нийт 140 орчим оролцогч бүртгүүлж, нийтлэл, график дизайн, гэрэл зураг зэрэг төрлөөр 43 уран бүтээл туурвин өрсөлдсөн. Улмаар доорх бүтээлүүд шилдэгээр шалгарсан байна. Үүнд:

- **График дизайны төрөлд** - Б.Билгүүний “Үл үзэгдэх ус” бүтээл,
- **Сэтгүүл зүй, нийтлэлийн төрөлд** - У.Түвшинбаярын “Усгүй амьдралыг төсөөлөөд үз, тэгвэл гүнээсээ хайрлаж чадна” бүтээл,
- **Фото зургийн төрөлд** - М.Ганзоригийн “Сайхан хооллоорой”

бүтээл

Эдгээр бүтээлүүд тус тус тэргүүн байрт шалгарсан юм.

Эдгээр бүтээлтэй дэлгэрэнгүй танилцахыг хүсвэл та доор QR code-ийг уншуулж орно уу.



## III “Гүнээсээ хайрлая” усны шилдэг шийдэл тодруулах шалгаруулалт.

Усаа хайрлан хамгаалах, ариглан хэмнэх, нөөцийг хамгаалах, нөхөн сэргээх чиглэлүүдээр бодитой арга хэмжээ авч, үйл ажиллагаандаа нэвтрүүлж буй иргэд, судлаачид, аж ахуй нэгж байгууллагуудыг тодруулах, олон нийтэд сурталчлах зорилготой энэхүү шалгаруулалтад нийт гурван төрлөөр (шилдэг иргэн, шилдэг судлаач болон шилдэг байгууллага) 100 гаруй иргэн, судлаач, аж ахуй нэгжүүд өрсөлдсөн байна.

### Усны шилдэг шийдэл боловсруулсан шагналыг дараах иргэд, байгууллагууд хүртсэн:

**“Шилдэг иргэн”**- ээр 2024 онд Д.Басандорж үнсэн сангийн тунгаагуур болон авто угаалгын усыг дахин ашиглах технологийн судалгаагаараа, харин 2025 онд Д.Батдорж 14,000 литр борооны ус хуримтлуулж цэвэр ус хэмнэсэн үр дүнгээрээ шалгарсан.

**“Шилдэг судлаач, судалгааны баг”**-аар 2024 онд Л.Бархас газрын доорх усны мэдээллийг компьютерын системд оруулж бохирдлын нөлөөг ил тод харуулах боломж бүрдүүлснээр, 2025 онд Ш.Чулуунбаатар говийн бүсийн гидрогеологийн судалгааг нэгтгэн, гурван үнэ цэнэтэй бүтээл туурвиснаар шалгарсан.

**“Шилдэг байгууллага”**-аар 2024 онд “Нью Улаанбаатар Интернейшнл Эйрпорт” ус дахин ашиглах инновацлаг шийдлүүд (цэвэршүүлсэн усаар загас тэжээх, ургамал ургуулах, лагийг бордоо болгох) хэрэгжүүлж, 2025 онд “Дуртмал Ус” компани монголд анх удаа бохир ус цэвэрлэх МЖ-В коагулянт бодис гарган авсан амжилтаараа тус тус шалгарсан юм.



Дээр дурдсан онцлох ажлуудаас гадна “Усны дусал бүрийг гүнээсээ хайрлая” мэдээллийн аяны хүрээнд усаа ариг гамтай хэрэглэх дадал багаас нь төлөвшүүлэх зорилготой хүүхэд багачуудад зориулсан “Бяцхан чандманийн түүх 1, 2” комик номыг хэвлэн гаргасан юм. Энэхүү ном нь хэвлэмэл хувилбараас гадна MBook платформд үнэгүй байршсан байгаа билээ. Үүнээс гадна “Олон улсын Улаанбаатар марафон”, “Монголын Уул уурхайн долоо хоног” зэрэг арга хэмжээнд жил дараалан оролцож аяны болоод газрын доорх усны талаарх мэдээллийг олог нийтэд тогтмол хүргэж ирсэн юм.

**“Усны дусал бүрийг гүнээсээ хайрлая” аяныг хэрэгжүүлэгч:**



ЗАСГИЙН ГАЗРЫН  
ХЭРЭГЖҮҮЛЭГЧ АГЕНТЛАГ  
УСНЫ ГАЗАР



МОНГОЛЫН  
ГИДРОГЕОЛОГИ,  
ГЕОЭКОЛОГИЙН  
ХОЛБОО



## “Оюу толгой” компанийн байгаль орчны чиглэлээрх ажлын үзүүлэлт: (2025 оны III улирал)

“Оюу толгой” ХХК-ийн тэргүүлэх дөрвөн чиглэлийн нэг болох эх дэлхийгээ эрхэмлэн хамгаалах зорилгын хүрээнд улирал тутам байгаль орчинтой холбоотой онцлох үзүүлэлтүүдийг тогтмол тайлагнадаг. Доор мэдээлэлд 2025 оны III дугаар улирлын тайланг тоймлон харуулав.

### Ус ашигласны төлбөр:



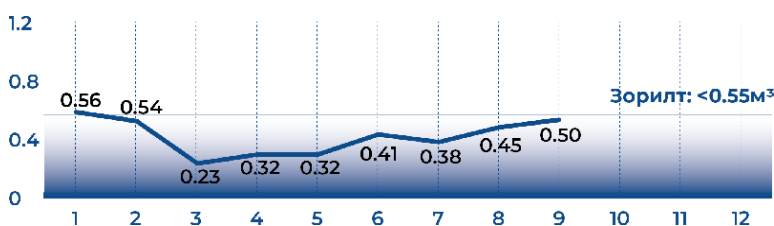
“Оюу толгой” ХХК 2025 оны гуравдугаар улиралд ус ашигласны төлбөрт 7.3 тэрбум төгрөг төлсөн бол 2013 оноос хойш нийт 211 тэрбум төгрөг төлсөн байна.



Мөн түүнчлэн 2025 оны гуравдугаар улиралд ус дахин ашиглалтын зорилт 80 хувь байсан бөгөөд зорилтоо давуулан биелүүлж, дунджаар 86.5 хувьд хүргэсэн байна.

### Усны хэрэглээ:

(Нэг тонн хүдэр боловсруулахад зарцуулсан усны хэмжээ, шоо метр, сараар)



Нэг тонн хүдэр боловсруулахдаа 2025 оны гуравдугаар улиралд нөхөн сэлбэлтээр 0.44 м³ буюу дэлхийн ижил төрлийн уурхайнуудын ашиглалтын дунджаас даруй гурав дахин бага ус ашиглаж байна.

### БАЙГАЛЬ ОРЧНЫ ЧИГЛЭЛЭЭР ХИЙСЭН БУСАД ОНЦЛОХ АЖЛУУД:



#### “100 сая мод өвлүүлэн үлдээ” хөтөлбөрийн хүрээнд дараах ажлуудыг хийж гүйцэтгэв:

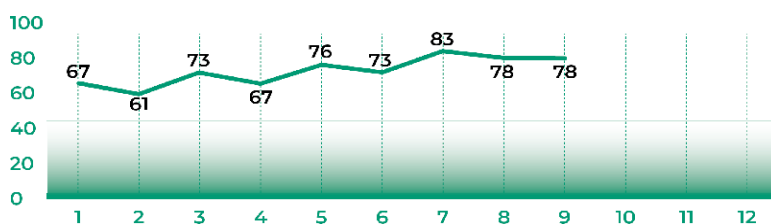
Сэлэнгэ аймгийн Хүдэр сумын Цагаан зур голын орчимд хариуцлагагүй уул уурхайн улмаас эвдэрч, эзэнгүй орхигдсон нийт 600 га талбайд газрын нөхөн сэргээлт хийх ажил амжилттай үргэлжилж байна.

“Оюу толгой” компани мод үржүүлгийн газруудын үйл ажиллагааг дэмжих зорилгоор нэн шаардлагатай 15 нэр төрлийн 53 ширхэг тоног төхөөрөмжийг Засгийн газрын хэрэгжүүлэгч агентлаг Ойн газарт хүлээлгэн өглөө.

“Оюу толгой” компани навчит, шилмүүст болон жимсний модны суулгацыг ажилтнууддаа үнэ төлбөргүй тараах ажлыг хавар болон намрын улиралд тогтмол зохион байгуулдаг. 2025 онд бид давхардсан тоогоор нийт 2000 гаруй ажилтнуудад ойролцоогоор 37,000 ширхэг модны суулгац тараасан байна.

### Дахин боловсруулах хаягдлын үзүүлэлт:

(Хувь, сараар)



2025 оны гуравдугаар улиралд нийт үүссэн хаягдлын дунджаар 79 хувь нь дахивар нөөц байна.

## Оюу толгой уурхайн усны менежмент

Ус дахин ашиглалтын дундаж түвшин ~86.5%

“Оюу толгой” ХХК усны менежментийн бодлогынхоо хүрээнд уурхайн бүх үйл ажиллагаанд усыг зөв зохистой хэрэглэх, усыг дахин ашиглахад анхаардаг. Үүний зэрэгцээ үйл ажиллагаа явуулж буй бүс нутгийн усны нөөц, чанарт учирч болзошгүй сөрөг нөлөөллийг бууруулах, байгаль дахь усны нөөц, чанарыг хэвээр хадгалахыг зорин ажиллаж байна. “Оюу толгой” ХХК-ийн уурхайн усан хангамжийн үндсэн бүтцийг зурагт тайлбарыг орууллаа.

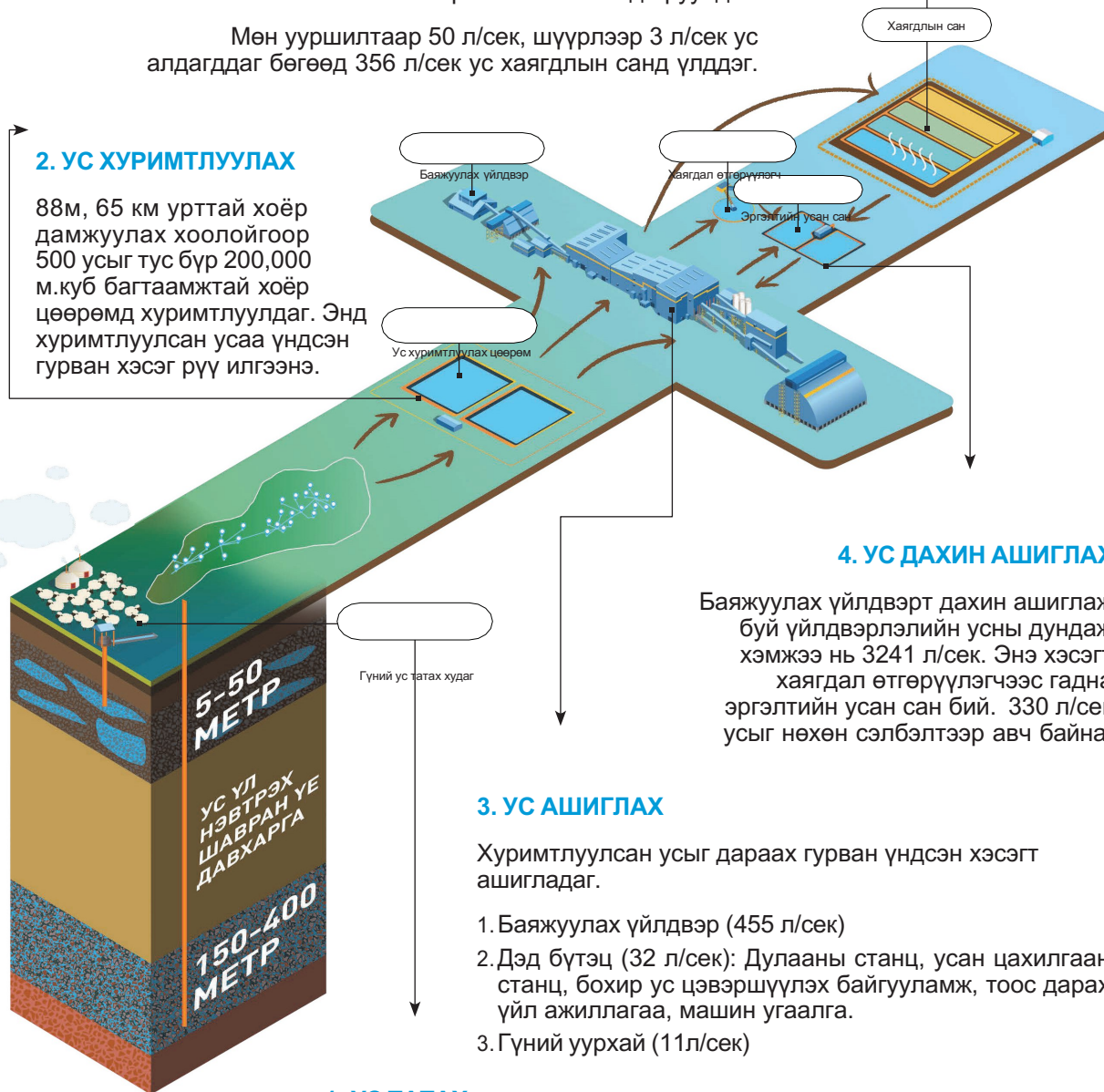
### 5. ХАЯГДАЛ УС ХАДГАЛАХ

Дэд бүтэц болон гүний уурхайгаас гарсан хаягдал усыг дөрвөн дамжлагаар дамжуулж, 260 л/сек усыг эргүүлэн үйл ажиллагаанд оруулдаг.

Мөн ууршилтаар 50 л/сек, шүүрлээр 3 л/сек ус алдагддаг бөгөөд 356 л/сек ус хаягдлын санд үлддэг.

### 2. УС ХУРИМТЛУУЛАХ

88м, 65 км урттай хоёр дамжуулах хоолойгоор 500 усыг тус бүр 200,000 м.куб багтаамжтай хоёр цөөрөмд хуримтлуулдаг. Энд хуримтлуулсан усаа үндсэн гурван хэсэг рүү илгээнэ.



### 4. УС ДАХИН АШИГЛАХ

Баяжуулах үйлдвэрт дахин ашиглаж буй үйлдвэрлэлийн усны дундаж хэмжээ нь 3241 л/сек. Энэ хэсэгт хаягдал өтгөрүүлэгчээс гадна эргэлтийн усан сан бий. 330 л/сек усыг нөхөн сэлбэлтээр авч байна.

### 3. УС АШИГЛАХ

Хуримтлуулсан усыг дараах гурван үндсэн хэсэгт ашигладаг.

1. Баяжуулах үйлдвэр (455 л/сек)
2. Дэд бүтэц (32 л/сек): Дулааны станц, усан цахилгаан станц, бохир ус цэвэршүүлэх байгууламж, тоос дарах үйл ажиллагаа, машин угаалга.
3. Гүний уурхай (11л/сек)

### 1. УС ТАТАХ

2003-2012 онуудад газрын доорх усны эрэл, хайгуулын ажлыг шат дараатай хийж, улмаар 2015 онд Гүний хоолойн газрын доорх усны ордын нийт нөөцийг 918 л/сек болохыг батлуулжээ.

Гүний хоолойн ашиглалт 2011 оноос хэсэгчлэн эхэлсэн бөгөөд одоогийн байдлаар нийт 5 цуглуулах багцын 28 худгаас Оюу толгойн уурхай руу ус татаж байна. Эдгээр худгаар дамжуулан 150-400 метрийн гүнээс татсан усаа хоёр хоолойгоор цааш дамжуулдаг.

## ГИДРОГЕОЛОГИЧИД ТУРКЭД АЯЛСАН ТЭМДЭГЛЭЛ

Н.Буянхишиг, Д.Энхбаяр

*ШУТИС, ГУУС, Гидрогеологи, инженер геологийн тэнхим*

Гадаадын гидрогеологийн мэргэжилтнүүдтэй туршлага солилцох, гидрогеологитой холбоотой судалгаа шинжилгээний ажилтай танилцах зорилгоор Монголын гидрогеологи, геоэкологийн холбооны гишүүн М.Алей, У.Борчулуун, Н.Буянхишиг, Д.Энхбаяр нар Туркийн Хажитепегийн их сургуулийн Гидрогеологийн салбарын эрхлэгч профессор Мехмет Экмикчи түүний шавь гидрогеологийн ухааны доктор (PhD) Н.Отгонбаяр нартай хамтран:

1. Анкара-Хажитепегийн их сургууль
2. Хар тэнгисийн эрэг дэх Чайели зэсийн далд уурхай
3. Кышладаг алтны уурхай
4. Сэргээгдэх эрчим хүч үйлдвэрлэгч Zorlu Enerji компани
5. Çine Adnan Menderes далан үзэх 6 хоногийн аялал зохион байгууллаа.



Зураг 1.Хажитепегийн их сургуулийн профессор Мехмет Экмикчийн лабораторитой танилцав.

Анкара хотод Бүгд Найрамдах Улсыг үндэслэгч, тусгаар тогтнолын төлөөх дайны удирдагч, анхны Ерөнхийлөгч Мустафа Кемал Ататуркийн (1881–1938) бунхан буюу Аныткабир (туркээр Anıtkabir)-г үзэж танилцлаа. Тусгаар тогтнол, энх тайван, шударга ёсны төлөө тууштай тэмцэгч Мустафа Кемал Ататурк нь Османы эзэнт гүрэн дэлхийн I дайнд ялагдсаны дараа Туркийн газар нутгаа чөлөөлж, Шариатын хуулийг халж, иргэний хууль тогтоомжийг нэвтрүүлж, араб үсгийг халж, өнөөгийн турк бичгийг бий болгон эмэгтэйчүүдийг сургуульд хамруулж, 1930-аад оноос сонгуульд оролцох эрх олгож, үнэгүй, чанартай боловсролын системийг бий болгож байжээ. Туркийн янз бүрийн бүс нутгаас авчирсан травертин, гантиг чулууг ашигласан нь үндэсний эв нэгдлийг илэрхийлдэг. 750 мянган ам дөрвөлжин талбайтай цогцолборыг 1944 оноос барьж 1953 онд ашиглалтад оруулсан байна. Цогцолбор нь бунхан бүхий үндсэн барилга, Ататурк болон чөлөөлөх дайны музей, номын сан, ёслолын талбай, арслантай зам, 104 төрлийн 50 мянга гаруй мод, ургамалтай энх тайвны цэцэрлэгээс бүрддэг.



Туркийн эрх чөлөөний бэлэг тэмдэг Аныткабирд

Сайели буюу Сhауели зэсийн далд уурхай нь Туркийн зүүн хэсэгт, нийслэл Анкара хотоос зүүн тийш 470 км-т орших Ризе мужид, Хар тэнгисийн эрэгт байрладаг томоохон уурхай юм. Чайели нь Туркийн хамгийн том зэсийн нөөцийн нэг бөгөөд 2.5%-ийн зэсийн агууламжтай 20 сая тонн хүдрийн нөөцтэй гэж тооцоолсон. 20 сая тонн хүдэрт 500,000 тонн зэсийн металл агуулагддаг. Хар тэнгисийн эрэгт цай тариалдаг газар байрладаг Сайели буюу Сhауели зэсийн далд уурхай хаягдлаа paste fill буюу ухсан малталтаа бөглөж заримыг нь Хар тэнгисийн ёроолд хаядаг zero waste уурхай юм байна.



Чайели зэсийн далд уурхайд

Туркийн хамгийн том Кышладаг алтны уурхайн үйл ажиллагаатай танилцлаа. Канадын Eldorado Gold корпорац эзэмшиж, 2006 оноос хойш арилжааны олборлолт явуулж байгаа. Дэлхийд ховор тохиолддог зөвхөн алт агуулсан порфирийн төрлийн орд бөгөөд зэсийн агууламж маш бага, миоцены үед үүссэн галт уулын цогцолборын төв хэсэгт байрладаг. Ойролцоогоор 535.4 сая тонн хүдэртэй, алтны дундаж агуулга 0.66 гр/тонн. Жилд 35 сая тонн хүдэр боловсруулж 13 тонн алт гаргадаг. Цианидаар уусган баяжуулдаг zero waste уурхай юм.



Кышладаг алтны уурхайд

Туркийн сэргээгдэх эрчим хүчний салбарт тэргүүлэгч компани, геотермаль эрчим хүчний үйлдвэрлэлд онцгой байр суурь эзэлдэг Zorlu Enerji компанийн үйл ажиллагаатай мөн танилцлаа. Тус компани нь Туркийн нийт геотермальд суурилсан хүчин чадлын ойролцоогоор 20%-ийг дангаараа хангадаг бөгөөд 2025 оны байдлаар 305 МВт хүчин чадалтайгаар үйл ажиллагаа явуулж байна. Denizli мужид байрлах Кызылдере цогцолбор нь дэлхийн хамгийн том геотермаль станцуудын нэг бөгөөд өндөр үр ашигтайгаар үнэлэгддэг. Геотермийн дулаанаар эрчим хүч гаргаж, орон байрын халаалтыг хангаж, рашаан сувиллын чиглэлээр аялал жуулчлал хөгжүүлж, жилийн турш ургац авах хүлэмжийг халааж, нүүрсхүчлийн хийг ундаа үйлдвэрлэх болон хуурай мөс гаргадаг.



Zorlu Enerji компанид болон Denizli мужийн халуун рашааны нутагт

600 гаруй усан цахилгаан станц Турк улсад ажиллаж нийт цахилгаан эрчим хүчний 30%-ийг бүрдүүлдэг. Çine Adnan Menderes даланг усалгааны системийг сайжруулах, үерийн эрсдэлийг бууруулах, сэргээгдэх эрчим хүч үйлдвэрлэх зорилгоор 1995 онд эхэлж, 2010 онд ашиглалтад оруулжээ. Туркийн Улсын Усны Аж Ахуйн Ерөнхий газар (DSİ)-ын дэмжлэгтэйгээр хэрэгжсэн, Туркэд баригдсан анхны томоохон булангүй бетонон (RCC) далан юм. 137 м өндөр, 362 м урт, 9.34 км<sup>2</sup> усан сангийн талбайтай, усан сангийн багтаамж нь 350 сая м<sup>3</sup>, 19.75 МВт хүчин чадалтай. Жилд 118 ГВт.цаг цахилгаан үйлдвэрлэдэг.



Нэг ангийн хоёр Çine Adnan Menderes далангийн наана

Хиераполис хот нь 15,000 орчим хүний суудалтай Ромын театр, Хиераполисын гол бурхан Аполлонд зориулсан Аполлон сүм, домогт хатан Клеопатра сэлж байсан гэх Ромын үеийн багана, чулуунууд усан дотор нь харагддаг Клеопатрагийн усан сан, Есүсийн шавь болох Гэгээн Филипп цовдлогдсон гэх Гэгээн Филиппийн мартириум, 1,200 гаруй булш, бунхан бүхий эртний Некрополис (оршуулгын газар) эртний оршуулгын газраас бүрдэнэ. Хиераполис хотыг Пергамын хаант улсын үед МЭӨ 190 оны орчимд байгуулжээ. Ромын үед хот жинхэнэ утгаараа хөгжиж, халуун рашаан, эмчилгээний төв байсан. Византын үед христийн шашин дэлгэрэхэд Хиераполис шашны төв болон хувирч, олон сүм хийд баригдсан ч 1354 онд газар хөдлөлтөөр бүрэн сүйдэж, хаягджээ.



Хиераполис хотын театрын туурь

Туркийн баруун өмнөд хэсэгт орших Денизли мужид байрладаг Памуккале нь кальцийн карбонатаар баялаг халуун рашааны усны урсгалаар олон мянган жилийн турш үүссэн бөгөөд өвөрмөц цагаан өнгөтэй травертин шатлалуудаар нуур үүсгэдэг. Памуккалегийн орой дээр эртний Грек-Ромын үеийн Хиераполис хотын туурь оршдог. Энэхүү хот нь МЭӨ 2-р зуунд байгуулагдсан бөгөөд тухайн үедээ халуун рашаанаараа алдартай эмчилгээний төв байжээ. Памуккале-Хиераполис нь 1988 онд ЮНЕСКО-гийн Дэлхийн өвд бүртгэгджээ.



Памуккале халуун рашаанд

Аяллын төгсгөлд Стамбул хотоос нутаг буцсан. Стамбул хот нь НТӨ 660 онд үүсэж 337 онд Константинополь гэдэг нэртэй болж, грек Византын нийслэл (395–1204, 1261–1453), XV зуунаас турк Османы нийслэл (1453–1922) байгаад БНТУ-ын үед нэрээ ч (1930), нийслэлийн эрхээ ч (Анкарад) алджээ. Стамбул Хар тэнгис Гантиг тэнгис хоёрын дундах Босфорын хоолой дээгүүр гарсан гүүр, доогуур холбосон хоолойгоор Ази, Европыг холбосон боомт хот юм. 1985 онд түүхэн газрууд нь ЮНЕСКО-гийн Дэлхийн өвийн жагсаалтад орсон байна.

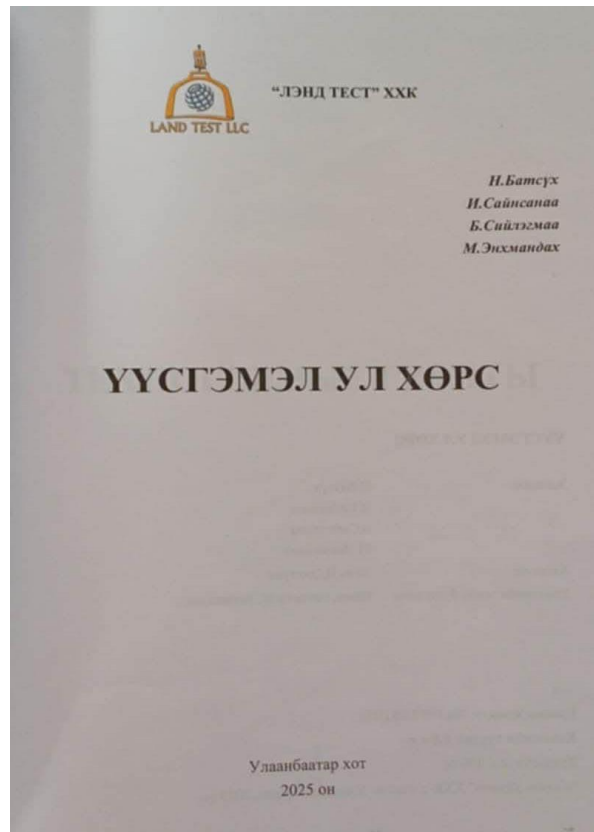
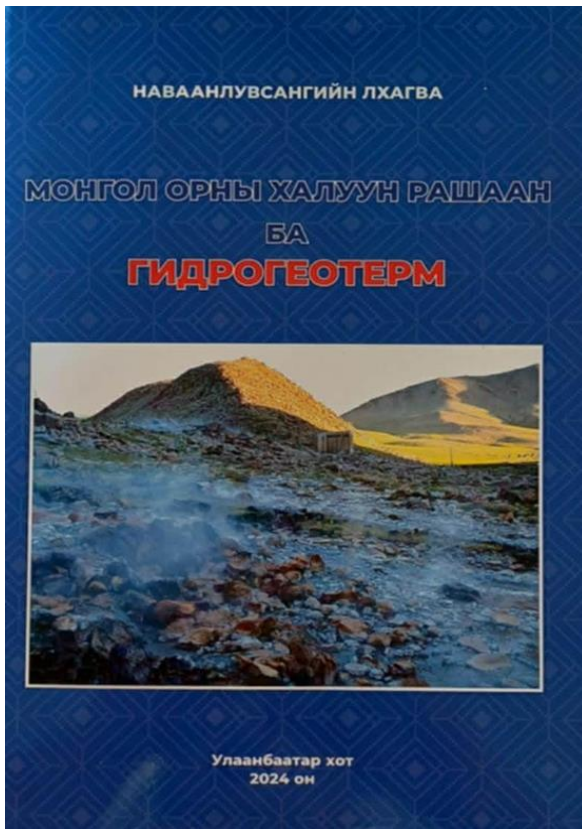


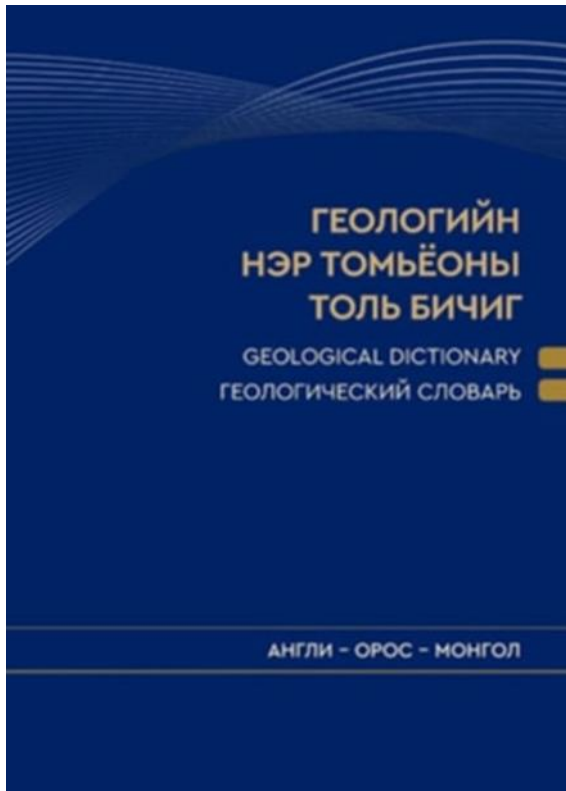
Найзууд Ази, Европыг холбосон Станбулын гүүрэн дээр

## ШИНЭ НОМЫН МЭДЭЭ

2024 – 2025 онуудад Гидрогеологи, инженер геологийн мэргэжлийн эрдэмтэд, судлаачид нэг сэдэвт олон сайхан бүтээл туурвин уншигч олны оюуныг мялаасныг дурьдмуу.

1. Ж.Лхагвагийн 1 ном. 2024.
2. Н.Батсүх, Н.Буянхишиг, Д.Энхбаяр болон хамтын бүтээл. Толь 2025.
3. Н.Батсүх, Б.Сийлэгмаа, И.Сайнсанаа, М.Энхмандах нарын 1 ном. 2025.
4. Ш.Чулуунбаатарын 3 ном. 2025.
5. Ж.Дашдондовын 2 ном. 2024.
6. Б.Батбаясгалангийн 1 ном. 2024.





2 of 3

**ЗОХИОГЧИД**

1. **Ашигт малтнал, металлогени, эрэл хайгуул, арга аргачлал**  
 Д.Алтанхуяг Дэд профессор, доктор (Ph.D), зөвлөх геологич  
 Б.Энхжаргал Дэд профессор, доктор (Ph.D), зөвлөх геологич  
 Г.Жамсрандорж Доктор (Ph.D), зөвлөх геологич
2. **Геохими, петрологи, петрохими**  
 Б.Батхшиг Дэд профессор, доктор (Ph.D), зөвлөх геологич  
 О.Гэрэл Профессор, доктор (Sc.D), зөвлөх геологич
3. **Геохронологи, геоморфологи, неотектоник, дөрөвдөгчийн геологи**  
 А.Баясгалан Дэд профессор, доктор (Ph.D), зөвлөх геологич  
 Х.Уламбадрах Доктор (Ph.D), зөвлөх геологич  
 Ц.Наранцэцэг Доктор (Ph.D), зөвлөх геологич  
 С.Хишгүсүрэн Дэд профессор, доктор (Ph.D), зөвлөх геологич
4. **Минералоги, петрографи, лаборатори**  
 Б.Мөнхцэнгэл Профессор, доктор (Ph.D), зөвлөх геологич  
 Ж.Лхамсүрэн Профессор, доктор (Sc.D), зөвлөх геологич
5. **Гидрогеологи, инженер геологи, гео-экологи**  
 Н.Буянхшиг Дэд профессор, доктор (Ph.D), зөвлөх гидрогеологич  
 Н.Батсүх Профессор, доктор (Sc.D), зөвлөх инженер геологич  
 Д.Энхбаяр Доктор (Ph.D), зөвлөх гидрогеологич
6. **Метаморфизм, литологи**  
 Л.Жаргал Профессор, доктор (Ph.D), зөвлөх геологич  
 Л.Оюунжаргал Доктор (Ph.D), мэргэшсэн геологич  
 Д.Доржнанжаа Доктор (Sc.D)  
 Б.Энхбаатар Магистр (M.Sc)
7. **Палеонтологи, палеозоологи, палеоботаник**  
 Н.Ичинноров Дэд профессор, доктор (Ph.D), зөвлөх геологич  
 Л.Гэрэлцэцэг Дэд профессор, доктор (Ph.D), зөвлөх геологич  
 Х.Цогтбаатар Дэд профессор, доктор (Ph.D)
8. **Магнын чулуулаг**  
 Д.Одгэрэл Доктор (Ph.D)  
 О.Гэрэл Профессор, доктор (Sc.D), зөвлөх геологич  
 Т.Оюунчинэг Доктор (Ph.D), зөвлөх геологич  
 Д.Эрдэнэчинэг Магистр (M.Sc)



**ГЕОЛОГИЙН НЭР ТОМЬЁНЫ ТОЛЬ БИЧИГ**

**РЕДАКЦИЙН ЗӨВЛӨЛ:**

Ерөнхий редактор:  
 Академич, доктор (Sc.D) Р.БАРСБОЛД

Орлогч редактор:  
 ШУТИС-ын хүндэт профессор, доктор (Sc.D) Ж.БЯМБА  
 Дэд профессор, доктор (Ph.D), зөвлөх геологич Д.АЛТАНХУЯ

Гишүүд:  
 Дэд профессор, доктор (Ph.D), зөвлөх геологич Б.БАТХИШИИ  
 Дэд профессор, доктор (Ph.D) Г.ГЭРЭЛМАА  
 Доктор (Ph.D), зөвлөх геологич Х.УЛАМБАДРАХ  
 Магистр (M.Sc), зөвлөх геологич Ө.ЭНХТӨГС

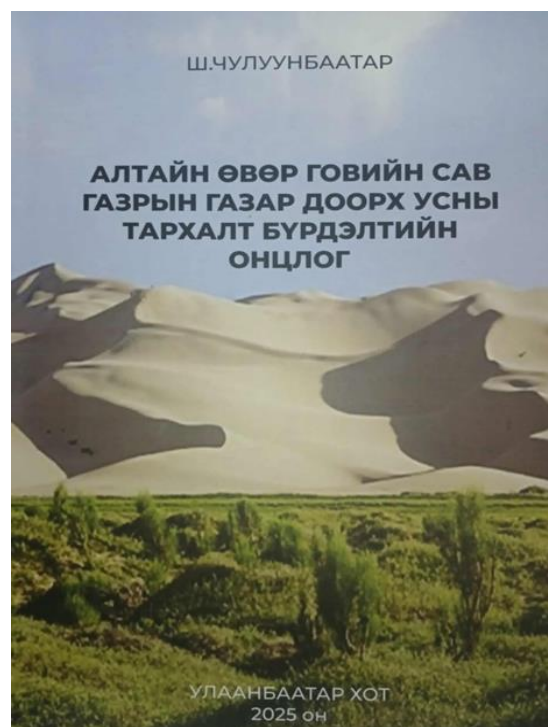
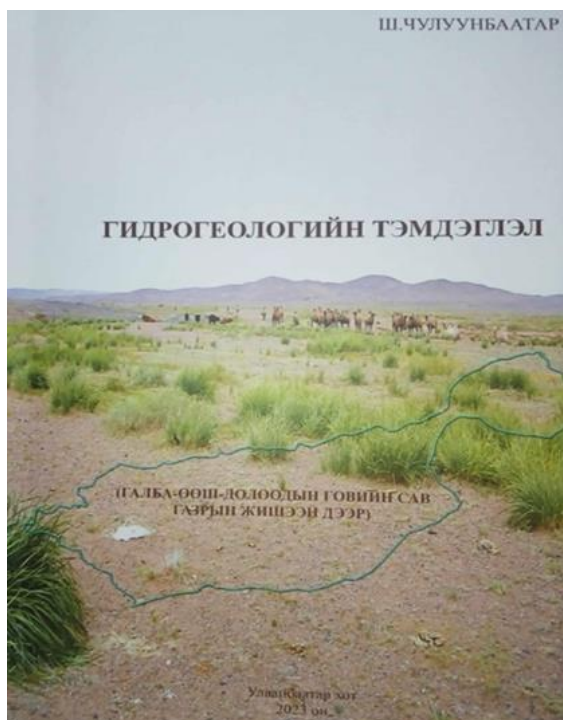
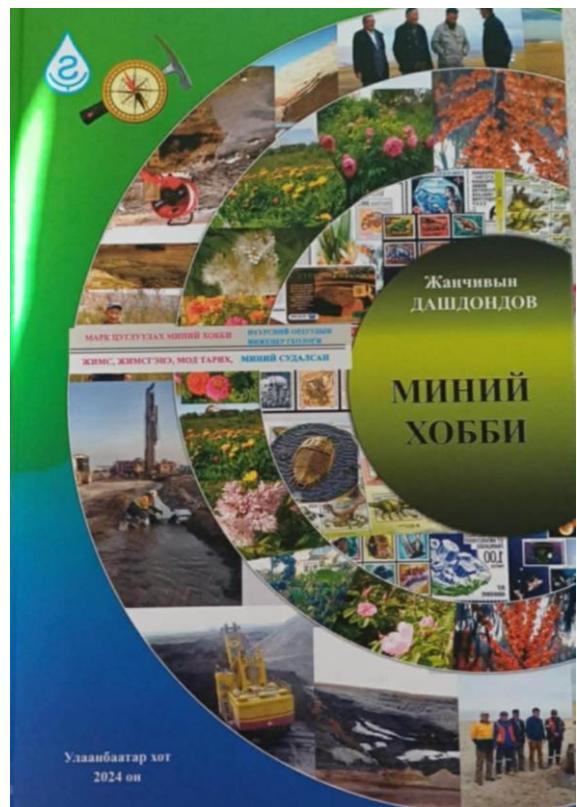
Нарийн бичгийн дарга:  
 Доктор (Ph.D), зөвлөх геологич Г.ЖАМСРАНДОРЖ

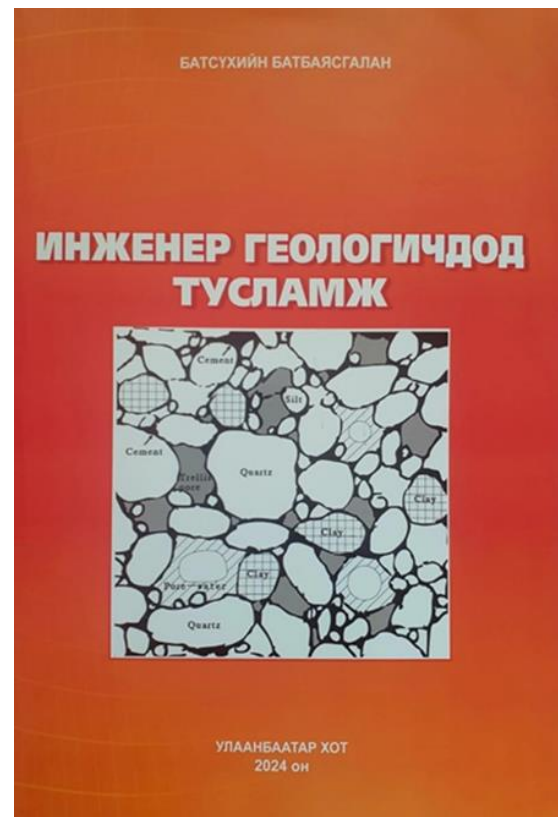
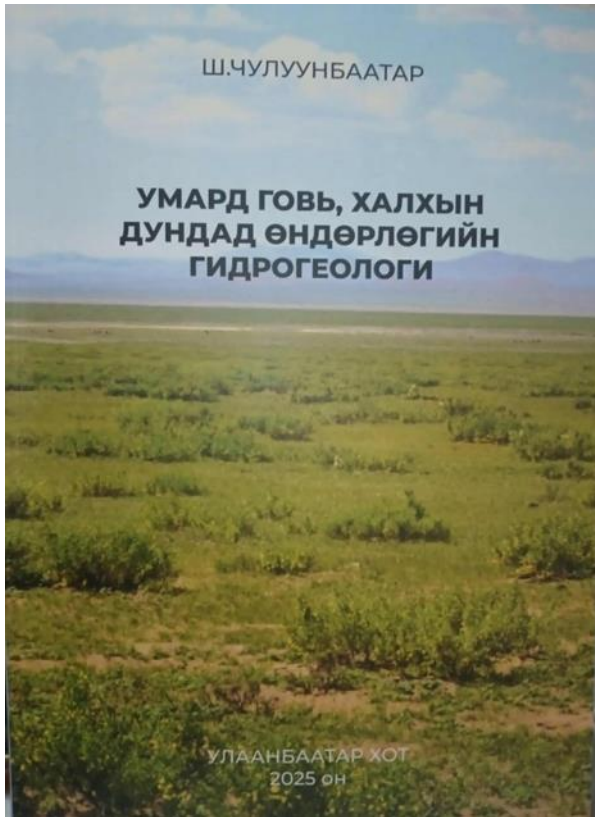
Дизайнер: С.Лхагвасүрэн  
 Хэвлэлийн газар: TENUUN press

ISBN: 978-9919-0-5148-8

Энэхүү бүтээлийн эрх нь Монгол Улсын хуулиар хангаалагдсан болно. Үү бүтээлийг зөвшөөрөлгүйгээр бүтээж буюу хэсэгчлэн хувилах, нийлэх, микрофильм хийх, электрон системд оруулах болон бусад ямар нэг хэлбэрээр олшруулан ашиглахыг хориглоно.







Эмхэтгэсэн: Р.Алтанчимэг, Н.Батсүх. 2025.

## ГЕОЛОГИ, ЭРДЭС-ЧУЛУУЛГИЙН СЭДВЭЭР ШУУДАНГИЙН МАРКАНД МӨНХӨРСӨН СОНИРХОЛТОЙ ТЭМДЭГЛЭЛЭЭС...

Монгол орон хээр тал, говь, хангай хосолсон үзэсгэлэнт сайхан байгальтай, хөрсөндөө ашигт малтмалаар арвин баялагтай. Эрдэс, чулуулгийн гайхамшигт шинж чанар, төлөв байдал, гарал үүслийн талаар сонирхогчдод зориулан шуудангийн маркаар дамжуулан товчхон шигтгэж өглөө. Мөн есөн эрдэнийг (Mongolian traditional nine treasures) дээдлэн шүтэж, ном судраа бүтээдэг (Documentary Heritage Inscribed On The UNESCO Memory Of The World) хосгүй ард түмэн билээ.

Дэлхийд эрдэс, чулуулгийн сэдэвтэй шуудангийн маркууд хамгийн ховор байдаг. Манай улс ч энэ чиглэлийн сэдвээр төдийлөн олон марк гаргаж байгаагүй. Харин 2017. 04.30-д **Есөн эрдэнэ** (Mongolian traditional nine treasures) сэдэвтэй хэлхээ маркийг 20 000 ш, анхны өдрийн дугтуй 300 ш хэвлүүлсэн юм.

ЮНЕСКО – ийн дэлхийн дурсамж хөтөлбөрт бүртгэгдсэн өвүүд сэдэвтэй блок марк – 15000 ш, анхны өдрийн дугтуй – 1000 ш хэвлэн 2021 оны 11 сарын 18-нд гүйлгээнд оруулжээ. Энэхүү хоёр цуврал маркийн эх зургийн зураачаар Ч.Бат-Эрдэнэ зурж, дизайнераар Ж.Ганхуяг нар ажиллажээ.



2017.04.30-д худалдаанд гаргасан Есөн эрдэнэ (Mongolian traditional nine treasures) сэдэвтэй 1 хэлхээ марк, анхны өдрийн дугтуй 3 ш болно.

Есөн эрдэнэ (Mongolian traditional nine treasures) сэдэвтэй маркийн товч тайлбарт: Монголчууд эрт дээр үеээс есөн эрдэнийг дээдлэн шүтэж ирсэн уламжлалыг хадгалан нэг хэлхээнд есөн цуврал марк бүтээснийг дурьдвал: Алтны хүдэр, хос алтан бөгж; Улаан шүр, шүрээр урласан цамын “Улаан сахиус” баг; Номингийн дээж, номин шигтгээтэй хүзүүний алтан зүүлт; Сувд, Дондогдулам хатны сувдан тоорцог; Тана, есөн эрдэнийн шигтгээтэй танан хөөрөг; Оюу: МУТИС-ийн Минералогийн музейн үзмэрийн дээж, геологич-марк цуглуулагч Д.Чимэд-Очирын сийлбэртэй оюу хөөрөг, оюу шигтгээтэй алтан бөгж; Мөнгө, мөнгөн аяга; Төмрийн хүдэр, хос ган дөрөө; Зэсийн хүдрийн дээж, зэс домбо.



ЮНЕСКО – ийн”Дэлхийн дурсамж хөтөлбөрт бүртгэгдсэн өвүүд” сэдэвтэй дурсгалын блок марк, анхны өдрийн дугтуй (2021 он).

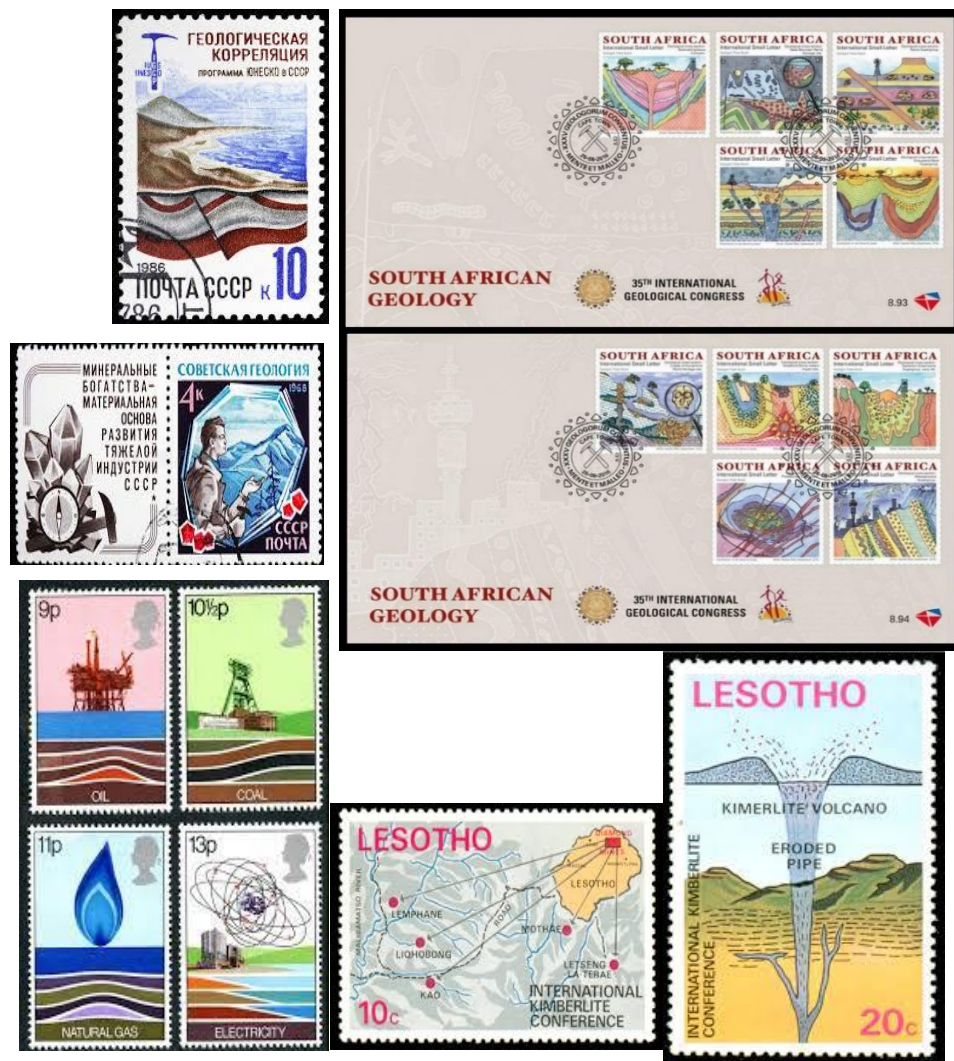
Дурсгалын блок маркийн тайлбар: **9 эрдэнээр** бүтээсэн 110 боть Ганжуур судрыг дурсгалын блок марканд оруулсан бол чимэглэлд: Монголын нууц товчооны эх хэмээн тооцогдох гүүш Лувсанданзангийн зохиосон Лу Алтан товч, 1742-1749 онд модон бараар хэвлэсэн 226 боть Монгол шунхан Данжуур, урлахуйн ухааны гайхамшигийг харуулсан сор бүтээл Сахиусан Дарь эх, Судар бичгийн хүрээлэнгийн захиалгаар Буриадын Агын дацанд бүтээсэн “Мэргэд гарахын орон” судрын модон бар болон Данжуурын гэрэлт хөшөө зэрэг бүтээлүүдийг дүрслэн харуулсан билээ.

#### “9 эрдэнийн орон”

... Мэргэд цэцэлсэн далай их хөлгөн судрыг  
 Миний ард түмэн 9 эрдэнээр бичдэг билээ.  
 Мөнх бусыг дагасан ачит буурлаа хүндэлж  
 Миний ард түмэн 9 эрдэнэ дэвсдэг билээ.  
 Мөхөлгүй эрдэнийн дээж 9 эрдэм төгс  
 Миний ард түмэн улсаа бадруулж яваа билээ  
 Мөрөөдөл хүслийн дээд эв хамтад хүрч  
 Миний ард түмний 9 хүсэл бүтэх билээ. (П.Бадарчийн шүлгээс)

**Эрдэс:** Дэлхийн чулуулаг цардаст геологийн төрөл бүрийн процесс, үйл явцын үр дүнд үүсдэг, химийн тодорхой найрлагатай, дотоод оронт торны бүтэцтэй байгалийн биетийг хэлнэ. Эрдсийг судалдаг шинжлэх ухааны салбарыг Эрдэс судлал буюу Минералоги гэнэ. Эрдсийн дотоод орон тор, бүтэц бусад эрдэстэй дахин давтагдахгүй гайхамшигт чанарыг хадгална. Жишээ нь: Алмааз (Доржпалам) хамгийн хатуу буюу Х зэргийн, бал чулуу хамгийн зөөлөн буюу I хатуулагтай боловч химийн томьёо нь адилхан нүүрстөрөгч-С байдаг. Эрдсийн орон тор нь өөр, өөр байдаг онцлогийг харуулж байгаа юм. Дэлхий дээр одоогийн байдлаар 4 400 мянга гаруй эрдэс нээгдээд байгаа бөгөөд эдгээрийн 150 түгээмэл, 50 харьцангуй өргөн тархалттай, бусад нь ховор болон маш ховор тохиолдоно. Эрдэс байгальд орших химийн тодорхой найрлагатай, оронт торны өөр өөр бүтэцтэй, органик бус, хатуу биет юм. Харин нэг эсвэл хэд хэдэн эрдсийн агрегатаас бүрдэж чулуулаг (чулуу) үүсгэнэ. Дэлхийн гадаргын өнгөн хэсгийн хатуу бүрхүүл болох цардас ихэвчлэн цахиурын ислээс (SiO<sub>2</sub>) бүрэлдэн тогтох ба 75 %-ийг эзэлнэ. Эрдсүүд магмын, тунамал, хувирмал гэсэн гурван үндсэн чулуулгуудад хуваагдана. Эрдэс, чулуулаг эндоген, экзоген гэсэн хоёр гол үйл явцын үр дүнд дэлхийн гадаргууд болон гүнд үүсдэг. Эрдсийг атомын бүтэц, химийн найрлага, адил төсөөтэй болон төсөөгүй шинж чанар, гарал үүслээр нь ангилан, бүлэглэж хуваадаг. Ус, нефть,

мөнгөн ус гэх мэт хэдхэн төрлийн бодис шингэн төлөвөөр тодорхойлогдож байхад бусад олон төрлийн эрдсүүд хатуу биет үүсгэн нийлмэл бүтэцтэй байдаг. Алт, мөнгө, зэс дан ганц элементээс тогтож байхад давс, хүхэр эрдсүүд нь олон төрлийн нэгдлүүдээс бүрэлдэнэ.



ОХУ, ӨАБНУ, Лесото, Их Британий геологийн сэдэвтэй маркууд.

Эрдэнийн, хагас үнэт, гоёл чимэглэлийн, өнгөлгөөний чулуу г.м-ээр ангилна. Эрдэнийн чулуунд: Тунгалаг: **Доржпалам**-(Алмааз)-diamond-C; Цагаан: **Сувд**-(жемчуг)-pearl-Ca[CO<sub>3</sub>]82-96%; Улаан: **Бадмаараг**-(рубин)-ruby-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Цэнхэр: **Индраанил**-(сафпир)-sapphire-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Ногоон: **Маргад**-(изумруд)-emerald-Al<sub>2</sub>Be<sub>3</sub>[Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>] орохоос гадна үндсэн 5 өнгөтэй.



### Доржпалам-(Алмааз)-diamond-C

Алмааз-Грекээр адамас буюу нирвэгдэшгүй, давагдашгүй гэсэн утгатай үг. Тиймээс ч Наполеоны сэлмийн бариулд, Карл хааны дуулга дээр алмааз эрдэнэ гялалзаж байсан удаатай. ОХУ-ын Якутаас олдсон дэлхийд алдартай “Шах” нэртэй алмааз 88,7 карат жинтэй, харин зассан алмаазыг бриллиант гэнэ. 1971 онд ЗХУ (хуучин нэрээр) Шах алмазын зурагтай шуудангийн маркийг хэвлэн худалдаанд гаргажээ. 1 карат 0,2 г-тай тэнцүү байдаг. Эрдэнийн чулуунуудаас хамгийн хатуу нь алмааз учир энэ чанараараа эзэндээ хүч тамир, чадал тэнхээ, эрэлхэг зориг хайрладаг чулуу гэж бэлэгдэж ирсэн. Дайн тулааны үед оюун ухааныг сэргэлэн цовоо болгож, авран хамгаалдаг чадал эрдэмтэй хэмээн үздэг байжээ. Алмааз асар их даралт, температурын нөлөөнд галт уулын цоргот (Kimerlite-Кимерлитын хоолойд) үүсдэг онцлогтой ба ӨАБНУ-ын дотор орших Лесото улсын марканд дүрслэн үзүүлсэн.



Сувд-(жемчуг)-pearl-Ca[CO<sub>3</sub>]82-96%

Сувд бол зөвхөн эрдэнийн зүйлд орохоос гадна өнгө үзэмжээрээ хүний сэтгэлийг гойд татдаг органик гаралтай эрдэнийн чулуу юм. Далайн болон голын дун дотор хөндлөнгийн зүйл орсноор сувд үүснэ. Өөрөөр хэлбэл сувд бол кальхан хорхойн ердийн хөгжлийн үйл явц юм. Сувдыг усанд шумбагч нар түүдэг. Бодит сувд шигтгэсэн тусгай технологийн марк Австри, Саудын Араб, Лихтенштайн зэрэг улсад байдаг. Дээрх зурагт тэдгээрийн жишээ билээ.



Бадмаараг-(рубин)-ruby- $\text{Al}_2\text{O}_3$

Бадмааргийг элдэв зовлон гамшгаас авран хамгаалана. Бадмаараг зүүсэн хүн хар дарж зүүдэлдэггүй, түүгээр хийсэн бөгж зүүвэл үнэнч шударга байдаг. Зүрх, уураг тархины үйл ажиллагааг сайжруулах, тэнхээ тамир суулгах, оюун ухааныг сэргэлэн цовоо байлгана. Мягмар гарагт бадмаараг зүүхийг эрхэмлэнэ. Нягт: 3,9-4,1. Хатуулаг: 9. Өнгө: Улаан, ягаавтар. Зураасын өнгө: Улаан хүрэн. Хуваагдал: Муу. Хагарал: Тэгш бус. Гялга: Шилэн лаан. Корундын улаан төрөл бол рубин-бадмаараг, хөх нь сафир буюу индраанил гэж нэрлэнэ. Пирамид, призмлэг эсвэл ромбоэдр талстгай. Тунгалгаас хагас тунгалаг, ямар нэгэн хүчлийн уусмалд уусдаггүй. Гоёл чимэглэлийн үнэт чулуу юм. Тогтоц ба гарал үүсэл: Мөхлөгт, цул нягт. Гүний болон хувирмал чулуулгуудад үүснэ. Окзаген үйл явцын үр дүнд аллювийн хурдсанд тохиолдоно. Бирм, зүүн өмнөд Азийн орнууд, Таджикстан, Афганстан, ОХУ: Өмнөд Урал, Колийн хагас арал, зүүн Африкийн алдарт “**Great Rift Valley**” тектоникийн хагарлын дагуу орших Танзани, Кени, Намиби зэрэг улсад бадмааргийн ордууд байдаг. 1970-аад онд палеонтологич Ричард Лейки: Зүүн Африкийн Rift бүсийг "Хүн төрөлхтний өлгий" хэмээн томъёолсон бөгөөд Номо төрлийн эртний гоминидууд түүний хил хязгаар дотор үүссэн гэдэгт эргэлзэхгүй байжээ. Зүүн Африкийн Рифтийн хөндий нь төвийн хагарлаас доош чиглэсэн хагарал бүхий урт хөндий юм. Гол хөндий: Манай гарагийн экватороос урагшаа хойд зүгт  $12-15^0$  азимутаар чиглэж эх газрын хагарлаар зааглагдана. Энэ нь 3500 км урттай бөгөөд Эритре, Этиоп, Сомали, Кени, Уганда, Танзани, Малави, Мозамбик зэрэг орны төв хэсгийг хамаарна. Хөндий өргөн 30 км-ээс 200 км (20-125 миль) хооронд хэлбэлзэх бөгөөд хойд хэсгийн хамгийн өргөн хэсэг Этиопын Афар бүсээс Улаан тэнгист хүртэл юм. Хөндийн гүн янз бүр боловч ихэнхдээ 1 км (3280 фут) гүнтэй, Этиопт хамгийн гүн 3 км (9,800 ft) байдаг.

245



### Индраанил-(сафпир)-sapphire- $Al_2O_3$

Индраанилыг хүнийг хүндлэг, хүн ёсоор байлгадаг ид шидтэй чулуу учир “Бурхан багшийн төлөө” түүнийг лам нар зүүдэг. Ертөнцийн гурван хүч болох итгэл найдвар, хувь заяатай зүүрлэж байжээ. Дайсныг дарах эрдэм чадалтай хэмээн үздэг. Түүнийг ялалтын чулуу гэж эртний Германчууд эрхэмлэнэ. 1910 онд лабораторийн нөхцөлд ургуулан хиймлээр гарган авч байгалийн ховор индраанилын оронд өөрийн байр суурийг эзэлсэн түүхтэй. Пүрэв гарагт зүүвэл сайн гэж эрхэмлэнэ. Нягт: 3,9-4,1. Хатуулаг: 9. Гялга: Металл. Өнгө: Өнгөгүй, хөх, ногоон, шар, ягаан. Зураасын өнгө: Цагаан. Хуваагдал: Муу. Хагарал: Тэгш бус, гөлгөр. Корундын төрөл хөх, цэнхэр. Пирамид, призмлэг эсвэл ромбоэдр талсттай. Тогтоц ба гарал үүсэл: Мөхлөгт, цул нягт биетийг үүсгэж магмын (хүчиллэг боржинд шигтгээ байдлаар) грейзенизацийн бүсэд болон хувирмал чулуулгуудад орд үүсгэнэ. Пегматитын экзоконтакийн орчимд жижиг изумрудууд үүсдэг ба аллювийн хурдсанд бас тохиолдоно.



### Маргад-(изумруд)-emerald- $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$

Хар ногоон өнгөтэйг алмазнаас илүү эрхэмд үздэг. Тод ногоон өнгөтэй нь амьдрал, залуу нас, цэвэр ариуны бэлэгдэл. Өвчин эмгэгийг илааршуулж аз жаргал авчирдаг. Дундад зууныхан маргадыг яруу найрагч, зураач, хөгжимчинд улам онгод хайрладаг хэмээн үзэж байсны учир тэднийг маргад эрдэнийн чимэг сэлтээр шагнадаг байжээ. Маргад эрдэнийг баасан гарагт зүүдэг. Нягт: 2,68-2,78. Хатуулаг: 7,5-8. Гялга: Металл. Өнгө: Шар ногооноос хөх ногоон. Зураасын өнгө: Цагаан. Хуваагдал: Муу. Хагарал: Тэгш бус, гөлгөр. Пирамид, призмлэг эсвэл ромбоэдр талсттай. Тогтоц ба гарал үүсэл: Мөхлөгт, цул нягт биетийг үүсгэж хүчиллэг магм болон хэт суурьлаг магмын чулуулагт орд үүсгэнэ.

ОХУ, Афганистан, Египет, Бразил, Замби, Колумбид маргад эрдэнийн ордуудтай. 1831 онд Екатеринбургээс зүүн хойшоо 90 км-т Рефт голын хөндийд 25 км урт, 2 км өргөнтэй, 15 тн нөөцтэй Уралын маргад эрдэнийн алдартай ордыг нээсэн. Энэ ордоос олборлосон маргад эрдэнийн дээжийн гаймшигтай талстын зургийг 1981 онд (ЗХУ хуучин нэрээр) шуудангийн марканд мөнхөлжээ.

Ер нь эрдэс, чулуулгийн сэдэвтэй маркийн зургийг заавал бодит зураг, биет (дээж)-ийг харж яг тэр байдлаар нь зурдаг бичигдээгүй хуультай билээ.

Зарим улсууд эрдэс, чулуулгийн сэдэвтэй маркийг жил бүр цувралаар гаргаж байна. Энэ сэдвийн маркийн цуглуулгатай хүмүүс тийм ч олон биш байх аа.



Гадаадын орны эрдэс, эрдэнийн чулууны сэдэвтэй маркууд. Марк цуглуулагч Ж.Дашдондовын цуглуулгаас...

“ОРД-УС” ХХК-ийн гидрогеологи-инженер геологич, марк цуглуулагч Ж.Дашдондов (ПТДС-ийн 1984 оны төгсөгч)

**МОНГОЛ ОРНЫ ГИДРОГЕОЛОГИ, ИНЖЕНЕР ГЕОЛОГИ, ГЕОЭКОЛОГИЙН АСУУДЛУУД** сэтгүүлийн **ТАНИН МЭДЭХҮЙН БУЛАНД** зориулан бэлтгэв. 2025 он.

## БАГА АЗИАР АЯЛСАН ЗАМЫН ТОВЧ ТЭМДЭГЛЭЛ

П.Хөхөө

“Нэмэр интернэшнл” ХХК  
р khukhuu@yahoo.com

Бага Ази буюу Анатоли Газрын дундад тэнгис, Эгейн тэнгис, Мрамор тэнгис, Хар тэнгисээр хагас хүрээлэгдсэн хойг бөгөөд аялал жуучлал гойд хөгжсөн Турк улсын бүс нутаг юм. Энэ нутаг мөн төрөл бүрийн цай, жимс, дарс, хөвөн тариалалтаар алдартай аж. 14 улстай хиллэх Турк улсын боомт-том хот Стамбул (хуучнаар Константинополь) Ази, Европ тивийн зааг-Босфорын хоолойд, Мрамор тэнгисийн эрэг дээр байршина.

Анатолийн онцлог нь Еврази ба Африкийн хавтангуудын дунд, тектоник хагарлаар тусгаарлагдсан, газар хөдлөлийн идэвхтэй мужид оршино. Геологийн тогтцын хувьд мезозойн насны хурдас, түүний дотроос шохойн чулуу зонхилон тархжээ. Хол, ойрын зочид, судлаачдын сонирхлыг шохойн чулуутай холбоотой томоохон цогц үзмэр-Памуккале халуун рашаан, цагаан хадан цайз-травертин, Иераполис хотын туурь татдаг байна. Уран байгаль, хүний гараар хослон бүтээгдсэн энэхүү төгс зохицлыг хараад, гайхаад барамгүй юм.

Бага Азийн онцгой нэгэн гайхамшиг болсон эртний хот Иераполис, Памуккале халуун рашаан, усан сан, травертиныг Дэлхийн соёлын өвд 1988 онд нэгтгэн бүртгэжээ. Олон сонин содон үзмэр дундаас онцолж буй Памуккале нь Туркийн баруун урд, Стамбул хотоос урагш байна. Эдгээр түүх-археологи, байгалийн цогцолбор шатлан дэнжилж тогтсон уулын бэл, хормойд байрлана. Травертин, Иераполисын туурь цэлмэг өдрийн үүрээр агаарын бөмбөлгөөс үзэсгэлэнтэй харагдана (Зураг 1).



Зураг 1. Памуккале 1000 метрийн өндрөөс харагдах ерөнхий байдал. 2024.05.31 (Фотог П.Хөхөө)

**Эртний хот Иераполис.** Ариун хот хэмээн алдаршсан Иераполис МЭӨ II зууны сүүлд байгалийн сайхан өгөгдлийг түшиглэн байгуулагдсан түүхтэй бөгөөд 11000 орчим

үзэгчийн суудал бүхий амфитеатр, халуун усны бассейн, сүм хийд, сургууль гимназ, худалдааны зах-талбай зэргээс бүрдсэн Ромын үеийн уран барилга, байгууламж байжээ (Зураг 2, 3, 4). Одоо энд сэргээн засварласан түүх-соёлын музей, усан сан ажиллаж байна.



Зураг 2. Амфитеатрын үлдэц. 2024.05.31 (Фотог П.Хөхөө)



Зураг 3. Ус хангамжийн инженерийн байгууламж. 2025.05.31 (Фотог П.Хөхөө)



Зураг 4. Барилгын чулуу авч байсан хадан дээрх ул мөр. 2024.05.31 (Фотог П.Хөхөө)

**Памуккале халуун рашаан.** VII зуунд болсон хүчтэй газар хөдлөлтийн нөлөөгөөр тухайн дүүрэгт томоохон хөндий үүсэж, зах хөвөөгөөр нь олон тооны халуун булаг ундран гарчээ. Памуккале халуун рашааныг байрлал, температур, өнгөөр нь “Цагаан”, “Улаан” гэж нарийвчлан ялгаж судалдаг байна. Нэмэх 70 градус температуртай улаан Памуккале цагаанаасаа 7 км зайд байдаг аж.

Өнгөрөгч зууны 70-аад онд цагаан Памуккалегийн байгалийн тогтоц, халуун рашааныг түшиглэн 2 зочид буудал барьсан нь булаг ширгэж, экологит сөрөг нөлөө үзүүлсэн учир татан буулгажээ. Цагаан Памуккале булгийн нийлбэр ундарга 466.2 л/с, температур байнгын 36°C гэж тайлбарлагч танилцуулав. Булгийн ус газрын хэвгийг дагаж урсах замд кальцын карбонат тунаж суудаг байна. Клеопатра хатны нэртэй, кальцаар баялаг усан санд жилийн дөрвөн улиралд орж болох (Зураг 5) ба рашаан нь үе мөч, арьсны өвчинд сайн гэнэ. Усан сан дотор түүхийн дурсгалт баримал, хөшөө чулуунууд ундуй сундуй ойчсон харагдана.



Зураг 5. “Клеопатра” усан сан. 2024.05.31 (Фотог П.Хөхөө)

**Травертин.** Цагаан өнгийн травертин (шохойн чулууны туф) хэмээх тунамал гаралтай чулуулаг шатлан дэнжилсэн уулын бэлд үүсэн тогтжээ. Травертиныг агаарын бөмбөлгөөс ажиглахад жигүүрээ дэлгэсэн хүчит шувууны далавч хэлбэртэй (Зураг 6) бөгөөд гадарга нь гялгар биш, барзгардуу (Зураг 7) юм.



Зураг 6. Травертины тархсан талбайн хэлбэр. 2024.05.31 (Фотог П.Хөхөө)

Кальцын гидрокарбонат, нүүрсхүчлийн хий агуулсан газар доорх ус газрын гадаргад булаг (ихэвчлэн халуун рашаан) хэлбэрээр ундрэн гарч, даралт унах хими-физикийн нийлмэл процессын үр дүнд усанд уусдаггүй кальцын карбонат ялгарч травертин үүсдэг байна. Байгалийн травертин үүсдэг химийн урвалыг дараах тэгшитгэлээр илэрхийлнэ.  
$$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$$



Зураг 7. Памуккале травертины өнгө төрх, тогтоц. 2024.05.31 (Фотог П.Хөхөө)

Бага Азиар аялж явахад Турк улсын Төрийн далбаа хааяагүй намиран хийсч, өнгө өнгийн сарнай цэцэглэн чимнэ. Түүх, шастир нь улам зузаарах болтугай.

## ОЮУТНЫ ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ЭЭЛЖИТ ХУРАЛ “МОНГОЛ УЛСЫН ХӨГЖЛИЙН ХӨТӨЛБӨР – УС БА АЮУЛГҮЙ ОРЧИН” СЭДВЭЭР АМЖИЛТТАЙ ЗОХИОН БАЙГУУЛАГДЛАА

**Б.Наранчимэг**

*ШУТИС, ГУУС, Гидрогеологи, инженер геологийн тэнхим*

Монгол Улсын гавьяат багш, доктор (ScD), профессор Н.Батсүхийн санаачилгаар ШУТИС-ийн Геологи, Уул Уурхайн сургуулийн Гидрогеологи, Инженер геологи-Геотехник, Геоэкологи мэргэжлээр суралцаж буй оюутнуудын эрдэм шинжилгээний хурал энэ жил 50 дахь удаагаа 2025 оны 3 дугаар сарын 13-ны өдөр амжилттай зохион байгуулагдлаа. 1975 оноос эхтэй энэхүү уламжлалт хурал нь энэ удаа “Монгол Улсын хөгжлийн хөтөлбөр – Ус ба Аюулгүй орчин” сэдвийн хүрээнд ШУТИС-ийн 2005 оны төгсөлтийн 20 жилийн ойд зориулан нийт 5.6 сая төгрөгийн шагналын сантайгаар онцлог боллоо.



Энэ удаагийн хурлаар байгаль орчин, уур амьсгалын өөрчлөлт, усны чанар ба бохирдол, хүн амын эрүүл мэнд, газрын доорх усны мониторинг, хаягдлын далан, цэвдэгт чулуулаг, байгалийн гамшигт үзэгдэл, геотермаль эрчим хүч зэрэг улс орны хөгжлийн тулгуур олон сэдвийг хамарсан 17 илтгэлийг хэлэлцүүлээ.

Шүүгчдийн бүрэлдэхүүнд МУ-ын зөвлөх эдийн засагч, PhD, дэд профессор Б.Оюунчимэг, Аж үйлдвэр, эрдэс баялгийн яамны Аж үйлдвэрийн бодлогын газрын дарга С.Сүхбат, “Мон гидрогео күйст консалтинг” ХХК-ийн зөвлөх гидрогеологич, PhD Д.Батжаргал, Монголын барилгын инженер геологичдын холбоо ТББ-ын Ерөнхийлөгч

Л.Ганзориг, “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ-ийн гидрогеологич Д.Эрдэнэбилэг, “Лэнд Тест” ХХК-ийн захирал И.Сайнсанаа, ШУТИС-ийн 2005 оны төгсөгч Ц.Оюунтуяа, ШУТИС-ийн 2005 оны төгсөгч Б.Мөнх-Эрдэнэ нар ажиллаж дараах илтгэлүүдийг шалгарсан.

1-р дамжааны оюутнуудын ангилалд 1-р байрт “Улаанбаатар хотын төв орчмын цасны ус газрын доорх усны чанарт нөлөөлж байна уу?” илтгэгч Б.Базарсад, С.Дэлгэрмаа, 2-р байрт “Газрын доорх усны чанарын талаарх эрүүл мэндийн далд эрсдэлтэй тэмцэх, олон нийтийн мэдлэгийг дээшлүүлэх нь” илтгэгч М.Уртнасан, 3-р байрт “Цэвдэг чулуулаг: Бөөрөг” илтгэгч: С.Анужин, У.Батбилэг нар тус тус шалгарсан.



2–4-р дамжааны оюутнуудын ангилалд 1-р байрт “Ханбогд сумын газрын доорх усны хүнцлийн эрүүл мэндийн эрсдэлийн үнэлгээ” илтгэгч Т.Оюун-Эрдэнэ, 2-р байрт “Улаанбаатар хотын газрын доорх усны мониторингийн асуудал: Уур амьсгалын өөрчлөлт ба газрын доорх ус” илтгэгчид Г.Хулан, Ж.Тэмүүлэн, Т.Төгөлдөр, Х.Анхбаяр (2-р дамжаа), 3-р байрт “Сэлбэ голын ёроолын хурдасны шүүрэлтийн коэффициентийг тооцсон үр дүнгээс” илтгэгчид: Б.Маналмаа, Э.Мичидмаа (2-р дамжаа) нар тус тус шалгарсан.



50 жилийн ойн хүрээнд олгосон тусгай шагнал уг эрдэм шинжилгээний хурлыг санаачлагч, МУ-ын гавьяат багш Н.Батсүх дараах гурван илтгэлийг “Байгалийн ус,

геологи орчны судалгаа” бүтээлийн дээжээр шагнаж урамшууллаа. Үүнд: “Улаанбаатар хотын төв орчмын цасны ус газрын доорх усны чанарт нөлөөлж байна уу?”, “Улаанбаатар хотын газрын доорх усны мониторингийн асуудал: Уур амьсгалын өөрчлөлт ба газрын доорх ус”, “Ханбогд сумын газрын доорх усны хүнцлийн эрүүл мэндийн эрсдэлийн үнэлгээ” сэдэвт бүтээлүүд байлаа.

Энэ удаагийн эрдэм шинжилгээний хуралд оролцсон бүх оюутнуудад баяр хүргэж, цаашдын судалгаа, бүтээлч үйлсэд нь өндөр амжилт хүсье. Мөн хурлыг амжилттай зохион байгуулсан зөвлөх багш Б.Оюунчимэг болон ШУТИС-ийн 2005 оны төгсөгчдөд гүн талархал илэрхийлье.

## ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ЭЭЛЖИТ ХУРЛЫН ТУХАЙ

“МОНГОЛ ОРНЫ ГИДРОГЕОЛОГИ, ИНЖЕНЕР ГЕОЛОГИ, ГЕОЭКОЛОГИЙН АСУУДЛУУД” ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ХХХIV ХУРЛЫГ 2026 ОНЫ 11-Р САРД ЗОХИОН БАЙГУУЛНА.

### ЗОХИОН БАЙГУУЛАГЧ:

ШУТИС, ГУУС, ГИДРОГЕОЛОГИ, ИНЖЕНЕР ГЕОЛОГИЙН ТЭНХИМ

Хурлаар дараах чиглэлүүдээр асуудлыг хэлэлцэнэ. Үүнд:

- РЕГИОНАЛЬ СУДАЛГАА
- УСНЫ НӨӨЦИЙН МЕНЕЖМЕНТ
- СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ, ОНОВЧЛОЛ
- АШИГТ МАЛТМАЛЫН ОРДЫН ГИДРОГЕОЛОГИ, ИНЖЕНЕР ГЕОЛОГИ, ГЕОЭКОЛОГИ
- ГИДРОГЕОЛОГИ, ИНЖЕНЕР ГЕОЛОГИ, ГЕОЭКОЛОГИЙН ЗАГВАРЧЛАЛ
- САЛБАРЫН УДИРДЛАГА, ЗОХИОН БАЙГУУЛАЛТ, ЭРХ ЗҮЙ
- РАШААН, ТЕРМАЛЬ УСНЫ СУДАЛГАА
- ГАЗАР ДООРХ УСНЫ НАЙРЛАГА, ЧАНАР
- ТУХАЙЛСАН ИНЖЕНЕР ГЕОЛОГИ
- ГРУНТ СУДЛАЛ БА ИНЖЕНЕР ГЕОЛОГИ
- ГЕОЭКОЛОГИ

## ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ӨГҮҮЛЭЛ ИРҮҮЛЭХ ТУХАЙ

Эрдэм шинжилгээний хуралд ирүүлэх өгүүллийг *хэвлэлд тавигдах шаардлагын* дагуу бичиж ирүүлэхийг хүсье. Эрдэм шинжилгээний өгүүлэл ISSN 3078-8897 дугаартай “Монгол орны гидрогеологи, инженер геологи, геоэкологийн асуудлууд” бүтээлийн **Дугаар 34**-д хэвлэгдэнэ. Энэхүү эрдэм шинжилгээний бүтээл нь мэргэжлийн түвшинд хянан магадалгаа болон хуулбарлалтыг шалгах ажил хийгдэнэ.

Эрдэм шинжилгээний өгүүллийг 2025 оны 10-р сарын дотор хэвлэлд бэлтгэсэн байдлаар хүлээн авна. Хэвлэлд тавигдах шаардлагыг харна уу.

Хурлын албан ёсны хэл монгол боловч орос, англи хэл дээр илтгэж болно. Илтгэлийг хэлэлцүүлэхдээ Power point программ ашиглан бэлтгэн ирүүлнэ. Илтгэх хугацаа 8 минут, товч мэдээлэл 5 минутын хугацаатай байна.

Ханан илтгэлийг А0 эсвэл 160х60 см хэмжээтэй стенд хэлбэрээр бэлтгэн ирүүлнэ.

### Зохион байгуулах зөвлөл:

Дарга: Доктор (Ph.D), дэд профессор Н.Буянхишиг  
Гишүүд: Доктор (Ph.D) Б.Сийлэгмаа  
Магистр (MSc) А.Хандсүрэн

## ХЭВЛЭЛД ТАВИГДАХ ШААРДЛАГА

**Өгүүлэл бичих хэл:** Монгол, Орос, Англи

**Өгүүллийн хэлбэр, хэмжээ:** А4 хэмжээтэй, цаасны дээр, доороос 2.5 см, зүүнээс 3.0 см, баруунаас талаас 2.0 см тус тус зайтай Microsoft Word программын Times New Roman фонтоор 12 үсгийн хэмжээтэйгээр, мөр хоорондын зай Single байна. Хуудас дугаарлахгүй, header and footer командыг ашиглахгүй.

Өгүүллийг дараах загвараар бичнэ.

**ИЛТГЭЛИЙН НЭР** (12 pt, **Bold**, **ТОМ ҮСГЭЭР**, мөр голлон)

(12 pt өндөртэй хоосон мөр)

**Зохиогчдын нэрс** (12 pt, **Bold**, мөр голлон)

(12 pt өндөртэй хоосон мөр)

**Байгууллагын хаяг** (12 pt, мөр голлон)

(12 pt өндөртэй хоосон мөр)

Өгүүллийг бичихдээ **IMRAD** зарчмыг баримтална.

**I** (Introduction) – Оршил (судалгааны ажлын үндэслэл, шинэлэг тал, зорилгоос бүрдэнэ)

**M** (Method) - Арга, аргачлал (судалгаанд хэрэглэсэн аргын нэр, товч тайлбар, судалгаанд ашигласан багаж, эх сурвалжийн нэр, статистик боловсруулалт ямар аргаар хийсэн зэрэг мэдээлэл байна)

**R** (Results) - Үр дүн (судалгаанаас гарсан үр дүнг тодорхой бичих, үр дүнгийн тайлбарыг хүснэгт болон зургаар илэрхийлэхдээ давхардуулж болохгүй)

**A** (And) - Ба **D** (Discussion)- Хэлэлцүүлэг (өөрийн судалгааны үр дүнг бусад судлаачдынхтай харьцуулж, өөрийн санал, дүгнэлтийг үндэслэлтэйгээр товойлгон гаргасан байх).

Өгүүлэл хураангуй, түлхүүр үг, дүгнэлттэй байна. Өгүүллийн эхэнд хураангуйг бичих ба төгсгөлд нь талархал бичиж болно. 12 pt үсгийн өндөртэй бичнэ.

**Хураангуй:** Зорилго, арга, аргачлал, үр дүн болон дүгнэлт гэсэн бүтэцтэй дүгнэсэн хэлбэрээр бичнэ.

**Түлхүүр үг:** Тав хүртэлх тухайн өгүүллийг илэрхийлж чадахуйц нэр үг байна.

Өгүүллийг 12pt үсгийн өндөртэй бичнэ. Зүйл нь нэг мөр алгасаж, догол мөр авалгүй эхлэх ба мөрүүд хоорондоо 1.0sp зайтай байна. Мөрүүд нь баруун, зүүн талдаа зэрэгцэн бичигдэнэ.

Ашигласан ном сэтгүүл (12 pt, **Bold**, зүүн талдаа зэрэгцэн)

Өгүүллийн төгсгөлд эшлэл татсан ном, зохиолын нэрсийг тавих ба илтгэлд эш татсан дарааллаар нь дугаарлана. Нэрсийг 12pt өндөртэй дараах хэлбэртэй бичнэ.

Алей.М., Лхамсүрэн.Д, Дорноговь аймгийн Хөвсгөл сумын төвийн орчмын гидрогеологийн нөхцөл. “Геологи” сэтгүүл. №31, 2015, хууд. 89-96

Хаяг:

ШУТИС, ГУУС, Гидрогеологи, инженер геологийн тэнхим

Улаанбаатар 210646, ш/х-338

Харилцах утас: 88076960, 99497634

И-мэйл: [siileg\\_hydro@must.edu.mn](mailto:siileg_hydro@must.edu.mn)

