



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



МАГИСТР, ДОКТОР ОЮУТНЫ ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ХУРЛЫН ЭМХЭТГЭЛ

ГАЗРЫН ТОС, ӨРӨМДЛӨГИЙН САЛБАР



ГЕОДЕЗИЙН САЛБАР



ГЕОЛОГИ, ГИДРОГЕОЛОГИЙН САЛБАР



УУРХАЙН ТЕХНОЛОГИЙН САЛБАР



ЭРДЭС БОЛОВСРУУЛАЛТ, ИНЖЕНЕРЧЛЭЛИЙН САЛБАР



2021-2022 ОНЫ
ХИЧЭЭЛИЙН
ЖИЛ

**ШИНЖЛЭХ УХААН ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ
ГЕОЛОГИ, УУЛ УУРХАЙН СУРГУУЛЬ**

**ГЕОЛОГИ, УУЛ УУРХАЙН СУРГУУЛИЙН
МАГИСТР, ДОКТОР ОЮУТНЫ ЭРДЭМ
ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ХУРЛЫН ЭМХЭТГЭЛ**

(2021-2022 оны хичээлийн жил)

**Улаанбаатар
2022 он**

Геологи, уул уурхайн сургуулийн магистр, доктор
оюутны эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэл

Хэвлэлийн эхийг бэлтгэсэн:
Эмхэтгэлийг хянан магадласан:

ГУУС-ийн ЭШИХА Д.Сувд-Эрдэнэ
ГУУС-ийн ЭНБД П.Нарантуяа

Хуудасны хэмжээ: А4
Үсгийн гарнитур: Times New Roman

Улаанбаатар
2022 он

ГАРЧИГ

ГАЗРЫН ТОС, ӨРӨМДЛӨГИЙН САЛБАР

1. ШИНГЭРҮҮЛСЭН ХИЙН ХАЛААЛТЫН ЗУУХНЫ ЭВДРЭЛД НӨЛӨӨЛӨХ ХҮЧИН ЗҮЙЛСИЙН СУДАЛГАА..... 4
магистрант Б.Алтансүмбэр, доктор (Ph.D), дэд профессор Б.Наранцэцэг
2. SOLIDWORKS, ANSYS ПРОГРАММ АШИГЛАН БОСОО САВНЫ ҮЛДЭГДЭЛ НӨӨЦИЙГ ТОДОРХОЙЛСОН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН..... 9
докторант Д.Ургамалсүвд, доктор (Ph.D), дэд профессор М.Оюунтөгс

ГЕОДЕЗИЙН САЛБАР

3. ГЕОДЕЗИЙН СОЛБИЦЛЫН ШИНЭ ЭРИНД ШИЛЖҮҮЛСЭН ТОМ МАСШТАБЫН БАЙР ЗҮЙН ЗУРГИЙН НАРИЙВЧЛАЛЫН ҮНЭЛГЭЭ..... 15
докторант Ц.Дашизэвгэ, доктор (Ph.D), профессор Д.Оюунцэцэг, доктор (Ph.D), дэд профессор Т.Балжинням

ГЕОЛОГИ, ГИДРОГЕОЛОГИЙН САЛБАР

4. ЭРДЭНЭТИЙН ГОЛЫН АЙ САВЫН ГИДРОГЕОХИМИЙН СУДАЛГАА..... 21
магистрант А.Бадамгарав, доктор (Ph.D) Б.Наранчимэг
5. ОЮУТ ЗЭС, МОЛИБДЕНИЙ ПОРФИРЫН ОРДЫН ХУВИРЛЫН СУДАЛГАА..... 26
магистрант Ж.Даидаваа, доктор (Ph.D) С.Оюунгэрэл

УУРХАЙН ТЕХНОЛОГИЙН САЛБАР

6. “ЧАНДМАНЬ-УУЛ”-ЫН ТӨМӨР (ЗЭС, АЛТ)-ИЙН ХҮДРИЙН ОРДЫН ИЛ УУРХАЙН ХҮРЭЭ, ХЯЗГААРЫН ОНОВЧЛОЛЫН СУДАЛГАА..... 36
магистрант З.Амарбаясгалан,
7. НАРИЙН СУХАЙТЫН НҮҮРСНИЙ УУРХАЙН ТӨВ ХЭСГИЙН ГЕОТЕХНИКИЙН ҮНЭЛГЭЭ..... 40
магистрант Б.Анхбаяр
8. СОРГОВЬ ИЛ УУРХАЙН НҮҮРСНИЙ ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮДИЙН ЗҮЙ ТОГТОЛЫН СУДАЛГАА, АШИГЛАХ БОЛОМЖ..... 50
докторант Э.Амарсанаа, доктор (Ph.D) Г.Уранбайгаль
9. ЭРДЭНЭТИЙН ОВОО ОРДЫН БАРУУН ХОЙД ХЭСГИЙН ЧУЛУУЛГИЙН БАТ БӨХИЙН ШИНЖ ЧАНАРЫГ ТОДОРХОЙЛОХ СУДАЛГАА..... 53
докторант Г.Амартүвшин, доктор (Ph.D), профессор С.Цэдэндорж

ЭРДЭС БОЛОВСРУУЛАЛТ, ИНЖЕНЕРЧЛЭЛИЙН САЛБАР

10. ЗЭС АГУУЛСАН ХҮЧИЛЛЭГ УСНААС ЗЭС ЯЛГАХ ТУРШИЛТ СУДАЛГАА..... 59
магистрант Э.Энхтогтох
11. УУРХАЙН ХАЯГДАЛ ЧУЛУУН НҮҮРСИЙГ XDF-10 ТӨХӨӨРӨМЖӨӨР БАЯЖУУЛСАН ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН..... 64
магистрант Г.Энхүүш, доктор (Ph.D), профессор Б.Алтантуяа
12. НУРУУЛДАН УУСГАХ ПРОЦЕССЫГ ЭРЧИМЖҮҮЛЖ АЛТ АВАЛТЫГ НЭМЭГДҮҮЛЭХ СУДАЛГААНЫ ЗАРИМ ҮР ДҮН..... 68
докторант Т.Оргодол, доктор (Ph.D), профессор Б.Алтантуяа
13. ХӨДӨЛГҮҮРИЙГ ДОРГИОНЫ БА ХАЛАЛТЫН СПЕКТР ШИНЖИЛГЭЭНИЙ АРГААР ОНОШЛОХ СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ҮР ДҮН..... 72
докторант Ч.Отгончимэг, доктор (Ph.D), дэд профессор П.Ариунболор

ШИНГЭРҮҮЛСЭН ХИЙН ХАЛААЛТЫН ЗУУХНЫ ЭВДРЭЛД НӨЛӨӨЛӨХ ХҮЧИН ЗҮЙЛСИЙН СУДАЛГАА

Б.Алтансүмбэр¹, Б.Наранцэцэг²

¹ ШУТИС, ГУУС, Газрын тос, өрөмдлөгийн салбарын магистрант

² ШУТИС, ГУУС, Газрын тос, өрөмдлөгийн салбар, доктор (Ph.D), дэд профессор

E-mail: altansumber@gascom.mn

Хураангуй - Улаанбаатар хотыг 2030, 2040 он хүртэл хөгжүүлэх ерөнхий төлөвлөгөөнд Монгол улсын засгийн газрын 2018 оны 62 дугаар тогтоолд “Түүхий нүүрс хэрэглэхийг хориглох тухай” хууль батлагдан улмаар 2019 оны 5 дугаар сарын 15-ны өдрөөс эхлэн түүхий нүүрсийг хэрэглэхээ больж Улаанбаатар хотын сургууль, цэцэрлэгийн халаалтыг хийн түлш рүү шилжүүлэх ажил явагдаж байна [2]. Энэхүү судалгааны ажилд “Газком” ХХК-ны хийн халаалтын зуухыг судалгааны объект болгон сонгон авсан. Гэр хороолол, аж ахуй нэгж байгууллага, төрийн өмчит сургууль, цэцэрлэг, өрхийн эмнэлэгт тавигдсан Риннай компанид үйлдвэрлэгдсэн RL94i маркийн 208 ширхэг хийн халаалтын зуухны эвдрэл, гэмтэлд нөлөөлөх хүчин зүйлсүүдийг тогтоож, гарах үр дагавар, түүнийг багасгах арга замын талаар тусгасан.

Түлхүүр үг - хийн халаалтын зуух, нүүрс, агаарын бохирдолт.

I. УДИРТГАЛ

Шингэрүүлсэн нефтийн хий нь ханасан нүүрсустөрөгч буюу пропан, бутан гэсэн голлох хийнүүдээс бүрддэг. Шингэрүүлсэн нефтийн хий буюу Шингэрүүлсэн нүүрсустөрөгчийн хий (Англиар, Liquefied Petroleum Gas, LPG), (Оросоор, Сжиженные углеводородные газы) гэдэг.

Шингэрүүлсэн нүүрсустөрөгч нь шатдаг холимог бөгөөд Монгол улсын нөхцөлд түлхүү хийн плетка, автомашин, халаах төхөөрөмжүүдэд түлш болгон ашиглаж байна.

Химийн найрлагын хувьд пропан нь өнгөгүй, үнэргүй, шатдаг хий, сулавтар мансууруулах үйлчилгээтэй. Харин бутан нь хэвийн нөхцөлд энгийн ба хий байдалтай байх боловч амархан шингэн төлөвт ордог [1].

Монгол улсын хувьд хийн халаалтын зууханд ашиглах хий нь зарим аж ахуй нэгжүүдэд пропан болон бутаны холимог, зөвхөн пропаны хийг ашиглаж байна.

Хийн хаалтын зуухны давуу талууд:

- Хийн шаталт нь үнс, тортог үлдээдэггүй. Экологийн хувьд хийн зуух нь хамгийн сайн сонголт юм.
- Түлшний нийлүүлэлтийн процесс автоматжуулсан учир зуухыг хянах шаардлагагүй, зуух шөнийн цагаар ч гэсэн бүтэн цагаар ажиллах боломжтой.
- Шаардлагатай температурт тохируулах боломжтой.
- Өндөр үр ашигтай, хий нь бага нийлүүлэлтээр ч хурдан, бүрэн шатдаг.
- Ашиглахад хялбар.
- Удаан эдэлгээтэй зэрэг давуу талуудтай байдаг.

Хийн зуухны сул тал:

- Түлшний эх үүсвэрээс хамааралтай.
- Хийн тоног төхөөрөмжийн суурилуулалтын зардал өндөр.

Цахилгаан ашигладаг учир цахилгаан тасарсан тохиолдолд ашиглах боломжгүй зэрэг дутагдалтай талуудтай байдаг.

Хийн түлш нь нүүрсийг бодвол бүрэн гүйцэт шаталттай экологийн цэвэр түлш юм.

Нийслэлийн агаарын бохирдолттой тэмцэх газраас 2021 оны 02 дугаар сарын 10 ны өдөр сургуулийн халаалтын зуухнаас ялгарах хорт бодисын ялгарлын хэмжээг нүүрс болон хийг ашиглан судалгаа явуулсан (Хүснэгт 1).

1-Р ХҮСНЭГТ. БОХИРДУУЛАГЧ БОДИСЫН ХЭМЖЭЭ

Бохирдуулагч бодис	SO2 Хүхэрлэг хий	NO2 Азотын давхар исэл	CO Хүлэмжийн хий	TSP Нарын ширхэгт тоосонцор
Нүүрсний шаталт	615	259	13136	6458
Хийн халаалтын зуух	0	10	14	0

1-р хүснэгтээс харахад хийн халаалтын зуухнаас ялгарч буй бохирдуулагч бодисын хэмжээ маш бага болох нь харагдаж байна.

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Монгол улсын хэмжээнд шатдаг хийн чиглэлээр үйл ажиллагаа явуулж байгаа компаниудаас 32 ААН нь шатдаг хий импортлох, худалдаалах тусгай зөвшөөрөлтэй байна.

Монгол улсад ихэвчлэн Япон улсад үйлдвэрлэгдсэн Rinnai, Солонгос-Daesung, Sookook, Navien, БНХАУ-Zhongshan, Орос- LIMAX маркийн бойлеруудыг түгээмэл ашиглаж байна.

СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ЗОРИЛГО:

Монгол улсад суурилуулж буй дулаан хангамжийн төхөөрөмжийг ашиглах явцад түгээмэл үүсэх хүндрэл түүний дотор эвдрэл, гэмтлийг тогтоож, засварлахад энэхүү ажлын зорилго оршино.

СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ЗОРИЛТУУД:

Судалгааны ажлын дэвшүүлсэн зорилгодоо хүрэхийн тулд дараах зорилтуудыг дэвшүүлж байна.

- Монгол орны нөхцөлд халаалтын зуухыг ашиглахад гарах хүндрэл, эвдрэл гэмтлийг тогтоох;
- Халаалтын зуухны эвдрэлд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг тогтоох.

СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ:

Энэхүү судалгааны ажлыг хийхдээ мэдээлэл цуглуулах, ажиглалт, харьцуулалт, туршилт судалгааны аргуудыг ашигласан болно.

СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ПРАКТИК АЧ ХОЛБОГДОЛ:

Монгол оронд суурилуулж байгаа хийн халаалтын төхөөрөмжийг судалж ашиглалтын үеийн гэмтлийн шалтгааныг тогтоож, засан сайжруулалт хийснээр халаалтын тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын хугацааг уртасгах, аюулгүй ажиллагааны заавар зөвлөмжийг шинэчлэх улмаар эдийн засгийн хувьд хэмнэлт гарах боломжтой болно.

СУДАЛГААНЫ ОБЪЕКТ

“ГАЗКОМ” ХХК нь Монгол улсад олон жилийн турш нүүрлээд буй агаарын бохирдлыг арилгах зорилгоор 2013 онд үүсгэн байгуулагдсан. “Хийн Шийдэл” төслийг 2018 онд эхлүүлж, гэр хорооллын айл өрх, зуслангийн хаус, аж ахуй нэгж байгууллагууд, төрийн өмчит сургууль, цэцэрлэг, өрхийн эмнэлэг гэх мэт нийт 46 объектын хийн халаалтыг хийж байна. Одоогийн байдлаар нийтдээ 208ш халаалтын зуух, 580ш баллонтой үйл ажиллагаа явуулж байна.

Риннай компанид үйлдвэрлэгдсэн RL94i маркийн 208 ширхэг хийн халаалтын зуухны эвдрэл, гэмтэлд нөлөөлөх хүчин зүйлсийн судалгааг хийсэн.

Хийн халаалтын зуухны ашиглалтанд нөлөөлөх хүчин зүйлсүүдэд:

- Цаг уурын нөхцөл
- Усны шинж чанар /РН, эрдэсжилт/

- Хүний хүчин зүйл
- Агаарын бохирдол
- Цахилгааны хэлбэлзэл
- Ашиглалтын хугацаа
- Хийний шинж чанар гэх мэт орно.

Эдгээрээс Монгол орны цаг уурын нөхцөл, усны шинж чанар, хүний хүчин зүйлс, агаарын бохирдол зэрэг нь хамгийн их нөлөөлж буйг судалгааны явцад тогтоосон.

III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

ЦАГ УУРЫН НӨХЦӨЛ, БАЙДЛААС ШАЛТГААЛЖ ХИЙН ЗУУХАНД ГАРАХ ЭВДРЭЛ ГЭМТЭЛ

Улаанбаатар хотын цаг агаар өвлийн нөхцөлд сүүлийн 5 жил хамгийн хүйтэн -28°C харин Япон улсын дундаж цаг агаар 12°C байна. Риннай компанид үйлдвэрлэгдсэн RL94i маркийн хийн зууханд зонхилон цаг уурын нөхцөл байдлаас шалтгаалан өвлийн улиралд яндан цантах үзэгдэл гарч байна.



1-р зураг. Хийн халаалтын зуухны яндан цантсан байдал.

Хийн халаалтын зуухны яндан цантаж бөглөрснөөр гадна агаар сороход хүндрэл учрах, үүнээс үүдэн хийн халаалтын зууханд №10 – ын алдааны код зааж хэвийн бус ажиллаж, зуух ажиллахгүй хүндрэл гарч байна.

Засварлах арга

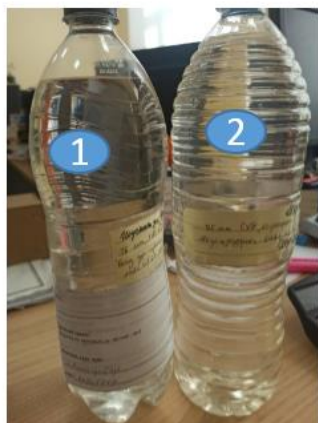
2021 оны 01 дүгээр сарын 04-ний өдрөөс 2021 оны 04 дүгээр сарын 15-ны хооронд Улаанбаатар хот, БЗД, 11-р хороо “УБТЗ Туул зөрлөг” болон УБ хот, СХД 21-р хороо “196-р цэцэрлэг”- ийн янданг төмөр хоолой болон хуванцар хоолойгоор уртасган туршилт хийсэн.

Төмөр хоолойг тавьж 3 сарын хугацаанд ажиглалт хийж үзэхэд хоолой зэвэрч, зуухны амралтын горимын явцад зэврэлтийн бүтээгдэхүүн салхины үйлчлэлээр зуух руу буцаж орсноор бохирдол үүсгэж байсан учир тохиромжгүй гэж үзлээ.

Харин хуванцар хоолой нь 3 сарын хугацаанд тогтмол ажиллуулахад хэвийн ажиллаж байсан бөгөөд одоогийн байдлаар 1 жилийн хугацаанд хэвийн ажиллаж байна.

УСНЫ ШИНЖ ЧАНАРААР ХАМААРЧ ХИЙН ХАЛААЛТЫН ЗУУХАНД ГАРАХ ЭВДРЭЛ, ГЭМТЭЛ

Усны шинж чанараас халаалтын зуухны ашиглалтанд нөлөөлөх хүчин зүйлийг судлахын тулд ХУД, 11-р хорооны Богд-Уул сувиллын халаалтын зууханд ашиглаж буй уснаас 1.5л, СХД, 21-р хорооны 196-р цэцэрлэгийн халаалтын зууханд ашиглаж буй уснаас 1.5л дээжийг тус бүр авч 2022 оны 03 дугаар сарын 28-ны өдөр Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэнгийн усны шинжилгээний газарт өгч усны шинж чанарын шинжилгээ хийлгэсэн.



2-р зураг. Усны дээж.

- 1 – Богд-Уул сувилалаас авсан усны дээж
2 - 196-р цэцэрлэгээс авсан усны дээж



3-р зураг. Богд-Уул сувиллаас усны дээж авч буй байдал.



4-р зураг. 196-р цэцэрлэгээс усны дээж авч буй байдал.

2-Р ХҮСНЭГТ. БОГД-УУЛ СУВИЛЛЫН ХИЙН ХАЛААЛТАНД ХЭРЭГЛЭХ УСНЫ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ҮР ДҮН

Анион /MNS 0900- 2018/	1дм3-д байгаа			Катион /MNS 0900-2018/	1дм3-д байгаа		
	мг	мг- экв	мг- экв%		мг	мг- экв	мг- экв%
Cl- (350)	35.5	1.00	26.31	Na++ K+ (220)	52.3	2.27	59.83
SO4- (500)	12.0	0.25	6.58	Ca++ (100)	18.2	0.91	23.95
NO2-(1)	0.0	0.00	0.01	Mg++ (30)	6.7	0.55	14.47
NO2- (50)	0.0	0.00	0.00	NH4+(1.5)	1.2	0.07	1.75
CO3-	0.0	0.00	0.00	Fe++	0.0	0.00	0.00
HCO3-	155.6	2.55	67.10	Fe+++ (0.3)	0.0	0.00	0.00
Дүн	203.1	3.80	100.00	Дүн	78.4	3.80	100.00

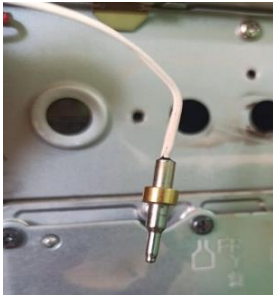
3-Р ХҮСНЭГТ. 196-Р ЦЭЦЭРЛЭГИЙН ХИЙН ХАЛААЛТАНД ХЭРЭГЛЭХ УСНЫ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ҮР ДҮН

Анион /MNS 0900- 2018/	1дм3-д байгаа			Катион /MNS 0900- 2018/	1дм3-д байгаа		
	мг	мг- экв	мг- экв%		мг	мг- экв	мг- экв%
Cl- (350)	39.4	1.11	17.78	Na++ K+ (220)	52.4	2.28	36.47
SO4- (500)	16.0	0.33	5.34	Ca++ (100)	19.6	0.98	15.70
NO2- (1)	0.0	0.00	0.00	Mg++ (30)	34.3	2.82	45.17
NO2- (50)	0.0	0.00	0.00	NH4+(1.5)	3.0	0.17	2.67
CO3-	0.0	0.00	0.00	Fe++	0.0	0.00	0.00
HCO3-	292.8	4.80	76.88	Fe+++ (0.3)	0.0	0.00	0.00
Дүн	348.2	6.24	100.00	Дүн	109.3	6.24	100.00

Ундны ус эрүүл ахуйн шаардлага, түүнд тавигдах хяналт “MNS 0900:2018” стандартад унд-ахуйд хэрэглэх усны кальцийн хүлцэх агууламжийг 100мг/л – ээс ихгүй, магни 30мг/л –ээс ихгүй байхаар заасан байдаг. Шинжилгээний үр дүнгээс харахад Богд-Уул сувиллын хийн халаалтанд ашиглах усны дээж өнгөгүй, үнэргүй усны чанарын хувьд цэнгэг, зөөлөн МУ-ын стандартад заасан хэмжээнд хүрэхүйц үр дүн гарсан.

Харин 196-р цэцэрлэгийн хийн халаалтанд ашиглах усны шинжилгээний үр дүн нь усны дээжний өнгө шардуу, үнэр 1.5 балл, магнийн агууламж стандартад заасан хэмжээнээс 4.3-иар их байгаа тул унд, ахуй болон үйлдвэрлэлийн хэрэгцээнд ашиглахдаа зөөлрүүлэн хэрэглэх шаардлагатай дүгнэлт гарсан.

196-р цэцэрлэгийн хийн халаалтанд ашиглах ус чанарын шаардлага хангахгүй байгаагаас шалтгаалж хийн халаалтын зуухны усны температур мэдрэгч бохирдох эвдрэл гарч, халаалтын зуух хэвийн бус ажиллах тохиолдол гарсан (Зураг 5, 6).



5-р зураг. Усны мэдрэгч
бохирдохоос өмнөх байдал.



6-р зураг. Усны мэдрэгч
бохирдсон байдал.

ЦАХИЛГААНЫ ХЭЛБЭЛЭЛЭЭС ШАЛТГААЛЖ ХИЙН ХАЛААЛТЫН ЗУУХАНД ГАРАХ ЭВДРЭЛ, ГЭМТЭЛ

Риннай RL74i загварын хийн зуух нь 120В – аар ажилладаг. Хэрвээ 220В цахилгааны хүчдэл хэлбэлзэл нь 200В болж шаардлагатай тэжээл өгөөгүйн улмаас хийн зуух хэвийн бус ажиллах тохиолдол гарч байна.

ХҮНИЙ ХҮЧИН ЗҮЙЛСЭЭС ШАЛТГААЛЖ ХИЙН ХАЛААЛТЫН ЗУУХАНД ГАРАХ ЭВДРЭЛ, ГЭМТЭЛ

Хийн халаалтын зуухны ажиллах зааварчилгааг тухайн байгууллагын ИТА – аас аваагүйн улмаас зууханд гэмтэл учруулах хэвийн бус горимоор ажиллуулах мөн тэвэрлэлтийн явцад стандартын бус ачилт хийснээс хамаарч зуух эвдэрч, гэмтэх тохиолдолууд гарч байна.



7-р зураг. Хийн халаалтын зуух эвдэрсэн байдал.

АГААРЫН БОХИРДОЛТООС ҮҮДЭЛТЭЙ ХИЙН ХАЛААЛТЫН ЗУУХАНД ГАРАХ ЭВДРЭЛ, ГЭМТЭЛ

Агаарын бохирдлоос шалтгаалж хийн халаалтын зуухны албадан агааржуулалтын сэнс бохирдож, сопло буюу хий хуваарилах хэсэг бөглөрөх, шаталтын тавцан бохирдох зэрэг гэмтлүүд гарч байна.

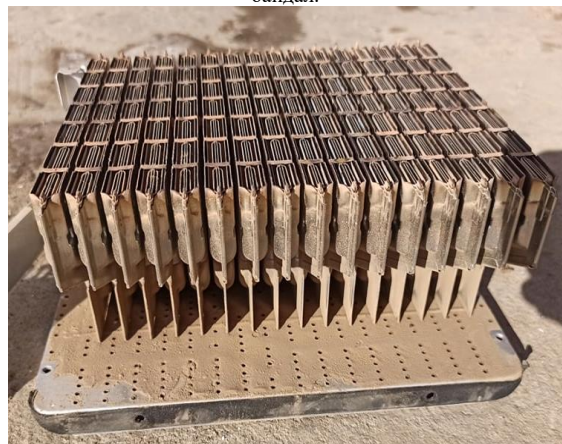
Эдгээр гэмтлээс үүдэн хийн халаалтын зуухны ачаалал ихсэх, халалт үүсэх, зуух хэвийн бус ажиллах хүндрэлүүд гарч байна.



8-р зураг. Албадан агааржуулалтын сэнс бохирдсон байдал.



9-р зураг. Сопло буюу хий хуваарилах хэсэг бохирдсон байдал.



10-р зураг. Шаталтын тавцан бохирдсон байдал.

ДҮГНЭЛТ

“Торгаз” ХХК -нд ашиглагдаж байгаа 208ш хийн халаалтын зуухны эвдрэл, гэмтэлд нөлөөлөх хүчин зүйлсийн судалгааг хийсэн. Үүнд:

Цаг агаараас үүдэлтэй гарах эвдрэл нь хийн халаалтын зуух нь ялангуяа өвлийн нөхцөлд яндан цантаж бөглөрснөөр гадна агаар сороход хүндрэл учрах, үүнээс үүдэн хийн халаалтын зууханд №10 –ын алдааны код зааж хэвийн бус ажиллаж, зуух ажиллахгүй тохиолдлууд гарч байна. Гэмтлийг сайжруулах арга зам нь янданг уртасгах, полимер хоолойг суулгах нь үр дүнтэй байна.

Усны шинжилгээний үр дүнгээс харахад Богд-Уул сувиллын хийн халаалтанд ашиглах усны дээж өнгөгүй, үнэргүй усны чанарын хувьд цэнгэг, зөөлөн МУ-ын стандартын шаардлагыг хангасан үр дүн гарсан. Харин 196-р цэцэрлэгийн хийн халаалтанд ашиглах усны шинжилгээний үр дүн усны дээжний өнгө шардуу, үнэр 1.5 балл, магнийн агууламж стандартад заасан хэмжээнээс 4.3-иар их байгаа тул унд, ахуй болон үйлдвэрлэлийн хэрэгцээнд ашиглах боломжгүй, хэрэглэвэл ус зөөлрүүлэгчийг ашиглах шаардлагатай гарсан. 196-р цэцэрлэгийн хийн халаалтанд ашиглах ус чанарын шаардлага хангахгүй байгаагаас шалтгаалж хийн халаалтын зуухны усны температур мэдрэгч бохирдож эвдрэл гарч, халаалтын зуух хэвийн бус ажиллах тохиолдлууд гарч байна.

Агаарын бохирдлоос шалтгаалж хийн халаалтын зуух ашиглалтын явцад албадан агааржуулалтын сэнс бохирдож, сопло буюу хий хуваарилах хэсэг бөглөрөх, шаталтын тавцан бохирдох зэрэг гэмтлүүд гарч байна.

Хийн халаалтын зуухны ашиглалтын хугацаа буюу эвдрэл, гэмтэлд хамгийн их нөлөөлж буй хүчин зүйлсүүдэд Монгол улсын цаг уурын нөхцөл байдал, усны шинж чанар, агаарын бохирдол, хүний хүчин зүйлс нөлөөлж буй нь судалгаанаас тогтоогдож байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Ц.Багмид. Шингэрүүлсэн хийн түлш. Сурах бичиг. 180 ху. 2008 он.
- [2] МУ-ын Засгийн газрын 2018 оны 2 дугаар сарын 28-ны өдрийн баталсан 62 дугаар тогтоол.
- [3] “Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлыг бууруулах хяналтын чадавхийг бэхжүүлэх төсөл”. Төслийн эцсийн тайлан. УБ хот. 2015 он. 215 хуудас.

SOLIDWORKS БОЛОН ANSYS ПРОГРАММ АШИГЛАН БОСОО САВНЫ АШИГЛАЛТЫН ҮЛДЭГДЭЛ НӨӨЦИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Д.Ургамалсүвд¹, М.Оюунтөгс²

¹ ШУТИС, ГУУС, Газрын тос, өрөмдлөгийн салбарын докторант,

² ШУТИС, ГУУС, Газрын тос, өрөмдлөгийн салбар, доктор (Ph.D), дэд профессор

E-mail: ¹ urgamal@must.edu.mn, ² moyuntugs@must.edu.mn

Хураангуй - Манай орны газрын тосны бүтээгдэхүүний хангамжийн салбарт газрын тосны бүтээгдэхүүн хадгалах босоо ган савнууд эдийн засгийн төдийгүй стратегийн чухал объект болж байдаг. Савны ашиглалтын нормт хугацаа дууссан тохиолдолд шууд ашиглалтаас гаргаад шинэ сав барих санхүүгийн боломж тэр бүр байдаггүйн улмаас үргэлжлүүлэн ашиглаж байгаа тохиолдол байсаар байна. Эдгээр ашиглалтын нормт хугацаа дууссан савны цаашид ашиглах нөөцтэй байгаа эсэхийг шинжлэх ухаанчаар тодорхойлох нь нэн тулгамдсан асуудал болоод байгаа учраас энэхүү ажлаар босоо савны үлдэгдэл нөөцийг орчин үеийн төгсгөлөг элементийн аргыг ашиглан тодорхойлохыг зорилоо.

Түлхүүр үг: хүчдэл, хэв гажилт, цуцалт, метал, найдвартай ажиллагаа

I. УДИРТГАЛ

Босоо ган сав нь ихэвчлэн 20-25 жил ашиглах нормт хугацаатай байдаг бол манай оронд 30 ба түүнээс ч дээш жилээр ашиглагдаж байгаа савнууд нийт савны 50 орчим хувийг эзэлж байна. Савны ашиглалтын хугацаа нэмэгдэх тусам түүний үндсэн метал хийцүүдийн элэгдэл ихэсч, цуцалт, ан цав үүсэх явц түргэсч улмаар хийцийн бат бэх, ашиглалтын найдвартай ажиллах чанар буурч ослын нөхцөлд хүрч болзошгүй байдаг. Иймээс савны болзошгүй эвдрэлээс урьдчилан сэргийлж, аюулгүй ашиглах хугацааг нэмэгдүүлэх зорилгоор метал хийцүүдийг оношилж техникийн байдлыг нь шуурхай үнэлж, эдэлгээний үлдэгдэл нөөцийг тодорхойлох нь чухал асуудлын нэг юм. Зэврэлтийн хурд эрчимтэй явагдаж тодорхой хугацаанд хязгаарын утганд хүрэхэд сав эвдрэлд орж ашиглалтаас гарахад хүрдэг.

Энэхүү ажлаар нормт хугацаанаас хэтэрсэн босоо ган савны дээвэр, хана, суурийн элементүүдийн зузааны хэмжилтийн үр дүнгээр савны ашиглалтын үлдэгдэл нөөцийн үнэлгээг хийхийн тулд савны загварыг SOLIDWORKS программаар гаргаж авах, савны хүчдэл, хэв гажилт, цуцалтын тооцоог ANSYS программ дээр явуулах зорилго тавилаа.

Энэхүү ажлын шинжлэх ухааны шинэлэг тал нь орчин үеийн төгсгөлөг элементийн аргыг ашиглан газрын тосны бүтээгдэхүүн хадгалах босоо ган савны ашиглалтын үлдэгдэл нөөцийн үнэлгээний загварыг SOLIDWORKS программ болон ANSYS программ дээр явуулсанд [5] [6] оршино.

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Аливаа нэг метал хийцийн ажлын ачаалал даах чадвар, бат бэх, найдвартай ажиллах чанаруудыг нь

зохион бүтээх шатанд төсөллөж өгдөг. Металын нэгэн төрлийн бус бүтэц, ашиглалтын явцад үүсэх гулсалт, шилжилтийн хэв гажилт зэрэг шалтгаануудыг зохион бүтээх шатны тооцоонд тусгаагүйн улмаас үйлдвэрлэлийн шатанд метал хийцийн бүх хэсэг жигд бат бэхтэй болох нь ховор. Дурын метал хийцийг үйлдвэрлэхээс өмнө төсөллөхдөө ажлын ачааллыг даах, бат бэх бөгөөд найдвартай байдлыг хангахаар тооцоолдог. Төслийн ба үйлдвэрлэлийн шатанд босоо ган савны метал хийцийн бүх хэсэг жигд бат бэхтэй байх нь ховор бөгөөд энэ нь савны бат бэхийг тооцдог одоогийн бүх арга материалын эсэргүүцлийн онолд үндэслэгдсэн болохоор метал хийцийн бүх элементийг ижил чанартай гэж үздэгтэй холбоотой. Гэтэл бодит байдалд савны метал нь нэгэн төрлийн бүтэцтэй байж чаддаггүй, үйлдвэрлэгчийн нормоор 20% хүртэлх механик чанарын зөрүүг зөвшөөрдөг.

Савыг угсрах, суурилуулах үед төслийн шийдлээс хазайх явдал гарах бөгөөд ингэснээр ашиглалтанд оруулж буй савны метал хийц, төхөөрөмжийн бат бэх тодорхойгүй шинжтэй болсон байдаг. Сав, тоног төхөөрөмжийн угсралтын ажлын үед түүний бүхий л техникийн параметрууд нь төслийн шийдлээс тодорхой хэмжээгээр хазайх нь метал хийц, төхөөрөмжийн ашиглалтын найдвартай ажиллагаанд сөргөөр нөлөөлөхийн үндэс болдог. Савны ашиглалтын хугацаа нэмэгдэх тусам түүний үндсэн метал хийцүүдийн элэгдэл ихэсч, цуцалт, ан цав үүсэх явц түргэсч улмаар хийцийн бат бэх, ашиглалтын найдвартай ажиллах чанар буурч ослын нөхцөлд хүрч болзошгүй байдаг. Иймээс савыг болзошгүй эвдрэлээс урьдчилан сэргийлж, аюулгүй ашиглах хугацааг нэмэгдүүлэх зорилгоор метал хийцүүдийг оношилж техникийн байдлыг нь шуурхай үнэлж, эдэлгээний үлдэгдэл нөөцийг тодорхойлох нь чухал асуудлын нэг юм.

- Босоо савны элементүүд нь хязгаарын утганд шилжих боломжтой болтол ашиглагдах хугацааг ашиглалтын үлдэгдэл нөөцтэй байна гэж тодорхойлно.
- Хязгаарын байдал гэдэг нь сав нь нормоор тогтоогдсон бат бэх, тогтворжилт, ан цав, цуцалтыг эсэргүүцэх чадвараа алдах үеийг хэлнэ.
- Савны ашиглалтын үлдэгдэл нөөцийг тодорхойлно гэдэг бол савны хамгийн бага үнэлгээг тооцооллын аргаар явуулахыг хэлнэ.
- Савны ашиглалтын үлдэгдэл нөөцийг тооцоот үнэлгээгээр тодорхойлох нь савыг дараагийн оношилгоо хүртэл хэдэн жил ашиглах боломжтойг тогтооход болон савны засварын ажлыг төлөвлөхөд ач холбогдолтой.

Босоо савны бүслүүр бүрийн хавтангийн зузааныг хязгаарын байдлаар нь доорх томъёогоор тооцдог.

$$S_i = \frac{(n_1 \cdot \gamma \cdot h_i + n_2 P) \cdot D \cdot K}{2 \cdot m \cdot R_n \cdot \varphi} \quad (1)$$

γ -агуулж байгаа газрын тосны бүтээгдэхүүний хувийн жин, кг/м³ /0,8300*103/,

h_i -шингэний баганы өндөр, саван дахь шингэний дээд түвшин /савны өндрийн 85%-иар тооцож авсан.

6269мм/ ба тооцоо хийж байгаа тухайн бүсийн доод хязгаар хоёрын хоорондын зай, мм /1-р бүслүүр 7518, 2-р бүслүүр 6023/, 3-р бүслүүр 45534, 4-р бүслүүр 3083, 5-р бүслүүр 1613

i - савны i дахь бүслүүр

n_1 - хэт дүүргэлтийн коэффициент, шингэнээр -1,1-ээр авдаг

n_2 -хэт дүүргэлтийн коэффициент, хийгээр 1,2-оор авдаг

P - савны дээвэр доор байгаа тооцооны илүүдэл даралт, МПа /0,07/

D -савны диаметр, мм /12330/

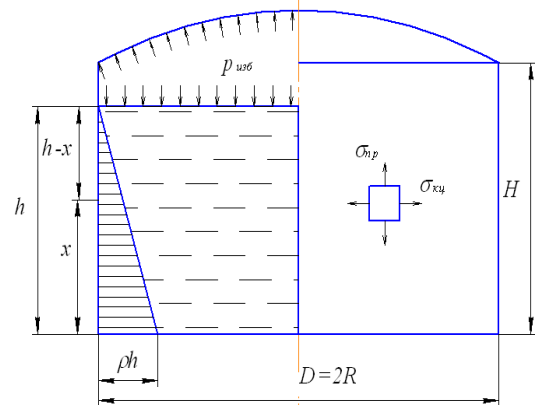
m -ажлын нөхцөлийн коэффициент

1-р бүслүүрт 0,7

бусад бүслүүрт 0,8

K -материалд тооцсон аюулгүй ажиллагааны коэффициент $R_n = \sigma_{Tmin}$ байхад $K=1,05$ -тэй тэнцүүгээр авдаг.

III. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ



1-р зураг 1000 м³-ын саванд үйлчлэх ачааллууд

1-р зурагт үзүүлсэн 1000 м³-ын багтаамжтай савны техникийн үзүүлэлт.

Савны гангийн марк Ст3 сп

H - савны өндөр, мм/9000/

D - савны дотоод диаметр, мм /12330/

Багтаамж 1000м³ /1075/

Цасны ачаалал 150 кг/м²

Салхины ачаалал 100 кг/м²

Саванд статик ачааллыг өгөхдөө дизель түлшний хувийн жингээр 830 кг/м³ тооцсон.

Гидростатик даралтыг тооцохдоо хүндийн хүчийг 9,81 м/с² гэж авсан [1] [2] .

Савны дүүргэлтийг тах утгаар 85 хувийн дүүргэлттэй байхаар авлаа.

Савны зузааны нормт хэмжээ: савны хана, дээвэр, ёроолын зузаан

Савны зузааны хэмжсэн утга: савны хана, дээвэр, ёроолын зузаан

Дээврийн хавтангийн зузаан 2-4,0 мм

Хананы хавтангийн зузаан 3,5-6,0 мм

Шалны хавтангийн зузаан 2.5-5 мм

Босоо савны тооцоог SOLIDWORKS, ANSYS программ ашиглан төгсгөлөг элементийн тооцооны дарааллаар явууллаа. SOLIDWORKS программ дээр савны бүслүүр бүрийн өндөр, радиус, ханын зузаан, гангийн марк зэрэг өгөгдлүүдийг өгч савныхаа загварыг гарган савны нормт зузаантай буюу ашиглалтын эхэнд байх үеийн болон олон жил ашигласны дараа савны шингэн ба хатуу төлөвийн хоорондын харилцан үйлчлэлийг тооцож, хатуу биетийн механик шинж чанарыг тооцох ачааллуудыг өгч ANSYS STRUCTURAL модульд:

Савны хүчдэл хэв гажилтыг дараах дарааллаар тооцсон [3]:

1.Total deformation / Нийт хэв гажилт

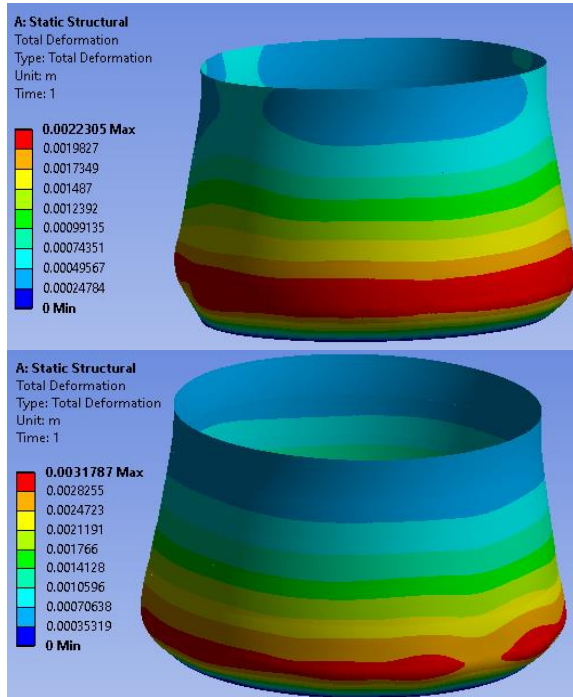
2.Normal stress/ Нормаль хүчдэл

3.Shear stress/ Тангенциаль хүчдэл

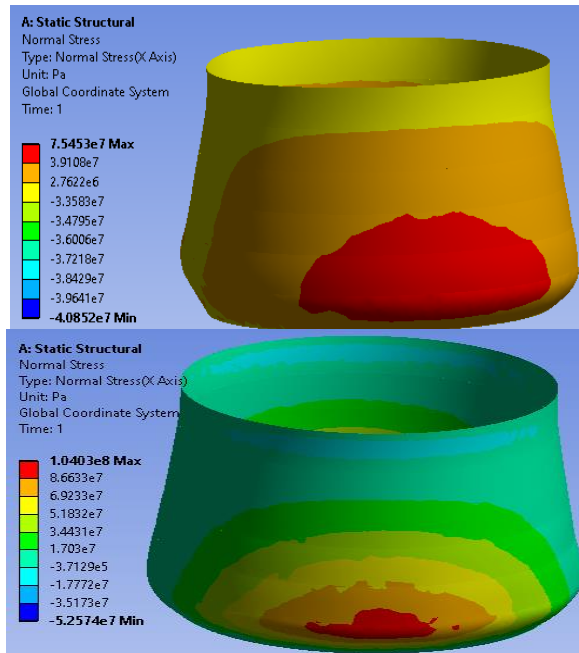
Савны цуцалтыг дараах дарааллаар тооцсон [3]:

1. Life / Ашиглах хугацаа
2. Damage / Эвдрэл, гэмтэл
3. Safety factor / Аюулгүй ашиглах үлдэгдэл нөөц

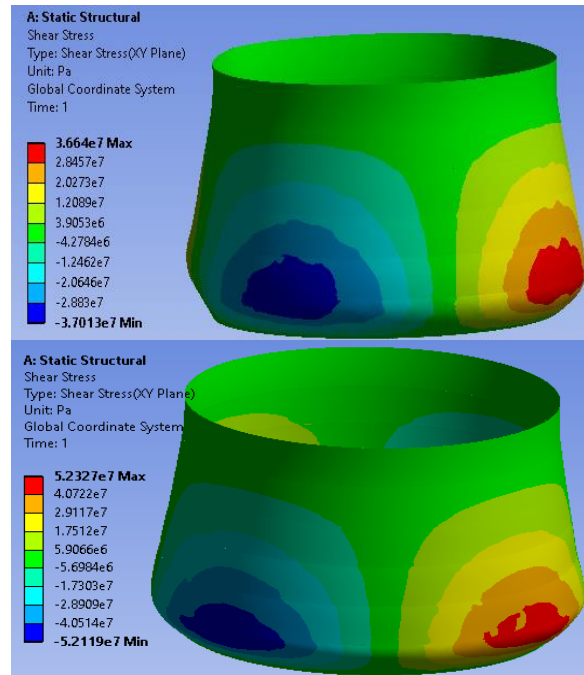
Савны хүчдэл хэв гажилтыг тооцсон тооцоог сав бүрд нормт ба утгаар болон ашиглалтын дараах утгаар тооцсон ба жишээг Зураг 2-4-т үзүүлээ.



2-р зураг Дархан-1 савны нийт хэв гажилтыг тооцсон үр дүн
а. савны нормт утгаар б. савыг 25 жил ашигласны дараа тооцсон
үр дүн

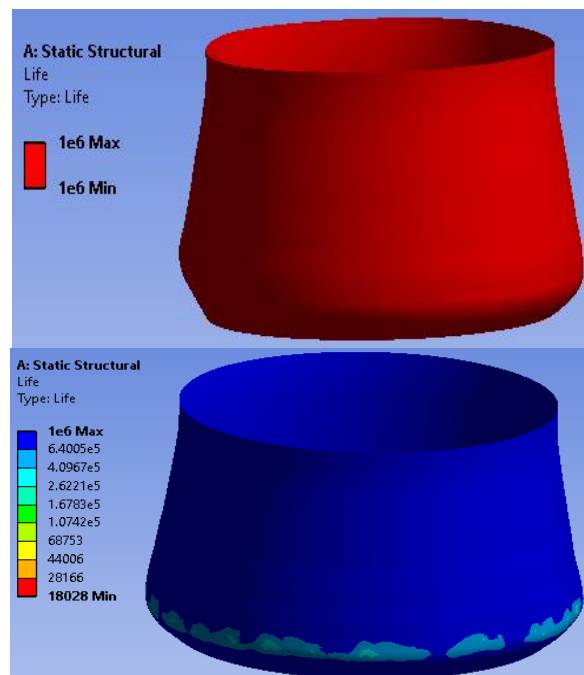


3-р зураг Дархан-1 савны нормаль хүчдэл тооцсон үр дүн а.
савны нормт утгаар б. Савыг 25 жил ашигласны дараа

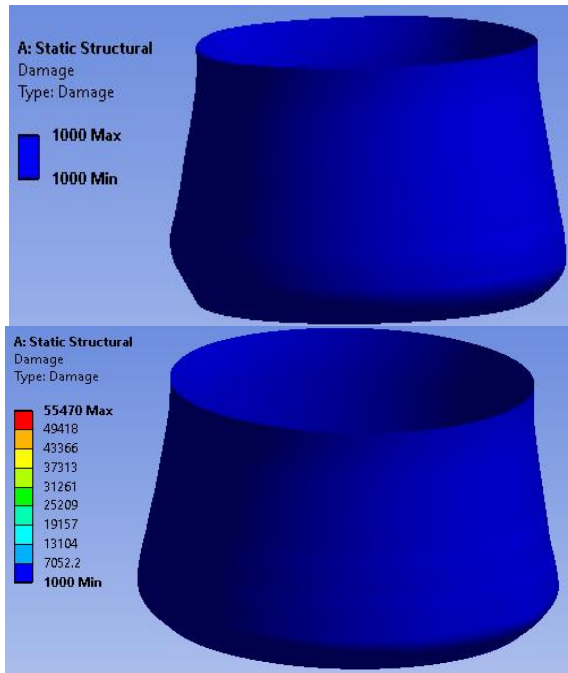


4-р зураг Дархан-1 савны тангенциаль хүчдэл тооцсон үр дүн а.
савны нормт утгаар б. Савыг 25 жил ашигласны дараа

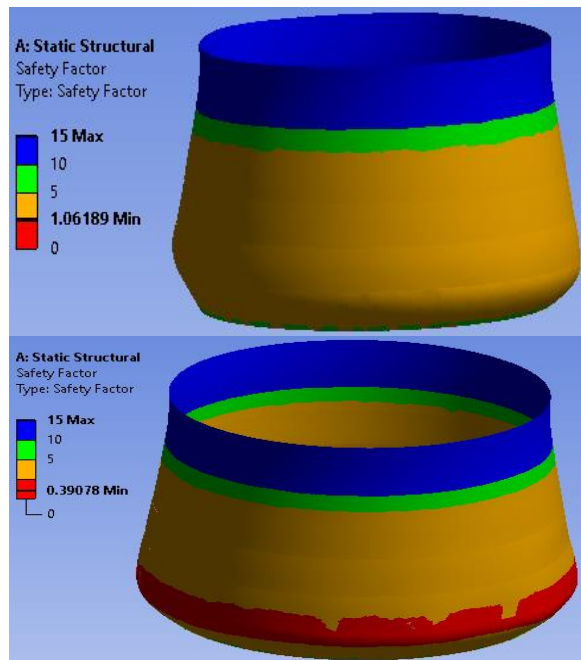
Савны цуцалтыг тооцсон тооцоог сав бүрд нормт ба утгаар болон ашиглалтын дараах утгаар тооцсон ба жишээг Зураг 5-7-д үзүүлээ.



5-р зураг Дархан-1 савны тангенциаль хүчдэл тооцсон үр дүн а.
савны нормт утгаар б. Савыг 25 жил ашигласны дараа



6-р зураг Дархан-1 савны эвдрэл гэмтэл тооцсон үр дүн а. савны нормт утгаар б. Савыг 25 жил ашигласны дараа



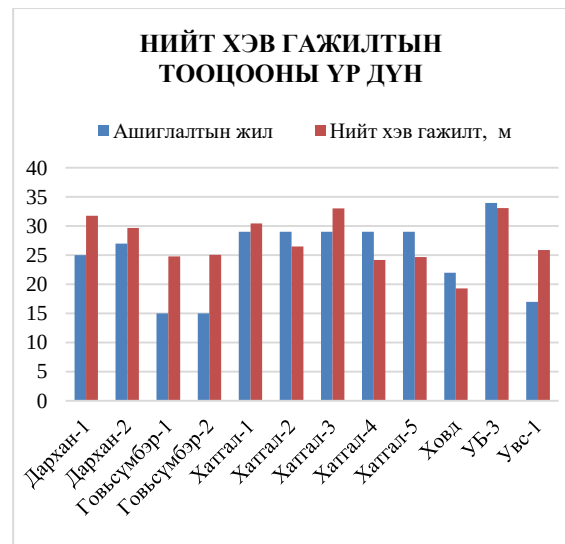
7-р зураг Дархан-1 савны эвдрэл гэмтэл тооцсон үр дүн а. савны нормт утгаар б. Савыг 25 жил ашигласны дараа

Эдгээр хэмжилтүүдийг нийт 12 босоо саванд тооцоог явуулснаар гарсан үр дүнгүүдийг 1-р хүснэгтэнд үзүүллээ [4].

1-Р ХҮСНЭГТ. 1000МЗ -ЫН БАГТААМЖТАЙ САВНУУДАД ХИЙСЭН ХҮЧДЭЛ, ХЭВ ГАЖИЛТЫН ТООЦООНЫ ҮР ДҮН

Савны нэр	Ашигласан жил	Нийт хэв гажилт, м	Нормал хүчдэл, МПа	Тангсн цинхал хүчдэл, МПа	Ашиглалтын үлдэгдэл хугацаа	Эвдрэл, гэмтэл	Үлдэгдэл нөөц
Дархан-1	25	31.787	104	52.327	2,06	55.47	0.39078
Дархан-2	27	29.702	100.5	52.48	7,42	15.381	0.55547
Говьсүмбэр-1	15	24.773	80.824	42.415	8,85	12.901	0.58274
Говьсүмбэр-2	15	25.097	81.251	40.334	14,23	8.0235	0.66373
Хатгал-1	29	30.449	98.2	48.863	1,41	81.184	0.34965
Хатгал-2	29	26.502	87.596	43.358	8,57	13.318	0.57771
Хатгал-3	29	33.048	111.69	56.42	5,17	22.086	0.5033
Хатгал-4	29	24.172	79.158	39.777	11,19	10.203	0.62123
Хатгал-5	29	24.704	83.382	40.024	2,43	4.6967	0.7644
Ховд	22	19.277	62.719	30.822	3,723	3.0658	0.82318
УБ-3	34	33.102	111.76	53.539	2,43	47.047	0.40948
Увс-1	17	25.888	87.386	44.259	5,19	22.013	0.50375

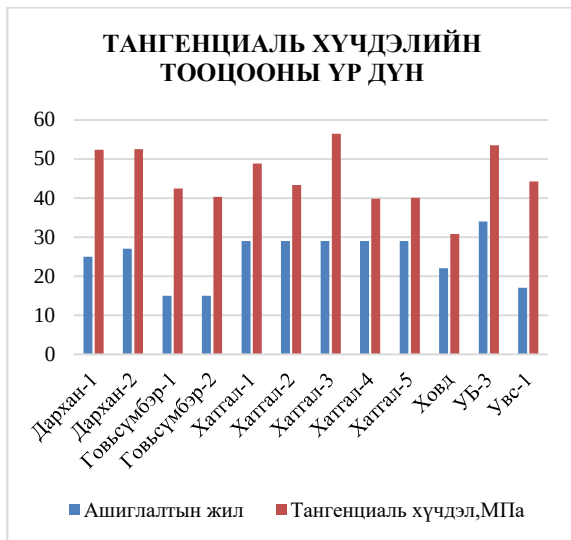
Дээрх тооцоон дээр үндэслэн Зураг 7-12-т график байгууллаа.



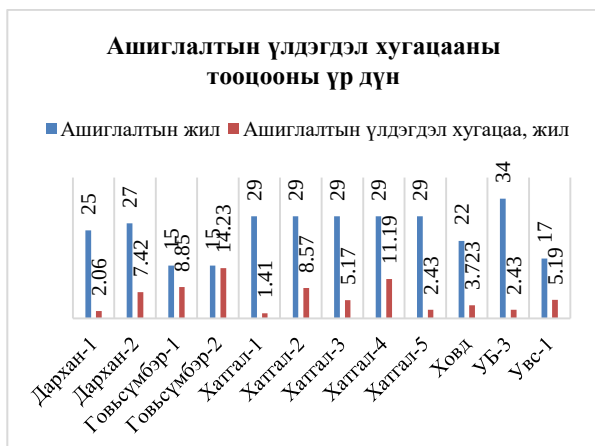
8-р зураг. Нийт хэв гажилтыг тооцсон үр дүн



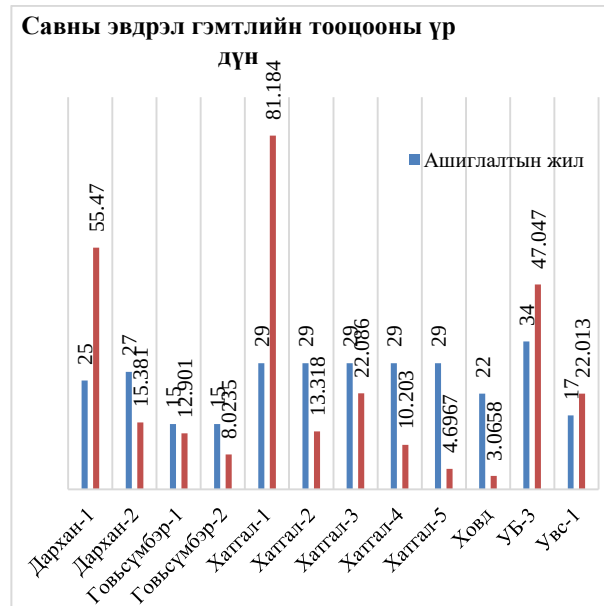
9-р зураг Нормаль хүчдэлийг тооцсон үр дүн



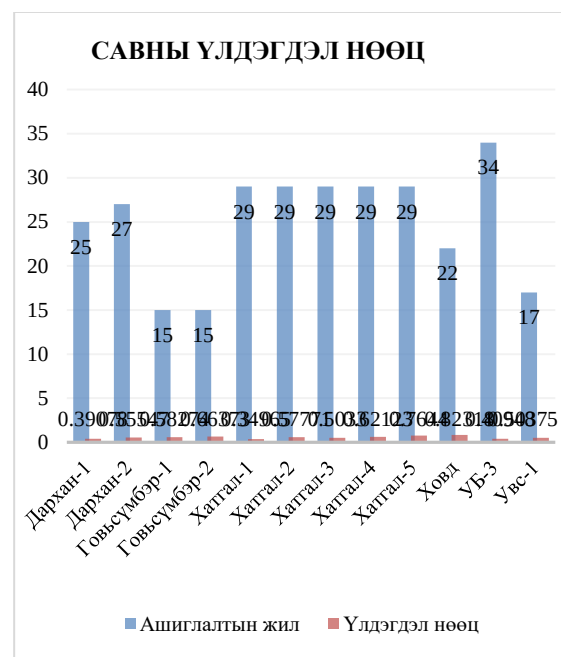
10-р зураг Савнуудын нормаль хүчдэлийг тооцсон үр дүн



11-р зураг Савнуудын ашиглалтын үлдэгдэл хугацааг тооцсон үр дүн



12-р зураг Савнуудын эвдрэл гэмтлийг тооцсон үр дүн



13-р зураг Савнуудын үлдэгдэл нөөцийг тооцсон үр дүн

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар 1000 м³-ын багтаамжтай газрын тосны бүтээгдэхүүн хадгалах нийт 12 босоо ган саванд тус бүрт хүчдэл, хэв гажилтаар савны ашиглалтын эхэнд ба ашиглалтын дараа 6 удаагийн, цуцалтаар 6 удаагийн тооцоог хийснээр нийт 144 удаагийн тооцоог явууллаа.

Сав бүрийн хувьд савны ёроол, 1-6-р бүслүүр, дэвэр тус бүрийг SOLIDWORKS программ дээр савны материалын буюу гангийн маркаар механик шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг өгч савны

техникийн үзүүлэлтүүдээр хатуу биетийн загварыг гарган ANSYS программаар хүчдэл хэв гажилт болон цуцалтын тооцоог хийж гарсан үр дүнгүүдийг нэгтгэн харууллаа. Савнуудад нийтлэг илэрсэн гэмтэл согогуудаас харахад савны ёроол хэсэгт зэврэлтийн элэгдэл эрчимтэй явагдсан. Судалгаанд хамрагдсан нийт савны нэгдүгээр бүслүүр буюу хамгийн доод бүслүүр мөн хамгийн дээд бүслүүр ба дээвэрт зэврэлт илүү ихээр ажиглагдлаа. Ялангуяа нэгдүгээр бүслүүр болон ёроолын хэсгийн залгаасан дээр язралт ихээхэн илэрсэн. Энэ нь зэврэлтээс нөлөөлсөн боловч механик талаас нь авч үзвэл энэ залгаас хэсэгт савны хана, дээвэр, хадгалж байгаа бүтээгдэхүүний ачаалалд ихээхэн ордогтой холбоотой. Савны хананы зузаан хэсэгчлэн буурч нимгэрч байгаа нь согог үүссэн хэсэгт хүчдэл хэв гажилтын байдалд орж хүчдэл төвлөрлийг нэмэгдүүлдэг. 27 жил ашиглагдсан Дархан-2 савны үлдэгдэл нөөц 7,42 жил байгаа нь түүнээс бага жил буюу 25 жил ашиглагдсан Дархан-1 савны үлдэгдэл нөөц 2,06 жил байгаатай харьцуулан үзэхэд Дархан-1 савны эвдрэл гэмтлийн хэмжээ 55.47×10^3 , харин Дархан 2 савных 15.381×10^3 байгаа нь 3,6 дахин их байгаагаас болж байна. Мөн нийт хэв гажилтын хэмжээ Дархан-1 савных $31,787 \text{ МПа}$ байгаа нь Дархан-2 савныхаас $2,085 \text{ МПа}$ -аар илүү байгаа нь харагдаж байна. Мөн ижил нөхцөлд 29 жил ашиглагдсан Хатгалын 1-5-р савны ашиглалтын байдлыг харьцуулан үзэхэд нийт хэв гажилт хамгийн их буюу 30,449 м, эвдрэл хамгийн их буюу $81,184 \times 10^3$ байгаа нь нөлөөлж ашиглалтын хамгийн бага нөөцийн утга 0,34965 гэсэн утга авснаар эдгээр 5 савны хамгийн бага ашиглалтын үлдэгдэл хугацаатай байгаа сав бол Хатгал-1 сав 1,41 жил гэсэн ашиглалтын үлдэгдэл нөөцийн утгыг авсан нь харагдаж байна.

Босоо саванд үзүүлэх хүчдэлүүдийг тооцоолж шингэн ба хатуу биеийн төлөв байдлыг ашиглалтын явцад хэрхэн өөрчлөгддөг болохыг төгсгөлөг элементийн тооцоогоор гарган авснаар илүү их цаг хугацаа, хүн хүч, материалын хэмнэлт хийж цаашид савыг ашиглах эсэх талаар шинжлэх ухаанчаар шийдвэр гаргах онол практикийн ач холбогдолтой ажил боллоо гэж үзэж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛЫН ЖАГСААЛТ

- [1] API 650 welded tanks for oil storage
- [2] AISC360 Specification for structural steel buildings
- [3] BS77771 Flat bottomed, vertical cylindrical storage tanks for low temperature service
- [4] ASME (sec VIII and III) Boiler and pressure cod
- [5] SOLIDWORKS программ
- [6] ANSYS программ

ГЕОДЕЗИЙН СОЛБИЦЛЫН ШИНЭ ЭРИНД ШИЛЖҮҮЛСЭН ТОМ МАСШТАБЫН БАЙР ЗҮЙН ЗУРГИЙН НАРИЙВЧЛАЛЫН ҮНЭЛГЭЭ

Ц.Дашзэвгэ¹, Д.Оюунцэцэг², Т.Балжинням³

¹ ШУТИС, ГУУС, Геодезийн салбарын докторант, Зөвлөх инженер

² ШУТИС, ГУУС, Геодезийн салбар, доктор (Ph.D), профессор

³ Хөдөө аж ахуйн их сургууль, доктор (Ph.D), дэд профессор

E-mail: ¹ ts.dashzevge@gmail.com, ² daoyunaa@must.edu.mn,

³ baljinniyam@must.edu.mn

Хураангуй - Монгол улсад 2014 оноос эхлэн геодезийн хэмжилт зураглалын ажилд ITRF2008 солбицлын тогтолцоо, 2005 эринд ашиглахаар шийдвэрлэсний үндсэн дээр геодезийн сүлжээний цэгүүдийн солбицол, байр зүйн зургийг 2005 эринд шилжүүлэх шаардлага гарсан. Энэхүү шийдвэрийн дагуу Монгол улсын бүх аймаг, сум, суурингийн төвийн 1:1000-ны масштабтай байр зүйн зургийг шинэчилж, ITRF2008 солбицлын тогтолцоо, 2005 эринд шилжүүлэх ажлыг 2014-2016 онд гүйцэтгэсэн байна. Шинэ эринд шилжүүлсэн байр зүйн зураг дээрх объектуудын байрлалын нарийвчлалыг үнэлэх судалгааны ажлыг 21 аймгийн төвийн 1:1000-ны масштабтай байр зүйн зурагт хийж гүйцэтгэн үнэлэлт дүгнэлт гаргав.

Түлхүүр үг - солбицлын эрин, БАСС, GNSS-ийн сүлжээ, ITRF2008

I. УДИРТГАЛ

Монгол улсад 1997 онд GPS-ийн технологи нэвтэрснээс хойш өнөөдрийг хүртэл улсын байрлалын сүлжээний зориулалтаар болон тусгайлсан ажлын геодезийн үндэслэлд зориулсан GNSS-ийн сүлжээний 20 орчим ажил хийгдэж, 1300 орчим цэгтэй сүлжээ байгуулсан байна. Эдгээр сүлжээний хэмжилт хугацааны хувьд өөр онуудад хийгдэж, цэгүүдийн солбицол нь хэмжилт хийсэн өдрийн болон тухайн үед олон улсад хэрэглэж байсан 1997, 2005 эринүүдэд тодорхойлогдсон байдаг.

GNSS-ийн сүлжээ байгуулахтай зэрэгцэн уг сүлжээний цэгүүдэд [1] тулгуурлан том дунд масштабын байр зүйн зураглал, дэвсгэр зураглалын хэмжилт, зургийн шинэчлэлийг гүйцэтгэж ирсэн нь ижил объектуудын өөр өөр эринд хийсэн зураг дээрх байрлалд зөрөө гарах шалтгаан болсон юм.

Энэхүү зөрөөг арилгаж, бүх аймаг, сумын төв суурингийн 1:1000-ны масштабтай байр зүйн зургийг шинэчлэн солбицлын шинэ эринд шилжүүлэх ажлыг Газрын харилцаа, геодези, зураг зүйн газраас 2013-2016 онд зохион байгуулсан байна.

Уг ажлын хүрээнд 1:1000-ны масштабтай байр зүйн зургийг шинээр зохиогоогүй харин урьд онуудад гүйцэтгэсэн зургийн өөрчлөлт, шинэчлэлийг хийсэн.

Солбицлын шинэ эринд шилжүүлсэн байр зүйн зургийн нарийвчлалын үнэлгээг аймгийн төвд байрлах Байнгын ажиллагаатай суурин станц (БАСС)-д тулгуурлан зураглалын сүлжээний цэгүүд болон объектын цэгүүдэд GNSS-ийн хүлээн авагч

ашиглан RTK горимоор хэмжилт хийж зөрөөг тодорхойллоо.

Судалгааны зорилго, зорилт:

Шинэ эринд шилжүүлсэн байр зүйн зураг дээрх объектуудын байрлалын нарийвчлалыг үнэлэх судалгааг 21 аймгийн төвийн 1:1000-ны масштабтай байр зүйн зурагт хийж гүйцэтгэн үнэлэлт дүгнэлт гаргав. Удаан эдэлгээтэй зэрэг давуу талуудтай байдаг.

Судалгааны арга зүй:

Хээрийн хэмжилтийн арга. Байнгын ажиллагаатай суурин станц (БАСС)-д тулгуурлан 1:1000-ны масштабтай байр зүйн зурагт дүрслэгдсэн объектуудад GNSS-ийн хүлээн авагч ашиглан RTK горимоор хэмжилт хийсэн.

Харьцуулалтын арга. Хэмжилтээр тодорхойлсон солбицлыг тоон байр зүйн зураг дээрх солбицолтой нь харьцуулан цэгүүдийн байрлалын зөрөөний хэмжээ, чиглэлийг AutoCAD программ ашиглан зургаар, EXCEL программ дээр аналитик байдлаар тодорхойлов.

Статистикийн тооцоолон бодох арга. Хээрийн хэмжилтийн үр дүн ба 1:1000-ны масштабтай газрын зураг дээр тогтоосон зурган хэмжилтийн үр дүнгийн харьцуулалтаар тухайн зургийн нарийвчлалын үнэлгээг хийв.

Судалгааны ажлын үр дүн:

1. Байр зүйн зургийн хяналтын хэмжилт

ITRF2008 тогтолцоо, 2005 эринд шилжүүлсэн байр зүйн зургийн нарийвчлалын үнэлгээ хийх хээрийн хяналтын хэмжилтийг ITRF2008 солбицлын тогтолцоо, 2005 эринд солбицол нь

тодорхойлогдсон [2] 21 аймгийн төвд байрлах Байнгын ажиллагаатай суурин станц (БАСС)-д тулгуурлан зураглалын сүлжээний цэгүүд болон зургийн талбайд жигд тархсан, байр зүйн зурагт дүрслэгдсэн, газар дээрээ хөдөлгөөнд ороогүй объектын цэгүүдэд GNSS-ийн хүлээн авагч ашиглан RTK горимоор хийсэн.

2. Хяналтын хэмжилтийн үр дүнг байр зүйн зурагт оруулж, объектын цэгүүдийн солбицлын зөрүүг тодорхойлох

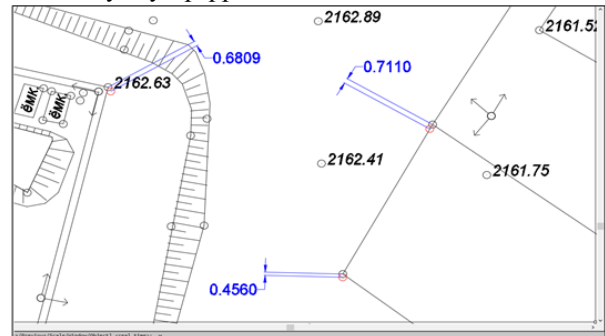
	ГР-0003 2180.86 0.1122		ГЦТ-6074 2149.57 0.1320
	ГЦТ-1028 2176.40 0.1134		ГЦТ-5187 2221.70 0.1051

1-р зураг. AutoCad программ дээр дүрслэгдсэн сүлжээний цэгийн солбицлын зөрүү

Аймгийн төвд байгуулсан 2005 эриний ITRF2008 солбицолтой [2] БАСС-уудаас урьд байгуулсан зураглалын сүлжээний цэгүүд болон 1:1000-ны масштабтай байр зүйн зурагт орсон объектуудад шалгалтын хэмжилтийг RTK горимоор хийж гарсан үр дүнг зурагт оруулан байрлалаар нь давхцуулж зөрүүг тодорхойлсон болно. Зураг дээр дүрслэгдсэн цэгүүдийг БАСС-д тулгуурлан хэмжсэн цэгтэй харьцуулан зай ба чиглэлийг EXCEL программ дээр аналитик байдлаар тус тус тодорхойлж, AutoCAD программ дээр зургаар үзүүлсэн.

Энэхүү зөрүүг тодорхойлох ажлыг аймаг тус бүрд гүйцэтгэсэн. Говь-Алтай аймгийн төвд хийсэн сүлжээний цэгийн харьцуулалтыг Зураг 1-д,

зураглалын цэгийн харьцуулалтыг Зураг 2-т жишээ болгон тус тус үзүүлэв.



2-р зураг. Зураглалын цэгийн солбицлын зөрүү

Зураг дээр улаан өнгөөр БАСС-д тулгуурлан хэмжсэн цэгийг, хар өнгөөр 2014-2016 онд гүйцэтгэсэн байр зүйн зургийн цэгийг тэмдэглэсэн болно. Дээрх жишээ зураг дээр геодезийн сүлжээний цэг нь БАСС-д тулгуурлан хэмжсэн цэгтэй харьцангуйгаар баруун тийш 10-13см шилжсэн байна. Харин байр зүйн зургийн объектуудын цэг нь баруун хойд, зүүн хойд, хойд чиглэлд 45-71см хэмжээтэй шилжсэн байна. Өөрөөр хэлбэл сүлжээний цэгүүд болон зураглалын цэгүүдийн шилжилт нь чиглэл болон хэмжээгээрээ харилцан адилгүй байгаа нь харагдаж байна.

БАСС-д тулгуурлан хийсэн хяналтын хэмжилтийн үр дүнг геодезийн сүлжээний цэг болон зураглалын цэгүүдтэй аймаг тус бүрээр харьцуулан зөрүүний статистикийг гаргав.

Говь-Алтай аймаг, Есөнбулаг сум

Говь-Алтай аймгийн Есөнбулаг суманд геодезийн зураглалын сүлжээний 7 цэг, зураглалын объектын 67 цэгт БАСС-д тулгуурласан хяналтын хэмжилт ба тэдгээрийн харьцуулалтыг Хүснэгт 1, Зураг 4-д, цэгийн статистикийг Хүснэгт 2-т тус тус үзүүлэв.

1-Р ХҮСНЭГТ. ГОВЬ-АЛТАЙ АЙМАГ, ХЯНАЛТЫН ХЭМЖИЛТИЙН ХАРЬЦУУЛАЛТ

А. Геодезийн сүлжээний цэгүүд

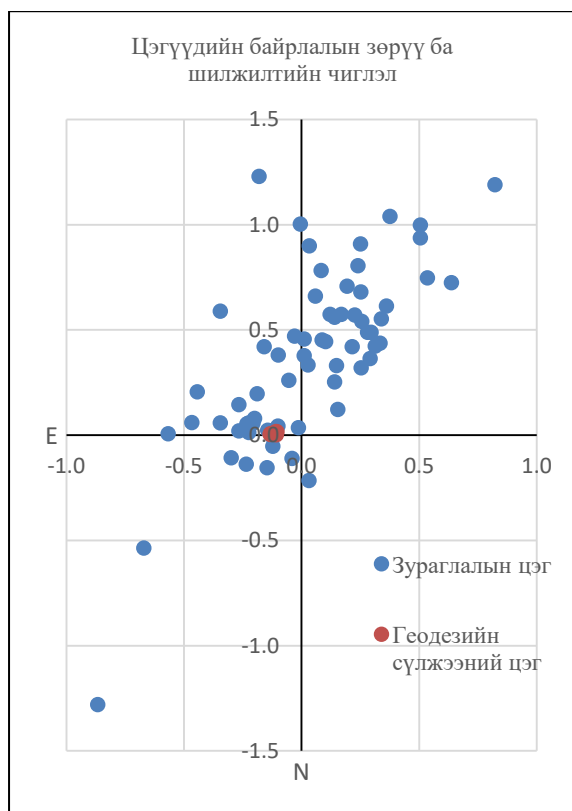
№	Ner	E_Topo	N_Topo	E_CORC	N_CORC	dE	dN	Азимут (°)	Зай (м)
1	ГЦТ-6074	289881.158	5139760.543	289881.29	5139760.541	-0.132	0.002	271	0.132
2	ГЦТ-1029	290086.362	5139004.983	290086.494	5139004.978	-0.132	0.005	272	0.132
3	ГЦТ-5187	287504.475	5137015.702	287504.579	5137015.687	-0.104	0.015	278	0.105
4	ГЦТ-1072	287238.412	5138003.726	287238.52	5138003.71	-0.108	0.016	278	0.109
5	ГЦТ-1064	287449.958	5140116.234	287450.064	5140116.233	-0.106	0.001	271	0.106
6	ГЦТ-1028	288254.488	5138879.817	288254.601	5138879.807	-0.113	0.010	275	0.113
7	Гр-0003	287436.748	5139644.338	287436.86	5139644.329	-0.112	0.009	275	0.112

Б. Байр зүйн зургийн цэгүүд

1	1	289013.921	5138668.5103	289013.544	5138667.472	0.377	1.038	20	1.105
2	2	289015.119	5138668.9859	289014.613	5138667.989	0.506	0.997	27	1.118
3	3	289018.196	5138668.0350	289017.69	5138667.099	0.506	0.936	28	1.064
4	4	289236.836	5138156.0640	289237.18	5138155.476	-0.344	0.588	330	0.681

5	5	289278.558	5138150.7738	289278.196	5138150.162	0.362	0.612	31	0.711
6	6	289267.020	5138129.6048	289267.008	5138129.149	0.012	0.456	2	0.456
7	7	288981.757	5138213.8860	288981.937	5138212.657	-0.180	1.229	352	1.242
8	8	288982.223	5138229.6598	288982.189	5138228.761	0.034	0.899	2	0.899
9	9	288930.061	5138195.4254	288930.065	5138194.423	-0.004	1.002	360	1.002
10	10	288373.087	5137714.5636	288372.747	5137714.012	0.340	0.552	32	0.648
11	11	288350.563	5137696.9102	288350.413	5137696.581	0.150	0.329	24	0.362
12	12	288330.585	5137681.0154	288330.292	5137680.653	0.293	0.362	39	0.466
13	13	288336.724	5137650.1734	288335.901	5137648.984	0.823	1.189	35	1.446
14	14	288295.945	5137616.6833	288295.648	5137616.196	0.297	0.487	31	0.571
15	15	287872.290	5138216.9376	287872.063	5138216.368	0.227	0.570	22	0.613
16	16	287876.224	5138219.4169	287876.12	5138218.974	0.104	0.443	13	0.455
17	17	287893.320	5138195.3066	287893.478	5138194.888	-0.158	0.419	339	0.447
18	18	287915.968	5138212.6012	287915.686	5138212.114	0.282	0.487	30	0.563
19	19	287933.437	5138226.3861	287932.799	5138225.662	0.638	0.724	41	0.965
20	20	287949.188	5138238.5608	287948.853	5138238.125	0.335	0.436	38	0.550
21	21	287950.798	5138274.1582	287950.656	5138273.599	0.142	0.559	14	0.577
22	22	287663.097	5139629.429	287663.085	5139629.053	0.012	0.376	2	0.376
23	23	287660.155	5139632.931	287660.013	5139632.679	0.142	0.252	29	0.289
24	24	287658.077	5139665.778	287657.762	5139665.356	0.315	0.422	37	0.527
25	25	287659.454	5139668.712	287659.199	5139668.393	0.255	0.319	39	0.408
26	26	287662.426	5139667.500	287662.209	5139667.081	0.217	0.419	27	0.472
27	27	287700.365	5139657.362	287700.276	5139656.911	0.089	0.451	11	0.460
28	28	287800.734	5139792.784	287800.198	5139792.038	0.536	0.746	36	0.919
29	29	287847.060	5139823.958	287847.032	5139823.626	0.028	0.332	5	0.333
30	30	287874.275	5139837.548	287875.141	5139838.829	-0.866	-1.281	214	1.546
31	31	289068.558	5139978.718	289068.586	5139978.249	-0.028	0.469	357	0.470
32	32	289098.519	5140010.789	289098.262	5140010.25	0.257	0.539	25	0.597
33	33	289431.853	5139379.651	289431.769	5139378.869	0.084	0.782	6	0.786
34	34	289415.574	5139368.845	289415.322	5139367.938	0.252	0.907	16	0.941
35	35	289400.782	5139362.810	289400.612	5139362.237	0.170	0.573	17	0.598
36	36	288779.107	5139136.699	288779.047	5139136.039	0.060	0.660	5	0.663
37	37	288779.862	5139134.802	288779.667	5139134.096	0.195	0.706	15	0.732
38	38	288760.409	5139041.694	288760.156	5139041.014	0.253	0.680	20	0.726
39	39	288761.722	5139037.857	288761.481	5139037.053	0.241	0.804	17	0.839
40	40	288737.176	5139044.049	288737.053	5139043.476	0.123	0.573	12	0.586
41	41	287631.177	5139687.014	287631.298	5139687.067	-0.121	-0.053	246	0.132
42	42	287637.434	5139688.171	287637.732	5139688.28	-0.298	-0.109	250	0.317
43	43	287638.577	5139681.801	287638.921	5139681.744	-0.344	0.057	279	0.349
44	44	287659.454	5139668.712	287659.6	5139668.868	-0.146	-0.156	223	0.214
45	45	287662.426	5139667.500	287662.549	5139667.508	-0.123	-0.008	266	0.123
46	46	287658.077	5139665.778	287658.089	5139665.743	-0.012	0.035	341	0.037
47	47	287660.155	5139632.931	287660.387	5139632.879	-0.232	0.052	283	0.238
48	48	287663.097	5139629.429	287663.32	5139629.417	-0.223	0.012	273	0.223

49	49	289596.943	5139355.216	289597.409	5139355.157	-0.466	0.059	277	0.470
50	50	289584.809	5139350.779	289585.251	5139350.574	-0.442	0.205	295	0.487
51	51	289577.378	5139332.109	289577.601	5139332.052	-0.223	0.057	284	0.230
52	52	289571.294	5139329.513	289571.437	5139329.491	-0.143	0.022	279	0.145
53	53	288437.924	5137767.390	288438.158	5137767.529	-0.234	-0.139	239	0.272
54	54	288431.392	5137762.158	288431.491	5137762.116	-0.099	0.042	293	0.108
55	55	288416.370	5137748.884	288416.635	5137748.74	-0.265	0.144	299	0.302
56	56	288412.809	5137745.535	288412.776	5137745.752	0.033	-0.217	171	0.219
57	57	287872.290	5138216.937	287872.478	5138216.742	-0.188	0.195	316	0.271
58	58	287876.224	5138219.416	287876.423	5138219.338	-0.199	0.078	291	0.214
59	59	287893.320	5138195.306	287893.886	5138195.301	-0.566	0.005	271	0.566
60	60	287890.424	5138192.464	287890.463	5138192.575	-0.039	-0.111	199	0.118
61	61	287886.412	5138189.758	287887.081	5138190.296	-0.669	-0.538	231	0.858
62	62	288475.191	5138646.646	288475.456	5138646.626	-0.265	0.020	274	0.266
63	63	288464.235	5138648.515	288464.08	5138648.394	0.155	0.121	52	0.197
64	64	288466.118	5138653.874	288466.235	5138653.85	-0.117	0.024	282	0.119
65	65	289003.102	5138727.962	289003.2	5138727.583	-0.098	0.379	346	0.391
66	66	289001.085	5138732.585	289001.138	5138732.326	-0.053	0.259	348	0.264
67	67	289001.302	5138739.127	289001.507	5138739.071	-0.205	0.056	285	0.213



3-р зураг. Говь-Алтай, цэгүүдийн зөрүүний хэмжээ ба шилжилтийн чиглэл

2-Р ХҮСНЭГТ. ГОВЬ-АЛТАЙ АЙМГИЙН ЦЭГИЙН СТАТИСТИК

Зөрүүний хүрээ /см/	Цэгийн тоо	Эзлэх хувь /%/
0-20	8	12%
20-40	19	28%
40-60	19	28%
60-80	8	12%
80-100	6	9%
100<	7	10%
Нийт	67	100%

Хэмжсэн 67 цэгээр Говь-Алтай аймгийн төв Есөнбулаг сумын төвийн 1:1000-ны масштабтай байр зүйн зургийг төлөөлүүлэн авч, байрлалын алдааг үнэлсэн. Зураг 3 болон Хүснэгт 2-оос харахад нийт хэмжсэн цэгүүдийн 80% нь баруун, баруун хойд, хойд, зүүн хойд чиглэлд шилжсэн бол зөвхөн 20% нь бусад чиглэлд шилжсэн, 8 цэг буюу 12% нь 20см-ээс бага зөрүүтэй, 88% нь 20 см-ээс их зөрүүтэй байна. Зураглалын геодезийн сүлжээний 7 цэгийн шилжилт нь жигд буюу 10-13см хэмжээтэй, бүгд баруун тийш (271-278 градус) шилжсэн байна.

Судалгааны ажлын хүрээнд байр зүйн зургийн нарийвчлалын үнэлгээ хийх хээрийн хяналтын хэмжилт, харьцуулалтыг 21 аймгийн төвд гүйцэтгэв. Аймгийн төвүүдийн 1:1000-ны масштабтай байр зүйн зургийн байрлалын хяналтын хэмжилт хийсэн зөрөөний статистик үзүүлэлтийг нэгтгэн Хүснэгт 3-т үзүүлэв.

3-Р ХҮСНЭГТ. ЗУРАГЛАЛЫН ХЯНАЛТЫН ЦЭГҮҮДИЙН НЭГТГЭСЭН СТАТИСТИК

№	Нэр	Цэгий н тоо	0-20	%	20-40	%	40-50	%	50-60	%	60-80	%	80-100	%	>100	%
1	Говь-Алтай	67	8	12	19	28	10	15	9	13	8	12	6	9	7	10
2	Хэнтий	19	11	58	2	11	1	5	2	11	1	5	2	11	0	0
3	Өмнөговь	30	15	50	12	40	1	3	0	0	0	0	1	3	1	3
4	Дорнод	26	10	38	14	54	1	4	0	0	1	4	0	0	0	0
5	Өвөрхангай	152	93	61	39	26	9	6	6	4	5	3	0	0	0	0
6	Орхон	89	32	36	25	28	5	6	7	8	4	4	4	4	12	13
7	Сэлэнгэ	100	6	6	27	27	15	15	12	12	8	8	6	6	26	26
8	Архангай	108	72	67	32	30	1	1	2	2	1	1	0	0	0	0
9	Дорноговь	35	26	74	7	20	0	0	1	3	1	3	0	0	0	0
10	Говьсүмбэр	100	47	47	44	44	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
11	Булган	150	133	89	14	9	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
12	Баян-Өлгий	70	43	61	17	24	2	3	0	0	5	7	1	1	2	3
13	Баянхонгор	46	0	0	0	0	2	4	3	7	22	48	15	33	4	9
14	Увс	54	34	63	13	24	1	2	1	2	1	2	1	2	0	0
15	Дундговь	14	13	93	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Төв	29	1	3	12	41	8	28	5	17	2	7	1	3	0	0
17	Дархан-Уул	72	20	28	19	26	8	11	7	10	6	8	4	6	8	11
18	Хөвсгөл	17	41	7	41	2	1	6	1	6	0	0	0	0	1	6
19	Завхан	8	4	50	2	25	2	25	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Ховд	33	1	3	3	9	0	0	0	0	10	30	14	42	5	15
21	Сүхбаатар	40	18	45	17	43	2	5	3	8	0	0	0	0	0	0
	Нийт	1259	628	42.4	360	24.7	70	6.7	62	5.0	77	6.9	57	5.8	68	4.7

Судалгааны хүрээнд 21 аймгийн төвийн 1:1000-ны масштабтай байр зүйн зурагт хяналт хийх зорилгоор нийт 1200 орчим объектын цэгт БАСС-д тулгуурлан хэмжилт хийж, солбицлуудыг тэдгээрийн харгалзах зураг дээрх солбицлуудтай харьцуулж зөрөөг тодорхойллоо. Судалгаанд хамрагдсан нийт цэгийн 44% (610 цэг) нь 0-20 см, 24.5% (410 цэг) нь 20-50см бусад хэсэг нь 40 см-ээс дээш зөрүүтэй байна. Өөрөөр хэлбэл 76.1 % хувь нь 50 см хүртэл зөрүүтэй (алдаатай) байна.

Алдааны статистик онолоор хэвийн тархалттай үед 1σ (1σ) буюу дундаж квадрат алдаа (зарим улсад RMSE гэж нэрлэдэг) нийт хэмжилтийн 68%, 2σ нь 95%, 3σ нь 99% болдог. 2σ буюу 95% үнэмшлийн зэргийг нарийвчлал гэж үздэг.

Гадаад улсуудад мөрдөж байгаа 1:1000-ны масштабын байр зүйн зургийн нарийвчлалын стандарт/шаардлага нь байрлалын хувьд 42-70см хэмжээнд байна. Монгол улсын хувьд “1:500,

1:1000, 1:2000, 1:5000-ны масштабтай байр зүйн дэвсгэр зураглалын ажил” БД 11-106-08-д зааснаар зургийн масштабын 0.5 мм буюу 1:1000 масштабын зурагт энэ хэмжээ нь 50 см болж байна [3].

21 аймгийн төвийн 1:1000-ны масштабтай байр зүйн зургийн байрлалын алдааны хэмжээг нэгтгэн дүгнэвэл 76.1% нь 50см-ээс бага (68%-иас багагүй хувь нь 50 см-ээс бага байх) байна.

ДҮГНЭЛТ

Судалгааны ажлын үр дүнд дараах дүгнэлтийг хийж байна. Үүнд:

1. Зураглалын геодезийн сүлжээний цэгүүд болон зургийн объектын цэгүүдийн шилжилт, чиглэл нь хоорондоо адилгүй буюу зураглалын ажил үндэслэлийн цэгтэйгээ харьцангуй жигд биш алдаатай болсон гэж үзэхээр байна. Өөрөөр хэлбэл байр зүйн зурагт хөрвүүлэлт хийж, түүний байрлалын алдааг багасгах боломжгүй байна.

2. Зураглалын сүлжээний цэгүүдийн байрлалын алдаа зургийн объектын цэгүүдийн алдаанаас ихгүй байгаа хэдий ч аймаг тус бүрт хэмжээ, чиглэлээрээ харилцан адилгүй байгаа нь сүлжээний цэгүүдийн солбицлуудыг солбицлын эринг харгалзан дахин нягтлах шаардлагатай байгааг харуулж байна.

3. Зургийн объектын цэгүүдийн байрлалын алдааны хэмжээ нь зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс их байгаа аймагт зураглалыг бүхэлд нь БАСС-д тулгуурлан шинээр хийх нь зүйтэй юм гэж үзэж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Гравиметрийн сүлжээний цэгүүд дээр байгуулсан GNSS-ийн сүлжээний тэгшитгэн бодолтын тайлан, үр дүн. 2014 он.
- [2] “GNSS-ийн байнгын ажиллагаатай станцын сүлжээнд тулгуурлан статик хэмжилтийн тэгшитгэн бодолт хийх онлайн боловсруулалтын системийг байгуулах” зөвлөх үйлчилгээний тайлан, ГЗБГЗЗГ 2019 он.
- [3] “1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000-ны масштабтай байр зүйн дэвсгэр зураглалын ажил” БД 11-106-08.
- [4] Говь-Алтай аймгийн төвийн 1:1000-ны масштабтай байр зүйн зургуудын файл. Ажлын тайлан.

ЭРДЭНЭТИЙН ГОЛЫН АЙ САВЫН ГИДРОГЕОХИМИЙН СУДАЛГАА

А.Бадамгарав¹, Б.Наранчимэг²

¹ШУТИС, ГУУС, Геологи, гидрогеологийн салбарын магистрант,

²ШУТИС, ГУУС, Геологи, гидрогеологийн салбар, доктор (Ph.D)

E-mail: ¹ altangerelbadamgarav1101@gmail.com

Хураангуй - Эрдэнэтийн гол ай сав нь Орхон аймгийн Баян-Өндөр сумын нутагт байрладаг. Энэхүү судалгаагаар Эрдэнэтийн голын ай савын газар доорх усны чанар, найрлага, ус чулуулгийн харилцан үйлчлэлийг судлах зорилготой. 2019-2021 оны хооронд газар доорх ус 14, булгийн ус 9 болон гадаргын уснаас 7 нийт 30 усны сорьц аван ШУА-ийн Газарзүй, Геоэкологийн хүрээлэнд химийн хураангуй шинжилгээ, SGS лабораторид хүнд элементийн шинжилгээг хийлгэсэн. Судалгааны талбайн газар доорх болон гадаргын усны химийн найрлага нь $[Ca+Mg]-[HCO_3+SO_4]$ найрлагатай ус зонхилон тархсан байна. Харин Баян-Өндөр уулын баруун болон зүүн энгэрт байрлах булгийн усны нь $[Ca+Mg]-SO_4$ найрлагатай, Mn, Fe, Mo гэх хүнд металлын агууламж өндөр буюу ундны стандарт давсан ба байгалийн гаралтай бохирдол байж болох талтай. Мөн Эрдэнэт хотын 6-р бичил хороололд байрлах ундны эх үүсвэр болох эрүүл ахуйн бүсийн өрөмдмөл худгийн усанд NO_3 агууламж стандарт даваагүй ч өндөр үзүүлэлттэй байгаа нь хүний үйл ажиллагаанаас хамаарч бохирдолд өртөх магадлал өндөр байна. Иймд судалгааны талбайд байгалийн болон хүний хүчин зүйлийн гаралтай бохирдол тус тус илэрч байгаа усны нөөцийн менежментийг системтэйгээр хэрэгжүүлэх зайлшгүй шаардлага гарч байна.

Түлхүүр үг - усны эрдэсжилт, усны төрөл, нитрат, хүнд метал

УДИРТГАЛ

Аж үйлдвэржүүлэлтийг дагалдан Монгол оронд хотжилт, хүн амын өсөлт, бөөгнөрөл, байгалийн баялгийн ашиглалт, дэд бүтцийн хөгжил, бохирдол, хүмүүсийн хэрэглээ, сэтгэл зүйн өөрчлөлт зэрэг орно. Хот суурингийн бөөгнөрөл аж үйлдвэржилтээ даган Орхон-Туул голуудын ай савд төвлөрсөн хүн амын төвлөрөл үүсжээ [2].

Хотын бөөгнөрөл идэвхтэй үед байгаль орчны бүх бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд антропоген нөлөө үзүүлдэг. Хот суурин газар эрчимжсэн техноген төвлөрсөн төвүүдэд агаар мандал, хур тунадас, гадаргын болон газар доорх ус, хөрс, чулуулгийн нөхцөл байдал өөрчлөлтөнд ордог. Ихэвчлэн барилга болон үйлдвэрлэлийн байгууламжууд нь мэдэгдэхүйц сөрөг үр дагаварт хүргэж, экологийн үйл ажиллагаа, нутаг дэвсгэрийн аюулгүй байдлыг алдагдуулдаг. Геологи орчны хамгийн өртөмтгий динамик бүрэлдэхүүн хэсэг нь газар доорх ус юм. Хот суурин газарт эрчимтэй газар доорх усны бохирдол үүсдэг [9].

Эрдэнэт хотын хүрээлэн буй орчны мониторингийн судалгаанд гадаргын болон газар доорх усны чанарын төлөв байдлыг тодорхойлоход аммони (NH_4), нитрат (NO_3), фосфор (P), фтор (F), болон усны орчин (pH) зэрэг үзүүлэлтүүд усны орчны стандарт (MNS 4586:1998) болон ундны усны стандарт зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс (MNS 0900:2005) хэтэрсэн мөн гадаргын ус нь байгалийн суурь түвшингээс хэтэрсэн тохиолдол нэлээд ажиглагдсан [6].

Орхон аймгийн төв, суурин газрын ундны усны чанарын судалгаанд 32 өрөмдмөл худаг хамрагдсанаас ундны усны чанарын шаардлага

хангахгүй байгаа 5 худагт усны хатуулаг, магнийн ион, булингаршилт, зэрэг үзүүлэлтүүд ундны усны стандартаас давсан үзүүлэлттэй худгуудаас 2000 орчим хүн ам усаар хангагдаж байжээ [4].

Эрдэнэт голын урт нь 17.6 км, ус хурах талбай нь 170 км². Эрдэнэт голын баруун гар талаас цутгал гол байхгүй, харин зүүн гар талаас нь Говил, Цагаан Чулуут гэсэн 2 гол (горхи) цутгадаг. Эрдэнэт гол нь Уртын булгаас Уртын булаг нь эх орчимдоо тун бага 0.2-0.3 л/с ус урсаж хөрсөнд шурган газрын доорхи усны хөлийн бүс болж буй Дунд гүүрийн орчмоос гадаргын урсац үүсэж, түүнээс доош газрын доорх устай гидравлик холбоотой болдог байна [3].

Судалгааны талбайн газар доорх усны чанар, найрлага өнөөгийн байдлаар ямар түвшинд байгаа, илэрч буй өөрчлөлтүүд нь хүний үйл ажиллагаа, гадаад орчны бохирдолтой холбоотой эсэхэд дүгнэлт өгөх зорилготой.

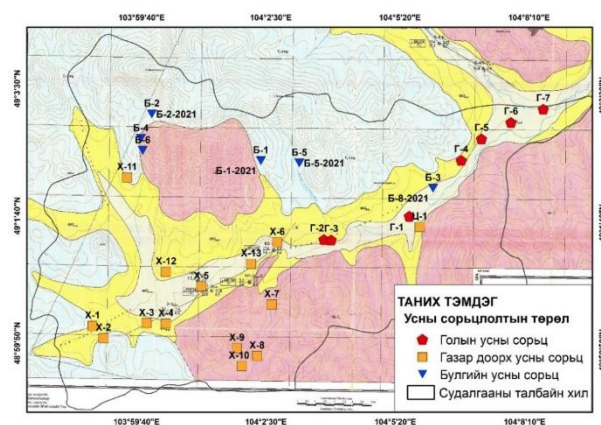
Энэхүү өгүүлэлдээ Эрдэнэтийн голын ай савын газар доорх усны чанарын талаар 2019-с 2021 оны судалгааны дүнг үндэслэн өгүүлэх болно.

СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Хээрийн судалгаагаар уст цэгийн байршил тодорхойлж, орчны бичиглэл хийж фото зураг авч, уст цэгээс газар доорх усны сорьцолт авав. 2019 оны 08 сард 3 усны сорьц (булгийн ус-1, цооног- 1), 2020 оны 01 сард 13 усны сорьц (өрөмдмөл худаг-10, булгийн ус-2, голын ус-1), 2020 оны 06 сард 10 усны сорьц (өрөмдмөл худаг-3, голын ус-6, булгийн ус-1), 2021 оны 06 сард 5 усны сорьц (булгийн ус-5) нийт 30 усны сорьц авсан. Сонгосон уст цэгүүдэд усны температур, pH, цахилгаан дамжуулах

чадварыг (Hanna instruments HI98130 маркийн багажаар) тодорхойлсон (2-р зураг).

ШУА-ийн Газарзүй, Геоэкологийн хүрээлэнгийн Усны шинжилгээний лабораторид химийн хураангуй шинжилгээ, SGS лабораторид хүнд элементийн шинжилгээг хийлгэсэн. Усны химийн шинжилгээний боловсруулалтыг Grapher программ хангамжийг ашиглан Пайпер (Piper diagram) болон Стифф (Stiff diagram) диаграммыг байгуулсан. SPSS statistics программыг ашиглан гидрогеохимийн боловсруулалтыг тодорхойлсон. ArcGIS ашиглан зургийн боловсруулсан.



1-р зураг. Судалгаанд хамрагдсан уст цэгүүдийн байршил (Б-булаг, Ц-цооног, Х-өрөмдмөл худаг, Г-гадаргын ус)

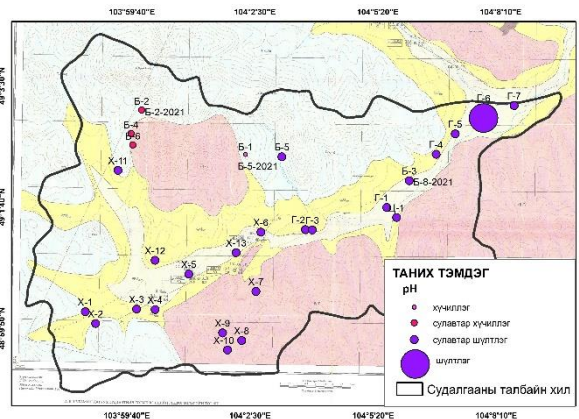
ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

1-Р ХҮСНЭГТ. ГАЗАР ДООРХ УСАНД АГУУЛАГДАХ
МАКРО ИОНУУД БОЛОН ЗАРИМ ПАРАМЕТРУУДИЙН
СТАТИСТИК ҮЗҮҮЛЭЛТ

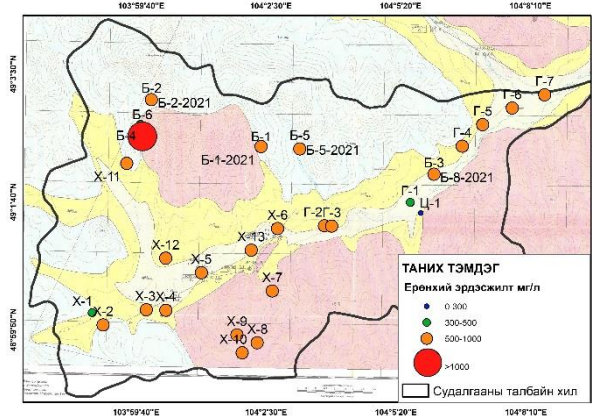
Параметрууд	Хамгийн бага утга	Хамгийн их утга	Дундаж утга	Стандарт хазайлт
Эрдэсжилт мг/л	265.3	1053.2	616.5	184.5
pH	3.3	8.4	7.7	1.3
Cl (мг/л)	1.8	184.6	12.4	32.4
SO4 (мг/л)	8.5	591	162	159.3
NO3 (мг/л)	0	25	2	7.7
HCO3 (мг/л)	0	683.2	242.5	130.2
Na+K (мг/л)	4.3	94.8	29.7	23.1
Ca (мг/л)	25.1	183.4	81.7	42.3
Mg (мг/л)	9.1	70.5	38.9	15.5

Судалгааны талбайн гидрохимийн статистик үзүүлэлтээс харвал газар доорх усны pH-ны хувьд 7.5-с 8, булгийн усанд 3.31-с 7.6, гадаргын усанд 7.5-с 8.4 хооронд тус тус хэлбэлзэх нь хүчиллэгээс шүлтлэг орчинд байх ба булгийн усны дээжлэлтүүдийн (Б-1, Б-2, Б-1-2021, Б-2-2021, Б-6) pH=3.31-с 6.2 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь ундны усны стандартын жишиг үзүүлэлтэд заасан хүлцэх агууламжаас хэтэрсэн байна (2-р зураг). Газар доорх усны ерөнхий эрдэсжилт нь 342.2-с 780.1 мг/л, булгийн усны эрдэсжилт нь 515.1-с 1053.2 мг/л хэлбэлзэх нь газар доорх усны эрдэсжилтийн ангиллаар цэнгэг уснаас сул давсархаг усанд хамаарч байна. Гадаргын усны эрдэсжилт нь 265.3-с

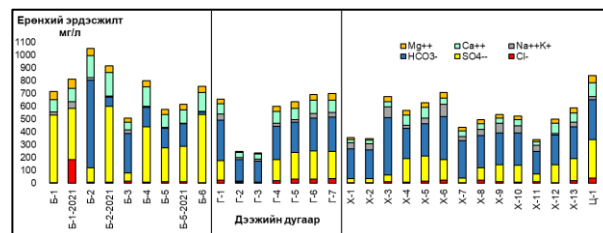
726.8 мг/л хэлбэлзэх нь цэнгэг буюу дунд зэргийн эрдэсжилттэйгээс цэнгэгдүү буюу харьцангуй ихэвтэр эрдэсжилттэй усанд хамаарах ба стандартын жишиг үзүүлэлтэд заасан хүлцэх агууламжаас хэтрээгүй байна (3-р зураг). Газар доорх усны ерөнхий хатуулаг нь 2.55-с 10.2 мг-экв/л, булгийн усанд 5.8-с 13.5 мг-экв/л хооронд хэлбэлзэх нь газар доорх усны хатуулгийн зэргээр зөөлнөөс хэт хатуу усанд хамаарах ба усны стандартын жишиг үзүүлэлтэд заасан хүлцэх агууламжаас хэтэрсэн байна. Гадаргын усны ерөнхий хатуулаг нь 2.8-с 9 мг-экв/л хооронд хэлбэлзэх нь О.А.Алекины ангиллаар зөөлнөөс хатуу усанд хамаарах ба стандартын жишиг үзүүлэлтэд заасан хүлцэх агууламжаас хэтэрсэн байна. (1-р хүснэгт)



2-р зураг. Усанд дахь pH-ийн агууламж

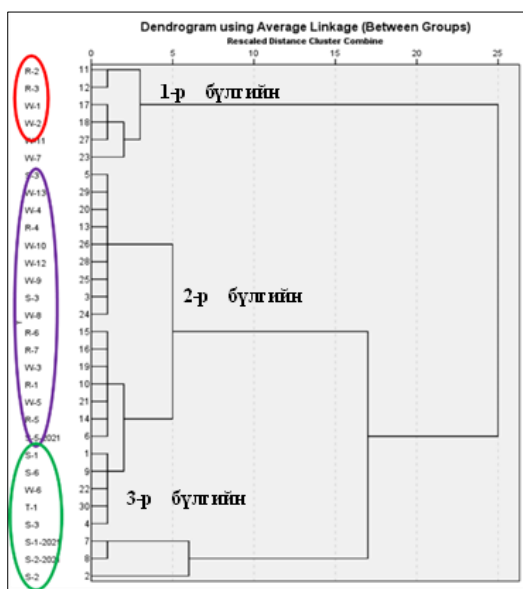


3-р зураг. Усанд дахь ерөнхий эрдэсжилт



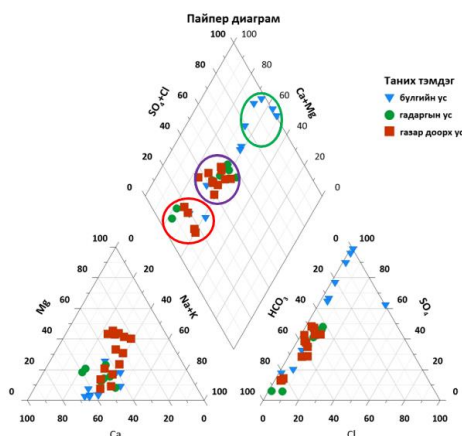
4-р зураг. Гадаргын болон газар доорх усны гол ионуудын агууламж

Катионы ионоос Ca^{2+} ион давамгайлж байгаа ба газар доорх усанд 25.1-с 108 мг/л, булгийн усанд 58.1-с 183.4 мг/л, гадаргын усанд 40.1-с 104.2 мг/л. $\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$ ионы хувьд газар доорх усанд 12.4-с 94.8 мг/л, булгийн усанд 4.3-с 52.9 мг/л, гадаргын усанд 14.5-с 48.4 мг/л. Mg^{2+} ионы хувьд газар доорх усанд 13.4-с 58.4 мг/л, булгийн усанд 33.4-с 70.5 мг/л, гадаргын усанд 9.1-с 53.5 мг/л хооронд хэлбэлзэж байна. Анионы ионоос HCO_3^{-} ион давамгайлж байгаа ба газар доорх усанд 176.9-с 445.3 мг/л, булгийн усанд 0-с 683.2 мг/л, гадаргын усанд 161.7-с 314.2 мг/л. SO_4^{2-} ионы хувьд газар доорх усанд 30-с 299 мг/л, булгийн усанд 65-с 591 мг/л, гадаргын усанд 8.5-с 220 мг/л. Cl^{-} ионы хувьд газар доорх усанд 5.3-с 43 мг/л, булгийн усанд 7.1-с 184.6 мг/л, гадаргын усанд 1.8-с 35.5 мг/л хооронд тус тус хэлбэлзэж байна (4-р зураг).



5-р зураг. Дендрогамм усны бүлгүүдийн хамаарал

Кластер анализаар нийт усны сорьц 3 бүлэг хуваагдсан дендрогаммыг зураг 8 үзүүлэв. Кластер анализаар нийт усны сорьц 24 % хувь бүлэг 1-т хуваагдах ба бүлэг 2-т нийт сорьцын 53 %, бүлэг 3-т үлдсэн 23 % нь хуваагдсан байна. (5-р зураг)



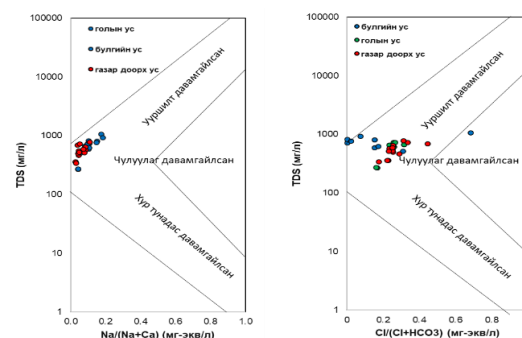
6-р зураг. Пайпер диаграмм газар доорх ус болон гадаргын усны химийн найрлага, төрөл [15]

Бүлэг 2 ус нь нийт усны 53 % нь $[\text{Ca}+\text{Mg}]-[\text{HCO}_3+\text{SO}_4]$, О.А.Алекины ангиллаар 2-р төрлийн ус. 1-р бүлгийн усны өрөмдмөл худгууд нь гүн 80м орчим ба ан цавын усжсан давхаргатай байх ба нийт усны 23.3 % $\text{Ca}-\text{HCO}_3$, О.А.Алекины ангиллаар 1-с 2-р төрлийн ус. 3-р бүлгийн усанд булгийн уснууд хамрагдах ба $[\text{Ca}+\text{Mg}]-\text{SO}_4$ төрлийн ус зонхилно (6-р зураг).

2-Р ХҮСНЭГТ. УСНЫ ХИМИЙН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ
КОРРЕЛЯЦИЙН КОЭФФИЦИЕНТ [17]

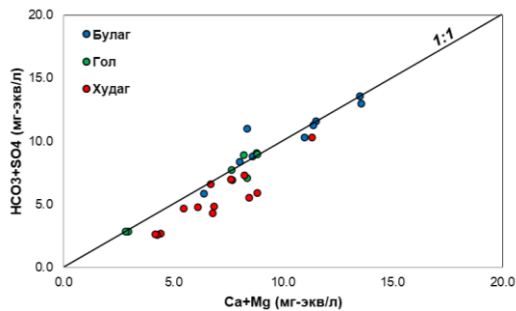
	TDS	pH	EC	Cl-	SO42-	NO3-	HCO3-	K+	Na+	Ca2+	Mg2+
TDS	1	-0.483	0.93	0.301	0.673	-0.289	0.186	0.523	0.151	0.839	0.877
pH		1	-0.615	-0.459	-0.658	0.314	0.404	-0.402	0.211	-0.475	-0.599
EC			1	0.465	0.807	-0.375	-0.106	0.483	0.173	0.788	0.928
Cl-				1	0.248	-0.146	-0.250	0.198	0.121	0.119	0.501
SO42-					1	-0.359	-0.568	0.566	-0.134	0.778	0.752
NO3-						1	0.113	-0.123	-0.238	-0.299	-0.328
HCO3-							1	-0.170	0.260	-0.072	-0.092
K+								1	-0.357	0.74	0.517
Na+									1	-0.199	0.124
Ca2+										1	0.71
Mg2+											1

Корреляцийн шинжилгээ нь хоёр ба түүнээс дээш хамааралтай хувьсагчийн хамаарлын түвшинг хэмжихэд ашигладаг статистик арга бөгөөд дараах байдлаар илэрхийлнэ.[8] TDS-EC, SO_4 , K, Ca, Mg, EC- SO_4 , Ca, Mg, SO_4 -K, Ca, Mg гэх мэт хоорондын хамааралт (>0.5) өндөр байна (2-р хүснэгт).



7-р зураг. $\text{Na}/\text{Na}+\text{Ca}$ болон $\text{Cl}/\text{Cl}+\text{HCO}_3$ -ийг нийт эрдэсжилттэй (мг/л) харьцуулсан харьцаа[12]

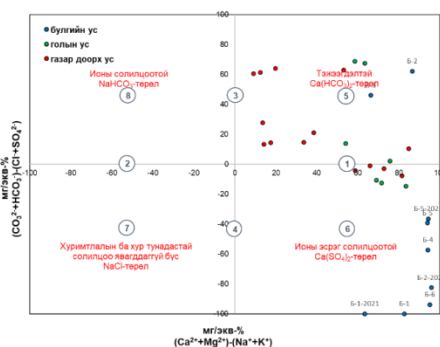
Гибсс (1970) анх тархалтын графикийг ашиглан ус чулуулгийн харилцан үйлчлэлийг тодорхойлж тайлбарласан байдаг. Энэхүү графикаар тухайн бүс нутгийн усны химийн найрлагыг бүрэлдүүлж буй зонхилох үйл явцыг тайлбарлахад хялбар график юм [13]. Гадаргын ус нь эрдэсжилт 148-813 мг/л хооронд хэлбэлзэх бөгөөд газар доорх ус болон булгийн устай давхцаж байгаа нь гадаргын болон газар доорх усны гидравлик холбоотой илэрхийлж байна. Ус химийн найрлагаараа “ус-чулуулаг”-ийн харилцан үйлчлэл давамгайлж байна (7-р зураг).



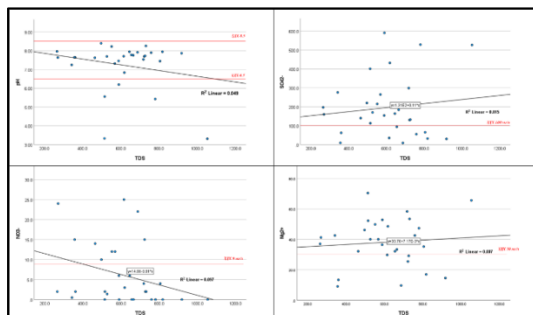
8-р зураг. HCO₃-SO₄ болон Ca-Mg-ын харилцуулсан харьцаа

HCO₃-SO₄ болон Ca-Mg-ын харилцуулсан харьцаанаас харахад дийлэнх усны дээжлэлтүүд нь шурамын дагуу болон доорх байрлаж байгаа нь газар доорх усны кальци, магни ионы давалгайлал нь карбонатлаг эрдсийн уусалт гэдгийг харуулж байна. Газар доорх усны кальцийн ионы гол эх үүсвэр нь карбонатын өгөршил болон энгийн ион солилцоо давамгайлж байгааг илэрхийлнэ (8-р зураг).

Судалгааны талбайн газар доорх болон гадаргын усны гидрохимийн шинж чанарын хувьд дараах Чадхагийн (Chadha) усны гарал үүслийн графикийг ашиглан усны төрлийг тодорхойлбол Ca-HCO₃ төрлийн ус буюу шууд хур тунадасны тэжээмжтэй ус байна. Мөн булгийн уст цэгүүд нь Б-1, Б-1-2021, Б-6, Б-2-2021, Б-4, Б-5 Ca-SO₄ төрлийн ус тархсан буюу гадны бохирдол эсвэл эсрэг ионы солилцоонд орсон ус гэж гарсан байна (9-р зураг).



9-р зураг. Газар доорх болон гадаргын усны голлох үйл явцын урвал [11]



10-р зураг. Стандарт давсан үзүүлэлтүүд

Дээрх зарим үзүүлэлтүүдийг “Усан орчны чанарын үзүүлэлт. Ерөнхий шаардлага MNS

4586:1998” стандарттай харьцуулав. 2-р хүснэгтээс харахад рН нь анионы ионоос сульфаттай, катионы ионоос магнитай өндөр хамааралтай байна. 10-р зургаас харахад нийт усны рН үзүүлэлт нь 6.5-с 8.5 хооронд байгаа ч булгийн усны ихэнх дээжлэлт нь 6.5-с бага хүчиллэг орчинтой стандартын зөвшөөрөгдөх доод хэмжээг давсан байна. Mg²⁺ ионы хувьд дийлэнх ус нь стандартын зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээг давсан байна. SO₄²⁻ ионы хувьд дийлэнх ус нь стандарт давсан байгаагаас Уртын булаг, Хүрэн булгийн усанд өндөр агууламжтай байна. Нитратын ионы хувьд зарим дээжлэлтүүд нь стандарт давсан байна (10-р зураг).

Худгийн паспорттой зарим цооногийн мэдээлэл

Судалгааны талбайн гэр хорооллын өрөмдмөл худгуудын ус нь цэнгэг, химийн найрлагын хувьд талбайн тархалтын өөрчлөлтийн хүрээнд тогтвортой байгаа нь энэ хэсэгт уст үе давхаргын дотор усан солилцоо эрчимтэй, чөлөөтэй явагддагийг харуулж байгаагаас гадна тухайн талбайн хэмжээнд тархсан уст үе, цогцолбор нь агаарын хур тунадасны чөлөөт нэвчилтээр зонхилон тэжээгдэж байгааг харуулж байна. Мөн тухайн хэсгийн газрын доорх усны химийн найрлагын бүрэлдэн тогтоход ус агуулагч дээд пермийн гүний шургамал чулуулгийн эрдсийн найрлага чухал үүрэг гүйцэтгэнэ (4-р хүснэгт).

4-Р ХҮСНЭГТ. ХУДГИЙН ПАСПОРТТОЙ ЗАРИМ ЦООНОГИЙН МЭДЭЭЛЭЛ

№	Сорьцын дугаар	Гүн, м	Унларга, л/сек	Тогтсон тувшин, м	Уст үеийн байршил	Түвшний бууралт, м
1	X-2	80	3.2	55	55-80	0
2	X-3	80	1.5	13.4	33-43, 50-60, 68-75	35м-т 1.5л/с
3	X-4	87	2.5	26	40-50, 64-87	
4	X-5	60	3	8.8	18-25, 30-35, 45-55	17м-т 3л/с
5	X-7	35	2.5	5.7	15-30	4.3м-т 2.5л/с
6	X-8	55	4	35	40-55	5м-т 0.5л/с
7	X-11	70	1.5	16	49-70	26м-т 1.5л/с

Хүнд металл

Нийт 33 элемент шинжлүүлснээс Al, Ba, Cu, Fe, K, Na, P, Sr, Zn, Sc, Co, Ni, Mo, W гэх ионууд илэрсэн байна. Булгийн усанд Mn, Fe, Mo агууламж өндөр байгаа нь геологийн тогтоц, уул уурхайн үйл ажиллагаатай холбоотой байх боломжтой. Учир нь Баян-Өндөр уулын баруун болон зүүн энгэрт байрлах булгуудын орчимд пиритжилт, төмөржилтийн гидротермаль-метасоматоз хувирлууд явагдсан байна. [1]

Харин Дэнж багийн өрөмдмөл худгийн усанд (X-3) As өндөр байна. Энэ нь дан ганц ахуйн бохирдолтоос гадна байгалийн өндөр концентрацитай, уул уурхайн үйл ажиллагаа зэрэг хүний үйл ажиллагаатай холбоотой байдаг. [16]

Эрдэнэтийн голын усны дээжлэлтүүдэд Мо агууламж өндөр байгаа нь Эрдэнэтийн уурхайн газар доорх усны чиглэл нь Эрдэнэтийн голруу чиглэсэн [10] байгаа нь голын усанд нөлөөлж байгааг харуулж байна (5-р хүснэгт).

5-Р ХҮСНЭГТ. СТАНДАРТААС ДАВСАН ХҮНД МЕТАЛЛЫН АГУУЛАМЖ

Дээжийн дугаар	Al	Fe	Mn	Mo	As
Б-1				0.0994	
Б-2			0.623		
Х-3					0.0107
Г-5				0.12	
Г-6				0.123	
Г-7				0.124	
Б-1-2021	12.712	0.483	3.084		
Б-6			1.353		

ДҮГНЭЛТ

Судалгаанд хамрагдсан усны сорьцолтуудын химийн найрлага нь ерөнхийдөө $[Ca+Mg]-[HCO_3+SO_4]$ найрлагатай ус зонхилон тархсан.

Харин Баян-Өндөр уулын баруун болон зүүн энгэрт байрлах булгийн усны сорьцолт нь $[Ca+Mg]-SO_4$ найрлагатай, Mn, Fe, Мо гэх хүнд металлын агууламж өндөр буюу ундны стандарт давсан байгаа нь геологийн тогтцоосоо хамаарч байна.

Х-6: Эрдэнэт хотын 6-р бичил хороололд байрлах ундны эх үүсвэр болох эрүүл ахуйн бүсийн өрөмдмөл худгийн ус нь NO_3 агууламж ундны усны стандарт даваагүй ч өндөр үзүүлэлттэй (24 мг/л) байгаа нь цаашид бохирдолд өртөх магадлал өндөр байна.

Мөн гэр хорооллын зарим айлын өрөмдмөл худгуудын ус нь NO_3 агууламж нь 14-25 мг/л хооронд хэлбэлзэж байна.

Эрдэнэт хотын Баян-өндөр сум орчмын газар доорх ус нь цэнгэг, химийн найрлагын хувьд талбайн тархалтын болон цаг хугацааны өөрчлөлтийн хүрээнд тогтвортой байгаа нь уст давхаргын дотор усан солилцоо эрчимтэй, чөлөөтэй явагддагийг харуулж байна. Тухайн талбайн хэмжээнд тархсан уст үе, цогцолбор нь агаарын хур тунадасны чөлөөт нэвчилтээр зонхилон тэжээгдэж байгааг харуулж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Ч. Амгалан нар, Улаантолгой-50 төсөл, 2017
- [2] Н.Батсүх, Монгол орон дахь геологи орчны бүрэлдэн тогтсон зүй тогтол, хөгжил, Улаанбаатар, 2020
- [3] Г.Долгорсүрэн нар, Орхон голын сав газрын усны нөөцийн нэгдсэн менежментийн төлөвлөгөө боловсруулахад зориулсан судалгааны эмхэтгэл, Улаанбаатар, 2012, тал 159-162
- [4] Ч.Жавзан нар, Орхон аймгийн төв, суурин газрын ундны усны чанарын судалгаа, дүгнэлт, зөвлөмж, 2019
- [5] ОАЗДСХ, Орхон аймгийн статистикийн эмхэтгэл, 2019

- [6] Ч.Сономдавга, Эрдэнэт хотын хүрээлэн буй орчны мониторинг судалгааны тайлан, Улаанбаатар, 2016, тал 90-91
- [7] Г.Сэлэнгэ, Алтантэвшийн хөндийн газар доорх усны тэжээмжийг хлормасс балансын аргаар тооцох нь, Магистрын ажил, Улаанбаатар, 2020
- [8] Г.Туваанжав, Монголчуудын нээлт бүтээл ба усны чанар судлал, Улаанбаатар, 2011, тал 84-88
- [9] С.Л.Шварцев, Исследование техногенных изменений гидрогеологических условий, Томск, 1998
- [10] Д.Эрдэнэбилэг, Эрдэнэтийн уурхайн усны горимын судалгаа, 2020
- [11] D.K. Chadha, A proposed new diagram for geochemical classification of natural waters and interpretation of chemical data, Hydrogeology Journal, 7, pp 431-439, 1999
- [12] R. J. Gibbs, Mechanisms controlling world water chemistry. Science 1970, 170, 1088-1090.
- [13] A. W. Hounslow, "Water quality data", pp. 86-100, 1995
- [14] A. Nadiri, Hydrogeochemical analysis for Tasuj plain aquifer, Iran, 2009
- [15] A.M.Piper, "A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses," Eos, Trans. Am. Geophys. Union, vol. 25, no. 6, 1944
- [16] J.Raczyk, Arsenic pollution in Quaternary sediments and water near a former gold mine, 2020
- [17] H.Schoeller, Qualitative evaluation of groundwater resources. In: Methods and techniques of groundwater investigations and development, UNESCO, pp 54-83, 196

ОЮУТ ЗЭС, МОЛИБДЕНИЙ ОРДЫН ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ, ХУВИРЛЫН СУДАЛГАА

Ж.Дашдаваа¹, С.Оюунгэрэл²

¹ ШУТИС, ГУУС, Геологи, гидрогеологийн салбарын магистрант

² ШУТИС, ГУУС, Геологи, гидрогеологийн салбар, доктор (Ph.D)

Хураангуй - Оюут талбайн нь Эрдэнэтийн зэс молибдений ордоос зүүн өмнөд хэсэгт 10 км зайд байрладаг. Оюут талбайн геологийн тогтоц нь Талбайн төв хэсгээр Дунд-хожуу триас Эрдэнэт бүрдлийн 3-р фазын гранодиорит порфир, гранит порфир, төгсгөлийн 4-р фазын сиенит порфир, фациит порфир, риолит дэл судлын чулуулаг, агуулагч нь Сэлэнгэ бүрдлийн 1-р фазын диорит, габбродиорит, 2-р фазын гранодиорит, гранит, лейкогранитаас тогтодог. Талбайн зүүн хойд хэсгээр сизурал-гваделупын настай Хустай формацын дацит, риолит, риодацитаас тогтох вулканоген хурдас тархсан байдаг. Хувирлын төрөл, бүсжүүржилтийг богино долгионы улаан туяа (SWIR)-ны гидроксид агуулсан эрдсүүд буюу шавар, гялтагнуур, хлорит, эпидот, сульфат ба карбонат эрдсүүдийг тодорхойлдог шинжилгээний аргачлалыг ашиглан боловсруулсан. Оюут талбайд илэрсэн хувирлын эрдсүүд нь: кварц, хээрийн жонш, мусковит, серицит, иллит, фенгит, хлорит, каолинит, смектит (монтмориллонит, нонтронит), анкерит, сидерит, ярозит, гематит зэрэг болно. Мөн ховроор биотит, эпидот, турмалин болон пернит тохиолдоно.

Түлхүүр үг : зэс молибдений порфирийн орд, хувирал

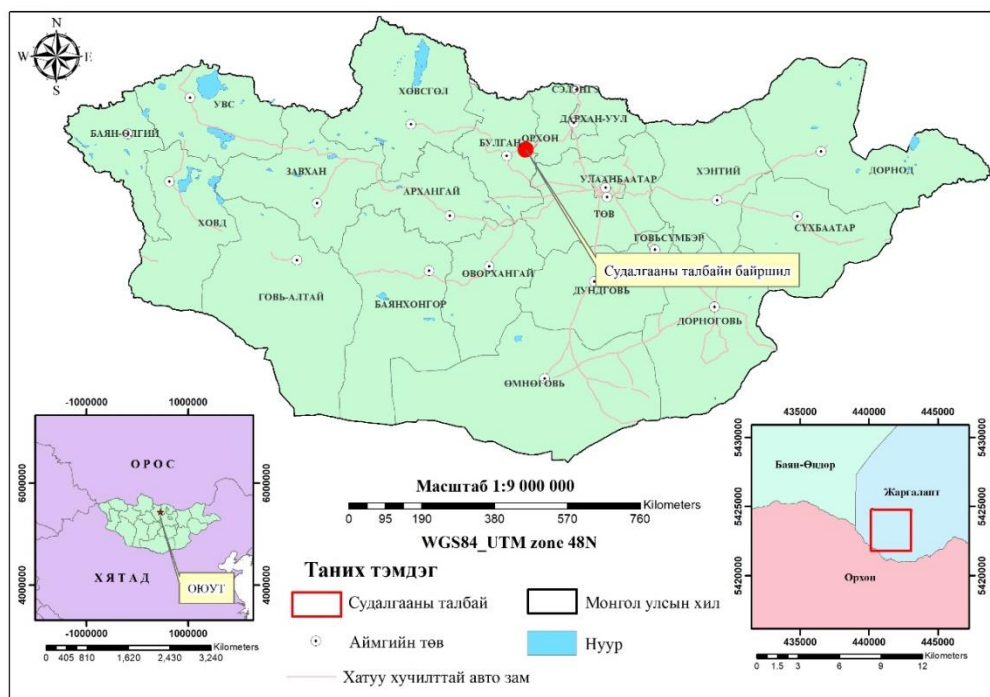
I. ОРШИЛ

Судалгааны талбайн ерөнхий байршил нь Эрдэнэт Үйлдвэр ТӨҮГ-ын ашиглалтын үйл ажиллагаа явуулдаг Эрдэнэтийн зэс порфирын ордын орчим ба засаг захиргааны хувьд Орхон аймгийн Баян-Өндөр сумын нутагт байрлана. Талбайн төв хэсэгт байрлах Эрдэнэтийн-Овоо орд нь Улаанбаатар хотоос баруун хойш 384 км, Эрдэнэт хотоос зүүн урагш 8 км байрлана. Оюут талбайн нь Эрдэнэтийн ордоос зүүн өмнөд хэсэгт 10 км зайд байрладаг (Зураг 1). Эрдэнэт үйлдвэр нь 1978 оноос хойш үйл ажиллагаа явуулж байгаа

бөгөөд ил уурхайгаас жилд 37 сая.тн хүдэр олборлож, 32.5 сая тонн хүдэр боловсруулж 580.0 орчим мянган тонн зэсийн баяжмал, 5.0 орчим мянган тонн молибдений баяжмал үйлдвэрлэдэг.

Анхны геологи хайгуулын судалгааг 1964-1965 онд Чехийн геологийн экспедиц хийсэн байдаг.

Тэд уг ажлаар 1:25000-ны масштабтай геологийн зураг, геофизикийн судалгаа, 250х250 м тороор шилихийн судалгаа болон суваг малтсан бөгөөд үр дүнд нь зэс-молибдений судлын төрлийн үйлдвэрлэлийн хүдэржилт байгааг тогтоосон (Э.Коминек нар 1965).



Зураг 1. Судалгааны талбайн байршил, сансрын зурагт харагдах байдал.

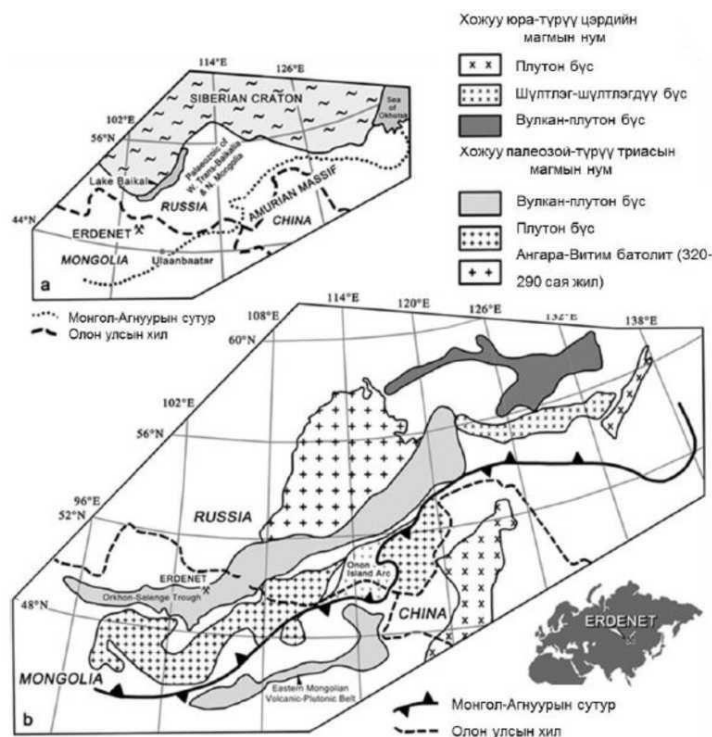
II. ЭРДЭНЭТИЙН ДҮҮРГИЙН ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ

Эрдэнэтийн овоо дүүрэг региональ ангиллаар Төв Азийн Ороген бүс (САОВ), тухайлбал Монгол-Орхоцкийн атираат бүс дэх Орхон-Сэлэнгийн хотгорын хэмжээнд оршдог (Зоненшайн нар 1990).

Монголын террейний ангиллаар Тарвагатайн террейний Сэлэнгийн бүсэд байрладаг (Бадарч нар 2002).

Орхон-Сэлэнгийн хотгор нь зүүн хойш 200 км орчим сунасан, 30-45 км өргөнтэй, перм ба түрүү мезозойн тунамал-вулканоген хурдсаар дүүргэгдсэн томоохон структур юм (Зураг 2).

Хурдас чулуулгийн хувьд Дархан формацийн гнейс, гантигжсан шохойн чулуу, талст занар, кварц - сиенит-хлоритот занар, ногоон чулуун занар, түүнийг зүссэн тархалт багатай мөн насны кварцат диоритоос тогтдог бол түүн дээр хучсан хожуу палеозойн Орхон-Сэлэнгийн давхацмал хотгор нь сизурал-гваделупын Хануй группийн вулканоген-тунамал хурдас, дунд-дээд триасын Бугатын вулканоген хурдас, дээд юрын Сайхан-Овоо формацийн бүдүүн хэмхдэст моллас, неогений улаан өнгийн хурдас болон дөрөвдөгчийн сэвсгэр хурдсаас бүрддэг.



Зураг 2. Орхон-Сэлэнгийн хотгор болон Эрдэнэт хүдрийн дүүргийн байршил (Gerel & Munkhtsengel, 2005).

III. ОЮУТЫН ОРДЫН ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ

Оюутын орд нь Эрдэнэтийн-Овооны хүдрийн дүүргийн зүүн- өмнөд жигүүрт, Чингэлийн голын зүүн эрэг дээр байрладаг. Баруун хойд талдаа Завсрын хэсгээс Чингэлийн голын зүүн цутгалаар зааглагддаг.

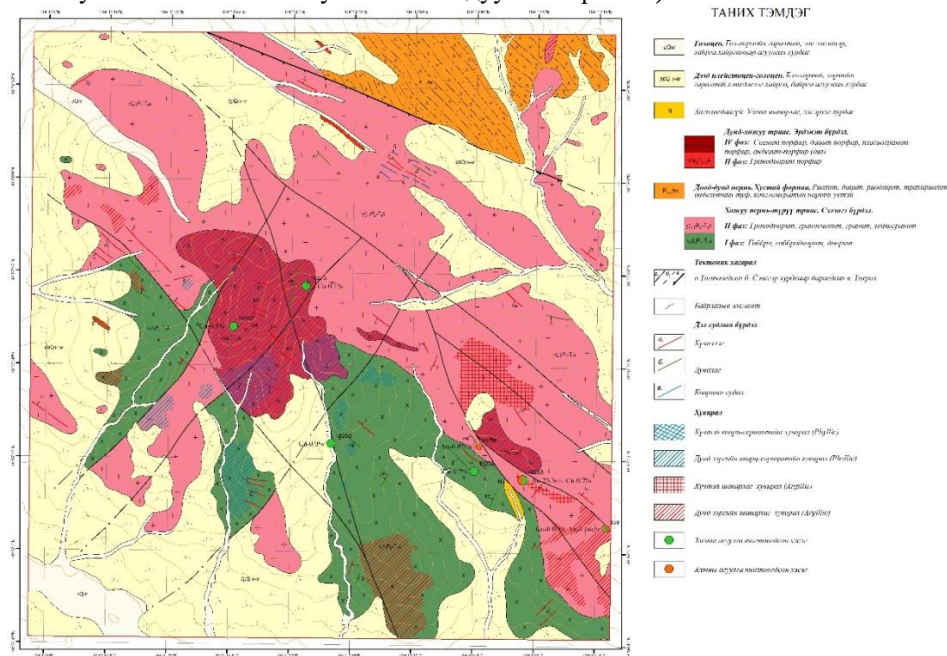
Анхны геологийн судалгааг 1964-1965 онд Чехийн геологийн экспедиц хийсэн байдаг. Тэд уг ажлаар 1:25000-ны маштабтай геологийн зураг, геофизикийн судалгаа, 250х250 м тороор шлихийн судалгаа болон канав малтсан бөгөөд үр дүнд нь зэс-молибдений судлын төрлийн үйлдвэрлэлийн хүдэржилт байгааг тогтоосон (Э.Коминек нар 1965).

Оюутын орд нь Эрдэнэтийн хүдрийн бүсэд бүрэн хамаардаг бөгөөд өөрийн гэсэн онцлогтой

байдаг. Интрузив чулуулгийн хувьд талбайн төв хэсэгт дунд-хожуу триасын Эрдэнэт бүрдлийн 2-р фазын гранодиорит порфир, 3-р фазын гранодиорит порфир, гранит порфир, төгсгөлийн фазын сиенит порфир, дацит порфир, риолит, плагиопорфирын дэл судлын чулуулаг, тойроод Сэлэнгэ бүрдлийн эхний фазын диорит, кварцтай диорит, 2-р фазын гранодиорит болон гранитаас тогтдог. Талбайн зүүн хойд талаар сизурал-гваделупын настай Хустай формацийн дацит, риолит, риодацитаас тогтох вулканоген хурдас тархсан байдаг. Эрдэнэт бүрдлийн бүх чулуулаг нь гидротермаль-метасоматоз хувиралд эрчимтэй орсон байдаг. Диорит нь эрлийн талбайн баруун хэсэгт тархсан бөгөөд кварцтай диорит, монцодиоритоос тогтох бөгөөд ягаан саарал өнгийн дунд, жижиг-дунд

босоо уналтай төвийн болон завсрын ордыг бодвол нягтрал багатай байдаг. Оюутын хүдрийн штокверк судал нь гол хүдэржилт хянасан хагарал болон босоо чиглэлийн хагарлуудын огтлолцол дээр байрладаг. Энэ нь баруун хойш 2.5-3км урт, 0.4-0.6км өргөнтэй сунаж тогтсон байдаг. Оюутын хүдрийн биет нь баруун хойд болон төвийн хэсгийг бодвол хүдэржилт нь кварц-серицитийн-метасоматоз болон сул хувирсан диоритод ч байдаг. Интрузив нь хүдэржилтийг агуулдаг таатай орчин болдог. Оюутын хүдрийн штокверк судал нь гол хүдэржилт хянасан хагарал болон босоо чиглэлийн хагарлуудын огтлолцол дээр байрладаг. Энэ нь баруун хойш 2.5-3км урт, 0.4-0.6км өргөнтэй сунаж тогтсон байдаг. Оюутын хүдрийн биет нь баруун хойд болон төвийн хэсгийг бодвол хүдэржилт нь кварц-серицитийн-метасоматоз болон сул хувирсан диоритод ч байдаг. Интрузив нь хүдэржилтийг агуулдаг таатай орчин болдог. Зэсийн анхдагч хүдэр 90-95% эзлэх бөгөөд энэ нь пирит, халькопирит, ховроор молибденитээр илэрдэг. Хүдрийн судал судланцарууд нь кварц, ховроор барит, цеолит, карбонатын найрлагатай 0.3-1км зузаан, 1-5см өргөнтэй тодорхой зүй тогтолгүй байрладаг. Судал, судланцар нь шигтгээ хүдэр бага байдаг (Алтанзул нар 2019).

Оюут талбайд порфирлог тогтоцтой риолит, гранит, андезитын найрлагатай дэл судлын чулуулаг тохиолддог. Талбайн байруун хойш чиглэлтэй, бараг босоо уналтайгаар, харьцангуй нягтрал багатай тархсан байдаг. Дэл судлын биетүүд хүдэржилт агуулсан байдаг онцлогтой. Дэл, судлын чулуулаг нь суурилагаас хүчиллэг найрлагатай порфиороос тогтоно. Ихэнх судал нь ихэвчлэн баруун хойш суналтай 0.2-10-15м зузаантай голдуу



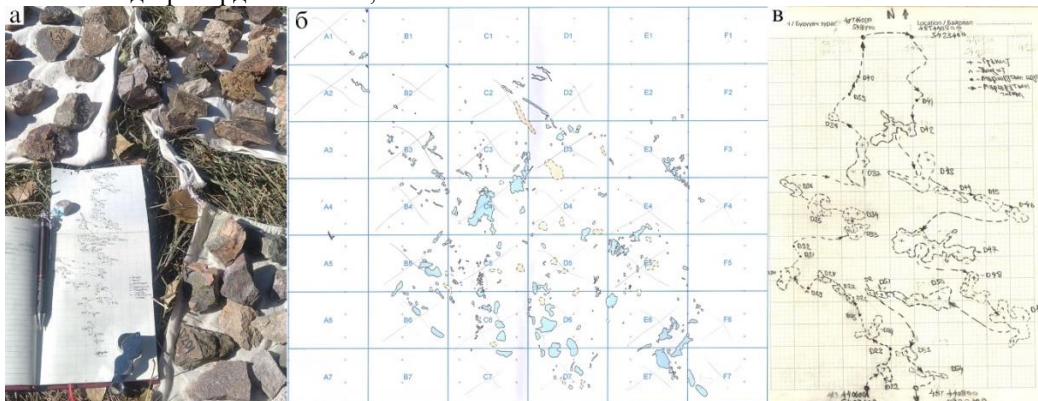
Зураг 3. Оюут ордын геологи, ашигт малтмалын зураг масштаб: 1: 10 000 (.Алтанзул нар 2019 он)

зураглаж, баримтжуулав. Судалгааны талбайд хээрийн ажлыг дараах үе шаттай явуулсан. Үүнд: Оюут талбайн хэмжээнд тархсан хурдас чулуулгийн үндсэн гаршийн хил заагийг нарийвчлан тогтоож гаршийн зураг зохиосон (зураг 4).

28

Гаршийн зураг зохиохдоо судалгааны талбайд геологичид газар дээр нь гар GPS ашиглан гаршийн хил заагийг талбай дээр мөрдөн шалгаж, геологийн

хээрийн тэмдэглэлийн дэвтэр дээр баримтжуулах аргачлалаар хийж гүйцэтгэсэн (Зураг 4).

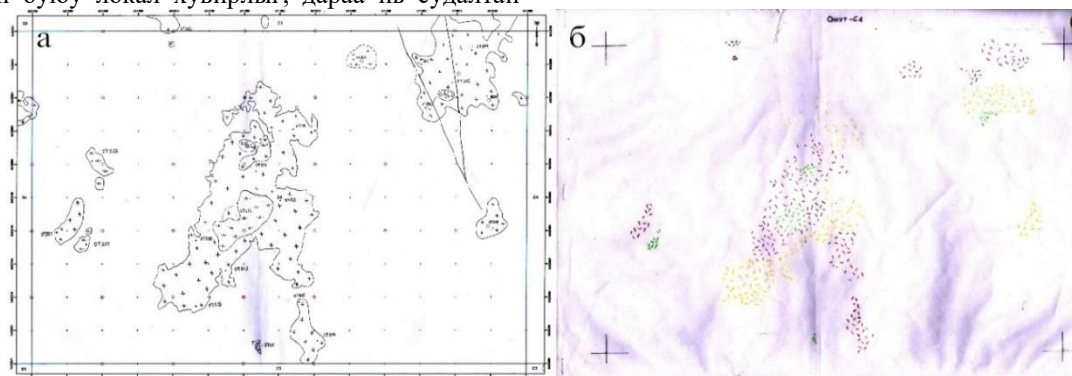


Зураг 4. а.Маршрутын явцад авсан штуфын дээж, б.Хээрийн ажлаар тодорхойлсон гаршийн хил зааг, в.Хээрийн тэмдэглэл

Эхний ажлын үр дүн дээр тулгуурлан дараа дараагийн хээрийг ажлыг төлөвлөсөн. Талбайн хэмжээнд тархсан гаршийн хил зааг тодорхойлсон зураг дээр үндэслэн литологи, хувирлын зураг зохиосон.

Литологи, хувирлын зураг зохиохдоо үндсэн гаршийн зураглал хийгдэж талбайд тархсан гаршийн хил заагийг тодорхойлсны дараа тухайн гарш дээр литологи болон хувирлын зураглалыг нарийн тодорхойлж зураглана. Эхлээд судал орчмын буюу локал хувирлыг, дараа нь судалтай

холбоогүй үндсэн чулуулагт үүссэн гидротермаль хувирлуудыг ялгаж тэмдэглэнэ. Хувирал тус бүр дээр өөр өөр өнгүүдээр ялгаж зурагласан. Үүнд: малахит, азурит зэрэг зэсийн карбонатууд болон силикатууд, лимонит, гётит, гематит, ярозит зэрэг үндсэн эрдсүүдийг ялгасан. Эдгээр эрдсүүдийг ялгаснаар анхдагч сульфидын бүс, хоёрдогч тархалтын бүс зэргийг тодорхойлох боломжтой. Эрдэс бүрийг тэмдэглэх аргачлал болон өнгийг Анаконда аргачлалд тусгасан стандартаас сонгон авч хэрэглэсэн (Зураг 5).



Зураг 5. а.Гаршийн хил зааг болон литологийн зураг, б.Гаршийн хил заагийн хэмжээнд ялгасан хувирлын зураг

Богино долгионы хэт улаан туяа (SWIR)-ны гидроксид агуулсан эрдсүүд буюу шавар, гялтгануур, хлорит, эпидот, сульфат ба карбонат эрдсүүдийг тодорхойлдог шинжилгээний аргачлалыг ашиглан тодорхойлсон. Хээрийн нөхцөлд эрдэс тодорхойлох зориулалт бүхий зөөврийн ASD Feildspec-3 спектрометр багажийг ашигласан. Энэ багажид дээж бэлтгэл шаардлагагүй (гар дээж, чөмгөн дээж, нунтаг дээж) бөгөөд хээрийн нөхцөлд хугацаа алдалгүйгээр олон дээжинд эрдэс тодорхойлох боломжтой.

SWIR-р аргачлалаар тодорхойлсон хувирлын эрдсүүдийг баталгаажуулах зорилгоор XRD буюу

Рентген дифрактометрийн шинжилгээг давхар хийсэн. Мөн петрографийн судалгаа хийсэн.

Талбайн хэмжээнд нийт 471 ширхэг гадаргуугийн штуфын сорьцлолт хийсэн. Нийт дээжний 462 ширхэг штуфын дээжийг SWIR шинжилгээнд, 12 ширхэг дээжийг XRD-н шинжилгээг хийсэн.

II. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ҮР ДҮН

Судалгааны талбай хэмжээнд явуулсан ажлын хүрээнд суурийн боловсруулалтыг дараах үе шаттайгаар явуулж боловсруулалтыг хийсэн. Үүнд:

- SWIR-ийн шинжилгээний боловсруулалт, тайлалт
- XRD-н шинжилгээний боловсруулалт, тайлалт

SWIR-аргачлалаар шаварлаг хувирлыг тодорхойлсон ба дараах дата мэдээллийг боловсруулахдаа TGS8 (The Spectral Geologist) программыг ажиглан гүйцэтгэсэн (Хүснэгт 1).

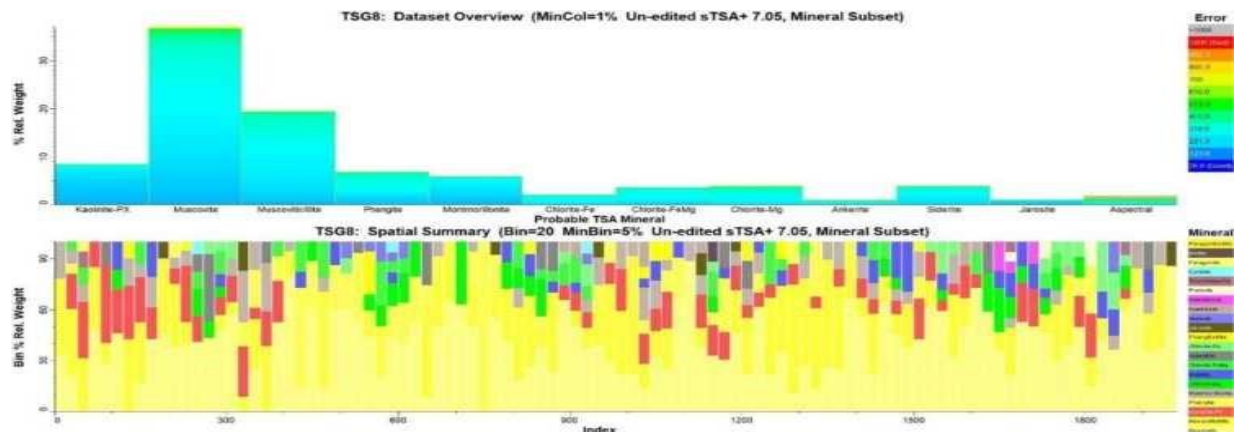
ХҮСНЭГТ 1. СПЕКТРОМЕТРИЙН ХЭМЖИЛТИЙН ТООН ДАТА МЭДЭЭЛЭЛ

UTM_N	Spec_num	SWIR1	SWIR2	SWIR3	Mineral	WhiteM	Chlorite	Carbon	Kaolinit	Smectit	Epidote	Biotite	Tour_Si	Hornbl	Jarosite	Hem_vr	Goeth	Wav_Wi	Type_WX
5423697	OT001.asd	vmica	smectite	vmica+si	66					34							1	2206.7	Muscovit
5423750	OT00200002.asd	vmica	kaolinite	smectite	vmica+k	47.1			32.2	20.7								2205.7	Muscovit
5423796	OT00300003.asd	vmica	smectite	vmica+si	70.1					29.9								2204.1	Muscovit
5423847	OT00400002.asd	vmica		vmica	100											1	1	2205	Muscovit
5423895	OT00500002.asd	vmica		vmica	100													2201.9	Muscovit
5424009	OT00600002.asd	kaolinite	vmica	kaolinite+	40				60							1	1	2205.8	Muscovit
5424006	OT00700002.asd	vmica	chlorite	carbonat	vmica+o	37.2	34	28.8											Phengite
5424193	OT00900002.asd	vmica	kaolinite	smectite	vmica+k	38.5			33.2	26.4						1	1	2206	Muscovit
5424010	OT01000005.asd	vmica		vmica	100											1	1	2203	Muscovit
5423924	OT01100002.asd	vmica	kaolinite	vmica+k	69.8				30.2									2205.4	Muscovit
5423920	OT01200002.asd	vmica	kaolinite	vmica+k	74.7				25.3								1	2203	Muscovit
5423951	OT01300002.asd	tourmalin	kaolinite	tourmaline+kaolinite					40.8				59.2						
5423798	OT01400002.asd	smectite	vmica	kaolinite+	20.7				48.1	31.2								2205.1	Paragoni
5423740	OT01500002.asd	vmica	chlorite	kaolinite	vmica+o	47.8	26.9		25.3									2202.5	Muscovit
5423713	OT01600002.asd	kaolinite	smectite	vmica	kaolinite+	16.3			51.6	31.5								2205.5	Paragoni
5423720	OT01700002.asd	vmica	chlorite	vmica+o	54.6	45.4												2200.3	Muscovit
5423749	OT01800005.asd	vmica	chlorite	vmica+o	45.2	28.8			26									2204.3	Muscovit
5423744	OT01900008.asd	vmica		vmica	100													2202.6	Muscovit
5423956	OT02000005.asd	vmica	kaolinite	vmica+k	80.6				19.4							1	1	2206.2	Muscovit
5424199	OT02100002.asd	kaolinite	smectite	kaolinite+	34.5				42.4	23						1	1	2205.1	Muscovit
5424034	OT02200002.asd	kaolinite	vmica	kaolinite+	49.5				50.5									2204.3	Muscovit
5424080	OT02300002.asd	vmica	kaolinite	vmica+k	53.7				46.3								1	2204.5	Muscovit
5424061	OT02400002.asd																		
5424068	OT02500002.asd																		
5424030	OT02600002.asd	kaolinite	vmica	kaolinite+	49.3				50.7									2204.6	Muscovit
5424025	OT02700002.asd	kaolinite	vmica	kaolinite+	35				65									2205.4	Muscovit
5424023	OT02800002.asd																1		
5424032	OT02900002.asd	vmica	kaolinite	vmica+k	55.7				44.3									2204.5	Muscovit
5423968	OT03000002.asd	carbonat	vmica	carbonat	32.5		67.5											2202.9	Muscovit

Хээрийн нөхцөлд ярозит, гематит, гётит зэрэг лимонитийн төрлийн төмрийн эрдсүүдийг, калийн хээрийн жоншжих, хлоритжих зэрэг хувирлыг хээрийн нөхцөлд тодорхойлж байсан ба спектрометрийн хэмжилтийн үр дүнгээр талбайд мусковит-иллит, мусковит-иллит-хлорит, мусковит-хлорит гэсэн хувирлын эрдсийн ассоциаци голлон, мусковит-эподит, мусковит-эвэрхуурмаг, диктит,

зэрэг эрдсийн ассоциацийг тогтоосон. Кварц(хоёрдогч), реликт хээрийн жонш, мусковит, серицит, иллит, фенгит, хлорит, каолин, смектит зэрэг хувирлын эрдсүүдийг тодорхойлсон.

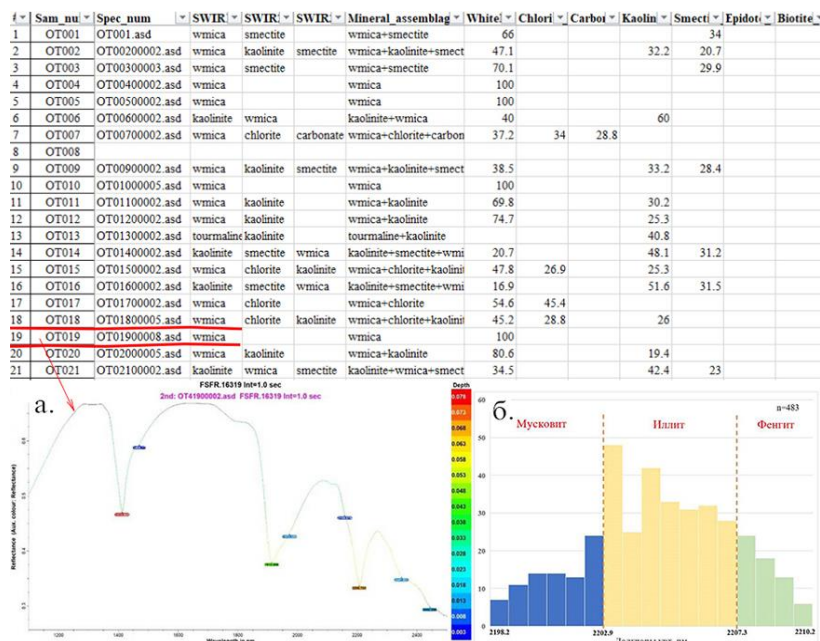
Богино долгионы хэт улаан туяа (SWIR)-нь гидроксид агуулсан эрдсүүд буюу шавар, гялтгануур, хлорит, эподит, сульфат ба карбонат эрдсүүдийг тодорхойлдог (Зураг 6).



Зураг 6. Оюут ордын SWIR хэмжилтээр тогтоосон эрдсийн төрөл ба хам байдал. (TSG 8 программын боловсруулалтаар)

Талбайд тархсан цагаан гялтгануурын талсжилтыг индексийг тодорхойлохдоо Al-OH зурвас дахь спектрийн шингээлтийн гүнийг H₂O зурвас дахь мөн утгатай харьцуулж тодорхойлсон. Хувирлын

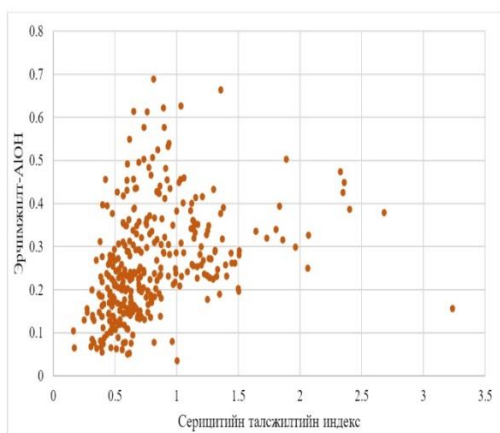
эрчимжилтийг тодорхойлохдоо, спектрийн хэмжилтийн муруйгаас 2-р эрэмбийн уламжлал авч, үүссэн муруйгаас Al-OH зурвас дахь өндөр утгыг тодорхойлох аргачлал хэрэглэсэн (Зураг 7).



Зураг 7. а. От419 дээжийн фенгитийн шингээлтийн спектр, б. Хуримтлагдсан давтамжийн график (серицитийн төрөл ба долгионы урт)

Талбайн хэмжээнд цагаан гялтгануурын дараах -Мусковит, -Иллит, -Фенгит зэрэг эрдсүүдийг ялгасан.

Оюут ордын талбайд тархсан цагаан гялтгануурууд нь харьцангуй талсжилт багатай буюу зонхилох дээжүүдэд талсжилтын индекс 1-ээс бага байсан. Иймд талсжилтын индекс 1-ээс их дээжүүд тодорхой хэсгүүдэд бөөгнөрөл үүсгэж байгаа нь хувирлалын бүслүүржилт ялгах нэг үндэслэл юм. Мөн серицитжих хувирлын эрчимжилт болон талсжилтын байдал нь эерэг хамааралтай гэсэн ерөнхий хандалага тодорхойлогдсон (зураг 8).

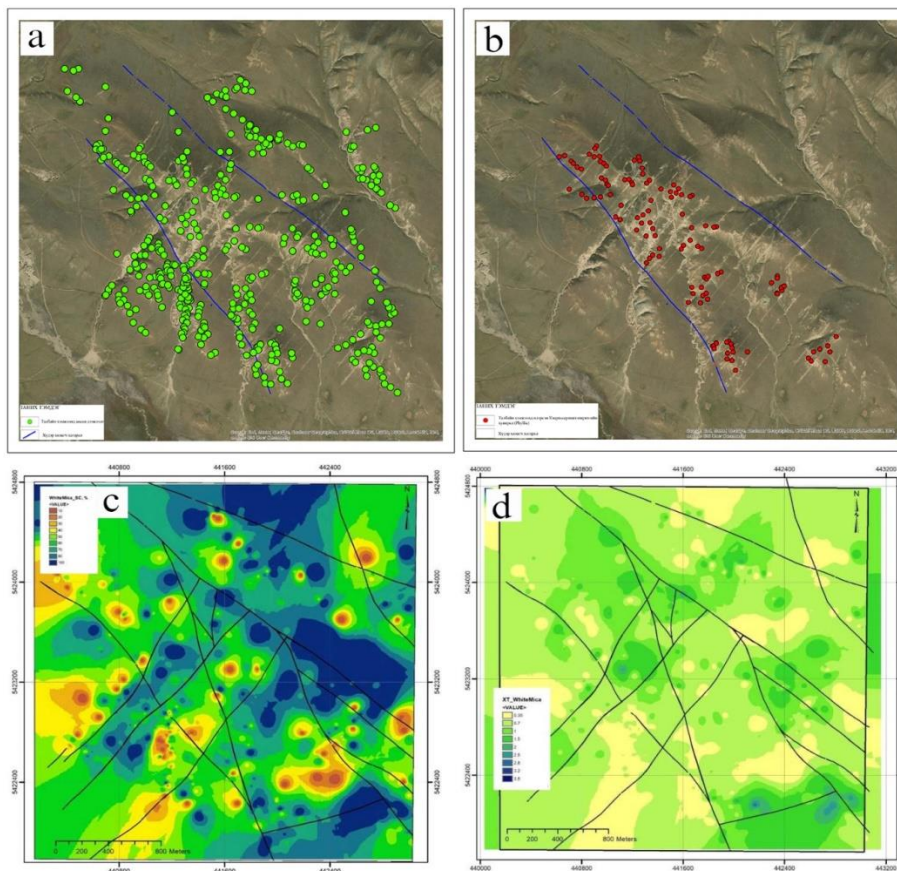


Зураг 8. Серицитийн тасжилт ба шингээлтийн эрчимжилтийн хамаарлын график

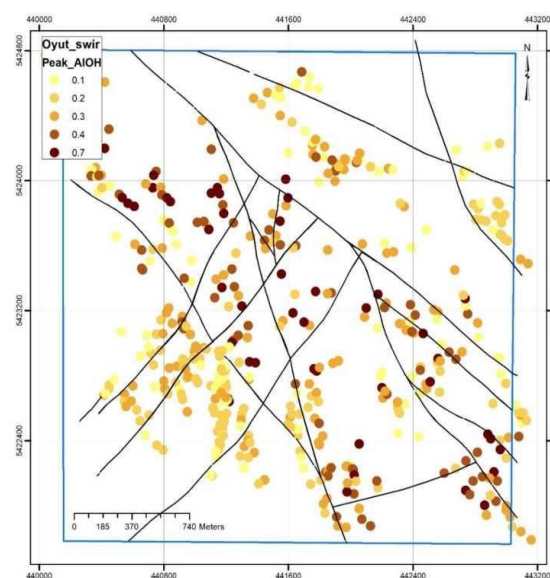
Дээрх тодорхойлсон хувирлын эрдсүүдийн төрлийг ажиглан талбайн хэмжээнд Кварц-серицит-пирит-ийн хувирал (Phyllic), Иллит-каолинит-смектит-ийн хувирал (Intermediade argillic), Хлорит-мусковит+эпидот-ийн хувирал (Propylitic) зэрэг хувирлын 3 төрлийн бүслүүржилтийг ялгаж тодорхойлсон.

Кварц-серицит-пирит-ийн хувирал (Phyllic):

Оюут ордын талбайн төв хэсгээр, баруун хойш сунасан гол 2 хагарлын дагуу, ерөнхий структурыг дагаж илэрсэн. Хээрийн ажиглалтаар уг хувирал нь кварцын судал, судланцар бүхий цахиуржсан бүсийг дагаж, Эрдэнэт бүрдлийн интрузив гранит, гранит порфирт масс байдлаар үүссэн нь тогтоогдсон. Оюут талбайд хэмжээгээрээ ялгаатай бүсийг ялгаж кварц-серицит пиритийн хувирлаар ялгасан. Тухайлбал, SWIR хэмжилтээр ихэнхи дээжинд цагаан гялтгануурын төрлийн эрдэс ямар нэг байдлаар илэрсэн ба найрлагын хувьд мусковит зонхилон, иллит ба фенгит илэрдэг. Цагаан гялтгануурын спектрт үзүүлсэн хувь хэмжээг харуулсан талбайн зурагт ямар нэг бүслүүржилт ялгахад түвэгтэй байсан (Зураг 9с). Хувирлын бүсийг илүү тодорхой ялгах зорилгоор цагаан гялтгануурын эрдсийн талсжилтын индекс болон Al-OH зурвас дахь спектрийн эрчимжилтийн индексийг хэрэглэсэн (Зураг 10).



Зураг 9.а. Судалгааны талбайн хэмжээнд авсан дээж-н тархалт, b. Кварц-серицит-пирит-ийн хувирал (Phyllic) ажиглагдсан дээж, c.серицитийн тархалт (спектрт эзлэх хувиар, Spectral Contribution), d. серицитийн талсжилтын индекс(White Mica Crystallinity)



Зураг 10. Судалгааны талбайд илэрсэн серицитийн эрчимжилтийн зураг

Оюут талбайн SWIR хэмжилтээс үзэхэд цагаан гялтгануурын төрлийн эрдсүүдийн талсжилтын индекс нь талбайн төвөөс 2 зах руугаа буурсан

ерөнхий төрх үзүүлж буй нь хувирлын үүсгэсэн температурын орчныг илэрхийлж байна гэж үзсэн. Иймд талсжилтын индекс 1-ээс өндөр буюу талсжилт сайн эрдсүүдийг шүүж, байрлалын зурагт буулгаснаар кварц-серицит-пиритийн хувирлыг илүү тодорхой ялгах боломжтой болсон (зураг 5d).

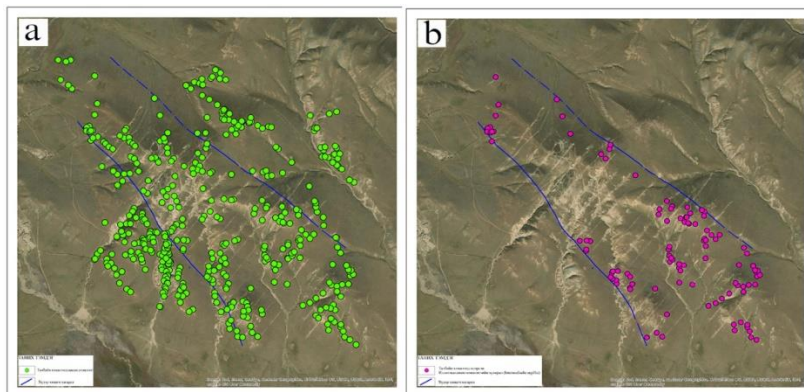
Цагаан гялтгануурын спектрийн шингээлтийн эрчимжилтийг тооцоолж хийсэн боловсруулалт талсжилтын индекс тэй ижил төрлийн бүслүүржилтийн төрх харуулсан ба талбайн төв хэсгээр баруун хойш чиглэлтэй үргэлжилсэн кварц-серицит-пиритийн хувирлын бүсийг баталгаажуулсан. Улмаар Оюут талбайн ерөнхий структурыг тодорхойлогч баруун хойш чиглэсэн хагарлаар хязгаарлагдсан, баруун хойш чиглэлтэй хувирлын бүсийг тодорхойлсон.

Иллит-каолинит-сметтит-ийн хувирал (Intermediatde argillic):

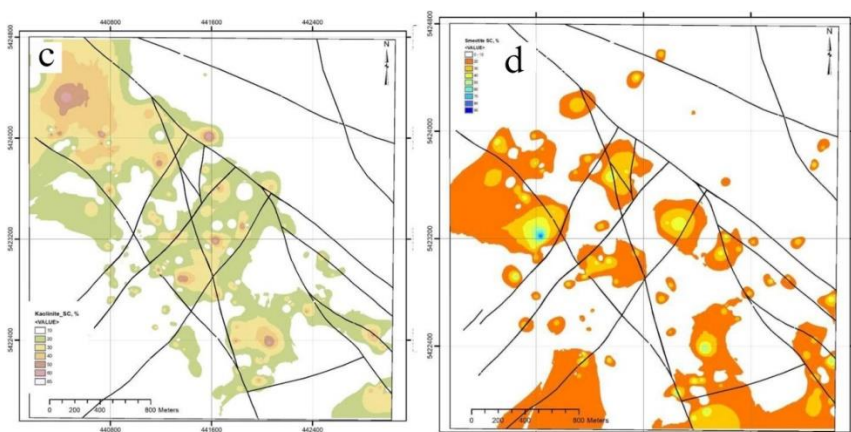
Энэ хувирал нь цайвар саарал өнгөтэй, зарим хэсэгтээ цахиуржсан шаварлаг төрхөөрөө хээрийн нөхцөлд сайн ялгардаг. Энэ хувирал нь кварц+иллит+пирит+/-каолинит+/-монтморилонит+/-кальцит, каолин,

монтиморилонит зэрэг шаварлаг эрдсүүд болон багаар сарнимал пириттэй, биотит нь хлоритжсон байдаг.

Уг хувирлыг төлөөлөх эрдсүүд болох иллит-каолинит, смектит нь SWIR хэмжилтээр нарийн тодорхойлогдсон (Зураг 10).



Зураг 11.а. Судалгааны талбайн хэмжээнд авсан дээж-н тархалт,
б. Иллит-каолинит-смектит-ийн хувирал (Intermediate argillic) ажиглагдсан дээж



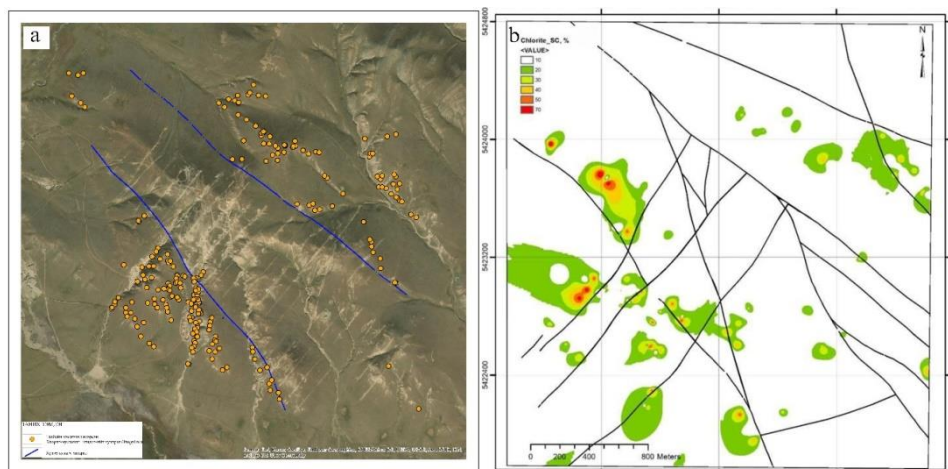
с. каолинитийн тархалт (спектрт эзлэх хувиар, Spectral Contribution),
d. смектитийн талсжилтын индекс(White Mica Crystallinity)

Хлорит-мусковит+эпидот-ийн хувирал (Propylitic):

Оюут ордын хэмжээнд ялгасан хувирлын бүслүүржилтийн зах хэсгээр буюу зүүн хойд болон баруун урд хэсэгт ялгасан. Хувирлын эрчимжилт сул бөгөөд хээрийн нөхцөлд хлорит болон эпидот зэрэг эрдсүүдийг ялгасан.

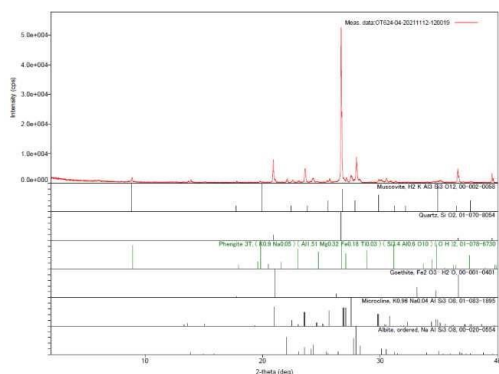
Харин SWIR хэмжилтийн үр дүнгээр хлоритийн тархалт өндөртэй хэсэгт талсжилт багатай мусковит

голдуу цагаан гялтгануур болон карбонат илэрч, хувирлын бүсийг ялгах үндэслэл болсон. Энэ хувирал нь Эрдэнэтийн ил уурхайд порфирын штокийн захаар илэрдэг хлоритын хувиралтай ойролцоо минералогийн найрлага үзүүлэх ба Эрдэнэтийн дүүрэгт өргөн тархсан проплитик төрлийн хувирал гэж үзсэн. Мөн хүдэр хянагч үндсэн 2 хагарлаас хойш болон урагш хэсгээр ажиглагдаж байна (Зураг 11).

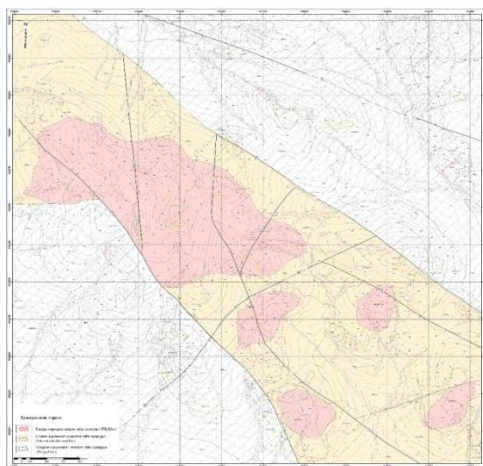


Зураг 12. а. Хлорит-мусковит+эпидотийн хувирал (Propylitic)-ын тархалт,
б. хлоритын тархалт (спектрт эзлэх хувиар, Spectral Contribution)

Талбайн хэмжээнд авсан XRD хэмжилтийн үр дүнгээс дараах төрлийн шаварлаг эрдсүүдийг тогтоох боломжтой ба үүнд каолинитын, смектитийн, иллитийн, хлоритын зэрэг хувирлуудын бүлгийг тодорхойлдог. Талбайн хэмжээнд хийгдсэн шаварлаг эрдсийг тодорхойлох зорилгоор хийгдсэн хэмжилтийн үр дүн (Зураг 12).



Зураг 13. Кварц-серицит-пиритийн хувирал XRD хэмжилтээр



Зураг 14. Талбайд хэмжээнд ялгасан хувирлын бүслүүржилтийн зураг /1:5 0000/

Талбайд цайвар саарал өнгийн гранодиорит порфирт хүчтэй явагдсан байдаг. Уг гранодиорит порфир нь тэнцүү хэмжээний кварц, серицитээс тогтдог. Пирит нь писперс байдлаар 2-10% хүртэл агуулагддаг. Серицит нь анхдагч чулуулгийн хээрийн жонш байдлаар хөгжихөөс гадна, кварц, пирит, өнгөт эрдсүүдийг түрж үүссэн байдаг. Кварц нь цэвэр кварцийн бөөгнөрөл болон кварц-серицит-пиритийн бөөгнөрөл байдлаар үүссэн байдаг. Нарийн зурвас маягийн ан цавшил дагуу кварц-серицитийн, карбонатын, ховроор цеолитын судал хөгжсөн байдаг. Зузаан ихэвчлэн 1-2 см байдаг (Алтанзул нар 2019).

V. ДҮГНЭЛТ

Судалгааны талбайн хэмжээнд илрэх үндсэн гарш илэрцийг тодорхойлж талбайн хэмжээнд гаршийн зураг зохиосон.

Гаршийн зураг дээр үндэслэн талбайд тархсан хурдас чулуулгийг тодорхойлж литологийн зураг зохиосон. Дээрх мэдээлэл дээр үндэслэн талбайн хэмжээнд 1: 5 000 масштабын геологийн зураг зохиосон.

Судалгааны талбайд кварц, хээрийн жонш, мусковит, серицит, иллит, фенгит, хлорит, каолинит гэсэн эрдсүүд ялгаж улмаар талбайн хэмжээнд мусковит-иллит, мусковит-иллит-каолин, мусковит-иллит-хлорит, мусковит-хлорит гэсэн хувирлын эрдсийн ассиоциациуд зонхилж байгааг тогтоосон. Судалгааны талбайд тархсан хувирлын бүсийг Кварц-серицит-пирит (Phyllic), Иллит-каолинит-смектит(intermediate argillic), Хлорит-мусковит-эпидот(Propylitic) гэсэн 3 төрлийн бүслүүржилтийг талбайн хэмжээнд ялгасан.

Талбайн ерөнхий структур нь баруун хойш чиглэлтэй хагарлаар тодорхойлогдоно. Хүдэржилт агуулагч биетийн хил заагийг нарийвчлан тогтоож хүдэржилт агуулсан Эрдэнэт бүрдлийн биетийг шинээр ялгасан.

Тухайн хувирлын бүслүүржилтийг ялгаснаар практик ач холбогдлын хувьд хайгуул хийсэн өмнөх талбайнуудаас өөр шинэ хайгуул хийх боломжтой талбайг ялгаж өгсөн. Шинэлэг тал нь энэхүү судалгааны ажил нь талбайн хэмжээнд явуулсан хайгуулын шатны ажлуудаас арай илүү шинжлэх ухаанлаг судалгаа шинжилгээний ажил хийгдсэнээрээ арай илүү шинэлэг ажил болсон. Энэ төрлийн судалгаа шинжилгээний ажлыг оюут ордын зэргэлдээ одоо ашиглагдаж буй Эрдэнэтийн ордын ил уурхайд хийгдсэн хувирлын судалгааны ажилтай харьцуулсан (Хашгэрэл нар 2017). Тухайн судалгааны ажлын үр дүнгээр Эрдэнэтийн ордын ил уурхайд илэрсэн серицитийн хувирал гэж ялгагдсан хувиралтай минералогийн болон хувирлын төрлийн эрдсүүд нь тохирч байна

VI. НОМ ЗҮЙ

- [1] Алтазул Ч, Төмөрчөдөр Л. 2019, Эрдэнэтийн овоо дүүргийн нарийвчилсан 1:10 000, 1: 25 000 масштабтай геологийн зураглалын ажлын тайлан
- [2] Горбачев В.Я., Гусев В.Н. 1983, Эрдэнэтийн-Овоо ордын төв хэсэгт хийсэн урьдчилсан хайгуулын тайлан. фд-3673
- [3] Гончаров В.Н. 1988, Эрдэнэтийн овоо ордын төвийн хэсэгт хийсэн нарийвчилсан хайгуулын тайлан. фд-4365
- [4] Потанов В.В. 1989, Cu-Mo-ны Эрдэнэтийн овоо ордын баруун хойт хэсэгт хийсэн нарийвчилсан хайгуулын тайлан. фд-4452
- [5] Kavalieris I., Khashgerel B., Morgan L.E., Undrakhtamir A., Borohul A. Characteristics and ⁴⁰Ar/³⁹Ar Geochronology of the Erdenet Cu-Mo Deposit, Mongolia, Economic Geology, vol. 112 (5), 2017, p. 1033-1053
- [6] Коминек Э. 1964-1965, Монгол ба Чехославакийн геологичид Эрдэнэтийн хүдрийн дүүрэгт эрэл зураглал, эрэл хайгуулын ажлын тайлан

“ЧАНДМАНЬ-УУЛ”-ЫН ТӨМӨР (ЗЭС, АЛТ)-ИЙН ХҮДРИЙН ОРДЫН ИЛ УУРХАЙН ХҮРЭЭ, ХЯЗГААРЫН ОНОВЧЛОЛЫН СУДАЛГАА

З.Амарбаясгалан¹

¹ ШУТИС, ГУУС, Уурхайн технологийн салбарын магистрант

Хураангуй - Чандмань-Уулын төмөр (зэс, алт)-ийн хүдрийн ордод 2016 онд гүйцэтгэсэн хайгуулын ажлаар тогтоогдсон нөөцийн блок модель, агуулагч чулуулгийн мэдээллийг (литологи) ашиглан, нэгдүгээрт эдийн засгийн, хоёрдугаар техник, технологийн, гуравдугаарт аюулгүй байдлын нөхцөлөөр тус тус шалгаж, эцсийн болон үе шатны хүрээ хязгааруудыг оновчилсон.

Түлхүүр үг - оновчлол, хүрээ хязгаар, тогтворжилт, металлын үнэ

УДИРТГАЛ

Чандмань-Уулын төмөр (зэс, алт) -ийн хүдрийн ордод анх 2009 онд хайгуулын ажил гүйцэтгэж 9.7 сая.тн төмрийн хүдрийн нөөц тогтоожээ. 2013 оноос уурхайн олборлолтын ажлыг ашиглалтын тусгай зөвшөөрөлт талбайн баруун урд булан дахь эрдэсжилтийн бүсэд эхлүүлж, хуурай аргын соронзонг ангилагчаар төмрийн баяжмалыг үйлдвэрлэх болсон. Баяжмал дахь төмрийн агуулга 60% гаруй байна. 2007-2009 онд гүйцэтгэсэн хайгуулын үр дүнгээр батлагдсан төмөр, зэсийн нөөцийг олборлоход ашиглаж байсан 15 орчим га талбайг хамарсан, газрын гадаргын хэвгийжилтээс хамааран 35-40 м гүнтэй ил уурхайг үүсээд байна.

2016 онд гүйцэтгэсэн нэмэлт хайгуулын ажлын үр дүнгээр одоо байгаа 1110 м-ийн үнэмлэхүй өндөрт ёроолтой уурхайгаас доош 350м гүнд буюу +760 м түвшин хүртэл тогтоогдсон байна. Хүдрийн биетийн түвшний хуваарилалтаас харахад төмрийн агуулга гүн рүүгээ буурч байгаа бол зэсийн агуулга гүн рүүгээ өсөх хандлагатай байна.

Ирээдүйд хүдрийн биетийн оновчтой гүн хүртэл олборлох ил уурхай үүсгэхэд гарч болох эрсдэлийн хүчин зүйл болох уурхайн тогтворжилтыг мөн судлан аюулгүй байдлыг хангах талаас судлах шаардлага урган гарч байна.

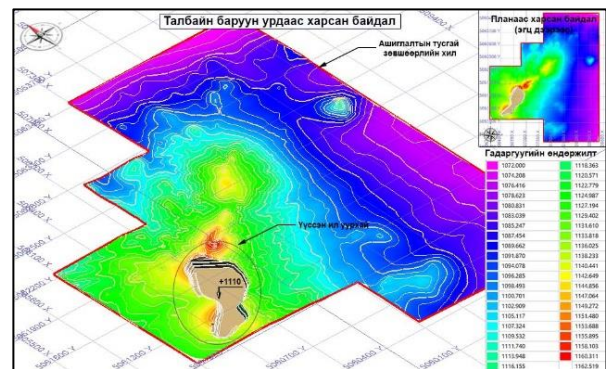
Мөн нэмэлт хайгуулын ажлаар шинээр илэрсэн хүдрийн биетүүдэд төмөр болон зэсийн нөөцөөс гадна, алтны нөөц тогтоогдсон байна. Өөрөөр хэлбэл ордын хүдрийн нөөц өсөж, дагалдах ашигт малтмал шинээр нэмж илэрсэн байна. Иймд 2007-2009 оны хайгуулын ажлын дүнгийн тайлан болон түүн дээр үндэслэсэн уурхайн хүрээ хязгаарын зайлшгүй шинээр оновчлох шаардлагатай байна.

ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Ил уурхайн оновчтой хүрээ, хязгаарыг тогтоох нь ил уурхайн хувьд уурхайн аюулгүй ажиллагааг хангах суурь болж байна. Ил уурхайн хүрээ хязгаарыг дараах үндсэн гурван нөхцөлөөр тодорхойлдог.

- Эдийн засгийн нөхцөл
- Техник, технологийн нөхцөл

- Аюулгүй байдлын нөхцөл



Зураг 1. Ил уурхайн одоогийн байдал

Өнөөгийн уул уурхай өндөр хөгжсөн дэлхийн улс орнуудад ил уурхайн хүрээ, хязгаарыг тогтоох, оновчлоход компьютерийн технологид тулгуурласан уул техникийн болон эдийн засгийн олон нийлмэл хүчин зүйлийг тусгасан эдийн засгийн блок моделийн (Economic block model) аргыг өргөн ашиглаж байна. Үүнээс хамгийн өргөн ашиглагддаг арга нь хөвөгч конусын арга (Floating cone technique) болон Лерч-Гроссманы 2D, 3D алгоритм (Lerchs-Grossman 2-D, 3-D algorithm) юм. Дээрх аргачлалуудаар хийгдэх ил уурхайн хүрээ хязгаарын оновчлолын онолын тухай доор дурьдав.

Хүдрийн ордод ил уурхайн оновчлол хийхэд олон хүчин зүйл бүхий нийлмэл төвөгтэй нөхцлөөс хамгийн их ашиг, хамгийн бага зардал бүхий хувилбарыг тогтоодог. Хүдрийн ордод ил уурхайн оновчлол хийхэд хүдрийн нэг блокийг борлуулах үнэ, блокийг олборлох өртөг тодорхойлогдсон байх шаардлагатай.

Уг эрдэм шинжилгээний өгүүллийн ажлын хүрээнд Чандмань-Уулын төмөр (зэс, алт) -ийн хүдрийн ордын хүрээ хязгаарыг Лерчс-Гроссманы 3D алгоритм ашиглан тодорхойлно. Тус аргачлалыг 1965 онд Лерч болон Гроссмэн нар боловсруулж “Ил уурхайн оновчтой зохиомж (Optimal design of open pit mining) гэсэн нэртэй ил уурхайн оновчлолын аргачлалыг хэвлүүлсэн байна. Тус арга нь геологийн блок моделийг эдийн засгийн блок модель руу шилжүүлж, нэгж блок тус бүрийн үнэ

цэнийг тооцож, зардлаа даан, олборлох боломжтой блокуудын холбоосоор уурхайн хүрээг үүсгэдэг байна.



Зураг 2. Хүдрийн биетийн геометр хэлбэр



Зураг 3. Уурхайн ажлын бус хажуугийн өнцгийг тооцсон эдийн засгийн блок модель

СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Эдийн засгийн шалгуур нөхцөл: Онолын бүлэгт дурдсанчлан нэгдүгээрт уурхайн хүрээ хязгаарыг эдийн засгийн шалгуур нөхцөлөөр Лерчс-Гроссмэнийн алгоритмыг ашиглан тодорхойллоо. Эдийн засгийн шалгуур үзүүлэлтэд бүтээгдэхүүний үнийг дэлхийн зах зээлийн сүүлийн 5-10 жилийн дундаж үнийг, АМГТГ-аас зарласан үнэтэй харьцуулж тодорхойллоо. Хөрс хуулалт болоод хүдэр олборлолт, болон холбогдох зардлуудыг ижил төстэй уурхайн жишгээр авч тооцлоо. Геологийн блок моделийг эдийн засгийн модель руу шилжүүлэхдээ, хүдрийн биетийн анхдагч болон исэлдсэн эсэхээс хамааруулж баяжуулах технологи (хуурай болон нойтон араар), металл авалт, гарах баяжмалын агуулгаас хамааруулж нэгж блок бүрээс олох орлогыг тооцож, хүрээ хязгаарын оновчлолд ашиглалаа.

ХҮСНЭГТ 1. ИЛ УУРХАЙН ОНОВЧЛОЛЫН ЭДИЙН ЗАСГИЙН ПАРАМЕТРУУД

№	Шалгуур үзүүлэлт	Нэгж	Утга
1	65%-ийн агуулгатай төмрийн баяжмал	\$/т	120
2	55%-ийн агуулгатай төмрийн баяжмал	\$/т	92
3	Алт	\$/унц	1970
4	Зэс	\$/т	9685
5	Хөрс хуулалтын зардал	\$/т	1.65
6	Олборлолтын зардал	\$/т	1.8
7	Уурхайн гүнзгийрэлтийн	\$/т	0.012

	тээврийн зардлын нэмэгдэлт		
8	ХБҮ-ийн зардал	\$/т	1.3
9	НБҮ-ийн зардал	\$/т	9
10	Удирдлагын зардал	\$/т	1.2
11	Баяжмал тээврийн зардал	\$/т	23
2	Дискаунтын түвшин	%	10

Уулын ажил эрчимжиж, ил уурхай гүнзгийрэх хирээр тээврийн зай уртсаж, уул техникийн нөхцөл хүндрэх хандлагатай байдаг. Иймд уурхайн гүнзгийрэлттэй зэрэгцэн олборлолтын болон хөрс хуулалтын зардал тодорхой хэмжээгээр өсдөг. Иймд ижил төстэй ордуудтай харьцуулан Чандмань-Уулын уурхайн түвшин доошлох зардлыг дараах байдлаар илэрхийллээ.

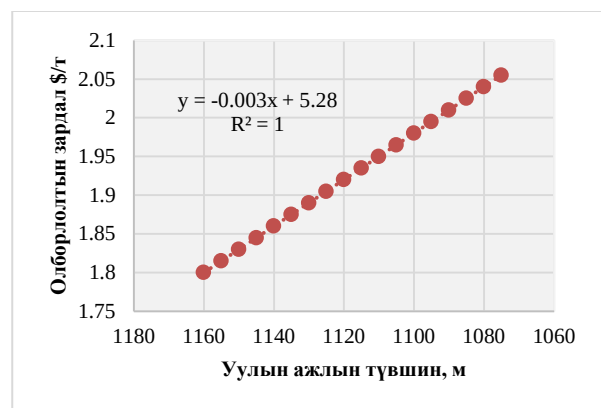


График 1. Уулын ажлын түвшинөөс хамаарсан олборлолтын зардал

Оновчлолын тооцоогоор ордын үндсэн хувилбарт 81 ш уурхайн хүрээний хувилбар үүссэн байна. Уурхайн оновчлолын хувилбаруудын хувьд хүдрийн биетийн тогтоц салаалсан, байдлаас хамааран уурхайн гүн нэмэгдэхтэй зэрэгцэн хөрс хуулалтын коэффициент огцом өсөж, өнөөгийн цэвэр үнэ цэнэ буурч байна.

Уурхайн хүрээний хувилбаруудын графикаас харахад 16-23 хувилбаруудад мөнгөн урсгал хамгийн өндөр байна. Иймд оновчлолын тооцоолол, бүтээгдэхүүний үнийн эрсдэл, олборлолтод өртөх хамгийн их хүдрийн хэмжээ, мөнгөн урсгалын шинжилгээний үр дүн зэрэгт тулгуурлан уурхайн эцсийн хүрээ хязгаараар 16-р хүрээний хувилбарыг (Revenue factor=76%) сонголоо.

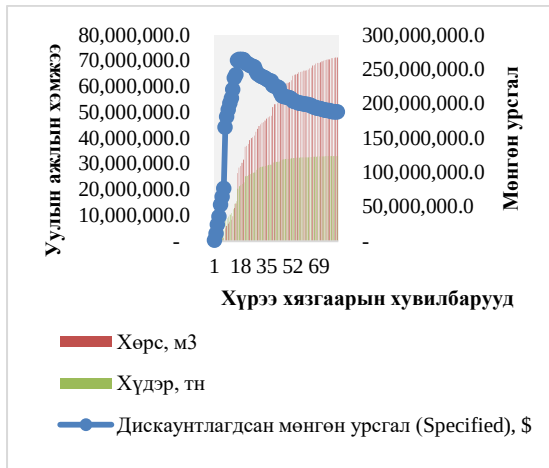


График 2. Ил уурхайн оновчлолын хувилбаруудад хамаарах мөнгөн урсгалын шинжилгээ

Техник, технологийн шалгуур нөхцөл: Ордын геологийн тогтоц, хөрсний чулуулгийн физик-механикийн шинж чанар, тоног төхөөрөмжийн техникийн үзүүлэлт зэргийг харгалзан ил аргаар, экскаватор-автосамосвалын хослол бүхий тээвэртэй, гадаад овоолготой ашиглалтын системээр ашиглана. Уурхайд ашиглагдах тоног төхөөрөмж, тэдгээрийн аюулгүйн зай, ажиллах доголын өндөр зэргээс хамааруулан ил уурхайн төсөл зохиомжийг дараах байдлаар загварчиллаа.

ХҮСНЭГТ 2. ИЛ УУРХАЙН ЭЛЕМЕНТУУД

№	Ашиглалтын технологийн элементүүд	Хэмжих нэгж	Параметрууд
1	Хөрс, хүдрийн ажлын доголудын өндөр	м	4
2	Хөрс, хүдрийн тэсэлгээний доголын өндөр	м	14 (7)
3	Эцсийн байрлал дахь доголудын өндөр	м	14
4	Уурхайн хажуугийн өнцөг	өнцөг	42 - 46
5	Ажлын бус доголын хажуугийн өнцөг	өнцөг	62
6	Ажлын доголын хажуугийн өнцөг	өнцөг	70
7	Аюулгүйн зурвасын өргөн	м	5
8	Экскаваторын орлын өргөн	м	18-20
9	Ажлын талбайн хамгийн бага өргөн	м	50-60
10	Хүдрийн хаягдал	%	3.0

Ашиглалтын хугацаанд нийт 37.5 сая.м3 хөрс хуулж хөрсний гадаад овоолгод байршуулна. Салхины чиглэл, газрын гадаргын хэлбэржилт зэргийг харгалзан үзэж ашиглалтын тусгай зөвшөөрлийн зүүн урд хэсэгт, ил уурхайгаас 450 м зайд байгуулахаар төлөвлөв.

Овоолгын үндсэн хэмжээс, загвар: Чулуулгийн тогтворжилт, уурхайн нөхөн сэргээлтийн бодлогоос хамааруулж овоолгын 3-4 ярустай, 1 ярусын өндөр

дунджаар 20 м байна. Доголын хажуугийн өнцгийг 34 градус байхаар төлөвлөсөн.



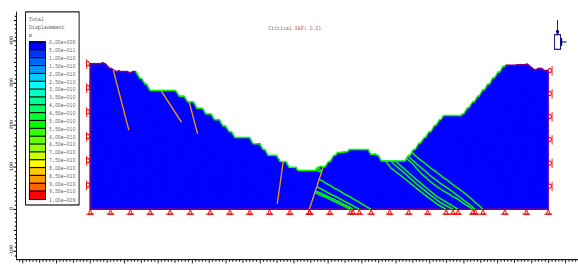
Зураг 4. Ил уурхайн төсөл зохиомж

Аюулгүй байдлын нөхцөл шалгуур нөхцөл: Уурхайн ажлын бус хажуугийн тогтворжилтыг үнэлэхдээ уурхайн нийт 6 хөндлөн зүсэлтийг төлөөлөл болгон хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээнүүдийг хийсэн болно.

Уурхайн ажлын бус хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээг Төгсгөлөг элементийн аргаар Фэйс (Phase2) хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээ хийдэг программ хангамжийг ашиглан газар хөдлөлийн чичирхийллийн нөлөөлөл, гүний усны нөлөөлөл, тектоник хагарал, уулын даралт зэргийг харгалзан үзэж гүйцэтгэсэн.

ХҮСНЭГТ 1. ЧУЛУУЛГИЙН ФИЗИК МЕХАНИКИЙН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ДҮН

Үзүүлэлт	Х.н	Хөр с	Хүдэр
Өрөмдлөгийн хүндрэлийн харьцангуй үзүүлэлт	-	9.9	16.3
Чулуулгийн шахалтын бат бэхийн хязгаар	МПа	95	162.5
Чулуулгийн шилжрэлтийн бат бэхийн хязгаар	МПа	18.5	35.6
Чулуулгийн суналтын бат бэхийн хязгаар	МПа	21.2	15.2
Чулуулгийн нягт	тн/м3	2.85	3.598
Хүндийн хүчний хурдатгал	м/с2	9.8	9.8
Бутлагдлын хүндрэлийн үзүүлэлт	-	7.1	11.4
Чулуулгийн ан цавшлын нөлөөллийг тооцох коэффициент	0.95-1	0.85	0.9
Тэсрэх бодисын жишиг хувийн зарцуулалт	г/м3	65.1	99.4
Экскавацлах хүндрэлийн харьцангуй үзүүлэлт		0.96	1.84
Бутлагдсан чулуулгийн дундаж хэмжээ	м	0.22	0.22
Чулуулгийн сийрэгжилтийн коэффициент		1.25	1.25
Тээвэрлэлтийн хүндрэлийн харьцангуй үзүүлэлт		3.3	6
Чулуулгийн чийгшилт		0.09	0.09
Чулуулаг дахь шаварлаг хэсгийн агуулга		0.01	0.01
Чулуулгийн бат бэхийн коэффициент		8.79	12.8
Дотоод үрэлтийн өнцөг	град	32	34



Зураг 4.9 I-I хөндлөн зүсэлтийн ажлын бус хажуугийн
тогтворжилтын шинжилгээний үр дүн

ДҮГНЭЛТ

Ил уурхайн хүрээ хязгаарын оновчлолын тооцоогоор 65%-ийн агуулгатай төмрийн баяжмал 120 \$/т, 55%-ийн агуулгатай төмрийн баяжмал 92 \$/т, Алт 1970 \$/унц, Зэс 9685 \$/т байхад 30.4 сая.м³ хөрс хуулж, 22.2 сая.тн хүдэр олборлох хэмжээний дунджаар 200 м гүнтэй уурхай үүсгэх нь эдийн засгийн хувьд хамгийн үр ашигтай хувилбар болох нь харагдаж байна.

Эдийн засгийн үзүүлэлтээр үүсгэсэн хүрээ хязгаарыг техник, технологийн боломжид тулгуурлан хаалын доголын өндрийг 14м, аюулгүйн тавцангийн өргөнийг 5 м-ээр, ажлын бус хажуугийн доголын өнцгийг 60° байхаар төсөл зохиомжид тусгаж, ил уурхайг загварчиллаа.

Тус загварчилсан ил уурхайн хүрээ хязгааруудад Phase2 программ ашиглаж тогтворжилт аюулгүй байдлын шалгуурыг төгсгөлөг элэментийн аргыг ашиглан судалгаа хийсэн. Чулуулгийн геотехник болон геомеханикийн үзүүлэлтүүд, бүс нутгийн газар хөдлөлийн чичирхийлэл, уулын даралт, хагарал зэргийг харгалзан үзэж, уурхайн геометр хэмжээсүүд дээр 2 хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээ хийсэн. Уг шинжилгээгээр аюулгүй байдлын коэффициент 1.3 байгаа нь уурхайд үүсэх геотехникийн эрсдэл бага байгааг харуулж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Бямба-Оюу Ж., Цэдэндорж С. Уул уурхайн үйлдвэрлэлийн техник-эдийн засгийн шинжилгээ. “Арвай принт” хэвлэл, УБ, 2009 он
- [2] Цэдэндорж С., Пүрэв Л., Лайхансүрэн Б., нар. Инженерийн лавлах-5, ил уурхайн технологи. “Арвай принт” хэвлэл, 4дэх хэвлэл, УБ, 2011 он
- [3] Ц. Ариунжаргал, Б.Ганзориг ба бусад Тэсэлгээгээр үүсэх чичирхийллийн үйлчлэл уурхайн хажуугийн тогтворжилт, барилга байгууламжид нөлөөлөх судалгаа Төсөл, судалгааны ажлын тайлан. 2017 он.
- [4] Lerchs H., Grossman L. Optimum design of open pit mines, Trans CIM. 1965
- [5] Даваасамбуу Д., Даваацэрэн Г., Пүрэв Я. Ашигт малтмалын ордын санхүү-эдийн засгийн үнэлгээ. Эрдэнэт-УБ, 2003

НАРИЙН СУХАЙТЫН НҮҮРСНИЙ УУРХАЙН ТӨВ ХЭСГИЙН ГЕОТЕХНИКИЙН ҮНЭЛГЭЭ

Б.Анхбаяр¹

¹ШУТИС, ГУУС, Уурхайн технологийн салбарын магистрант,
“Монголын Алт” (МАК) ХХК
E-mail: ¹ Ankhubayarb@mak.mn

Хураангуй - Нарийн сухайтын уурхайн хувьд одоо гүн нь хамгийн гүндээ 120 м орчим болж байна. Арын хана болон урд хананы чулуулгийн тогтоц, бүтэц нь өөр, арын хананаас нуралт, гүлсалт өгч эхэлсэн, цаашид өмнөх ТЭЗҮ-гээр ил уурхайгаар 300 м хүртэл гүнзгийрэх төлөвлөгөөтэй байгаа тул хэрхэн эдийн засгийн хувьд ашигтай, аюулгүй ил уурхайгаар ашиглах боломжтой эцсийн хүрээ, хязгаарыг геотехник (гидрогеологи) талаас судалж тогтоох нь чухал болоод байна. Мөн уурхайн шүүрлийн ус жилээс жилд нэмэгдэж байгаа бөгөөд ялангуяа арын хананаас ундрах усны хэмжээ нь нэмэгдэж хананы тогтвортой байдалд сөрөг нөлөө үзүүлж байгаа тул цаашид шүүрлийн усыг хэрхэн урьдчилан зайлуулах, уурхайн мөргөцөг болон арын хананыг хэрхэн хуурай болгож ажиллах зэрэг тулгамдсан асуудлууд үүсээд байгаа билээ. Уурхайн геотехникийн ажлыг хийж гүйцэтгэснээр өнөөгийн уурхайн геотехникийн нөхцөл байдалд үнэлэлт, дүгнэлт өгч цаашид уурхайн ашиглалтыг геотехникийн нөхцөл шаардлагад нийцүүлэн хэрхэн үр ашигтай, аюулгүй удирдан зохион байгуулах талаар чиглэл өгөх зорилготой болно. Ирээдүйд үүсэж болох асуудлыг (уурхайн хананы нуралт, гүлсалт г.м) урьдчилан харж анхааруулан түүнээс эрсдэл багатай, бага зардлаар урьдчилан сэргийлж ажиллах нь геотехникийн судалгааны ажлын гол зорилго болно.

Түлхүүр үг: налуу, шинжилгээ, туршилт, дээж

УДИРТГАЛ

Энэхүү геотехникийн судалгааны ажлыг хийснээр гарсан үр дүнг дараа дараагийн уурхайн шинэчлэн хийх ТЭЗҮ-нд ашиглах бөгөөд тооцооны параметруудад шалгалт хийх, ил уурхайн үйл ажиллагааны аюулгүй, хамгийн боломжит хувилбарыг тодорхойлох зорилготой.

Герман улсын DMT GmbH&Co KG компанитай “Монголын Алт” (МАК) ХХК нь гэрээ байгуулан Өмнөговь аймгийн Гурван тэс сумын нутагт орших Нарийн Сухайтын нүүрсний уурхайд геотехникийн судалгааны ажлыг хийлгэсэн бөгөөд уг судалгааны ажил нь дараах үе шатуудын дагуу хийгдсэн. Үүнд:

Үе шат	Агуулга
1	Анхан шатны өгөгдөл, мэдээллийн анализ хийх, газар дээр нь геотехникийн өрөмдлөгийн ажлын бэлтгэлийг хийх, шаардагдах геотехникийн болон геофизикийн туршилт, тандалт судалгааг хийх
2	Стандарт үйл ажиллагаа процедурын (standard operating procedures-SOP) хөгжүүлэлтийн дараах ажлууд хийгдсэн. Үүнд: - Геотехникийн өрөмдлөг - Геотехникийн керний судалгааг (каротаж) газар дээр нь ажилтнуудаар хийлгэх - Гадаргуун зураглал (face mapping) - Дээж сорьц авах
3	Геотехникийн өрөмдлөгийн болон геотехникийн керний судалгааны (каротаж) ажлын Чанарын баталгаа болон Чанарын удирдлага нь DMT-ын геотехникийн 2 экспертний газар дээр нь 2 удаа ирж ажилласан ажлаар хангагдана.
4	Керний судалгааны (каротаж) ажлаас гарсан үр дүнд үнэлгээ хийх, геотехникийн туршилт болон геофизикийн тандалт судалгаа хийх. Үр дүнгээр

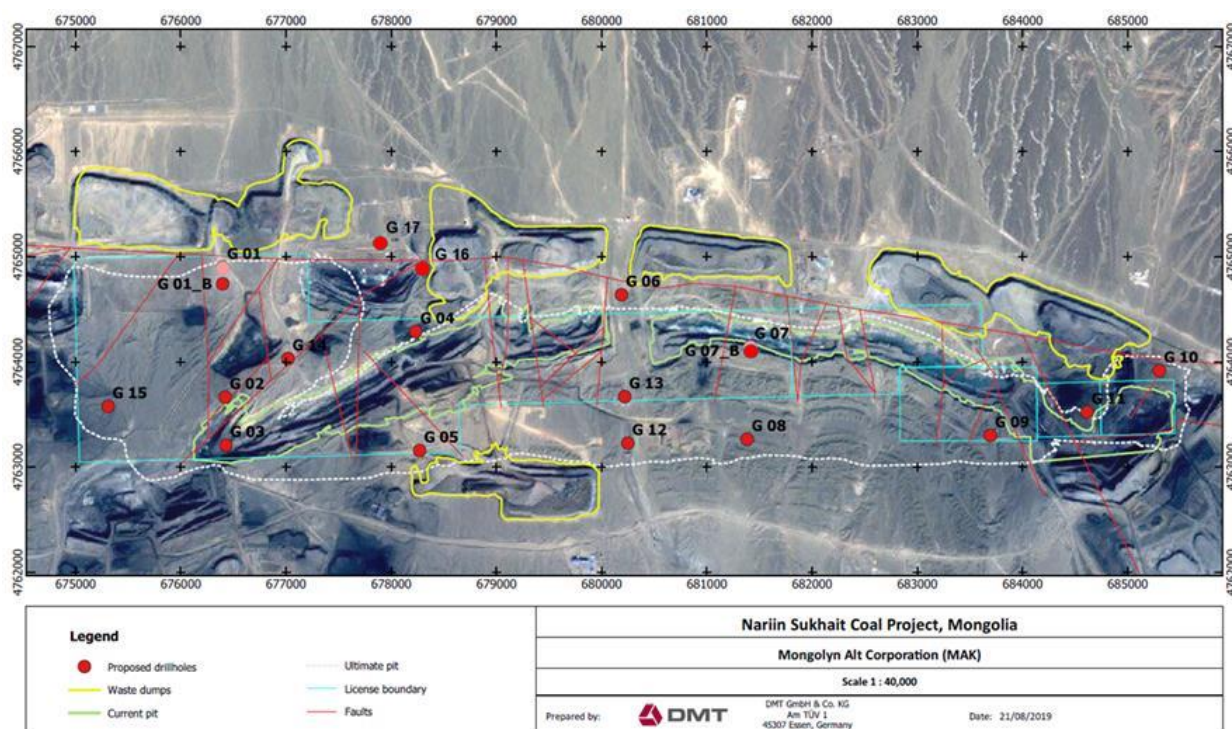
	дата өгөгдлийн санг байгуулах
5	Налуугийн тогтворжилтын анализ, дүн шинжилгээний тооцоолол нь дараах ажлуудад хэрэглэгдэнэ. Үүнд: - Аюулгүй үйл ажиллагааны доголын /berm/ өнцгийг тодорхойлох - Уурхайг ижил хэв шинжтэй бүсүүдэд хуваах - Цаашид хийх алхамуудын талаарх зөвлөмж гаргах

1. Хийгдсэн ажлууд

1.1. Уурхай дээр ажиллах

Анхан шатны бичиг баримтуудыг хүргүүлж нягталж шалгасны дараа, 2019 оны 4-р сард DMT-ээс 3 эксперт (геотехникийн, загварчлал моделийн, уулын мэргэжлийн) уурхай дээр ирж ажиллан геологийн, геотехникийн болон уулын нөхцөл байдлын газар дээрх үнэлгээг хийж, уурхайн ИТА нараас тодорхой мэдээлэл өгсөн. Уурхай дээр ажиллах үедээ хөрш зэргэлдээ бусад компаниудын карьерууд, хөрсний овоолгуудын хэсгийг шалгасан. Уурхайн геологичоор ордын геологийн нөхцөлийг тодорхойлуулсан. Мөн карьерын налуугийн өнцгийн геотехникийн нөхцөл байдал, доголын өргөн, нуралтын хэсгүүдэд ажиглалт хийж, энэ талаар уулын инженерүүдтэй ярилцаж хэлэлцсэн.

Эцэст нь шаардлагатай туршилтыг бэлтгэх талаар геомеханикийн лабораторитой танилцсан. DMT компаниас уурхай дээр ирж ажилласан нь геотехникийн өрөмдлөг, туршилтын ажил болон карьерын налуугийн геотехникийн загварчлалын дараагийн төлөвлөгөөг боловсруулах үндэс нь болсон.



Зураг 1. Өрөмдсөн геотехникийн цооногуудын байршил

ХҮСНЭГТ 1. ӨРӨМДСӨН ЦООНОГУУДЫН
МЭДЭЭЛЭЛ

№	Цооног -ийн дугаар	X	Y	Азимут	Налуу (өнцөг)	Цооног -ийн гүн
1	G 01	676405.6	4764900	0	-90	450
2	G 02	676422.1	4763665	0	-90	450
3	G 03	676427.7	4763209	360	-85	300
4	G 04	678233.8	4764288	0	-90	300
5	G 05	678269.6	4763157	0	-90	750
6	G 06	680193.5	4764631	360	-60	400
7	G 07	681410.5	4764106	360	-60	400
8	G 08	681383.8	4763265	0	-90	508
9	G 09	683695.4	4763300	360	-85	500
10	G 10	685301.4	4763915	360	-85	400
11	G 11	684614.3	4763522	0	-90	150
12	G 12	680249.7	4763226	360	-85	494
13	G 13	680219.4	4763670	0	-90	500
14	G 14	677019	4764031	0	-90	410
15	G 15	675307.9	4763576	0	-90	350
16	G 16	678295.3	4764908	360	-75	350
17	G 17	677914.8	4765117	360	-85	350
Нийт						7062



Зураг 2. Геотехникийн цооногийг өрөмдөж байгаа байдал

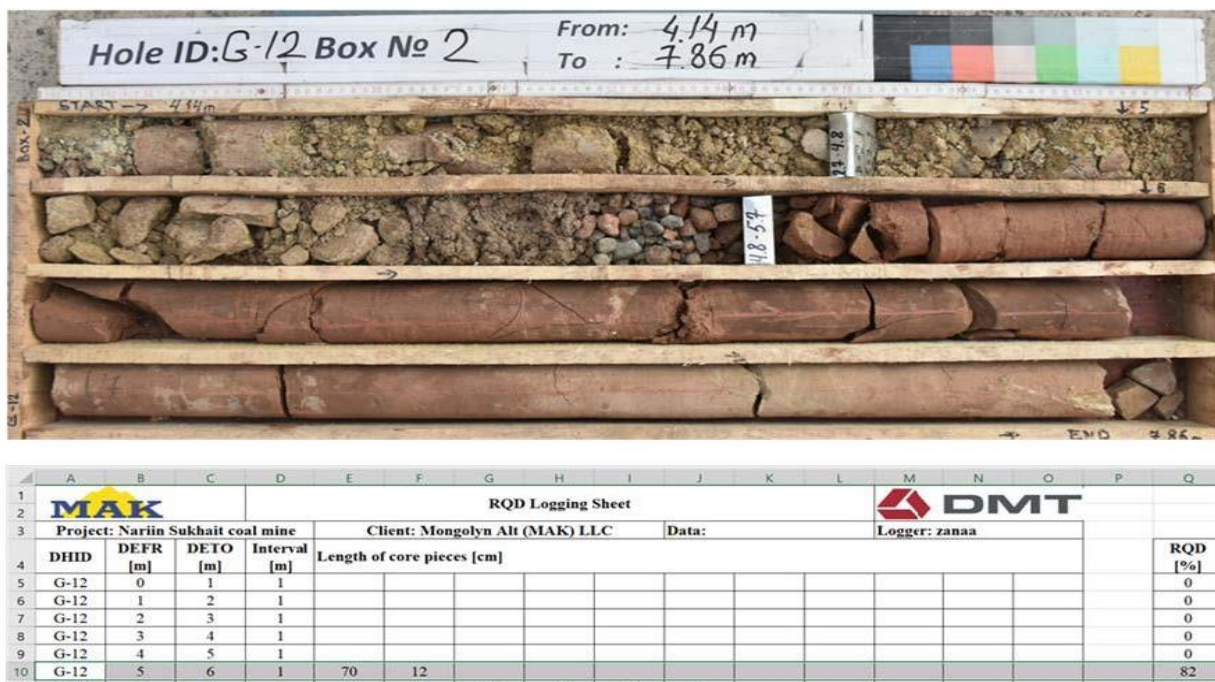
1.2. Геотехникийн шинжилгээний ажлын загварчлал

Энэхүү судалгааны эхний шатанд Нарийн Сухайтын нүүрсний уурхайн геотехникийн шинжилгээний ажлыг хийсэн болно. Тусгай хөтөлбөрт геотехникийн өрөмдлөгийн техникийн үзүүлэлтүүд болон санал болгож буй байршил, түүнчлэн геофизикийн болон гидравлик цооногийн туршилт хийх нэмэлт зөвлөмжүүд багтсан болно.

Цаашид шинжилгээ судалгааны ажилд геотехникийн керн-каротажийн ажлыг гүйцэтгэх болон болон хөрс, чулуулгийн механик туршилтуудыг хийхээр төлөвлөж байна. Шаардлагатай дээж, сорьц авах процедур болон лабораторийн туршилтууд нь хамгийн сүүлийн үеийн олон улсын стандартын дагуу DMT-ээс нарийвчлан тодорхойлсон. Эцэст нь МАК

компанийн ажилчдыг геотехникийн керний каротаж

хийх болон дээж, сорьц авахад сургасан.



Зураг 3. Геотехникийн дээжийн бичиглэл хийж байгаа байдал

1.3. Геотехникийн туршилт болон керн каротаж

Геотехникийн чулуулгийн массын параметруудыг тодорхойлохын тулд 2 өөр төрлийн судалгаа, шинжилгээг санал болгож хийсэн. Загварчлалын дараагийн ажилд шаардагдах чулуулгийн механик параметруудыг тодорхойлохын тулд дараах анхны багц туршилтыг хийсэн болно. Үүнд:

- Нэг тэнхлэгт шахалтын туршилт /Uniaxial compression test (UCS)/-Шахалтын хүч, Уян хатан байдлын Юнгийн модуль /Young modulus /, Пойссоны коэффициент/ Poisson ratio /
- Гурван тэнхлэгт шахалтын туршилт /Triaxial compression test (TCS)/-Нягт, дотоод үрэлтийн өнцөг
- Бразил туршилт / Brazilian test (BZ) /-Суналтын хүч
- Тасдагч хавтан дээр шууд тайрах туршилт-Direct shear test (DS) on separation planes - Нягт авцалдаа, холбоос дээрх эсвэл чулуулгийн давхарга дахь дотоод үрэлтийн өнцөг

Хоёр дахь судалгааны ажил нь уулын ажилд өртөх янз бүрийн чулуулгийн массын инженер-геологийн бүтцийг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй тодорхойлоход чиглэв. Энэ нь одоо байгаа холбогдсон системийн анализын үр дүнд хүрэх ба холбогдсон тоо /joint number/, чиглэл /joint direction/, унал /dip/, холбогдсон жигд бус байдал /joint roughness/ гэх мэт параметруудээр тодорхойлогдоно. DMT төлөвлөгөөг нь боловсруулж, МАК компанийн ажилчид гүйцэтгэсэн геотехникийн керн-каротажийн

судалгаанаас тодорхой параметруудийг авсан болно.

Геотехникийн туршилт, шинжилгээг МАК компанийн охин компани болох “Трү Ти Ар Си” ХХК-ийн лабораторид хийж гүйцэтгэсэн. Тус лаборатори нь Итали улсын CONTROLS фирмийн хамгийн сүүлийн үеийн Геотехникийн лабораторийн тоног төхөөрөмжийг суурилуулан 2021 онд итгэмжлэгдэн, геотехникийн дараах туршилт шинжилгээг гүйцэтгэж байна. Үүнд:

- 1 цэгийн шахалтын бат бэх
- 3 цэгийн шахалтын бат бэх
- Чулуулгийн шилжээсийн эсэргүүцэл
- Хөрсний шилжээсийн эсэргүүцэл
- Гулзайлтын эсэргүүцэл г.м



Зураг 4. Хөрс болон чулуулгийн шилжээсийн эсэргүүцэл тодорхойлох багаж



Зураг 5. Чулуулгийн суналт, нэг болон гурван тэнхлэгийн
шалгалтын бат бэх тодорхойлох багаж

1.4. Геофизикийн тандалт судалгаа

Хэд хэдэн геофизикийн цооногийн хэмжилтүүдийг санал болгон авч хэрэгжүүлсэн.

- Acoustic log/ Акустик керн-каротаж
- Natural Gamma Ray log/ Байгалийн гамма туяаны керн-каротаж
- Density log/ Нягтралын керн-каротаж
- Caliper log/ Калипрын керн-каротаж
- Full Wave Sonic log/ Бүтэн дуу долгионы керн-каротаж
- Deviation log / Гажилтын керн-каротаж

Эдгээр хэмжилтийг чулуулгийн массын бүтэц, түүнчлэн ордын homogeneity буюу ижил төрлийн байдал, литологи буюу чулууны физик шинж чанарын талаар нэмэлт мэдээлэл өгөх зорилгоор хийсэн.

1.5. Геотехникийн өрөмдлөг, керн-каротажийн ажлын Чанарын баталгаа/Чанарын удирдлага

Төслийн 2-р үе шат нь төлөвлөсөн тандалт туршилтын ажлыг хэрэгжүүлэх замаар газар дээрээс нь мэдээлэл цуглуулахад чиглэсэн. Энэ үе шатны чухал алхам бол тусгайлан загварчилсан стандарт үйл ажиллагааны процедур (standard operating procedures-SOP)-ын дагуу МАК компанийн ажилчдыг геотехникийн керн-каротажийн ажил болон дээж сорьц авахад сургасан. Дараагийн бүх ажлуудыг геотехникийн өрөмдлөг, геофизикийн цооногийн хэмжилт, лабораторийн туршилтаар олж авсан үр дүнгийн чанарын хяналтад чиглүүлэв. Тандалт судалгааны ажлын үр дүнд тогтвортой байдлын дараагийн тооцоололд тохирсон мэдээллийн санг бий болгосон.

1.6. Өрөмдлөгийн ажлын гүйцэтгэл

Ил уурхайн талбайг төлөөлөх нийт 17 ш геотехникийн цооног өрөмдсөн. Бүх өрөмдлөгийн цооногуудыг алмаазан хошуутай өрмөөр өрөмдөж, нүүрсний давхаргуудыг бүрэн нэвтэрч, дотор нь хэд хэдэн геофизикийн хэмжилт хийсэн. DMT-ын

мэргэжилтнүүдийн сургалтад хамрагдсаны дараа МАК компанийн ажилчид өрмийн цооногуудын литологи /чулуулгийн физик шинж чанар/, геотехникийн керний каротажуудыг гүйцэтгэсэн. Газар дээр нь цуглуулсан дата мэдээллүүдийг DMT рүү илгээсэн ба энэ нь шалгагдаж хянагдсаны дараа дата мэдээлэл цуглуулах процессыг сайжруулах, боловсруулж бэлтгэх талаар зөвлөмжийг гаргаж ажиллаж байсан. Керний каротажийн ажлыг гүйцэтгэсний дараа өрөмдлөгийн дээж сорьцуудыг авч геомеханикийн туршилтыг МАК компанийн лаборатори болох Технологийн судалгааны лаборатори /True Technology Research Centre (TTRC LLC) laboratories/-т хийсэн. Туршилтын зорилго нь дараагийн тогтвортой байдлын шинжилгээнд ил уурхайн аюулгүйн налууг тодорхойлох геомеханик болон бүтэц-геологийг төлөөлөх үзүүлэлтүүдийг олж авах юм.

1.7. Үр дүнгийн үнэлгээ, мэдээллийн сантай болох

DMT нь хүлээн авсан бүх дата мэдээллийг шалгасан бөгөөд тодорхой бус зүйлс гарах бүрт МАК-ийн хариуцсан ажилчидтай зөвлөлдөж ажилласан. Тогтворжилтын тооцоо хийхэд шаардлагатай мэдээллийн санг бүтээхэд геотехникийн дата мэдээллийг ашигласан. Мэдээллийн санг бүтээх ажлын хүрээнд чулуулгийн массын ангиллыг хийж, чулуулгийн геотехникийн параметруудыг газар дээр нь тодорхойлсон. Үүнийг янз бүрийн налуугийн өнцөг, нүүрсний биетийн гулсалтын хавтан /potential sliding planes/-ын эсрэг шинж чанарынх нь хувьд хийсэн.

Чулуулгийн массын ангилал

Геотехникийн керн-каротажийн ажлын үр дүнд дараагийн дата анализ болон чулуулгийн массын ангилал хийх ажлуудын суурь тавигдсан. Өрөмдлөгийн керн-каротажийн онцлог шинж чанар, бичигдэж үлдсэн тасалдлын багц /recorded discontinuity sets/ зэргийг “Bienawski Rock Mass Rating (RMR)”-системээр үнэлэв. RMR системийн дагуу тоон утгууд нь чулуулаг ба чулуулгийн массын өөр өөр шинж чанаруудтай холбоотой байдаг. (чулуулгийн бүрэн бүтэн байдал, бат бөх байдал, RQD, цуурлын ан цав, ан цавын хоорондын зай, газрын гүний усны нөхцөл г.м).

RMR индексүүдийг нэг бол боломжит өгөгдлөөс бүтэн метрийн интервал доторх дундаж утгаар тооцсон эсвэл литологийн хилээр хязгаарласан. Эдгээр тооцооллыг хийхдээ утгын хамаарлыг автоматжуулж, интервалд хуваах томъёог аль болох ашигласан болно. Гэхдээ зарим хэсгүүдэд гар аргаар засвар хийх шаардлагатай байсан ба жишээ нь зарим зөөлөн чулуулгийн массад холбоос /joints/ байхгүйгээс шалтгаалж өндөр зэргийн ангилал гаргасан. RMR нь тогтвортой байдлын тооцооллын дараагийн шатанд ашиглагддаг стратиграфик-

геомеханик загварчлалын үе давхаргын параметржүүлэлтэд ашиглагдсан.

Бүтэц структурын дата мэдээлэл

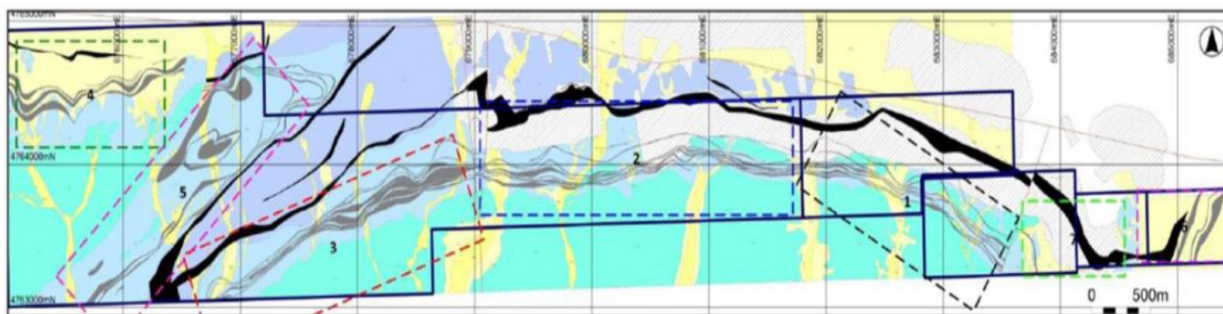
Бүтэц-структурын тайлбарыг хийхийн тулд геотехникийн үндсэн каротаж, акустик цооногийн бичиглэлийн өгөгдлүүдийн аль алиныг нь ашигласан. Хоёр өгөгдлийн багцын харьцуулалтаас харахад өрмийн керн дээр илэрсэн структур нь акустик каротаж диаграммаас их байсан. Нөгөөтэйгүүр акустик scanning нь чулуулгийн масс дахь бусад структур ба үе холбоосын /joints/ жинхэнэ чиг баримжааны /orientation/ талаар дүгнэлт гаргах боломжийг олгосон. Керний баримжаалсан дээжийг авах боломжгүй (жишээлбэл, босоо цооногоос) нөхцөлд өрмийн керний бүтэц-структурын жинхэнэ чиг баримжааг /orientation/ олж авах боломжгүй. Геотехникийн каротажаар бүртгэгдсэн тасалдлын өгөгдлийг /discontinuity data/ харагдахуйцаас жинхэнэ уналт ба уналтын чиглэл рүү шилжүүлсэн. Энэ зорилгоор Rocscience DIPS программ хангамжийг ашигласан. Цооногийн дундаж чиг баримжаа, ёроолын шугам, альфа ба бета өнцгүүдэд үндэслэн өөр өөр бүтэц-

структурын жинхэнэ чиг баримжааг /orientation/ тодорхойлсон. Эдгээр өгөгдлүүдийг стереографийн проекцид /stereographic projections/ оруулж, төрлөөр нь ангилсан.

1.8. Уурхайг геотехникийн хувьд homogeneous буюу ижил төрлийн секторуудад хуваах нь

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд ил уурхайн талбайг төрөл бүрийн homogeneous буюу нэгэн ижил төрлийн газар/домэйн болгон хуваах ажлыг анх удаа хийсэн. Эдгээр нэг төрлийн homogeneous талбайнууд нь өөрсдийн үндсэн тектоник нөхцөл, структур-бүтцийн нөхцөл, ил уурхайн хананы холбогдох чиг баримжаагаар /orientation/ тодорхойлогддог.

Энэ хуваагдал нь том хэмжээний үндсэн структур-бүтцэд тулгуурласан. Иймд уурхайн хувьд 5 тусдаа салбар хэсгийг /domains/ тодорхойлсон. Цаашид геотехникийн хувьд бүр жижиг салбар хэсэгт /domains/ хуваах ажлыг дараагийн нарийвчилсан төлөвлөлтийн үе шатанд (жишээлбэл, техник эдийн засгийн үндэслэл) хийж болох бөгөөд энэ нь бүтцийн хувьд маш нарийн төвөгтэй юм.



Зураг 6. Уурхайн талбайг 5 хэсэг буюу homogeneous-нэгэн ижил төрлийн газар/домэйн болгон хуваасан байдал

1.9. Хил, хязгаарын нөхцөл

Налуугийн тогтворжилтын тооцооллын хил, хязгаарын нөхцөлийг тогтоохдоо дараах хүчин зүйлсийг харгалзан үзэж хийсэн. Үүнд:

- Тогтворжилтын тооцоонд шаардагдах аюулгүйн хүчин зүйлс
- Газар хөдлөлтийн бүсэд ил уурхай байрлаж байгаагаас шалтгаалсан газар хөдлөлтийн ачаалал
- Ил уурхайн налуугийн загварчлалын хамгийн их, хамгийн бага утгууд
- Газар доорх усны боломжит түвшин
- Хууль эрх зүйн болон техникийн хязгаарлалт

1.10. Тогтворжилтын тооцоо

Тогтворжилтын тооцоололд шаардлагатай бүх геотехникийн мэдээллийг (жишээ нь үндсэн холбоосны чиг баримжаа /orientation of main joint/) агуулсан 5 тодорхой domain буюу салбар хэсэг тус бүрд геологийн загварчлалыг хийсэн.

Тогтворжилтын тооцооллыг хийхдээ дараах аргуудыг ашигласан ба ингэхдээ бие даасан салангид мөргөцгүүд /individual benches/ болон налуугийн ерөнхий төлөв байдлыг харгалзан үзсэн болно. Үүнд:

- кинематик анализ /kinematic analysis/—янз бүрийн төрлийн чулуулгийн дан налуугийн /single slopes/ болзошгүй эвдрэлийн механизмыг /potential failure mechanism/ илрүүлэх
- хязгаарын тэнцвэрийн арга /limit equilibrium method/—янз бүрийн төрлийн чулуулгийн дан налуугийн /single slopes/ тогтвортой байдлыг судлах.
- тоон загварчлал—сонгосон загварчлалын налуугийн ерөнхий тогтвортой байдлыг судлах.

Эхний аргад эгзэгтэй гулсах боломжтой биетүүдийг тодорхойлохдоо аюулгүй байдлын хүчин зүйлсийг авч үзсэн. Ингэхдээ бие даасан салангид мөргөцөг /individual bench/ болон

налуугийн ерөнхий тогтвортой байдалд тохируулж авч үзсэн. Энэхүү анхны загварчлалыг өөр өөр параметруудын давталтуудын /repetitive iterations/ тусламжтай оновчтой болгосон. Тогтвортой байдлын тооцооллыг хийхдээ мэдрэмтгий байдал болон эрсдэлийн шинжилгээг ашигласан. Эдгээр нь тооцоолсон параметруудын хязгаарт хамаарна.

1.11. Уурхайн загварчлалын параметруудын тодорхойлолт

Салбар хэсэг буюу domain тус бүр дэх ил уурхайн өөр өөр налуугийн загварчлалын параметруудыг боловсруулсан. Таатай /favourable/, дунд зэрэг /moderate/, тааламжгүй /unfavourable/ гэсэн 3 хувилбарыг авч үзсэн. Эцэст нь уурхайн төлөвлөлтөд ашиглах загварчлалын параметруудын талаарх зөвлөмжийг гаргасан.

2. Гол үр дүн

2.1. Геотехникийн өрөмдлөгийн ажил

Өрөмдлөгийн цооногийг зөвхөн нөөцийн тооцоолол, агуулагч чулуулгийн тогтцын геологийн тодорхойлолтод ихэнхдээ ашигладаг. Эдгээр нь хэдийгээр чухал боловч уурхайн төлөвлөлтийн ажлын үед хангалттай байдаггүй. Иймд геотехникийн өгөгдөл, чулуулгийн массын бүтцийн механик-параметрууд зайлшгүй шаардлагатай. Тиймээс хайгуул судалгааны ажилд геотехникийн цооногууд байнга шаардагддаг.

Геотехникийн судалгаанд 17 ш цооног өрөмдсөн бөгөөд ил уурхайн ихэнх хэсгийг хамарсан. Гарсан үр дүнг ашиглаж геотехникийн өгөгдөл-мэдээллийн санг боловсруулж, ил уурхайн налуугийн тогтвортой байдлын тооцоог хийсэн.

2.2. Ажилчидыг керн каротажийн ажилд сургасан

Томоохон уул уурхайн компаниудад геотехникийн мэдлэг, туршлагатай ажилчид байх нь түгээмэл байдаг. DMT-ээс МАК-д зориулж газар дээр нь явуулсан сургалтын үр дүнд энэхүү мэдлэг чадвар бий болох үндэс суурь тавигдсан. Үүний үр дүнд, сургалтанд суусан ажилтнууд керн-каротажийн ажлыг бие даан хийх боломжтой болсон.

2.3. Геотехникийн өгөгдөл, мэдээллийн сан

Төслийн эхэн үед уурхайн ашиглалтын процессд гарч ирэх төрөл бүрийн чулуулгуудын талаар ямар ч геотехникийн тодорхой мэдээлэл байхгүй байсан. Судалгааны ажлыг явуулсны үр дүнд тогтворжилтын тооцоолол, уурхайн төлөвлөлтийн ашиглалтын хугацаа зэрэгт ашиглагдах хангалттай хэмжээний геомеханик болон бүтэц-структурын параметруудыг агуулсан системчилсэн мэдээллийн сан бий болсон.

Одоо явагдаж буй төслийн хүрээнд хэвийн бус байдал буюу anomaly тус бүрийг судлах боломжгүй.

Тиймээс цаашдаа өдөр тутмын үйл ажиллагаатай зэрэгцэн шинээр цооногийн каротаж, ажиглалт, туршилтын ажлыг явуулж мэдээллийн санг өргөтгөх шаардлагатай.

2.4. Хуримтлуулсан бодит мэдээлэлд тулгуурлан уурхайг геотехникийн ижил төрлийн /homogenous/ секторуудад хуваах

Ил уурхайн дотор ажиглагдсан ижил-төрлийн /homogenous/ талбайнуудад зориулж хэд хэдэн геотехникийн тооцооны загварчлалуудыг бэлтгэсэн. Одоо байгаа геотехникийн өгөгдөл, керн-каротаж, лабораторийн шинжилгээнд үндэслэн ил уурхайн талбайг баруун, төвийн, зүүн хэсэг гэж хуваасан. Эдгээр ижил-төрлийн /homogenous/ талбайг литологи /чулуулгийн физик шинж чанар/, геологийн бүтэц-структурын зонхилох нөхцөл байдал, JORC нөөцийн тайлангийн өөр өөр хэсгүүдтэй харгалзан уялдуулж тодорхойлсон.

Баруун хэсэг нь атираат, тектоник шахалтад орсон чулуулгийн массаар тодорхойлогдоно. Иймд энэ бүсэд хоёр загварчлал сонгосон бөгөөд нэг нь баруун хойд, нөгөө нь баруун өмнөд хэсэгт байна. Энэ 2 бүсэд тус бүрд нь 2 case (CM3 ба CM4) авч үзсэн.

Төвийн хэсгийн онцлог нь өмнө зүг рүүгээ тодорхой хэмжээний тогтмол уналын давхрагатай. Энэ хэсгийн хувьд хойд болон өмнөд бүсийн хэсгийг /a section in the North and the South/ судалсан ба ингэхдээ үе давхаргын уналын дагуух эсрэг налууг (CM1 ба CM2) тооцсон.

Зүүн хэсэг дэх карьер нь тектоникийн хувьд илүү шахагдсан, эвдрэлийн /faults/ нөлөөнд ихээхэн өртсөн байсан. Эдгээр эвдрэл нь ихэвчлэн хойд хэсэгт тохиолддог. Тиймээс энэ хэсэгт нэг нэмэлт загварчлал хийсэн (CM5). Энэ хэсгийн урд талаар МАК-ийн ил уурхайтай хөрш зэргэлдээх ил уурхай (SGS) хиллэдэг.

Тодруулбал, өрөмдлөгийн цооногуудын анализад заасны дагуу Чинхуа-МАК ил уурхай нь МАК-ийн сүүлд ашиглаж байгаа карьерын хойд хэсэг дэх бусад талбайнуудтай харьцуулагдаж байна. (карьер рүү чиглэсэн уналтай, хойд талын эвдрэл). Энэ нь ерөнхийдөө судалгааны ажлын хүрээнд хийгдсэн геологийн загварчлал болон өрмийн цооногуудын мэдээллүүд нь энэ талбайг хамарч байна гэсэн үг юм. Гэхдээ орд нь геологи, геотехникийн хувьд нарийн төвөгтэй бүтэцтэй учраас Чинхуа карьерын хойд налуу эсвэл эцсийн карьерын зүүн налуугийн зарим хэсэгт хэвийн бус байдал буюу гажиг /anomalies/ тохиолдож болохоор байна. Төлөвлөлтийн дараагийн үе шатанд ийм төрлийн талбайг олж тодорхойлох, эдгээр талбайн геотехникийн параметруудыг тодорхойлох, налуугийн тогтвортой байдлын тооцоог тус тусад нь хийх шаардлагатай.

2.5. Геотехникийн анализ

Тогтвортой байдлын тооцоог ерөнхий хоёр үе шаттайгаар хийсэн. Үүнд:

Нэгдүгээрт, дан налууугийн /single slopes/ тогтвортой байдлыг кинематик анализ ба хязгаарын тэнцвэрийн /limit equilibrium/ аргаар судлах.

Хоёрдугаарт, нийт налууугийн тогтвортой байдлыг тоон загварчлалын аргаар /numerical modelling/ судлах. Дараагийн хэсэгт эдгээр судалгааны зарим гол үр дүнг нэгтгэн харуулав.

2.5.1. Кинематик анализаас гарсан дүгнэлт

Туйл цэгийн графикаас /pole point plots/, үе давхаргын хавтан /bedding planes/ нь бүтэц-структурын зонхилох элемент болохыг харж болно.

Бусад тасалдал /discontinuities/ нь ихэвчлэн маш тогтмол бус байдлаар тохиолддог. Тиймээс хагарал /fracture / нь тийм ч тод харагддаггүй эсвэл маш олон хувилбартай байдаг. Чулуулгуудын блокууд жигд бус байдлаар үүссэн гэж таамаглаж байна. Гэсэн хэдий ч, дор хаяж үе давхаргын хавтгайг /bedding planes/ тасралтгүй гулсдаг гэж үзэж болно.

Тиймээс гулсалт нь гол төлөв үе давхаргын хавтгай /bedding plane/ дээр явагдах бөгөөд энэ нь хойд талын налууд онцгой ач холбогдолтой юм. Блокон гулсалт /Block sliding/ энд үүснэ. График дээр үечлэлийн хувьд /stratification / ортогональ хэлбэрийн хуваагдлын гадаргуу ихэвчлэн тохиолдоно. Энэ нь блокд хагарлын гадаргууг /cracks/detachment surfaces/ үүсгэж болзошгүй юм. Хажуугийн хил хязгаар нь тарсан шинжтэй байх хандлагатай боловч зарим тохиолдолд илүү тод байдаг.

Хагарлын жигд бус байдал /fracture sets/, үе давхаргын /bedding/ ноёлсон байдлаас шалтгаалж эвдрэлийн механизм буюу шаантган гулсалт нь /wedge sliding/ нь хамаарал багатай байх хандлагатай. Гэхдээ тухайн газартаа, ялангуяа зүүн эсвэл баруун карьерын хажуугийн хананы case-н хувьд чухал ач холбогдолтой.

Нуралт (Topplig) нь бусад эвдрэлийн механизмтай /failure mechanisms/ харьцуулахад хамаарал багатай. Өндөр баганан (босоо суналттай) /чулуулгийн блокууд нь шууд болон муруйлттай нуралтад илүү өртөмтгий байдаг. Гэсэн хэдий ч давхаргажилтын (stratification) улмаас ордод тодорхой хэмжээний хавтгай чулуулгийн блокууд /flat rock blocks/ байдаг гэж үзэж болно.

2.5.2. Хязгаарын тэнцвэржилтийн тооцоо

Хязгаарын тэнцвэржилтийн тооцоог (Limit equilibrium calculations) блокийн гулсалт (block sliding), шаантган гулсалтад (wedge slide) зориулж хийдэг. Дээрх үнэлгээнээс харахад, блокон гулсалт (block sliding) нь ихэнх налууугийн хувьд, ялангуяа хойд карьерын хананы хувьд хамгийн онцгой эвдрэлийн механизм / failure mechanisms / юм.

Төрөл бүрийн чулуулгийн Хязгаарын тэнцвэржилтийн тооцоолол нь аюулгүй байдлын өндөр коэффициент /хүчин зүйлстэй. Энэ нь тасалдал /discontinuities/ дээрх өндөр зэргийн холболтоос /high cohesion/ үүсэлтэй ба үүнийг лабораторид тогтоосон.

Кинематик анализаар хавтгай гулсалт /planar sliding/ үүсэх эрсдэлийг бууруулахын тулд хэвтээ дан налууг /flat single slopes/ барих шаардлагатайг харуулсан. Харин хязгаарын тэнцвэржилтийн анализ нь илүү тогтвортой налууг харуулж байна. Эгц болон хэвтээ уналтай үе давхаргууд /bedding planes/-ын хувьд аюулгүй байдлын хүчин зүйлс нь 1,4 болон 1,1 /газар хөдлөлтийн/-с хамаагүй илүү байна. 1,4 ба 1,1-нь тус тусдаа 65°-ын нүүрний өнцөгтэй, 12м-ын өндөртэй дан налуу буюу мөргөцөг (bench) байна.

2.5.3. Тоон загварчлал

Лабораторид шалгасан анхны болон үлдэгдэл залгааны холбоостой /residual cohesion of the joint/ хамгийн сайн кэйсийн хувьд дараах анхны загварчлалын параметруудтэй налуу нь тогтвортой байна. Анхны загварчлалын параметрууд: мөргөцгийн өндөр /bench height/-12м, бермын өргөн /berm width/-8м, дан налууугийн өнцөг (single slope angle)–65 градус, ил уурхайн карьерын гүн 300 м орчим. Энэ нь цахилгаан статик болон газар хөдлөлтийн case-д хүчинтэй байна.

Үлдэгдэл холбоосыг /residual cohesion/ тэг хүртэл багасгахыг илүү бодит байна гэж үзсэн бөгөөд аюулгүй байдлын талаасаа баталгаатай байлгахын тулд CM 3 ба CM 5-н нийт налууугийн өнцгийг багасгах ёстой юм. Кинематик анализын үр дүнд үндэслэж хоёр кэйс дахь дан налууугийн өнцгийг (single slope angle) багасгасан.

Эдгээр бүх тооцооллыг хуурай нөхцөлд зориулж хийсэн. Энэ тохиолдолд налууд ус байх ба энэ нь тогтворжилтын чанарыг ихээхэн бууруулна. Налууд усны даралт үүсэхээс урьдчилан сэргийлж зохих арга хэмжээг авах шаардлагатай /жишээ нь усгүйжүүлэх арга/. Хэрэв зайлшгүй шаардлагатай болбол газрын доорх усны нөхцөл байдлын талаар нэмэлт судалгаа хийж, түүнчлэн уурхайн үйл ажиллагааны явцад хийсэн ажиглалтын үр дүн дээр тулгуурлаж тохиромжтой төлөвлөлт, шийдэл гаргаж болно.

2.5.4. Номогенос буюу ижил хэв шинжтэй хэсгүүдэд зориулж налууугийн өнцгийн загварчлалыг гаргах нь

Налуугийн тогтвортой байдлын цогц шинжилгээнд үндэслэн дараах хүснэгтэд налууугийн загварчлалын параметруудийг нэгтгэн харуулав.

Судлагдаж буй загварчлалуудыг таатай, дунд зэргийн, тааламжгүй case гэж хооронд нь ялгасан. Геотехникийн одоо байгаа өгөгдөл болон тогтсон

хил, хязгаар дээр үндэслэн ийнхүү ангилсан бөгөөд тухайн газрын хазайлт, гажилтын нөхцөлөөс шалтгаалж (жишээ нь эвдрэлийн бүс-fault areas) өөрчлөгдөж болно.

Таатай-case /favorable/ гэдэг нь лабораторийн хэмжилтээр залгаас-joints юм уу эсвэл үе давхаргын хавтгай-bedding planes нь анхны болон үлдэгдэл холбоостой /initial and residual cohesion/ байхыг хэлнэ.

Дунд зэргийн case-д чухал залгаасууд-joints эсвэл үе давхаргын хавтгай-bedding planes нь лабораторид хэмжсэн анхны нэгдэл холбоос /initial cohesion/-той байх ба харин үлдэгдэл нэгдэл холбоос /residual cohesion/ байхгүй байна.

Тааламжгүй-case-д мөргөцгийн налууугийн кинематик анализын үр дүнг л зөвхөн авч үздэг. Бүтэц-структурын дефект (залгаас-joints, үе давхаргын хавтгай-bedding planes) нь тогтвортой бөгөөд анхны холбоос /initial cohesion/ байхгүй гэж үздэг.

Тооцооны загварчлал	Ил уурхай дахь хэсгүүд	Параметрууд	Favourable case Таатай case	Moderate case Дунд зэргийн case	Unfavourable case Тааламжгүй case
CM 1	Central north Төв Хойд (sector 1, 2, 3)	Single slope angle [°] Дан налууугийн өнцөг	65	65	36
		Bench height [m] Догол, мөргөцгийн өндөр	12	12	12
		Berm width [m] Бермын өргөн	8	8	8
		Overall slope angle [°] Нийт налууугийн өнцөг	41	41	26
CM 2	Central south Өмнөд төв (sector 1, 2, 3)	Single slope angle [°] Дан налууугийн өнцөг	65	65	54
		Bench height [m] Догол, мөргөцгийн өндөр	12	12	12
		Berm width [m] Бермын өргөн	8	8	8
		Overall slope angle [°] Нийт налууугийн өнцөг	41	41	36
CM 3	Western north Баруун хойд (sector 4)	Single slope angle [°] Дан налууугийн өнцөг	65	55	33 (NS) 46 (EW)

		Bench height [m] Догол, мөргөцгийн өндөр	12	12	12
		Berm width [m] Бермын өргөн	8	8	8
		Overall slope angle [°] Нийт налууугийн өнцөг	41	36	25 (NS) 32 (EW)
CM 4	Western south Баруун урд (sector 5)	Single slope angle [°] Дан налууугийн өнцөг	65	65	Varying (30, 40, 65 depending on rock type and dipping) чулуулгийн төрөл, уналаас шалтгаалж 30, 40, 65 гэж өөрчлөгдөнө.
		Bench height [m] Догол, мөргөцгийн өндөр	12	12	12
		Berm width [m] Бермын өргөн	8	8	8
CM 5	Eastern north Зүүн Хойд (Sector 6)	Overall slope angle [°] Нийт налууугийн өнцөг	41	41	31
		Single slope angle [°] Дан налууугийн өнцөг	65	50	32
		Bench height [m] Догол, мөргөцгийн өндөр	12	12	12
		Berm width [m] Бермын өргөн	8	8	8
		Overall slope angle [°] Нийт налууугийн өнцөг	41	34	24

2.5.5. Эрсдэлийн үнэлгээ, геотехникийн зөвлөмж

Ерөнхийдөө кэйсүүдийн (таатай, дунд, тааламжгүй) налууугийн загварчлалын параметруудийг уурхайн анхны зураг төсөл, төлөвлөлтөд зориулсан хэд хэдэн homogeneous /ижил-төрлийн/ хэсгүүд болон секторуудын дундаж

утга гэж үзэж болно. Гэсэн хэдий ч, бодит байдал дээр *homogenous* буюу нэгэн ижил төрлийн газарт геотехникийн нөхцөл байдал хурдан өөрчлөгдөж болох тул ашиглалтын явцад налуугийн загварчлалыг тохируулж, тааруулах шаардлагатай болдог. Үүнээс ч муу геотехникийн нөхцөлтэй (жишээ нь *fault areas* буюу эвдрэл хагарлын бүсүүд) газрууд байж болох ба төлөвлөсөн налуугийн өнцгийг багасгах шаардлагатай болно. Налуу нь тунамал чулуулаг дахь *stratification* буюу давхрагажилтаас илүү эгц байх нь ерөнхийдөө их эрсдэлтэй байдаг, ялангуяа *cohesion* буюу нэгдэл-холбоос байхгүй тохиолдолд үүнээс аль болох зайлсхийх хэрэгтэй. Үе давхаргын */bedding/* азимут болон хазайлт нь бодит байршлаасаа хамааран хажуу тал болон гүний хувьд өөр өөр байдаг. Давхаргын нугалааснаас шалтгаалж бодит геометрээс хамаарах гулсалтын блокууд үүсэх боломжтой ба тухайн газарт нь *Flatter slopes* буюу хэвтээ налуу шаардагдана. Иймд мөргөцгийн */berm/* загварчлалыг бодит байдал дээр тулгарч ажиглагдаж байсан газрын нөхцөлд тохируулан хийх ёстой. Тооцооллыг бүрэн хуурай нөхцөлд гэж зориулж хийсэн. Хэрэв налууд ус байгаа бол энэ нь тогтвортой байдлыг бууруулна. Усны даралт ихсэхээс сэргийлж зохих арга хэмжээг авах шаардлагатай. Жишээлбэл гүний усны нөхцөлийн талаарх нэмэлт судалгааны үр дүнд үндэслэн усгүйжүүлэх аргыг ашиглах гэх мэт.

Хэд хэдэн хувилбаруудыг авч үзсэний дараа ерөнхийдөө тааламжгүй *case /unfavorable/* нь ил уурхайн налууг төлөвлөхөд хамгийн найдвартай гэж үзлээ. Энэ нь үе залгаас буюу *joints*, үе давхаргын хавтгай буюу *bedding planes*-ын зэргийн дефектийн нөлөөг хэтрүүлэн тооцоолоход хүргэж болзошгүй. Учир нь бүх үе залгаасууд буюу *joints*, үе давхаргын хавтгай буюу *bedding planes* эсвэл дефектүүд нь нь холбоосгүй */no cohesion /* эсвэл тогтвортой байдаг. Дунд зэргийн */moderate/ case* нь энэ аспектиг тэр дундаа налуугийн ерөнхий өнцгийн тогтвортой байдлыг авч үздэг. Гэсэн хэдий ч дан налуугийн өнцгийг */single slope angle/-г* хэтрүүлж тооцоолсон гэж үзэж байна, учир нь үнэн хэрэгтээ тогтвортой, холбогддоггүй залгаасууд */non-cohesive joints/* эсвэл бусад дефектүүд дан налуу дээр үүсэх магадлал өндөр байдаг. Иймд дунд зэргийн */moderate/ case*-ний налуугийн загварчлалын хувьд нэг буюу хэд хэдэн дан налуугийн гулсалтыг үгүйсгэх боломжгүй юм.

Ерөнхийдөө аюулгүй байдлын талаасаа төлөвлөлтийн хувьд тааламжгүй *case /unfavourable/* дээр ажиллахыг зөвлөж байна. Бусад кэйсүүдийн хувьд гулсалт, эвдрэл *sliding /failure* үүсэх магадлал өндөртэй байна. Гэхдээ олборлолтын явцад чулуулгийн массын нөхцөл, параметрууд (ялангуяа тасралт-хагарал */discontinuities/* дээрх холбоос */cohesion/*), мөн түүнчлэн тухайн газрын бүтэц-структурын нөхцөл байдал хүлээгдэж байснаас

илүү таатай байгаа нь нотлогдвол дунд зэргийн кэйс */moderate /*, эсвэл бүр эцсийн дүндээ тааламжтай кэйсийг */favorable case /* ч тохиромжтой гэж үзэх үндэслэлтэй. Аль ч *case*-д, бүр тааламжгүй *case* нь тооцоологдсон параметруудтай байсан ч налуу, мөргөцөгт хяналт тавих нь чухал юм. Ашиглалтын явцад хяналт тавьж байх хэрэгтэй ба хэрэв тухайн газрын хувьд геотехникийн болон бүтэц-структурын нөхцөл нь өөрчлөгдвөл цаашид налуугийн геометрийн шаардлагатай тохируулгыг хийнэ.

ДҮГНЭЛТ

Геотехникийн судалгаа, шинжилгээний ажлын гүйцэтгэлд тулгуурлан Нарийн сухайтын ил уурхайн геотехникийн мэдээлэл, өгөгдлийн санг бий болгосон. Энэхүү мэдээллийн сан нь геологи, структур-геологи, геомеханикийн өгөгдлийг агуулах бөгөөд ил уурхайн налууг загварчлах, холбогдох тогтвортой байдлын анализыг хийхэд шаардлагатай байх болно. Үүнийг бүтэц-структурын керн-каротаж, геофизикийн хэмжилт, чулуулгийн лабораторийн механик туршилтаар боловсруулсан болно.

Ил уурхайд ажиглагдсан *homogenous* буюу ижил төрлийн талбайн хувьд хэд хэдэн геотехникийн тооцооллын загварыг бэлтгэсэн. *homogenous* буюу ижил төрлийн газрыг тодорхойлох эхний аргыг зонхилох литологи /чулуулгийн физик шинж чанар/, бүтэц-геологийн нөхцөлийн талаар үнэлгээ хийж өмнөх судалгаануудын бусад хэсгүүдтэй ерөнхийдөө харгалзуулж тохируулах замаар хийсэн. Ил уурхайн 5 өөр төрлийн тодорхойлогдсон хэсгүүд */domains/-д* зориулж дан мөргөцөг болон налуугийн загварчлалын параметруудыг тодорхойлсон.

Зарим өгөгдлийг (жишээ нь *fault parameters* буюу эвдрэлийн параметруудыг) тодорхойлох боломжгүй байсан тул зарим тохиолдолд таамаглал дэвшүүлэх шаардлагатай байсан гэдгийг тэмдэглэх нь зүйтэй. Судалгааны дараагийн үе шатанд эдгээр таамаглалыг засаж шинэчлэх эсвэл нэмэлт хэмжилтүүд хийх шаардлагатай байгаа (жишээлбэл зүүн налуу эсвэл хойд налуугийн хэсгүүд). Мөн дараагийн судалгааны шатанд гидрогеологийн буюу усны нөлөөллийг судлах хэрэгтэй байгаа.

Цаашид керн-каротажийн ажил, чулуулгийн механик туршилт, геотехникийн гадаргуугийн зураглалыг */face mapping/* нэгтгэн мэдээллийн санг сайжруулах шаардлагатай. Үүний үндсэн дээр өрөмдлөгийн цооногуудаас авч боловсруулсан мэдээллийг өргөтгөж, геотехникийн нөхцөл байдлын талаарх цогц зураглалыг гаргах боломжтой. Энэ нь ирээдүйд ил уурхайн налууг найдвартай төлөвлөх боломжийг олгох шилдэг туршлага гэж үзэж байна.

Энэ танилцуулж буй геотехникийн судалгаа нь геотехникийн мэдээллийн сан болон геотехникийн

нөхцөлийг тооцоолж уурхайн зураг төсөл боловсруулах ажлын эхний алхам нь болж байна. Цаашид илүү олон sections, хэсгүүдийг бэлтгэж судлахын хирээр геотехникийн талаасаа homogenous буюу ижил төрлийн газар болгон хуваах ажлыг улам боловсронгуй болгох хэрэгтэй байгаа. Ийм учраас мэдээллийн санг өргөтгөх шаардлагатай байна (жишээлбэл уурхайн гадаргуугийн зураглалыг /face mapping/ тасралтгүй хийх). Энэ нь уурхайн загварчлалыг алхам алхмаар сайжруулж, чулуулгийн массын геотехникийн шинж чанарыг илүү сайн ойлгох боломжийг олгох бөгөөд ингэснээр нүүрсний олборлолт нэмэгдэж, уурхайн ашиглалтын ирээдүйн гүний боломжит хэмжээг дээд зэргээр нэмэгдүүлэх болно.

Ашиглалтын аюулгүй байдлыг нэмэгдүүлэх эцсийн аспект бол ил уурхайн бодит болон ирээдүйн тогтвортой байдлын нөхцөл байдлыг ажиглах явдал юм. Налууд үүссэн хугарал, хагарал болон газрын гулсалт зэргийг хянаж, баримтжуулах хэрэгтэй байгаа.

Эрт үе шатанд нь эсрэг арга хэмжээг авч хэрэгжүүлж эхлүүлэхийн тулд налуу дахь шилжилтийг илрүүлэх ажиглалтын систем (жишээлбэл лазер эсвэл радарын хэмжилт) суурилуулж ашиглах шаардлагатай байгаа.

СОРГОВЬ ИЛ УУРХАЙН НҮҮРСНИЙ ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮДИЙН ЗҮЙ ТОГТОЛЫН СУДАЛГАА, АШИГЛАХ БОЛОМЖ

Э.Амарсанаа¹, Г.Уранбайгаль²

¹ ШУТИС, ГУУС, Уурхайн технологийн салбарын докторант

² ШУТИС, ГУУС, Уурхайн технологийн салбар, доктор (Ph.D)

E-mail: ¹ amarsanaae1030@gmail.com, ² uranbaigali@must.edu.mn

Хураангуй - Сорговь ил уурхайн нүүрсний чанарын үзүүлэлтүүдийн зүй тогтлыг тодорхойллоо. Судалгааны ажилд уурхай дээр байрлах нүүрсний чанар тодорхойлох лабораторийн шинжилгээний үр дүнг суурь мэдээлэл болгон ашигласан. Тус ордын нүүрс хадгалах талбай дээр гурван сарын хугацаанд хадгалагдсан нүүрс нь барьцалдах шинж чанараа алдаж, үнслэг чанар нь ихэсдэг болохыг тогтоолоо.

Түлхүүр үг: нүүрсний чанар, харилцан хамаарал, үнэ, шинжилгээний үр дүн.

УДИРТГАЛ

Манай улсад нүүрсний идэвхитэй үйл ажиллагаа явуулж байгаа 49 уурхай байдаг ба чулуун нүүрсний 29, хүрэн нүүрсний 20 уурхай байна. Улсын хэмжээнд 2015 онд 14.5 сая тн нүүрс экспортлож байсан бол 2019 онд 36.8 сая болж өссөн. [4]

Коксжих нүүрсний зах зээл нь өрсөлдөөн ихтэйгээс гадна, БНХАУ-ын талаас хил нэвтрүүлэхэд тавигдах шаардлага өндөр тул нүүрсний үндсэн чанарууд, хорт бодисын агууламж, дагалдах элементийн хэмжээг тодорхойлж, худалдах гэрээнд тусгагдсан нүүрсний чанарыг бууруулахгүй, хянаж байх шаардлагатай болдог.

Газрын доорх байгалийн баялаг нь олборлохын хирээр нөөц нь багасч, нөхөгддөггүй онцлогтой. Иймээс олборлосон нүүрсийг аль болох бүрэн борлуулах, бохирдол болон нүүрсний чанарын алдагдал үүсэхээс сэргийлэхийн тулд тухайн ордын уул геологийн нөхцөл, мөн нүүрсний чанарын үзүүлэлтүүдийн зүй тогтлыг тодорхойлж судлах улмаар үр дүнг уулын үйлдвэрлэл, борлуулалтын төлөвлөгөөнд ашиглах шаардлагатай.

Судалгааны зорилго, зорилт

Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь Сорговь ил уурхайн нүүрсний чанарын үзүүлэлтүүдийн зүй тогтлыг тогтоох, чанарын алдагдал үүсгэх зарим нөхцөлийг тодорхойлж, үүсэх эрсдэлээс сэргийлэх боломжийг судлахад оршино. Зорилгоо биелүүлэхийн тулд дараах зорилтуудыг тавьж байна.

- Ордын хайгуулын үед тодорхойлсон чанарын үзүүлэлтүүдээс, экспортод гарах хүртэлх нүүрсний чанарын үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон лабораторийн үр дүн дээр шинжилгээ хийх;
- Мэдээлэл дээр тулгуурлан статистик боловсруулалт хийх;

- Судалгааны үр дүнг практикт ашиглах боломжийг судлах,
- Судалгааны объект: Сорговь нүүрсний ил уурхай
- Судалгааны ажлын шинэлэг тал

Нүүрсний ил уурхайн олборлолт, төлөвлөлт, борлуулалтын үйл ажиллагаанд нүүрсний чанар хоорондын хамаарал, зүй тогтлын үр дүнг ашиглах, мөн чанарын алдагдлаас үүсэх эдийн засгийн алдагдлыг судалж байгаа нь шинэлэг тал юм.

Практик ач холбогдол

Коксжих нүүрс худалдан авах гэрээнд нүүрсний чанарын үзүүлэлтүүдийг нарийн тусгаж өгдөг. Мөн гэрээнд заасан чанарыг хангаагүй нөхцөлд үнийн дүнд томоохон өөрчлөлт орох, гэрээг цуцлах хүртэл арга хэмжээ авдаг. Уурхайн олборлолт, тээвэрлэлтийн үеийн бохирдлоос гадна нүүрсний чанарын үзүүлэлтүүд нь өөр хоорондоо хамааралтайгаар өөрчлөгдөж байдаг. Үйл ажиллагаанаас хамааран үүсэх бохирдлоос гадна нүүрсний чанарт нөлөөлөх бусад хүчин зүйлсийг тодорхойлж, нүүрсний чанар алдагдал үүсэх эрсдэлээс сэргийлэх практик ач холбогдолтой.

1. Нүүрсний чанарын ангилал ба экспортын нүүрсэнд тавигдах шаардлага

Сорговь нүүрсний ил уурхайн нүүрс нь Монгол улсын стандартчиллын үндэсний зөвлөлөөс баталж, 2014 оны 06 сарын 12 ноос мөрдөгдөж буй MNS6456:2014 нүүрсний ангиллын дагуу чулуун нүүрсний төрөл, хийн нүүрс ангилалд багтана.

БНХАУ-ын нүүрсний ангиллын стандартаар коксжих нүүрсний ангилал, хийн нүүрс QM45 зэрэглэлд хамаарагдана.

ОХУ-ын ГОСТ 25543-88 нүүрсний ангиллаар урт дөлт (Д) хэсэгт багтана.

Хятадын арилжааны нүүрсний чанарыг сайжруулах, агаарын бохирдлыг бууруулах зорилгоор 2015 оны 1-р сарын 1-ээс “Арилжааны

нүүрсний чанарын хяналтын талаар мөрдөх журам” мөрдөгдөж эхэлсэн. Энэхүү журмын шаардлагад нийцээгүй нүүрсний импорт, борлуулалт, холын зайн тээврийг хориглосон байна. Тус журамд нүүрсний үнс, хүхрийн агууламжийн дээд хязгааруудыг тогтоож өгөхөөс гадна, мөнгөн ус (Hgd), мышьяк (Asd), фосфор (Pd), хлор (Cld), фторын (Fd) дагалдах элементүүдийн хязгаарыг зааж өгсөн.

Сорговь уурхай нь нүүрс борлуулалтаа зуун хувь БНХАУ-ын худалдан авагч талтай хийх тул дээрх журамд тусгасан заалтуудыг мөн мөрдөх шаардлагатай.

2. Нүүрсний шинж чанарын харилцан хамаарлыг тогтоох судалгааны ажлууд

Нүүрсний шинж чанарын харилцан хамаарлыг тогтоох судалгааг дотоод болон гадны эрдэмтэд нэлээдгүй хийжээ. Харилцан хамаарлын судалгааг ихэвчлэн баяжуулах үйлдвэрийн баяжигдах шинж чанарыг тодорхойлох, уулын олборлолтын үйл ажиллагаанд хаягдал, бохирдлын норматив тогтоох, эрчим хүчний салбарын судалгаануудад ашиглажээ.

Д.Дондов доктор (Ph.D) “Ил уурхайн экотехнологийн үндэс: Ашиглалтын үеийн нүүрсний хаягдлын ангилал” сэдэвт бүтээлдээ хүрэн нүүрсний шинж чанарын үзүүлэлтүүд хоорондын хамаарлыг олон хүчин зүйлт корреляцийн коэффициент аргачлал ашиглан тодорхойлсон байна.

Л.Пүрэв доктор (Ph.D) “Хаягдал бохирдлын чанарын судалгаа” сэдэвт бүтээлдээ нүүрсний үнслэг, илчлэг, чийглэг чанаруудын хооронд шугаман хамаарал үүсгэж, нэр хүчин зүйлээс хамаарсан регрессийн тэгшитгэл гарган авч судалгаандаа ашиглажээ.

Serencisova J, Klika Z, Kolomaznik I, Bartonova L, Baran P Чехийн Острава их сургуулийн эрдэмтэд “Relationships among coking coals and related cokes characteristics a statistical evaluation” сэдэвт бүтээлдээ нүүрсний 16 шинж чанар хооронд 32 хамаарлыг тодорхойлж, коксжих нүүрс холих оновчлол боловсруулжээ.

Судалгааны ажлын үр дүн

Сорговь нүүрсний ил уурхай нь Дорноговь аймгийн Хөвсгөл суманд байрладаг. Ханги хилийн боомтоор БНХАУ руу нүүрс экспортолдог. Жилийн нэг сая тонн нүүрс олборлох хүчин чадалтай.

2021 оны 6-р сарын 7-ны өдрөөс нийт 10 сар хүртэлх хугацаанд нүүрсний чанарын үзүүлэлтүүдийн өөрчлөлтийг тодорхойлох зорилготойгоор 130 м3 нүүрсний овоолго үүсгэсэн. Туршилт судалгааг жигд тогтвортой явуулах үүднээс 7-10 хоног тутам овоолгоос 6-8 дээжлэлт авч лабораторид нүүрсний чанарын гол төлөөлөл

болох үнслэг, чийг, дэгдэмхий бодис, илчлэг чанар, хүхэр, барьцалдах чанар эдгээр 6 үзүүлэлтүүдийг уурхайн итгэмжлэгдсэн лабораторид тодорхойлуулсан болно.

Судалгаанд нийт 165 лабораторийн үр дүнд анализ хийхэд үнслэг /ажлын/-ийн дундаж үзүүлэлт $Aar=15.58\pm 1.81\%$ барьцалдах чанарын үзүүлэлт $GI=5.58\pm 2.5\%$ хооронд хэлбэлзэж байна.

ХҮСНЭГТ 1. НҮҮРСНИЙ ОВООЛГО ҮҮСГЭСЭН ЭХНИЙ САРЫН ДУНДАЖ ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД 2021.06 САР

Статистик үзүүлэлтүүд	Нүүрсний чанарын үзүүлэлтүүд					
	Wt, %	Aar, %	VM, %	S, %	Q, kcal/kg	GI, %
Mean	2.5	12.4	45.5	0.5	6852.3	89.3
Standard Error	0.1	0.7	0.1	0.0	96.5	1.5
Standard Deviation	0.2	1.5	0.2	0.1	215.8	3.3
Minimum	2.3	10.4	45.3	0.4	6524.8	83.8
Maximum	2.9	14.2	45.7	0.6	7102.2	92.5
Sum	12.5	61.9	227.3	2.6	34261.6	446.3
Count	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

ХҮСНЭГТ 2. НҮҮРСНИЙ ОВООЛГО ҮҮСГЭСЭН 5 САРЫН ДУНДАЖ ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД 2021.06-09 САР

Статистик үзүүлэлтүүд	Нүүрсний чанарын үзүүлэлтүүд					
	Wt, %	Aar, %	VM, %	S, %	Q, kcal/kg	GI, %
Mean	2.8	15.1	44.4	0.5	6,675.8	71.1
Standard Error	0.3	0.4	0.1	0.0	41.6	1.8
Standard Deviation	1.8	3.9	0.7	0.1	279.4	12.3
Minimum	1.8	9.4	42.3	0.4	5,822.0	48.4
Maximum	13.0	22.0	45.7	0.7	7,104.9	92.5
Sum	97.1	680.4	1,998.0	22.8	300,408.8	3,201.3
Count	35.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0

2021.06 сар буюу эхний сарын дундаж барьцалдах шинж чанар $GI=86.3 - 92.6$

5-н сарын дараах дундаж үзүүлэлт $GI=58.8 - 83.4$ өөрчлөлт гарсан байна.

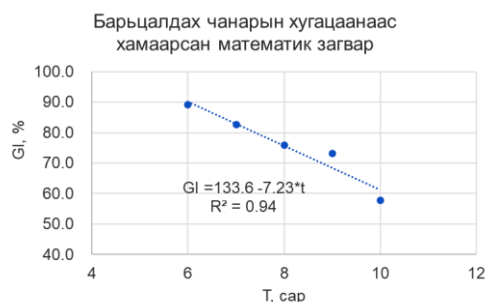


График 1. Барьцалдах чанарын хугацаанаас хамаарсан математик загвар

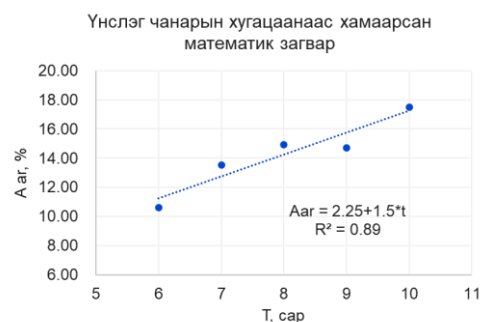
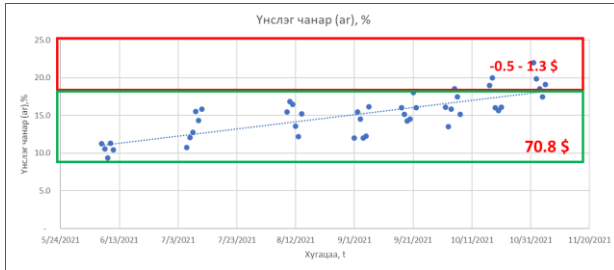


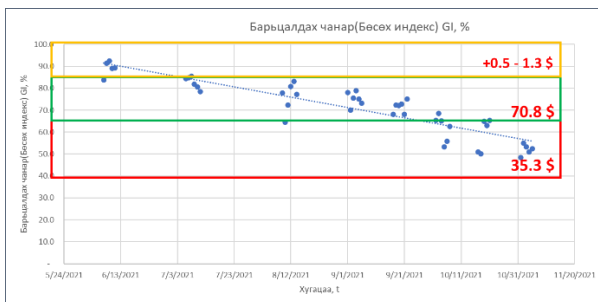
График 2. Үнслэг чанарын хугацаанаас хамаарсан математик загвар

Судалгаанд ашигласан нийт дээжний үнслэг чанар, барьцалдах чанарын гистограмм үзүүлэлтийг хүснэгт 1, 2-т тус тус үзүүлэв.

ХҮСНЭГТ 3. ХУГАЦААНААС ХАМААРСАН ҮНСЛЭГ
ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТИЙН ӨӨРЧЛӨЛТ БА ҮНЭ

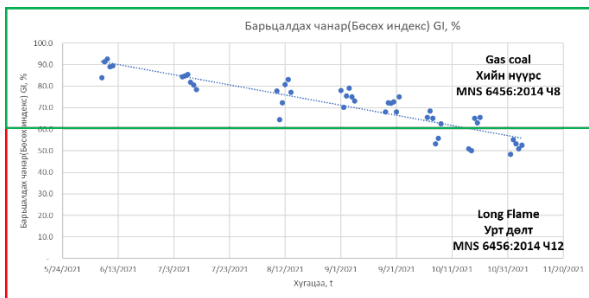


ХҮСНЭГТ 4. ХУГАЦААНААС ХАМААРСАН БАРЬЦАЛДАХ
ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТИЙН ӨӨРЧЛӨЛТ БА ҮНЭ



Туршилт судалгааны явцад гарсан чанарын өөрчлөлтүүд нь тухайн ордын нүүрсний ангиллыг хэрхэн өөрчилж байгааг харьцуулж үзлээ.

ХҮСНЭГТ 5. ХУГАЦААНААС ХАМААРСАН НҮҮРСНИЙ
ЧАНАРЫН АНГИЛЛЫН ӨӨРЧЛӨЛТ



ДҮГНЭЛТ

Судалгааны ажлыг гүйцэтгэснээр Сорговь уурхайн стратеги төлөвлөлт, бүтээгдэхүүн дундажлах, борлуулалтын гэрээнд анхаарах заалтууд, төслийн эдийн засгийн бодит тооцоолол гаргах зэрэгт бодитой суурь мэдээлэл болж байна.

Судалгааны ажлыг гүйцэтгэснээр Сорговь уурхайн төлөвлөлт, бүтээгдэхүүн дундажлах, борлуулалтын гэрээнд анхаарах заалтууд, төслийн эдийн засгийн бодит тооцоолол гаргах зэрэгт бодитой мэдээлэл болж байна.

Судалгааны ажлаар дараах дүгнэлтүүдэд хүрлээ.

1. Уурхай дээр үүсгэсэн нүүрсний овоолгын чанар дундаж үзүүлэлтүүд:

$$A_{ar}=15.1\pm 2.9, W=2.8\pm 1.8,$$

$$VM=44.4\pm 0.7, Q=6675.8\pm 279.4,$$

$$GI=71.1\pm 12.3$$

Сорговь уурхайн нүүрсний үнслэг чанар, барьцалдах чанар хоорондын хамаарлын зүй тогтлыг тогтоосон. Математик загвар:

$$GI=133.6-7.23*t, R^2=0.94$$

$$A_{ar}=2.25+1.5*t, R^2=0.89$$

Туршилт судалгааны 5-н сарын хугацаанд нүүрсний ангилалыг хэрхэн өөрчилж байгааг харьцуулж үзэхэд MNS 6456:2014 Ч8 – Ч12 ангилал руу буурч байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Дондов. Д. Ил уурхайн экотехнологийн үндэс: Ашиглалтын үеийн нүүрсний хаягдлын ангилал. УБ, 2003
- [2] Пүрэв. Л. Хаягдал бохирдлын чанарын судалгаа.
- [3] Уранбайгаль.Г. Горно-геометрическое и квалитетическое обоснование и информационное обеспечение эффективной открытой разработки угольных месторождений Монголии. диссертация канд. техн. наук. Россия, СПбГТУ.
- [4] <https://mrpam.gov.mn/article/165/?fbclid=IwAR26LzGcjhFxo9HfBd4jm9FCf9utWIZkIXk6hdoU-S6TCQFo4tjUNjT6-qI>
- [5] www.Estandart.gov.mn

ЭРДЭНЭТИЙН ОВОО ОРДЫН БАРУУН ХОЙД ХЭСГИЙН ЧУЛУУЛГИЙН БАТ БӨХИЙН ШИНЖ ЧАНАРЫГ ТОДОРХОЙЛОХ СУДАЛГАА

Г.Амартүвшин¹, С.Цэдэндорж²

¹ШУТИС, ГУУС, Уурхайн технологийн салбарын докторант

²ШУТИС, ГУУС, Уурхайн технологийн салбарын доктор (Ph.D), профессор

E-mail: ¹ Amartuvshin.g@must.edu.mn, ² shsots@yahoo.com

Хураангуй - Эрдэнэтийн овоо ордын Баруун хойд хэсгийн ил уурхайн талбайгаас 799 ширхэг дээж авч бэлтгэн чулуулгийн физик механик шинж чанарыг лабораторийн туршилтын аргаар тодорхойлсон. Туршилтын үр дүнг ашиглан чулуулгийн бат бөхийн шинж чанар нь ил уурхайн уулын ажлын дунд хугацааны төлөвлөлтийн үе шатанд хэрхэн өөрчлөгдөхийг судалсан. Уг үзүүлэлтүүдийг нь Эрдэнэтийн овоо ордын Баруун хойд хэсгийн ил уурхайн 2020-2022 онд явагдах уулын ажлын хүрээнд хамрагдах чулуулгийн шинж чанарыг төлөөлөн төлөвлөлт, гүйцэтгэх ажилд ашиглах боломжтой.

Түлхүүр үг – бат бөхийн коэффициент, бат бөхийн ангилал, шахалтын бат бөхийн хязгаар, чулуулгийн дээж

ОНОЛЫН ХЭСЭГ

1.1. Чулуулгийн бат бөхийн коэффициент тодорхойлох аргачлал /проф. М.М.Протоdjаконовын баримтлал /

Чулуулгийн бат бөхийн коэффициент нь чулуулгийн бат бөхийн зэрэглэлийг үнэлэх үзүүлэлт бөгөөд ОХУ, Хамтын нөхөрлөлийн орон, Монгол улсын уул уурхайн практикт өргөн хэрэглэгддэг. Бат бөхийн коэффициентын хэмжээг нэг тэнхлэгийн дагуух шахалтын бат бөхийг хязгаараас хамааруулж проф. М.М.Протоdjаконов болон проф. Л.И.Бароны баримтлалаар тус тус тодорхойлдог.

Проф. М.М.Протоdjаконовын баримтлал:

$$f = \frac{\sigma_{\text{ш}}}{9.81} \quad (1)$$

Проф. Л.И.Бароны баримтлал:

$$f = \frac{\sigma_{\text{ш}}}{30} + \sqrt{\frac{\sigma_{\text{ш}}}{3}} \quad (2)$$

Үүний: $\sigma_{\text{ш}}$ - Шахалтын бат бөхийн хязгаар, МПа

Судалгааны ажлын хүрээнд чулуулгийн бат бөхийн коэффициентын утгыг дараах 2 баримтлалаар тодорхойлж гаргав. Профессор М.М.Протоdjаконовын баримтлалаар тодорхойлсон чулуулгийн бат бөхийн ангиллыг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв.

1-Р ХҮСНЭГТ. ПРОФЕССОР М.М.ПРОТОДЬЯКОНОВЫН
БАРИМТЛАЛААР ЧУЛУУЛГИЙГ БАТ БӨХИЙН ШИНЖ
ЧАНАРААР АНГИЛАХ НЬ

Зэрэглэл	Чулуулгийн бат бөхийн зэрэг	Чулуулгийн бат бөхийн коэффициентын утга
I	Дээд зэргийн бат бөх	20
II	Маш бат бөх	15
III	Бат бөх	10

IIIa		8
IV		6
IVa	Бөхдүү	5
V		4
Va	Дунд зэрэг бөх	3
VI		2
VIa	Зөөлөндүү	1.5
VII	Зөөлөн	1
VIIa		0.8
VIII	Шороолог	0.6
IX	Үйрмэг	0.5
X	Ус шингээсэн	0.3

1.2. Чулуулгийн бат бөхийн ангилал / Хоек-Брауны аргачлалаар /

Чулуулгийн нэг тэнхлэгийн дагуух шахалтын бат бөхийн хязгаарыг үндэслэн чулуулгийн бат бөхийн ангиллыг Хоек-Брауны аргачлалаар (Hock-Brown) ISRM олон улсын стандартын дагуу дараах байдлаар ангилна.

2-Р ХҮСНЭГТ. ЧУЛУУЛГИЙН БАТ БӨХИЙН АНГИЛАЛ
/ISRM СТАНДАРТ/

Зэрэг	Ангилал	Шахалтын бат бөхийн хязгаар, МПа
R0	Онцгой зөөлөн	0.25÷1
R1	Маш зөөлөн	1÷5
R2	Зөөлөн	5÷25
R3	Дунд зэргийн хатуу	25÷50
R4	Хатуу	50÷100
R5	Маш хатуу	100÷200
R6	Онцгой хатуу	250<

2. ЧУЛУУЛГИЙН БАТ БӨХИЙН
КОЭФФИЦИЕНТ ТОДОРХОЙЛСОН ҮР
ДҮН, БОЛОВСРУУЛАЛТ

Судалгааны ажлын хүрээнд ил уурхайн талбайгаас авч бэлтгэсэн 686 ширхэг талбайн дээж, 42 цооногоос авч бэлтгэсэн 95 ширхэг чөмгөн дээж,

нийт 781 ширхэг дээж дээр чулуулгийн шахалтын бат бөхийн хязгаарыг тодорхойлж чулуулгийн бат бөхийн коэффициентын утгыг тооцож гаргав.

Туршилтын үр дүнг чулуулгийн төрөл тус бүрээр, ил уурхайн талбайд тархсан байдлаар, ашиглалтын түвшинд хэрхэн хамаарч байгаагаар тус тус ялгаж харуулав. Мөн туршилтын үр дүнд математик статистик боловсруулалт хийж нийт

дээж, талбайн дээж, чөмгөн дээжийн хувьд тус тусар бодож тооцоолов.

2.1. Туршилтын үр дүн /чулуулгийн төрлөөр/

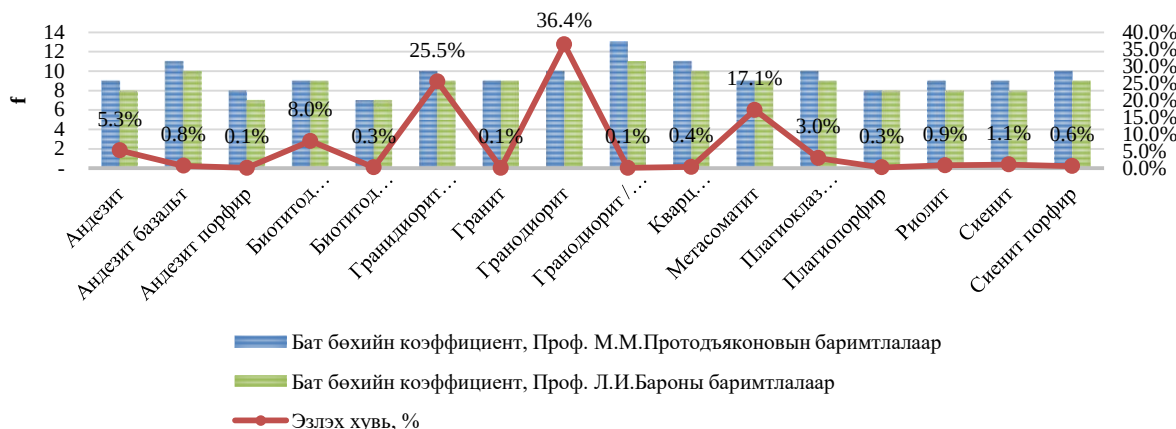
Туршилт хийсэн 781 дээжийн бат бөхийн коэффициент тодорхойлсон үр дүнг чулуулгийн төрөл тус бүрээр гаргаж дараах хүснэгтэд үзүүлэв.

3-Р ХҮСНЭГТ 3. ЧУЛУУЛГИЙН ТӨРӨЛ ТУС БҮРЭЭР ТОДОРХОЙЛСОН БАТ БӨХИЙН КОЭФФИЦИЕНТЫН ДУНДАЖ УТГА

д/д	Чулуулгийн төрөл	Дээжийн тоо	Эзлэх хувь, %	Шахалтын бат бөхийн хязгаар, МПа	Бат бөхийн коэффициент, Проф. М.М.Протодяконов ын баримтлалаар	Бат бөхийн коэффициент, Проф. Л.И.Бароны баримтлалаар
1	Андезит	42	5.3%	86.5	9	8
2	Андезит базальт	6	0.8%	111.2	11	10
3	Андезит порфир	1	0.1%	74.7	8	7
4	Биотитод гранодиорит	64	8.0%	91.5	9	9
5	Биотитод гранодиорит порфир	2	0.3%	64.9	7	7
6	Гранидиорит порфир	204	25.5%	99.2	10	9
7	Гранит	1	0.1%	91.3	9	9
8	Гранодиорит	291	36.4%	97.5	10	9
9	Гранодиорит / метасоматит/	1	0.1%	123.1	13	11
10	Кварц плагиоклаз порфир	3	0.4%	110.5	11	10
11	Метасоматит	137	17.1%	91.1	9	9
12	Плагиоклаз порфир	24	3.0%	95.7	10	9
13	Плагиопорфир	2	0.3%	79.8	8	8
14	Риолит	7	0.9%	90.5	9	8
15	Сиенит	9	1.1%	90.7	9	8
16	Сиенит порфир	5	0.6%	94.0	10	9

Туршилт хийсэн 781 дээжийн 36.4 хувийг гранодиорит, 25.5 хувийг гранодиорит порфир, 17.1 хувийг метасоматит үлдсэн 21 хувийг бусад төрлийн чулуулгууд эзэлж байна. Чулуулгийн бат бөхийн коэффициентын дундаж утга дээжийн ихэнх хувийг эзэлж буй гранодиоритод проф. М.М.Протодяконовын баримтлалаар 10, проф. Л.И.Бароны баримтлалаар 9, гранодиорит порфирт проф. М.М.Протодяконовын баримтлалаар 10,

проф. Л.И.Бароны баримтлалаар 9, метасоматит проф. М.М.Протодяконовын баримтлалаар 9, проф. Л.И.Бароны баримтлалаар 9, бусад чулуулагт проф. М.М.Протодяконовын баримтлалаар 7-13, проф. Л.И.Бароны баримтлалаар 7-11 хооронд хэлбэлзэж байна. Чулуулгийн бат бөхийн f коэффициентын утгыг чулуулгийн төрөл бүрт эзлэх хувиар дараах графикт үзүүлэв.



1-р зураг. Чулуулгийн бат бөхийн f коэффициент болон чулуулгийн төрөл бүрийн эзлэх хувь

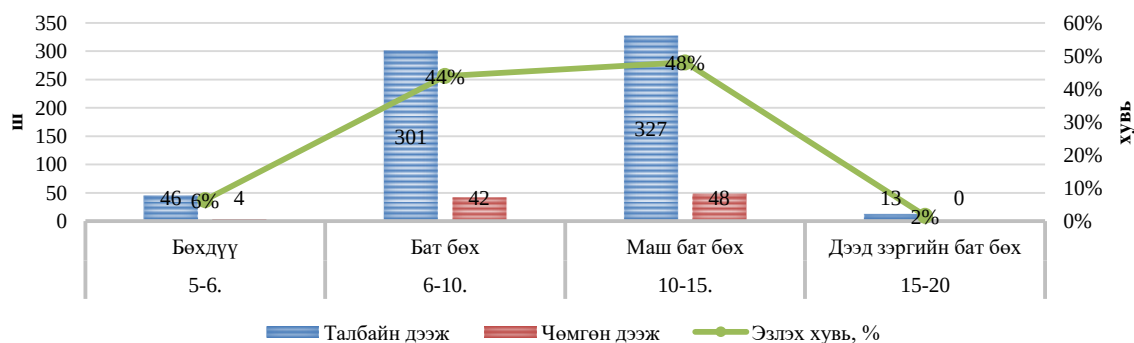
Туршилт хийсэн 16 төрлийн чулуулгаас хамгийн өндөр утга Гранодиорит / метасоматит/ $f=13$, хамгийн бага утга Биотитод гранодиорит порфир $f=7$ байна. Дээжийн ихэнх хувийг эзэлж буй гранодиорит, гранодиорит порфир, метасоматитын бат бөхийн коэффициент ордын дундаж үзүүлэлттэй тэнцүү $f=10$ байна.

Чулуулгийн бат бөхийн коэффициентын ангилал болон түүнд хамаарах туршилт хийсэн дээжийн тоог дараах хүснэгтэд нэгтгэж харуулав.

4-р ХҮСНЭГТ. ЧУЛУУЛГИЙН БАТ БӨХИЙН КОЭФФИЦИЕНТЫН АНГИЛАЛ БОЛОН ТҮҮНД ХАМААРАХ ДЭЭЖИЙН ТОО

Дээжний төрөл	Бат бөхийн коэффициент			
	5-6.	6-10.	10-15.	15-20
Ангилал	Бөхдүү	Бат бөх	Маш бат бөх	Дээд зэргийн бат бөх
Талбайн дээж	46	301	327	13
Чөмгөн дээж	4	42	48	-
Нийт дээж	50	343	375	13
Эзлэх хувь, %	6%	44%	48%	2%

Туршилтын үр дүнгээр нийт чулуулгийн 6% нь 5-6 ангилал буюу бөхдүү чулуулаг, 44% нь 6-10 ангилал буюу бат бөх чулуулаг, 48% нь маш бат бөх чулуулаг, үлдсэн 2% нь дээд зэргийн бат бөх чулуулгийн зэрэгт хамаарч байна.



2-р зураг. Чулуулгийн бат бөхийн коэффициентын ангилал болон түүнд хамаарах дээжийн тоо

2.2. Туршилтын үр дүн /статистик боловсруулалтаар/

Туршилт хийсэн нийт дээжийн хэмжээнд бат бөх болон маш бат бөх ангилал зонхилж байгаа

бөгөөд нийт дээжийн 90 хувийг эзэлж байна. Чулуулгийн бат бөхийн коэффициент тодорхойлсон үр дүнд математик статистик боловсруулалт хийж үр дүнг дараах хүснэгтэд үзүүлэв.

5-р ХҮСНЭГТ. ЧУЛУУЛГИЙН БАТ БӨХИЙН КОЭФФИЦИЕНТИЙН МАТЕМАТИК СТАТИСТИК БОЛОВСРУУЛАЛТЫН ҮР ДҮН

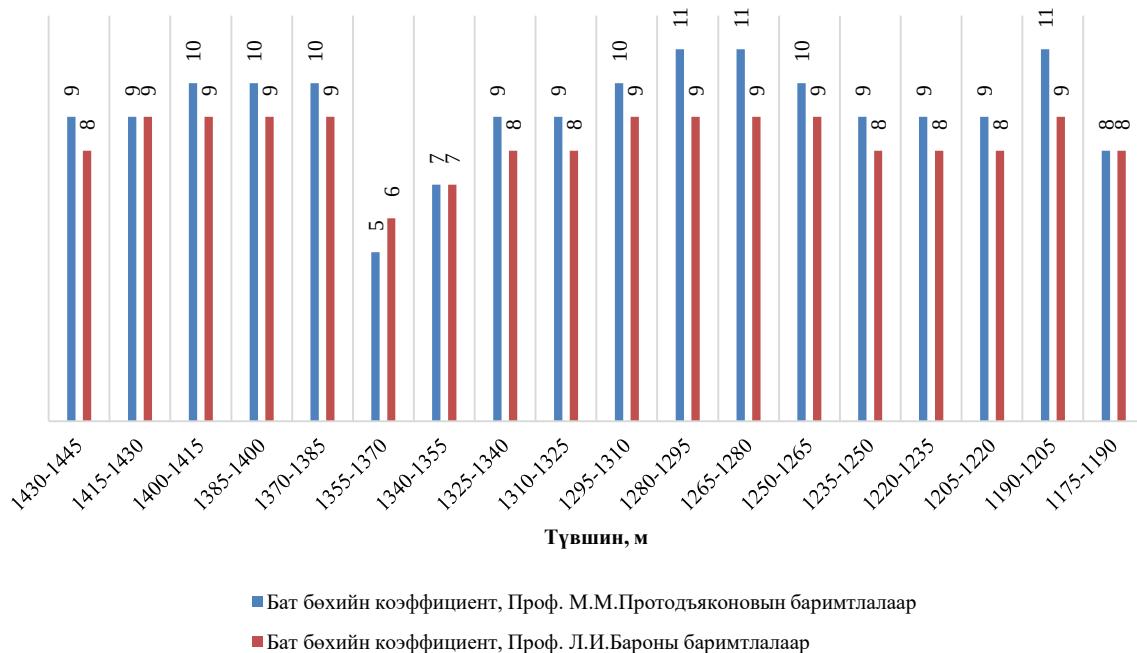
д/д	Статистик үзүүлэлтүүд	Шахалтын бат бөхийн хязгаар, МПа	Бат бөхийн коэффициент, Проф. М.М.Протоdjаконовын баримтлалаар	Бат бөхийн коэффициент, Проф. Л.И.Бароны баримтлалаар
Ерөнхий статистик				
1	Дээжийн тоо	781	781	781
2	Дундаж утга	95.6	10	9

д/д	Статистик үзүүлэлтүүд	Шахалтын бат бөхийн хязгаар, МПа	Бат бөхийн коэффициент, Проф. М.М.Протодьяконовын баримтлалаар	Бат бөхийн коэффициент, Проф. Л.И.Бароны баримтлалаар
3	Алдаа	22.6	2	1
4	Медиан	98.4	10	9
5	Хамгийн их утга	169.8	17	13
6	Хамгийн бага утга	35.6	4	5
Талбайн дээж				
1	Дээжийн тоо	686	686	686
2	Дундаж утга	95.8	10	9
3	Медиан	98.3	10	9
4	Хамгийн их утга	169.8	17	13
5	Хамгийн бага утга	35.6	4	5
Чөмгөн дээж				
1	Дээжийн тоо	95	95	95
2	Дундаж утга	94.3	10	9
3	Медиан	99.6	10	9
4	Хамгийн их утга	136.7	14	11
5	Хамгийн бага утга	48.0	5	6

1.2.1 Туршилтын үр дүн /ашиглалтын түвшингээр/

Туршилтын үр дүнд хийсэн математик статистик боловсруулалтын үр дүнгээс харахад чулуулгийн бат бөхийн коэффициентын дундаж үзүүлэлт $f_{\text{дүн}}=10$ байна. Талбайн дээжийн хувьд чулуулгийн бат бөхийн коэффициент $f=10$, чөмгөн дээжийн хувьд $f=10$ буюу адилхан утгатай байна. Харин талбайн дээжийн хувьд бат бөхийн коэффициентын хамгийн өндөр утга $f=17$, чөмгөн дээжийн хувьд $f=14$ байна.

Ил уурхайн ашиглалтын түвшингээс хамаарч чулуулгийн бат бөхийн коэффициент проф. М.М.Протодьяконовын баримтлалаар 5-11, проф. Л.И.Бароны баримтлалаар 6-9 хооронд тус тус хэлбэлзэж байна. Чулуулгийн бат бөхийн коэффициент гүний түвшингээс хамаарч хэрхэн хэлбэлзэж байгааг дараах графикт үзүүлэв.

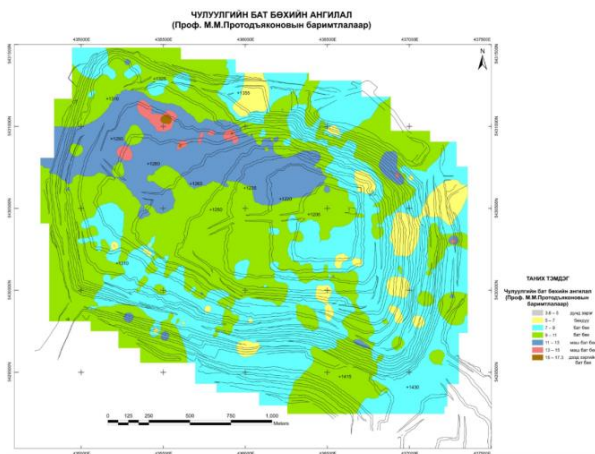


3-р зураг. Чулуулгийн бат бөхийн коэффициент гүний түвшингээс хамаарах хамаарал

Чулуулгийн бат бөхийн коэффициентын уурхайн ашиглалтын түвшингээс хамаарах хамаарлаас харахад ил уурхайн баруун хажуугийн орой хэсгээр 1340, 1355 түвшинд бат бөхийн коэффициент $f=5-7$ байгаа ба дундаж $f=10$ үзүүлэлтээс 30-50%-иар бага байна. Ил уурхайн одоогийн ёроолын түвшин болох 1205 м түвшингээс дээш бусад түвшинд чулуулгийн бат бөхийн коэффициент туршилтын дундаж үр дүнтэй адил байна. 1205 м түвшингээс доош 15-30 м гүнд чулуулгийн бат бөхийн коэффициент 10 хувиар ихсэхээр байна.

2.3. Туршилтын үр дүн /Тархалтаар/

Судалгааны ажлын туршилтын үр дүнгээр чулуулгийн бат бөх ил уурхайн талбай хүрээнд хэрхэн тархаж байгааг 5.4-р зурагт харуулав. Уг тархалтын зурагт саарал өнгөөр $f=3.6-5$, шар өнгөөр $f=5-7$, цэнхэр өнгөөр $f=7-9$, ногоон өнгөөр $f=9-11$, хөх өнгөөр $f=11-13$, улаан өнгөөр $f=13-15$, бор өнгөөр $f=15$ -с их бат бөхийн коэффициенттой чулуулгаар ялгаж харуулав.



4-р зураг. Эрдэнэтийн ил уурхайн чулуулгийн бат бөхийн ангиллын зураг /проф. М.М.Протодяконовын баримтлалаар/

Бат бөхийн ангилалын зургаас харахад проф. М.М.Протодяконовын баримталдаг ангиллаар нийт чулуулгийн 6% нь $f=5-6$ ангилал буюу бөхдүү чулуулаг (шар), 44% нь $f=6-10$ ангилал буюу бат бөх чулуулаг (цэнхэр, ногоон), 48% нь $f=10-15$ маш бат бөх чулуулаг (хөх, улаан), үлдсэн 2% нь $f=15-20$ дээд зэргийн бат бөх (бор), чулуулгийн зэрэгт хамаарч байна. Уурхайн талбайн 92% нь бат бөх, маш бат бөх чулуулгаас бүрдэж байна.

Чулуулгийн бат бөхийн коэффициент тодорхойлсон туршилтын үр дүнг 2016 онд боловсруулсан ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургуулийн “Тэсэлгээний технологийн төв”-ийн боловсруулсан “Эрдэнэтийн Овоо ордын Баруун хойд хэсгийн чулуулгийн механик шинж чанарын судалгаа”-ны ажлын хүрээнд чулуулгийн бат бөхийн коэффициент тодорхойлсон үр дүнтэй харьцуулав.

6-Р ХҮСНЭГТ. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ХАРЬЦУУЛАЛТ

Харьцуулалт	2016 он	2020 он	Зөрүү, %
Дундаж утга	9.24	9.76	5.60%
Хамгийн их утга	18.36	17.3	-5.71%
Хамгийн бага утга	3.06	3.6	18.72%

Дээрх харьцуулалтаас үзэхэд 2016 онд хийсэн судалгааны үр дүн, уг судалгааны үр дүн 5.6%-ийн зөрүүтэй буюу ойролцоо утгатай байгаа боловч уурхай гүнзгийрэхийн хирээр чулуулгийн бат бөхийн шинж чанарын үзүүлэлт нэмэгдэх хандлагатайг харуулж байна.

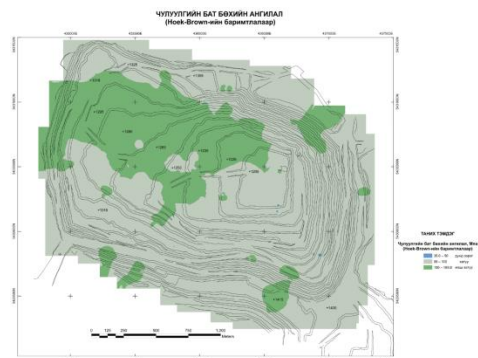
2.4. Чулуулгийн бат бөхийн ангилал тодорхойлсон үр дүн / Хоек-Брауны аргачлалаар/

Чулуулгийн нэг тэнхлэгийн дагуух шахалтын бат бөхийн хязгаарыг үндэслэн Хоек-Брауны аргачлалаар (Hoek-Brown) ISRM олон улсын стандартын дагуу ангилдаг чулуулгийн бат бөхийн ангиллаар ангилж дараах хүснэгтэд харуулав.

7-Р ХҮСНЭГТ. ЧУЛУУЛГИЙН БАТ БӨХИЙН АНГИЛАЛ /ISRM СТАНДАРТ/

Зэрэг	Ангилал	Шахалтын бат бөхийн хязгаар, МПа	Дээжийн тоо	Утга, МПа	Эзлэх хувь, %
R0	Онцгой зөөлөн	0.25÷1	-	-	-
R1	Маш зөөлөн	1÷5	-	-	-
R2	Зөөлөн	5÷25	-	-	-
R3	Дунд зэргийн хатуу	25÷50	32	35.6-49.3	4%
R4	Хатуу	50÷100	378	50.6-100	48%
R5	Маш хатуу	100÷200	371	100.1-169.8	48%
R6	Онцгой хатуу	250<	-	-	-

Дээрх үр дүнгээс харахад чулуулгийн шахалтын бат бөхийн хязгаараар нийт дээжийн 4% нь дунд зэргийн хатуу буюу R3 зэрэг, 48% нь хатуу буюу R4 зэрэг, 48% нь маш хатуу буюу R5 зэрэг чулуулгийн ангилалд хамрагдаж байна.



5-р зураг. Чулуулгийн бат бөхийн ангилал (Hoek-Brown, ISRM стандарт)

R3 зэргийн дунд зэрэг хатуу чулуулаг нь ил уурхайн талбайн хэмжээнд үл анзаарагдам тархсан байна. R4 зэргийн хатуу чулуулгууд нь ил уурхайн талбайн хэмжээнд жигд тархалттай байна. R5 зэргийн маш хатуу чулуулгуудын зонхилох тархалт нь ил уурхайн төв хэсгээс баруун хойш сунаж тогтсон байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Туршилт хийсэн 781 дээжийн 36.4 хувийг гранодиорит, 25.5 хувийг гранодиорит порфир, 17.1 хувийг метасоматит үлдсэн 21 хувийг бусад төрлийн чулуулгууд эзэлж байна. Чулуулгийн бат бөхийн коэффициент нь чулуулгийн төрөл зүйл бүрт өөр өөр үзүүлэлттэй бөгөөд нийт чулуулагт эзлэх байр суурийг нь тусгаж Баруун хойд хэсгийн чулуулгийг төлөөлөх үзүүлэлт болгон тооцвол проф. М.М.Протодьяконовын баримтлалаар $f=10$, проф. Л.И.Бароны баримтлалаар $f=9$ байна.
2. Чулуулгийн бат бөхийн коэффициентын ерөнхий хэлбэлзэл $f=4-17$ (дундаж нь $f=10$) байна. Талбайн дээжний хувьд чулуулгийн бат бөхийн коэффициент $f=10$, чөмгөн дээжийн хувьд $f=10$ буюу адилхан утгатай байна.
3. Туршилт хийсэн нийт дээжийн хэмжээнд бат бөх болон маш бат бөх ангилал зонхилж байгаа бөгөөд нийт дээжийн 90 орчим хувийг эзэлж байна.
4. Ил уурхайн одоогийн ёроолын түвшин болох 1205 м түвшингээс дээш бусад түвшинд чулуулгийн бат бөхийн коэффициент туршилтын дундаж үр дүнтэй адил байна. 1205 м түвшингээс доош 15-30 м гүнд чулуулгийн бат бөхийн коэффициент 10 хувиар ихсэхээр байна.
5. Хок-Брауны аргачлалаар (Hoek-Brown) олон улсын ISRM стандартын дагуу ангилдаг чулуулгийн бат бөхийн ангиллаар нийт дээжийн 4% нь дунд зэргийн хатуу буюу R3 зэрэг, 48% нь хатуу буюу R4 зэрэг, 48% нь маш хатуу буюу R5 зэрэг чулуулгийн ангилалд хамрагдаж байна.

АШИГЛАСАН НОМ, МАТЕРИАЛ

- [1] Баруун хойд хэсгийн чулуулгийн хатуулаг, өрөмдөгдөх зэргийг тодорхойлох судалгаа, эрдэм шинжилгээний ажлын тайлан. Оргилох бүрд ХХК. УБ:2020.
- [2] Баруун хойд хэсгийн чулуулгийн физик механик шинж чанарыг тодорхойлох судалгаа. ШУТИС-ийн Тэсэлгээний технологийн төв, 2016.
- [3] Инженерийн лавлах 5. Ил уурхайн технологи. Цэдэндорж С., Лайхансүрэн Б., Пүрэв Л., бусад. Арвай принт. УБ.: 2014.
- [4] Лайхансүрэн Б. “Чулуулгийн физик, бутлалтын практикум”, УБ хот. 20106
- [5] Методика отбора проб и определения физико-механических свойств горных пород. Институт горного дела им. А. А. Скочинского. Недра. М.:1984.
- [6] Ржевский В. В., Новик Г. Я. Основы физики горных пород: - Недра. М.:1984.

- [7] Справочник физических свойств горных пород. Недра. М.:1975.
- [8] Эрдэнэт үйлдвэр ХХК-ийг 2018-2022 онд хөгжүүлэх таван жилийн төлөвлөгөө. Эрдэнэт үйлдвэр ХХК. Эрдэнэт.: 2018.
- [9] Эрдэнэтийн Овоо ордыг ашиглах ТЭЗҮ-н тодотгол. Гуолд ман ХХК. УБ.: 2016.
- [10] International society for rock mechanics commission on standardization of laboratory and field tests, 19776
- [11] Standart ASTM D2938 - Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens /Чулуулгийн чөмгөн дээжид шахалтын чөлөөт бат бөхийн хязгаарыг тодорхойлох стандарт аргачлал/.

ЗЭС АГУУЛСАН ХҮЧИЛЛЭГ УСНААС ЗЭС ЯЛГАХ ТУРШИЛТ СУДАЛГАА

Э.Энхтогтох¹

ШУТИС, ГУУС, Эрдэс боловсруулалт инженерчлэлийн салбарын магистрант,
Геологийн Төв Лаборатори ТӨҮГ, Технологи Туршилтын Лаборатори

Хураангуй - Зэсийн уурхайн олборлолтын явцад хөрс хуулалтын болон балансын бус хүдрийн олон жилийн овоолгууд үүссэн бөгөөд эдгээр овоолгууд нь бага агуулгатай зэсийн сульфидийн болон исэлдсэн эрдсүүд, төмрийн сульфидүүд агуулдаг. Олон жилийн хадгалалтын явцад сульфидийн эрдсүүд задралд орж овоолгод нэвчих хурын усаар зөөгдөн эдгээр овоолгуудаас хүнд металлуудын агуулга бүхий хүчиллэг ус урсан гардаг. Мөн ил уурхайд хүчиллэг өндөртэй ус шүүрч олборлолтод хүндрэл учруулдаг бөгөөд энэ шүүрлийн усыг уурхайгаас шахан зайлуулдаг. Мөн түүнчлэн бага агуулгатай зэсийн хүдрээс хямд төсөр аргаар зэсийг ялган авах шаардлага тулгардаг. Тулгамдаж буй асуудлыг шийдвэрлэхийн тулд зэсийн 20070 мг/л болон 2782 мг/л агуулга бүхий хүчиллэг ус ашиглан цементацийн аргаар зэсийг ялган авах туршилт судалгааны ажлыг хийсэн. [7] 20070 мг/л ба 2782 мг/л зэсийн агуулгатай хүчиллэг уусмалуудаас тасралтгүй процессоор цементацийн тунадас дахь зэсийн агуулга 90.65% ба 71.81% байсан ба 97.91% ба 93.12%-иас дээш зэс авалттай ялгаж авах боломжтойг туршилтаар тогтоосон. [1]

Түлхүүр үг: металл авалт, тунадас дахь зэсийн агуулга

I. УДИРТГАЛ

Туршилтын үндсэн зорилго нь уурхайн хаягдал хүчиллэг усыг цэвэршүүлэх, бага агуулгатай балансын бус хүдэр, энэ төрлийн үүсмэл ордыг байгальд ээлтэй гео технологийн аргуудаар ашиглахад чиглэгдэнэ.

Гидрометаллургийн аргаар дэлхийн нийт зэсийн 30 орчим хувийг үйлдвэрлэж байгаа бөгөөд хүрээлэн буй орчинд сөрөг нөлөөлөл бага, эрчим хүч бага хэрэглэдэг тул “Ногоонзэс” гэж нэрлэгддэг.

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Зэсийн хүдрийг баяжуулж зэс ялгаж авахад хүдрийн шинж чанараас хамааран хөвүүлэн баяжуулах болон уусган баяжуулах аргыг түлхүү ашигладаг. Зэсийг хөвүүлэн баяжуулах үйлдвэрийн ил уурхайн олборлолтын явцад хөрс хуулалтын болон балансын бус хүдрийн олон жилийн овоолгууд үүссэн бөгөөд эдгээр овоолгууд нь бага агуулгатай зэсийн сульфидийн болон исэлдсэн эрдсүүд, төмрийн сульфидүүд агуулдаг. Олон жилийн хадгалалтын явцад сульфидийн эрдсүүд задралд орж овоолгод нэвчих хурын усаар зөөгдөн эдгээр овоолгуудаас хүнд металлуудын агуулга бүхий хүчиллэг ус урсан гардаг. Энэ хүчиллэг урсац байгаль орчныг бохирдуулах муу талтай бөгөөд эдгээр усыг зайлуулах саармагжуулах ажилд жил бүр ихээхэн хөрөнгө зарцуулдаг.

Европын өндөр хөгжилтэй орнуудын хувьд техник технологийн хүчээр иймэрхүү асуудал үүсгэлгүй ашигтай металлуудыг ялган авч тухайн орд газраа бүрэн ашигладаг. Харин ОХУ-ын зэсийн ордуудад зэс агуулсан хүчиллэг урсац шүүрэх, мөн агуулга багатай хүдрийн овоолгыг эдийн засгийн хувьд хямд төсөр арга ашиглан зэсийг ялган авдаг байсан.

Хүчиллэг уснаас зэсийг цементацийн аргаар ялгах, зэсийг хандлалт-электролизын (SX-EW) аргаар ялгах, коагуляцын аргаар ялгах аргуудыг хэрэглэж болно. Гэхдээ хандлалт-электролизын (SX-EW) арга нь хүдрийн нөөц ихтэй болон томоохон хүчин чадалтай үйлдвэрлэлд хэрэглэхэд тохиромжтой байдаг. Харин жижиг үйлдвэрлэлд үр ашиггүй бөгөөд жижиг үйлдвэрлэлд цементацийн аргыг хэрэглэх нь илүү үр ашигтай. Хандлалт-электролизын аргаар Эрдмин болон Ачит ихт гэсэн компаниуд хүдрээс зэсийг ялган авдаг.

Хүчиллэг уснаас зэсийг дээр дурдсан аргуудаар ялгаж авсны дараа эргүүлэн овоолгод өгдөг. Энэ аргыг ОХУ-ын Уралын зэсийн ордуудын овоолгоос гарч буй хүчиллэг усыг цэвэршүүлэхэд өргөн хэрэглэдэг. Энэ тохиолдолд тулгарч болох нэг сул тал нь овоолгод эргүүлж өгөх явцад ууршилт явагдаж усны хэмжээ багасдаг.

Олон улсад хийсэн судалгаанаас харахад үйлдвэрийн хаягдал уснаас зэс болон бусад хүнд металлуудыг цементацийн аргаар ялган авахад төмрийн үртэс, цайрын нунтаг болон коксыг ашигласан байдаг. [7] Эдгээр материалууд нь тухайн ялгаж авах гэж байгаа металлд янз бүрийн үйлчлэл үзүүлнэ. Эдгээр материалуудаас цайрын нунтаг болон кокс нь ашиглахад эдийн засгийн хувьд үнэтэй, харин төмрийн зоргодос нь хямд, олдоц ихтэй байдаг давуу талтай. Төмрийн үртэс ашиглахад төмөр нь өөрөө хүчилд уусч, зарцуулалт нэмэгддэг сул талтай ч энэ эсрэгээрээ бас нэгэн давуу талыг үүсгэдэг. Энэ давуу тал нь 2 валенттай төмөр нь хүхрийн хүчилд уусч, зэсийг цементацилахдаа 3 валенттай төмөр үүсгэдэг бөгөөд 3 валенттай төмөр агуулсан уусмалыг эргээд овоолгод өгвөл исэлдүүлэгчийн үүрэг гүйцэтгэнээр зэсийн уусгалт хурдасдаг. [6]

III. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Туршилтанд 2782 мг/л болон 20070 мг/л зэсийн агуулга бүхий хүчиллэг уснаас, төмрийн зоргодос ашиглан зэсийг ялган авах туршилтуудыг хийж гүйцэтгэсэн. [5] Туршилтуудыг задгай болон тасралтгүй процессоор гүйцэтгэж, туршилтаар ялгаж авах зэсийн агуулга болон зэсийн металл авалтыг тодорхойлж, туршилтанд нөлөөлөх хүчин зүйлс болон зэсийн металл авалтад нөлөөлөх хүчин зүйлсийг тогтоох зорилгоор уусмал болон төмрийн зоргодсыг 1:1 харьцаатайгаар торхон цементаторт туршилтыг гүйцэтгэлээ. [3]

IV. ҮР ДҮН

1. Анхдагч зэс агуулсан уусмалд гүйцэтгэсэн химийн шинжилгээний дүн [1]

Туршилтанд тус бүр 1 дугаартай 125 л, 2 дугаартай 75 л, нийтдээ 200 л орчим зэс агуулсан хүчиллэг уусмал ашигласан. Эдгээр уусмалын хүчиллэгийг хэмжиж үзэхэд 1-р уусмал pH- 3.25, 2-р уусмал pH-3.39 байлаа. Анхдагч уусмалуудад индукцийн холбоост плазмын масс спектрометр (ICP-MS) болон оптик цацаргалтын спектрометрын (ICP-OES) аргаар 40 элемент тодорхойлсон шинжилгээний үр дүнг хүснэгт 1 болон хүснэгт 2-т тус тус харуулав.

1-Р ХҮСНЭГТ. УУСМАЛ 1-Д ГҮЙЦЭТГЭСЭН ХИМИЙН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ДҮН

Агуулга, мг/л	Дээжийн тодорхойлолт	Агуулга, мг/л	Дээжийн тодорхойлолт	Агуулга, мг/л	Дээжийн тодорхойлолт
Li	2.207	Ba	0.972	Lu	0.135
Be	0.835	La	1.7	Ta	<0.01
Sc	0.475	Ce	6.541	W	<0.01
Cr	0.46	Pr	1.355	Pb	<0.01
Co	33.09	Nd	9.01	Bi	0.038
Ni	21.33	Sm	2.904	Th	0.673
As	3.74	Eu	1.029	U	2.558
Y	11.51	Gd	2.894	Cu	20070
Zr	0.409	Tb	0.482	Mn	1040
Nb	<0.001	Dy	2.505	Ti	0.66
Mo	0.158	Er	1.216	Zn	1633
Cd	8.484	Tm	0.158	V	0.08
Sn	<0.001	Yb	0.992	Fe_{нийт}	1242
Sb	0.086				

ХҮСНЭГТ 2. УУСМАЛ 2-Т ГҮЙЦЭТГЭСЭН ХИМИЙН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ДҮН

Агуулга, мг/л	Дээжийн тодорхойлолт	Агуулга, мг/л	Дээжийн тодорхойлолт	Агуулга, мг/л	Дээжийн тодорхойлолт
Li	0.59	Ba	0.021	Lu	0.018
Be	0.138	La	0.307	Ta	<0.01
Sc	0.042	Ce	0.859	W	<0.01
Cr	0.022	Pr	0.156	Pb	<0.01
Co	5.536	Nd	0.885	Bi	<0.01
Ni	3.574	Sm	0.272	Th	0.02
As	0.058	Eu	0.096	U	0.211
Y	1.57	Gd	0.302	Cu	2782
Zr	0.05	Tb	0.049	Mn	190
Nb	<0.001	Dy	0.265	Ti	0.07
Mo	<0.001	Er	0.143	Zn	229
Cd	1.139	Tm	0.02	V	0.01
Sn	<0.001	Yb	0.118	Fe_{нийт}	10.51
Sb	0.002				

Дээрх шинжилгээний үр дүнгээс харахад уусмал-1 ба 2-т зэсийн агуулга 20070 мг/л ба 2782 мг/л, цайрын агуулга 1633 мг/л ба 299 мг/л, төмрийн агуулга 1242 мг/л ба 10.51 мг/л, кобальт 33.09 мг/л ба 5.536 мг/л, никель 21.33 мг/л ба 3.57 мг/л, мышьяк 3.75 мг/л ба 0.058 мг/л тус тус байгаа нь байгаль орчинд шууд хаяж болохгүй.

2. Цементацийн аргаар зэс ялгах туршилт [1]

Хүчиллэг уснаас зэсийг цементацийн аргаар ялгах, хандлалт-электролизын (SX-EW) аргаар ялгах, коагуляцын аргаар ялгах аргуудыг хэрэглэж болно. Гэхдээ хандлалт-электролизын (SX-EW) арга нь томоохон хүчин чадалтай үйлдвэрлэлд хэрэглэхэд тохиромжтой. Харин жижиг үйлдвэрлэлд цементацийн аргыг хэрэглэх нь илүү үр ашигтай. Цементацийн туршилтанд төмрийн зоргодсыг хэрэглэх боломжтой хэмжээгээр ялгаж, гадаргуу дахь тосноос нь цэвэрлэхийн тулд содын уусмалаар болон шүлтийн уусмалаар угаасан боловч тос нь арилахгүй байсан тул хийн паяльникаар шатааж тосыг арилган туршилтад бэлтгэсэн. Төмрийн зоргодсыг туршилтанд бэлтгэж буй байдлыг зураг 1-д үзүүлэв.

Цементацийн туршилтыг хийхдээ шүүж бэлдсэн 1 ба 2-р уусмалаас тус бүр 1.5 л, төмрийн зоргодсоос 1.5 кг-аар хоёрыг таслан авч 6 л эзлэхүүн бүхий саванд эхлээд төмрийн зоргодсоо хийж, дараагаар нь зэс агуулсан хүчиллэг уусмалыг

хийн 20 минутын хугацаанд өнхрүүлэх ролик дээр өнхрүүлсэн. Уусмал хийснээс 5 минут, 10 минут, 15 минут, 20 минутын хугацаатай 2 уусмалаас тус бүр 4 дээж авч, авсан дээжээ шүүж, уусмалуудыг болон зэсийн тунадаст химийн шинжилгээгээр зэс болон төмрийн агуулгыг тодорхойлсон. Туршилт явуулж буй үйл явцыг зураг 2-т үзүүлэв.



1-р зураг. Төмрийн зоргодсыг цементацийн туршилтанд бэлтгэх



2-р зураг. Цементацийн туршилт явуулж буй явц

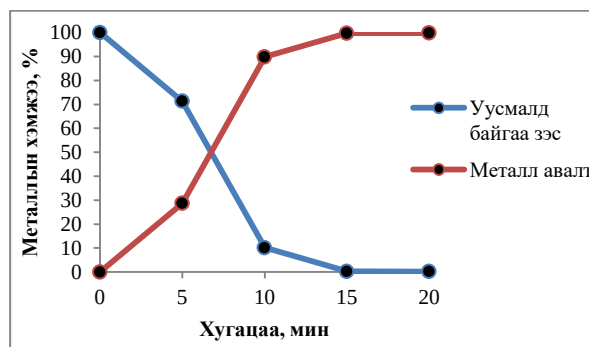
Туршилтын дүнг хүснэгт 3 болон хүснэгт 4-т нэгтгэж хугалтын хугацаанаас хамаарч уусмал дахь зэсийн хэмжээ болон металл авалт хэрхэн өөрчлөгдөж буйг зураг 3 болон зураг 4-т графикаар харууллаа.

3-Р ХҮСНЭГТ. 20070 МГ/Л АГУУЛГАТАЙ УУСМАЛД
ХИЙСЭН ЦЕМЕНТАЦИЙН ТҮРШИЛТЫН ДҮН

Бүтээгдэхүүний нэр	pH	Cu, мг/л,%	Fe _{нийт} , мг/л	Зэсийн тархалт, %
Анхдагч уусмал, мг/л	3.25	20070	1242	100
Уусмал-5 мин	3.14	14320	6847	71.35
Уусмал-10 мин	2.95	2047	17470	10.2
Уусмал-15 мин	3.37	57.96	25310	0.29
Уусмал-20 мин	3.49	44.77	26200	0.22
Зэсийн тунадас, %	-	83.79	-	99.78

Туршилтын үр дүнгээс харахад уусмал дахь зэс төмрөөр түргэджэ цементацилагдах процесс өндөр хурдтай явагдаж байгаа нь харагдаж байна. 10 минутын дараа металл авалт бараг 90% хүрч 15 минутын дараа 99.71% хүрч уусмал дахь металлын агуулга 57.96 мг/л болсон байгаа нь харагдаж байна. 20 минутын дараа металл авалт 99.78% болж

уусмал дахь зэсийн агуулга 44.77 мг/л болсон байна.

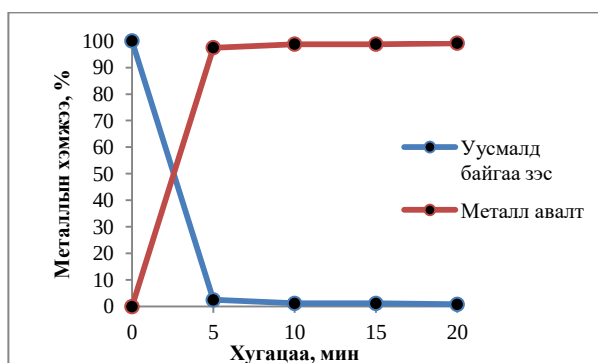


3-р зураг. Хугацаанаас хамаарсан уусмал дахь зэс болон металл авалтыг харуулсан график

ХҮСНЭГТ 4. 2872 МГ/Л АГУУЛГАТАЙ УУСМАЛД ХИЙСЭН
ЦЕМЕНТАЦИЙН ТУРШИЛТЫН ДҮН

Бүтээгдэхүүний нэр	pH	Cu, мг/л,%	Fe _{нийт} , мг/л	Зэсийн тархалт, %
Анхдагч уусмал, мг/л	3.39	2782	10.51	100
Уусмал-5 мин	2.65	70.91	2356	2.55
Уусмал-10 мин	2.69	34.27	2614	1.23
Уусмал-15 мин	2.7	33.96	2806	1.22
Уусмал-20 мин	2.66	24.05	3014	0.86
Зэсийн тунадас, %	-	25.79	-	99.14

Туршилтын үр дүнгээс харахад уусмал дахь зэс төмрөөр түргэдэж цементацилагдах процесс өндөр хурдтай явагдаж байгаа нь харагдаж байна. 10 минутын дараа металл авалт 98.77% хүрч 15 минутын дараа 98.78% хувд хүрч уусмал дахь металлын агуулга 33.96 мг/л болсон байгаа нь харагдаж байна. 20 минутын дараа металл авалт 99.14% болж уусмал дахь зэсийн агуулга 24.05 мг/л болсон байна.



4-р зураг. Хугацаанаас хамаарсан уусмал дахь зэс болон металл авалтыг харуулсан график

Торхон цементаторт зэсийг төмрөөр
тунадасжуулсны дараа торхноос уусмалыг суллан
зэсийг тунадасжуулан ялгаж авч шүүсэн бөгөөд
үлдсэн уусмал дахь хар саарал өнгийн тунадасны

тунах хугацааг тодорхойлон хүснэгт 5-д нэгтгэн харуулав.

5-Р ХҮСНЭГТ. ЦЕМЕНТАЦИЙН ТУРШИЛТЫН
ТУНАДАСТАЙ УУСМАЛД ТУНАДАСЖИХ ХУРДЫГ
ХЭМЖСЭН ҮР ДҮН

Хэмжилтийн давтамж	Уусмалын агуулга, мг/л	Тунадасжих хурд хэмжсэн хугацаа			
		5 минут	10 минут	15 минут	20 минут
1 дэх удаа	20070	-	0.7	-	1.1
	2782	-	4	-	8
2 дахь удаа	20070	-	0.9	-	1.2
	2782	-	5	-	8
3 дахь удаа	20070	0.5	0.8	1	1.1
	2782	2.6	5	бүрэн суусан	

***Тайлбар:** Тунадасжилтыг уусмалын дээд хэсгээс тунгалагшсан хэсгийг хэмжиж, хүснэгтэд см-ээр бичиж тэмдэглэв.

Зэсийг цементацилсаны дараа уусмал дахь зэс нь 10-15 минутад бүрэн сууж байгаа боловч уусмалд үүссэн хар саарал өнгийн булинга удаан сууж байгааг тогтоов.

3. Цементацийн тасралтгүй процессын туршилт [1]

Үйлдвэрлэлийн процесст ойр байлгах үүднээс цементацийн тасралтгүй процессын туршилтыг зэсийн 20070 мг/л болон 2782 мг/л агуулгатай уусмал тус бүрийн 44 литр уусмал дээр хийж гүйцэтгэлээ. Туршилт тус бүрд 1.5 кг төмрийн зоргодос ашигласан. Зургаан литрийн эзлэхүүн бүхий савны ёроолд цоолсон жижиг нүхээр насосоор 20 минутанд 1.5 л уусмал өгөхөөр тохируулан туршилтыг гүйцэтгэсэн. Цементацийн тасралтгүй процессын туршилт уусмал-1 болон 2 тус бүр 10 цаг орчим үргэлжилсэн бөгөөд битүү циклийн туршилтаар зэсийг ялгаж авсны дараа уусмалыг тунгааж тунадсыг болон уусмалд химийн шинжилгээ гүйцэтгэж зэс болон төмрийн агуулгыг тодорхойлов. Тасралтгүй процессын туршилтын явцыг зураг 5-д харуулав.



5-р зураг. Цементацийн тасралтгүй процессын туршилтын явц

6-Р ХҮСНЭГТ 620070 МГ/Л АГУУЛГАТАЙ УУСМАЛД
ХИЙСЭН ЦЕМЕНТАЦИЙН ТАСРАЛТГҮЙ ПРОЦЕССЫН
ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Бүтээгдэхүүний нэр	pH	Cu, мг/л, %	Fe _{нийт} , мг/л	Зэсийн тархалт, %
Анхдагч уусмал, мг/л	3.15	20070	1242	100
Уусмал-1	3.76	420	3494	2.09
Зэсийн тунадас, %	-	90.65	-	97.91

7-Р ХҮСНЭГТ. 2872 МГ/Л АГУУЛГАТАЙ УУСМАЛД
ХИЙСЭН ЦЕМЕНТАЦИЙН ТАСРАЛТГҮЙ ПРОЦЕССЫН
ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Бүтээгдэхүүний нэр	pH	Cu, мг/л, %	Fe _{нийт} , мг/л	Зэсийн тархалт, %
Анхдагч уусмал, мг/л	3.43	2782	10.51	100
Уусмал-2	4.07	191	1845	6.87
Зэсийн тунадас, %	-	71.81	-	93.13

Шинжилгээний дүнгээр 1 болон 2-р туршилтын хүчиллэг уусмал дахь зэсийн агуулга 420 мг/л, 191 мг/л, металл авалт 97.91 %, 93.13 %, тунадас дахь зэсийн агуулга 90.65%, 71.61% байна.

Туршилтыг гүйцэтгэж дууссаны дараа хүчиллэг уусмалыг тунгааж маргааш нь уусмалаас тунадсыг ялгаж шүүсэн тул тунадас дахь зэс эргэж уусан зэс авалтыг бууруулсан гэж үзэж байна. Хүчиллэг уусмалаас тунадсыг хурдан салгахгүй бол зэс нь эргэж уусмалдаа уусах процесс явагддаг нь үүгээр нотлогдож байна.

ДҮГНЭЛТ

Цементацийн туршилтаар хүчиллэг уусмалаас төмрийн зоргодос ашиглан зэсийг 20 минутын хугацаатай тунадасжуулах үед 99%-иас дээш зэс авалттай ялган авах боломжтой.

Хүчиллэг уусмал дахь зэсийн агуулга өндөр байх тусам зэсийн металл авалт болон тунадас дахь зэсийн агуулга өндөр байгаа нь ажиглагдаж байна.

Зэсийг цементацилсаны дараа уусмал дахь зэс нь 10-15 минутад бүрэн сууж байгаа боловч 20070 мг/л агуулгатай уусмалд үүссэн хар саарал өнгийн булинга удаан сууж байлаа. Харин 2782 мг/л агуулгатай уусмалынх 15 минутын дараа бүрэн тунгалагшиж байв. Хүчиллэг уусмалаас тунадсыг хурдан салгахгүй бол зэс нь эргэж уусмалдаа уусах процесс явагдаж байгаа тул үйлдвэрлэлийн процессод зэсийн тунадсыг уусмалаас аль болох богино хугацаанд ялгаж авахад анхаарах нь туршилтын дүнгээс ажиглагдаж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] М.Пүрэв-Очир, Э.Энхтогтох “Зэс агуулсан хүчиллэг уснаас зэс ялгах технологи туршилт” Улаанбаатар хот, 2020
- [2] Д.Эрдэнэчимэг “Үнэт, өнгөт металлын хими технологи” Улаанбаатар хот, 2019
- [3] Б.Д. Халезов, Н.А. Ватолин, Ю.Н. Макурин, Н.А. Быков, “Исследование извлечения меди в барабанном цементаторе”. Семинар №15, Екатеринбург, 2005 г
- [4] Б.Д. Халезов, Н.А. Ватолин, В.А. Неживых, А.Ю. Тверяков. Кучное выщелачивание меди на коунрадском руднике.
- [5] С.А. Бабенко “Исследование процесса цементации меди железными стружками”. Томск, 1976 г
- [6] Л.С. Диньмухаметова, В.Г. Попов, В.Г. Тягунова, Е.В.Пояркова “Оптимизация технологии цементационного извлечения меди из сернокислых рудничных вод”. Фундаментальные исследования. – 2015. № 6 (часть 1) – С. 9-13. Москва,
- [7] В.В.Мальшев, “Результаты внедрения Комплексная технология глубокой очистки промышленных сточных вод на Урупском ГОКе” 1999
- [8] Al-Saydeh, S.A.; El-Naasa, M.H.; Zaidi, S.J. “Copper removal from industrial wastewater: A comprehensive review”. J. Ind. Eng. Chem. 2017
- [9] Aydın, H.; Bulut, Y.; Yerlikaya, Ç. “Removal of copper (II) from aqueous solution by adsorption onto low-cost adsorbents”. J. Environ. Manag. 2008

УУРХАЙН ХАЯГДАЛ ЧУЛУУН НҮҮРСИЙГ XDF-10 ТӨХӨӨРӨМЖӨӨР БАЯЖУУЛСАН ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Г.Энкүүш¹, Б.Алтантуяа²

¹ ШУТИС, ГУУС, Эрдэс боловсруулалт, инженерчлэлийн салбарын магистрант,

² ШУТИС, ГУУС, Эрдэс боловсруулалт, инженерчлэлийн салбар, доктор (Ph.D), профессор

E-mail: ¹ enkvnee_mgl@yahoo.com, ² altantuya@must.edu.mn

Хураангуй - Нарийн сухайт ордын үнслэг ихтэй чулуутай нүүрс маш ихээр хаягддаг. Үүнийг бага зардлаар органик бус механик хольц болох үнслэгийг бууруулж, илчлэгийг дээшлүүлж нүүрсний чанарыг сайжруулж нөөцийг бүрэн зохистой ашиглах зорилгоор XDF-10 хуурай аргаар ялгах төхөөрөмжийг ашиглан үйлдвэрлэлийн туршилтыг хийж гүйцэтгэсэн. Туршилтаар нарийн ширхэглэлтэй <6мм нүүрсийг баяжуулахад үнслэгийг 22.4 нэгжээр буюу 40%-иар, илчлэгийг 2007 ккал/кг-аар нэмэгдүүлсэн ба нүүрс авалтыг 88% хүртэл өсгөх боломжтой болохыг тогтоов.

Түлхүүр үг - үнслэг, илчлэг, агаар өгөлт, нүүрс авалт

УДИРТГАЛ

Дэлхийн нүүрсний батлагдсан нөөц 2021 оны статистик мэдээгээр 1074.108 тэрбум тонн бөгөөд Монгол улсад батлагдсан нөөц нь 2.520 тэрбум.тонн буюу 0.2%-г эзэлдэг.

Нүүрс нь монгол орны нутаг дэвсгэрт харьцангуй жигд тархсан. Нутгийн зүүн мужид хүрэн нүүрс, төв, өмнөд болон баруун мужид чулуун болон коксжих нүүрс зонхилж тархсан. Нийт ордын 62% нь хээр, цөлөрхөг хээрийн экосистемд байна. Монгол орны нүүрсний геологийн таамаг нөөцийн 30.6% нь говийн бүсэд хамаарагддаг. Говийн бүсийн уул уурхай компаниудын усны эрэлт хэрэгцээ 2021 онд 16.4сая м3/жил байгаа нь усны хомсдолд орох эрсдэл өндөр байна. Энэ бүс нутгийн жилийн хур тунадас нь 150мм-ээс бага, ундны усны эх үүсвэр хомс бөгөөд үйлдвэрлэлийн зориулалттай усны нөөц бүрдүүлэхэд хүндрэлтэй. Иймд нүүрс баяжуулах технологи нь хуурай аргыг түлхүү сонгох хандлагатай байна. Байгаль орчинд ээлтэй, ус огт ашигладаггүй төдийгүй өргөн хүрээний дэд бүтэц шаарддаггүй тул эдийн засгийн хувьд үр ашигтайд тооцогддог байна. Учир нь үйлдвэрлэлд ус ашиглахгүй тул усыг зөөж тээвэрлэх болон дахин боловсруулах байгууламж шаардлагагүй юм. Түүнчлэн хүйтэн цаг ууртай орчинд ашиглахад ихээхэн тохиромжтой.

Нүүрсийг хуурай аргаар баяжуулахад түүний бат бэх чанар, бутрац, хатуулаг, гадны даралтанд үзүүлэх эсэргүүцэл, хэврэгшил зэрэг чанарууд чухал үзүүлэлт болдог. Мөн үрэлтийн коэффициент хуримтлуулах ширээн дээр баяжуулах, муруй замын урсгалд баяжуулах, үрэлтээр ялгах, хуурай орчны баяжуулалтын ялгарлын үр дүнд чухал нөлөөтэй.

Иймд бид Нарийн сухайтын ордын үнслэг ихтэй нүүрсийг үйлдвэрийн нөхцөлд XDF-10 төхөөрөмжөөр баяжуулж чанартай бүтээгдэхүүн гарган авах зорилго тавилаа.

Одоогийн байдлаар нүүрсийг хуурай аргаар баяжуулах чиглэлээр олон төрлийн сепараторууд зохион бүтээгдсэн бөгөөд хийц, хэрэглэгдэх хүрээ, ялгалтын үр ашиг зэрэг үзүүлэлтээрээ өөр өөрийн онцлогтой (1-р хүснэгт).

1-Р ХҮСНЭГТ. ХУУРАЙ БАЯЖУУЛАЛТЫН ТЕХНОЛОГИЙН
ХАРЬЦУУЛАЛТ

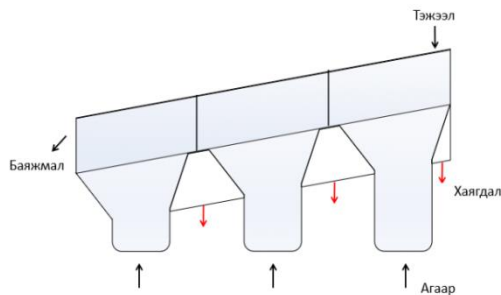
-	Кат / БНСУ/	FGX /БНХАУ/	ALL AIR ГЕРМАН	XDF-10 /БНХАУ/
Цагийн хүчин чадал тн/ц	200	10-480	5-100	50-100
Тэжээлийн бүхэллэг	1-20	0-80	0-60	0-6
Цахилгаан зарцуулалт /1тн Квт/	2.1	2.4	1.6	0.01
Үнслэгийг бууруулах боломж	15-25	5-15	10-20	15-30
Үйлдвэрлэх бүтээгдэхүүн	Баяжмал завс.бүт, хаягдал	Баяжмал завс.бүт, хаягдал	Баяжмал, хаягдал	Баяжмал, хаягдал
Технологийн онцлог	Баяж. ширээ	Баяж. ширээ	Тунаах, агаар, цацраг үүсгүүрт ялгагч	Агаарын тунаах машин

XDF-10 төхөөрөмж нь дээрх сепараторуудын ололттой талуудыг тусган авч, дутагдалтай талуудыг сайжруулах зорилгоор зохион бүтээгдсэн бөгөөд зөөврийн овор хэмжээ бага, цахилгаан зарцуулалт бага, тэжээлээс хамаарч тохируулга хийхэд хялбар, эвдрэл гэмтэл багатай, тасалгаа бүрт агаар өгөлтийг тохируулдаг ба нарийн ширхэглэлтэй ($d < 6\text{мм}$) нүүрсийг үр ашигтай ялгагдаараа бусад технологиос онцлог юм.

XDF-10 ТӨХӨӨРӨМЖИЙН АЖИЛЛАХ ЗАРЧИМ, ОНЦЛОГ

Хуурай аргаар баяжуулах энэхүү төхөөрөмж нь 4.2х2.1 хэмжээтэй ялгах ширээ, үлээх 3

вентиляторын тусламжтайгаар нүүрсийг ялгадаг ба баяжмал, хаягдал, нарийн тоосонцор гэсэн 3 бүтээгдэхүүн гардаг. Уг төхөөрөмж нь нойтон баяжуулалтын тунаах машины ажиллах зарчимтай төстэй бөгөөд ширээний уртын дагуу бүтээгдэхүүн гаргах 3 хоригтой. Эхний хэсэгт том, дараагийн хэсэгт дунд, 3 дахь хэсэгт нарийн ширхэгтэй хаягдлыг ялгадаг. Ширээний налуу, хавхлага, агаарын урсгал зэрэг параметруудийг өөрчлөн ялгалтын горимыг тохируулдаг. Агаар үлээх вентиляторын эргэлтийн хурд, ширээний налууг өөрчлөхөд автомат удирдлага ашиглан самбар дээр тохируулдаг. Төхөөрөмжийн бүрдэл хэсгийг 1-3-р зурагт харуулав.



1-р зураг. XDF-10 төхөөрөмжийн ажиллах зарчмын схем



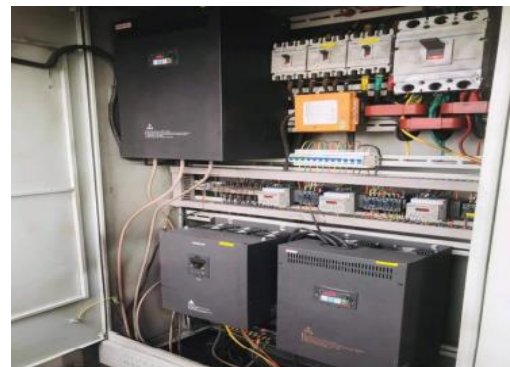
2-р зураг. XDF-10 төхөөрөмжийн хаягдал гарах хэсэг. (Ширээний уртын дагуу хаягдал нь ширхэглэлээр ангилагдан гурван хэсэг хаягдал гарна.)



3-р зураг. XDF-10 төхөөрөмжийн баяжмал гарах хэсэг. (Ширээний төгсгөлд баяжмал гарна.)



4-р зураг. Агаар өгөх хоолой (Тавцангийн тасалгаа бүрт агаар өгөлтийг тохируулж болдог)



5-р зураг. Удирдлагын самбар (Ширээний налуу болон агаар өгөлтийг гар удирдлагыг ашиглан самбар дээр тохируулдаг)

ҮЙЛДВЭРЛЭЛИЙН ТУРШИЛТ

Нарийн сухайтын чулуун нүүрсний орд нь 124 сая тонн нөөцтэй. Уурхайн олборлолтын үед бохирдол, хаягдал болон исэлдсэн нүүрс байдлаар нийт нүүрсний 40% орчим нь хаягддаг. Хаягдал буюу чулуутай F нүүрсний дэгдэмхий бодисын гарц (39.5-45.1%) болон үнслэг (17.1-43%), илчлэг багатай (3546-5981 ккал/кг) байдаг.

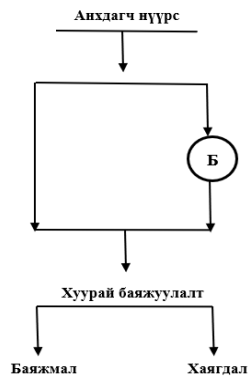
2-Р ХҮСНЭГТ. НАРИЙН СУХАЙТ ОРДЫН ЧУЛУУН НҮҮРСНИЙ ШИРХЭГЛЭЛИЙН БҮРЭЛДЭХҮҮН

Бүхэллэгийн хэмжээ, мм	Гарц	
	кг	%
-50+25	17.3	14.7
-25+12.5	26.3	22.4
-12.5+6.3	22.4	19.1
-6.3+1	36.5	31.1
-1+0	15.0	12.7
Нийт	117.4	100

Нарийн сухайтын орд нь бутрамтгай шинж чанартай ба нийт чулуутай нүүрсний овоолгын 40%-ийг 0-6мм-ийн ширхэглэлтэй нүүрс эзэлдэг. Иймд бид уг ордын нүүрсний $d < 6\text{мм}$ ширхэглэлтэй хэсгийг хуурайгаар ялгах XDF-10 төхөөрөмжөөр баяжуулах туршилтыг дараах нөхцөлтэйгөөр явуулав. Үүнд:

1. Нүүрсний шинж чанар: чийглэг 6-7%, үнслэг 36-46, хүхэр 0.5-0.8%, илчлэг 3800-4500 ккал, Гиндекс 10-11, нийт жин 805 тонн,

2. Төхөөрөмж: XDF-10 төхөөрөмж, хүчин чадал 60тн/ц, TYE-1200 зөөврийн алхат булуур, тэжээл өгөх ковш, туузат конвейер
3. Туршилтын технологийн схем. 4-р зурагт туршилт явуулсан технологийн схемийг харуулав.

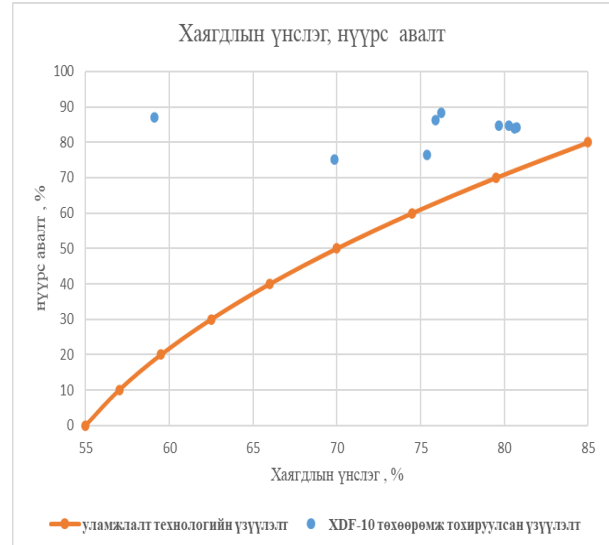


6-р зураг. Туршилтын технологийн схем

Үйлдвэрлэлийн туршилтад нарийн ширхэглэлтэй 805 тонн нүүрсийг баяжуулахаас өмнө зөөврийн алхат булуураар -6мм хүртэл бутална. Бункерт тэжээлийг ковшоор өгч туузан конвейероор материалыг зөөвөрлөн XDF-10-ын хүлээн авах бункерт өгч 60тн/ц хүчин чадалтайгаар 9 удаагийн туршилт хийж гүйцэтгэв. Туршилт бүрийн тэжээл болон баяжмалаас тус бүр 18 дээж авч лабораторид нүүрсний үнс, хүхэр, илчлэг, чийг болон G индексийг шинжилгээгээр тодорхойлж үр дүнг 3-р хүснэгтэд үзүүлэв.

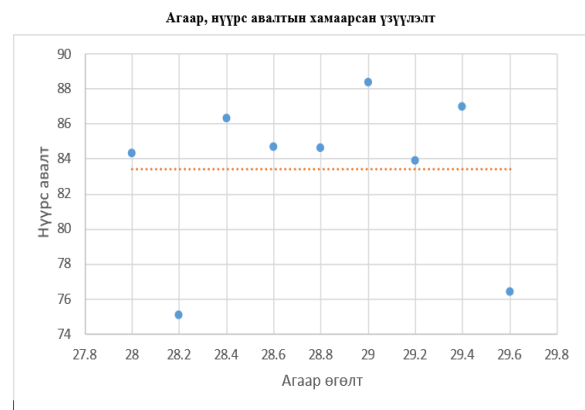
3-Р ХҮСНЭГТ. НАРИЙН СУХАЙТ ОРДЫН ЧУЛУУН
НҮҮРСНИЙ ШИРХЭГЛЭЛИЙН БҮРЭЛДЭХҮҮН

№	Нүүрсний төрөл	Хэмжээ тн	Гарц %	Нүүрс авалт	Агаар өгөлт %	Чанарын үзүүлэлтүүд				
						Үнс (ад) %	Хүхэр std %	Начлэг kCal/kg	G index	Чийг %
1	Тэжээл	60	100	84.3	28	45.35	0.37	3813	10	2.3
	Баяжмал	40	67			17.11	0.6	6289	21	2.7
	Хаягдал	20	33			80.75	-	-	-	-
	Тэжээл	150	100			41.9	0.47	4055	10	2.3
2	Баяжмал	110	73	75.1	28.2	16.2	0.68	6340	35	2.7
	Хаягдал	40	27			69.84	-	-	-	-
	Тэжээл	75	100			37.54	0.61	4524	10	2.4
	Баяжмал	55	73			16.43	0.79	6351	42	2.6
3	Хаягдал	20	27	86.3	28.4	75.9	-	-	-	-
	Тэжээл	80	100			42.8	0.5	3985	10	2.1
	Баяжмал	60	75			15.03	0.65	6356	35	2.7
	Хаягдал	20	25			79.68	-	-	-	-
4	Тэжээл	150	100	84.7	28.6	42.98	0.58	4009	10	1.9
	Баяжмал	100	67			13.18	0.81	6574	69	2.5
	Хаягдал	50	33			80.27	-	-	-	-
	Тэжээл	80	100			36.53	0.72	4571	11	2.4
5	Баяжмал	60	75	88.4	29	18.85	0.78	6082	47	2.6
	Хаягдал	20	25			76.23	-	-	-	-
	Тэжээл	75	100			43.5	0.51	3939	10	3
	Баяжмал	45	60			11.06	0.87	6774	82	2.5
6	Хаягдал	30	40	83.9	29.2	80.6	-	-	-	-
	Тэжээл	60	100			26.86	0.62	5379	10	2.3
	Баяжмал	45	75			17.05	0.58	6203	30	2.8
	Хаягдал	15	25			59.11	0.44	2490	10	1.7
7	Тэжээл	75	100	87	29.4	46.52	31	3353	10	2.5
	Баяжмал	50	67			16.37	0.54	6271	35	2.8
	Хаягдал	25	33			75.39	0.2	1330	10	1.4
	Тэжээл	805	100			38.3	-	4368	-	-
Н и й т	Баяжмал	565	70.18	83.4		15.8	0.7	6375	43	2.7
	Хаягдал	240	29.82			67.8	-	1900	-	-



7-р зураг. Хаягдал үнслэг нүүрс авалтаас хамаарсан үзүүлэлт

Мөн XDF-10 төхөөрөмжийн 3-р хоолойн агаар өгөлтийг өөрчилж үзсэн ба нүүрс авалтад хэрхэн нөлөөлөхийг 8-р зурагт харуулав.



8-р зураг. Нүүрс авалт агаар өгөлтөөс хамаарсан үзүүлэлт (Агаар өгөлт нь үлээх вентиляторын эргэлтийн хурдаар тодорхойлогдсон болно.)

ДҮГНЭЛТ

XDF-10 төхөөрөмж нь хуурай орчинд нарийн ширхэглэлтэй $d < 6\text{мм}$ нүүрсийг үр ашигтай ялгах боломжтой.

Туршилтын үр дүнд үнслэгийг 22.5 нэгжээр (38.3%-с 15.8 хүртэл) буюу 2,4 дахин буурсан, илчлэг 4368-6375 ккал/кг хүртэл буюу 2007 ккал/кг-аар нэмэгдсэн.

XDF-10 төхөөрөмж дээр хийгдсэн туршилтын үр дүнд нүүрс авалт 88%, хаягдал үнсний агуулга 76%, хаягдлын гарц 25% байна.

Нүүрсний ширхэглэл, тэжээлээс хамаарч 3-р тасалгаанд агаар өгөлтийн тохиромжтой хурд 28-29% байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Дэлхийн эрчим хүчний статистикийн тойм”(2021)
Retrieved from <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-coal.pdf>
- [2] Б.Алтантуяа Нүүрсийг хуурай аргаар баяжуулах технологийн чиг хандлага Монгол-Солонгосын НХАБДТ хамтарсан семинарын илтгэлийн эмхэтгэл 2015он., УБ
- [3] “Уул уурхай ба газрын доорх усны менежмент, хяналт шинжилгээ сургалт” (2017) Retrieved from https://commdev.org/pdf/south-gobi-roundtable-documents/IFC008_Additional-materials.pdf
- [4] Г. Мөнгөнбагана (2019)] “Нүүрс баяжуулах технологийн процессын удирдлагын системийн судалгаа” , ШУТИС эрдэм шинжилгээний уншлага
- [5] GJ de Korte “Хуурай баяжуулалтын технологийн судалгааны үр дүнгээс” Retrieved from https://www.multotec.com/public/uploads/files/media_files/file_40b8e673e83504f2363c93f71c6eac85.pdf
- [6] П.Очирбат (2002) Нүүрсний аж үйлдвэрийн хөгжлийн стратеги ба экологи, Улаанбаатар Монгол УБ: Interpress
- [7] Nikhil upra (2015) Энэтхэгийн нүүрсийг агаараар ялгах технологийн хэрэглээ Retrieved from [SMEPaper \(4\).pdf](#)
- [8] Bo Zhang e al,(2014) Utilization an Air-dense Medium Fluidized Bed Dry Seprating System for Preparing low ash coal, International Journal of Coal Preparation and Utilization,34:6,285-295,DOI

НУРУУЛДАН УУСГАХ ПРОЦЕССЫГ ЭРЧИМЖҮҮЛЖ АЛТ АВАЛТЫГ НЭМЭГДҮҮЛЭХ СУДАЛГААНЫ ЗАРИМ ҮР ДҮН

Т.Оргодол¹, Б.Алтантуяа²

¹ ШУТИС, ГУУС, Эрдэс боловсруулалт инженерчлэлийн салбарын докторант

² ШУТИС, ГУУС, Эрдэс боловсруулалт инженерчлэлийн салбар, доктор (Ph.D), профессор

E-mail: ¹ orgodol.t@gmail.com, ² altantuva@must.edu.mn

Хураангуй — Монгол орны алтны шороон ордын нөөц багасч үндсэн ордын хүдрийг олборлох ажиллагаа хурдацтай явагдаж байна. Үүний зэрэгцээ ядуу агуулгатай болон ашиглаж дууссан техногений ордод нэмэлт хайгуул хийж нөөцийг нэмэгдүүлэх, овоолгуудыг дахин ашиглах нь эдийн засгийн ач холбогдолтой. Нуруулдан уусгалтын ашиглагдаж дууссан овоолгод үлдсэн хүдрийг дахин уусгах технологийн туршилтуудыг явуулж үлдэгдэл нөөцийг эдийн засгийн эргэлтэнд оруулах боломжтой байна.

Түлхүүр үг - үлдэгдэл нөөц, дахин исэлдүүлэх, нэвчилтийн зам.

ОРШИЛ

Бутласан хүдрээс ашигтай бүрэлдүүлэгч хэсгийг уусгаж авах процесс шууд уусах болон диффузийн гэсэн 2 үе шатаар явдаг. Хүдрийн гадаргууд байрлаж байгаа ашигтай металл уусмалын урсгалаар шууд угаагдан уусах болон хүдрийн мөхлөгийн дотор байгаа металл молекулын диффузээр уусдаг [1].

Молекулын диффузийн үзэгдэл нь хүдрийн хэсэг дэх нүх сүв, жижиг хагарал болон нүх сүвний уусгах уусмалд агуулагдах ашигтай бүрэлдэхүүн хэсгийн концентрацийн зөрүүгээс үүсдэг. Ууссан эрдсийн ионууд нь нүх сүвний шингэнээс уусгах уусмал руу шилжиж, аажмаар ханах процесс явагдана.

Нуруулдан уусгалтыг исэлдсэн, өгөршсөн болон идэвхижил султай сульфидийн алтны бага агуулгатай ордын хүдрийг боловсруулахад өргөн ашигладаг хэдий ч алт авалт харьцангуй бага (60 % орчим) байдаг [2].

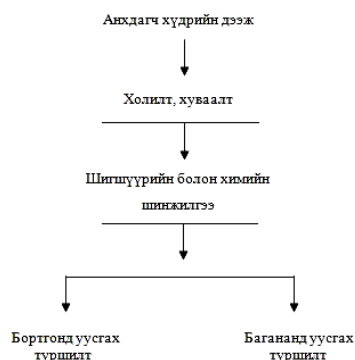
Энэ нь цианидын нэлээд хэсэг нь хүхрийн агууламж өндөртэй эрдэс бодисыг шингээж, алт олборлолтыг бууруулдагтай холбоотой. Сульфидын эрдэс бодисууд хүчилтөрөгчийг хэт их шингээж, сульфид үүсгэх нь алтны уусалтын хурдыг бууруулдаг. Уусах хурд саарах шинж чанар нь ууссан хүчилтөрөгчийн концентраци буурахаас гадна алтны мөхлөгийн гадаргуу дээр уусдаггүй нягт хальсан үе үүсгэдэг байна. Энэхүү нягт хальсан үе нь байгаль цаг уурын орчинд тодорхой хугацааны явцад агаарын хүчил төрөгчтэй исэлдэлтэнд орж уусах чанартай болдог байна[5].

Иймд Бороогийн ордын нуруулдан уусгалтын овоолгод тухайн үед уусах чанар багатай байсан хагас исэлдсэн болон сульфидийн хүдэр үйлдвэрлэл зогссоноос хойшхи 3 жил гаруй хугацаанд орхигдсон хүдрийг сонгон авч дахин уусгах боломжийг судлах зорилт тавилаа.

Ашиглагдаж байсан бага агуулгатай овоолго дахь хүдрийн цианидад уусдаг алтны хэмжээ, нуруулдан уусгалтын металл авалтыг тодорхойлох зорилгоор энэхүү туршилтыг (МАК)-ийн Технологийн судалгааны төвийн Эрдэс боловсруулалт судалгааны лабораторид гүйцэтгэсэн болно [3].

Дээж бэлтгэл

Ашиглагдаж дууссан нуруулдан уусгалтын талбайг уусгалт явуулсан хугацаа, исэлдлийн зэрэг болон металл авалт зэрэг харилцан адилгүй шинж чанараар нь 4 ангилж тодорхой торлолоор өрөмдөж хэсэг тус бүрээс чөмгөн дээжийг туршилтанд зориулан авч кольцо-конусын аргаар холилт хийсний дараагаар шигшүүрийн болон химийн шинжилгээ хийв. Ачаалахын өмнө уусгалтын 4 багана тус бүрийн дээжин дээр гидратжисан шохойг уусгалтын рН-ийг тохируулсан. Дээж бэлтгэл болон химийн шинжилгээний ажлын дарааллыг Зураг 1-т үзүүлэв.



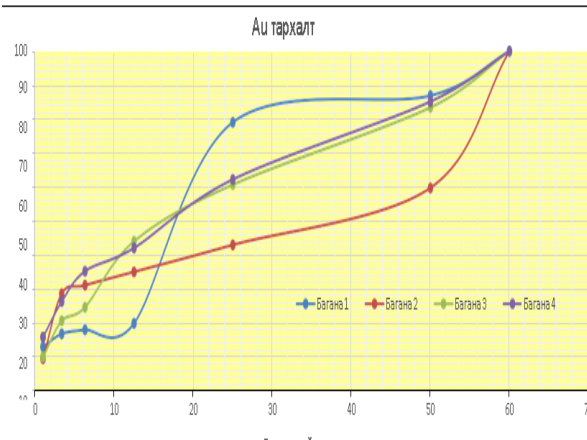
1-р зураг 1. Дээж бэлтгэл болон химийн шинжилгээний ажлын дараалал

Анхдагч хүдрийн бүхэллэгийн анги ба алтны тархалт

Анхдагч хүдрийн бүхэллэгийн анги болон алтны тархалтын үзүүлэлтийг Хүснэгт 1-т, хамаарлын графикийг Зураг 2-т үзүүлэв.

1-Р ХҮСНЭГТ. АНХДАГЧ ХҮДРИЙН БҮХЭЛЛЭГИЙН АНГИ
БОЛОН АЛТНЫ ТАРХАЛТ (КУМУЛАТИВ ХУВИАР)

Бүхэллэг, мм	Багана 1	Багана 2	Багана 3	Багана 4
-60	100	100.00	100	100
-50+25	86.86	67.25	83.37	85.10
-25+12.5	79.00	37.23	60.61	62.12
-12.5+6.3	19.64	24.71	43.86	41.90
-6.3+3.35	17.78	18.07	24.42	35.05
-3.35+1	16.58	13.66	20.43	26.06
-1+0	12.70	5.76	9.77	15.61

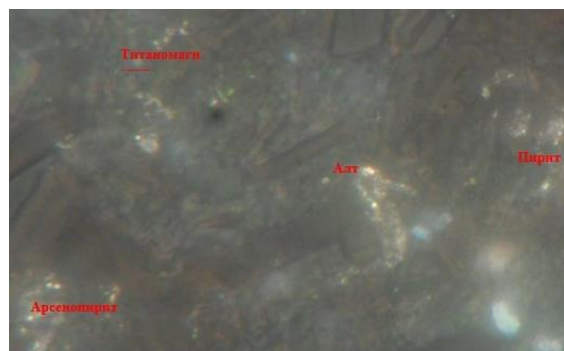


2-р зураг. Анхдагч хүдрийн бүхэллэгийн анги болон алтны тархалтын график

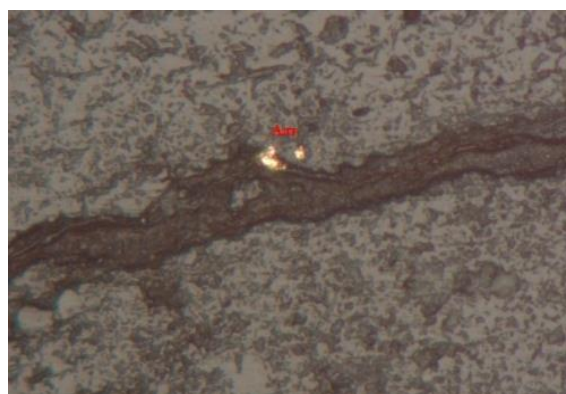
Анхдагч хүдрийн бүхэллэгийн анги болон алтны тархалтаас үзэхэд нийт алтны 55%-с дээш хувь нь +12.5 мм бүхэллэгтэй хэсэгт байна.

Эрдсийн шинжилгээ

Анхдагч хүдрийн дээжинд хийсэн эрдсийн шинжилгээгээр алт агуулсан арсенопирит, арсенопирит-пирит-титаномагнетиттай шигтгээлэг хүдэр, алт-халькопирит агуулсан, алт, арсенопирит агуулсан титаномагнетит-пириттэй шигтгээлэг ядуу хүдэр элбэг тохиолдож байна. Үүнээс дүгнэхэд тус хүдэрт агуулагдах алт нь пирит, арсенопирит, халькопирит гэх мэт сульфидын эрдсүүд дотроо суусан байна. № CELL_4-3. Алт, арсенопирит агуулсан пирит- титаномагнетиттай шигтгээлэг ядуу хүдрийн аншлифийн зургийг Зураг 3-т, CELL_1-4. Алт, арсенопирит агуулсан лимонитийн псевдоморфоз ба мартитжсан магнетиттай шигтгээлэг хүдрийн аншлифийн зургийг Зураг 4-т тус тус харуулав.



3-р зураг. Алт, арсенопирит агуулсан пирит- титаномагнетиттай шигтгээлэг ядуу хүдэр. Пирит, арсенопирит ба титаномагнетитын тоосонцорууд. 400х



4-р зураг. Аншлиф № Багана 1-4. Алт - арсенопирит агуулсан лимонитийн псевдоморфоз ба мартитжсан магнетиттай шигтгээлэг хүдэр. Алтан шар өнгөтэй тоосонцор алтны мөхлөгүүд. Өсгөлт 400х

Петрографийн шинжилгээ

Анхдагч хүдрийн дээжинд хийсэн Петрографийн шинжилгээний дүнгээс үзэхэд хүдэр нь өгөршилт, катаклажилт, карбонатжилт, цахиуржилт зэрэг процессуудад сул орсон, алт шингээх шинж чанартай органик гаралтай нүүрстөрөгч агуулсан эрдэс байхгүй бөгөөд багана тус бүрт ачаалагдсан дээжүүдийн гол чулуулаг бүрдүүлэгч зонхилох эрдсүүд нь калийн хээрийн жонш, плагиоклаз, кварц, хувирсан биотит зэрэг эрдсүүдээс тогтож байна.

Бортгонд уусгах туршилт

Туршилтанд орж байгаа хүдрийн хамгийн дээд боломжит металл авалтын түвшинг тогтоох зорилгоор Багана уусгал тус бүрт орж байгаа хүдрээс авсан дээжинд бортгонд уусгах туршилтыг явуулав. Хүдрийн дээжийг буталж 74 микроноос бага ширхэгтэй мөхлөгийн агуулгыг 100% болтол нунтаглаж 400 гр дээжинд чөлөөт цианидын (CN-) агууламжийг 1000 мг/л болгож, 48цаг бортгонд өнхрүүлсний дараа алтны агуулгыг тодорхойлж үр дүнг Хүснэгт 2-д үзүүлэв.

2-Р ХҮСНЭГТ. БОРТОГОНД ӨНХРҮҮЛЭХ ТУРШИЛТЫН
ДҮН

Дээжийн нэр	Анхдагч Дээжний агуулга	Хатуу үлдэгдлийн агуулга	Алтны металл авалт
	гр/тн	гр/тн	%
Багана 1	0.10	0.051	56.04
Багана 2	0.59	0.263	26.49
Багана 3	0.15	0.087	35.22
Багана 4	0.43	0.24	32.43

Баганан уусгалтын туршилт

Баганан уусгалтын туршилтыг олон улсын хэмжээнд өргөн хэрэглэдэг аргачлал журмын дагуу хийж гүйцэтгэв [4]. Нуруулдан уусгалтын боломжит металл авалтыг тогтоох зорилгоор 4 баганыг ачаалж чөлөөт цианидын хэмжээг 300, 500, 1000 мг/л агуулгатай уусмалаар тодорхой хугацаанд нэмж уусгалтын туршилтыг нийт 65 хоног явуулсан ба туршилтаас гарсан бүтээгдэхүүн тус бүрт химийн шинжилгээг хийсэн. Туршилтын явцад уусмалын чөлөөт цианид болон pH-ийг өдөр бүр хэмжиж байв. Баганан уусгалтын туршилтын үр дүнг Хүснэгт 3-т, Баганан уусгалтын туршилтын схемийг Зураг 5-д, Баганан уусгалтын Баганан уусгалтын алт авалт, уусгалтын хугацааны хамаарлын графикийг Зураг 6-9-д тус тус үзүүлэв.

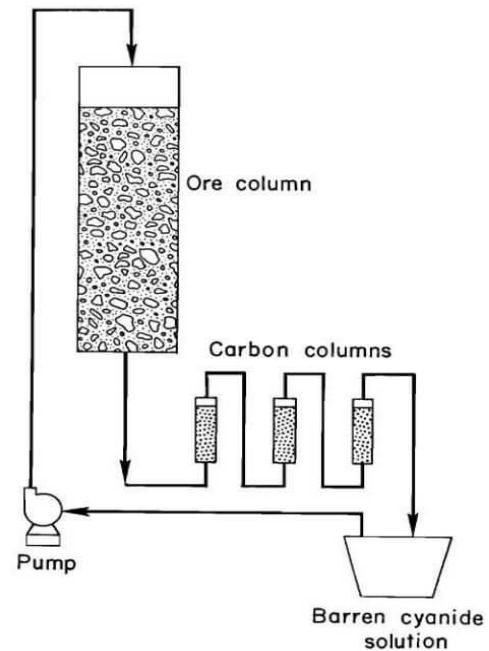
3-Р ХҮСНЭГТ. БАГАНАН УУСГАЛТЫН ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Баганын дугаар	Au гр/тн	Au авалт, %
Багана 1	0.15	24.66
Багана 2	0.25	23.31
Багана 3	0.32	19.89
Багана 4	0.49	30.71

Баганан уусгалтын туршилтаар тэжээлийн чөлөөт цианидын агуулгыг 1000 мг/л болтол өсгөсөн ч баян уусмалын агуулга өсөхгүй байгаа нь тогтоогдов.

Баганан уусгалтын туршилтаар эхний 15 хоногоос хойш метал авалт тогтворжиж байгаа нь Зураг 6-9-д үзүүлсэн дүнгүүдээс харагдаж байна.

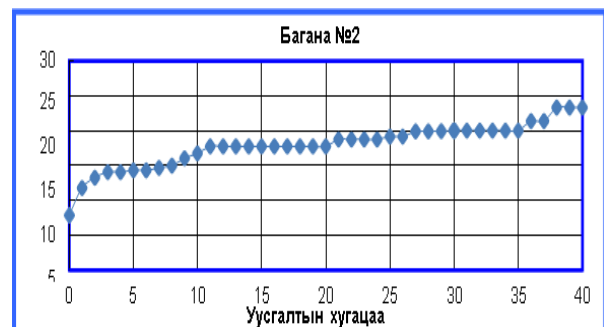
Багана тус бүрийн металл авалтаас үзэхэд хамгийн сүүлд уусгасан буюу бага хугацаанд амраасан 3-р хэсгийн буюу 3-р баганын металл авалт бусад баганынхаас бага байгаа нь исэлдэлт бага явагдсаныг харуулж байна.



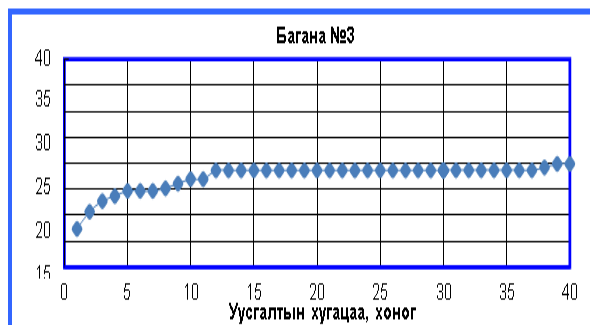
5-р зураг. Баганан уусгалтын технологийн туршилтын схем



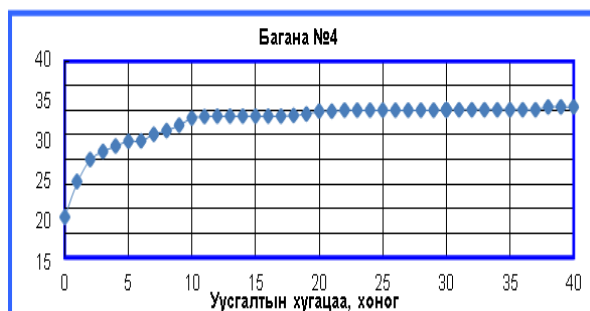
6-р зураг 6. Баганан уусгалтын алт авалт, уусгалтын хугацааны хамаарал (Багана тус бүрээр)



7-р зураг. Баганан уусгалтын алт авалт, уусгалтын хугацааны хамаарал (Багана тус бүрээр)



8-р зураг. Баганаан уусгалтын алт авалт, уусгалтын хугацааны хамаарал (Багана тус бүрээр)



9-р зураг. Баганаан уусгалтын алт авалт, уусгалтын хугацааны хамаарал (Багана тус бүрээр)

ДҮГНЭЛТ

Анхдагч дээжинд алтны агуулга зааж байгаа ч чөлөөт цианидын агуулгыг 1000 мг/л хүргэхэд уусгалтын алт авалт бага, нам даралттай агаар өгч исэлдүүлсэн ч баян уусмалд алт орж ирэхгүй байгаа нь хүнд баяжигддаг / пирит, арсенопирит, халькопирит зэрэг сульфидын эрдсүүдэд алт суусан/ алтны хүдэр овоолгод үлдсэнийг гэрчилж байна.

Бортогонд уусгах туршилтын дүнгээр 75 микроны агуулгыг 100% болтол нунтагласан ч Au авалт 26.49-56.04% хүрч байгааг тогтоов.

Баганаан уусгалтын туршилтаар эхний 15 хоногоос хойш металл авалт тогтворжиж цаашид огцом өсөлт өгөхгүй ба алт авалт 19.9%-30.7% байна.

Туршилтын үр дүнгээс үзэхэд орхигдсон хүдэр тодорхой хэмжээгээр исэлдэж уусах чанар нь дээшилсэн ба үлдэгдэл баялаг бүхий хүдрийг урьдчилан сийрэгжүүлснээр агаар дахь хүчилтөрөгчтэй исэлдэх, уусмалын овоолго дахь материал дундуур шүүрч уусах зам шинээр бий болсноор алтыг бага зардлаар ялган авч болохоор байна.

Цаашид металл авалтыг дээшлүүлэхэд овоолго дээрх хүдрийг сийрэгжүүлж уусмалын нэвчих замыг өөрчлөх, исэлдлийн түвшинг дээшлүүлэх боломжийг судлах шаардлагатай байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛЫН ЖАГСААЛТ:

- [1] Дементьев В.Е., Дружина Г.Я., С.С.Гудков. Кучное выщелачивание золота и серебра. 2004
- [2] A.Taylor "Keys to Successful Gold Heap Leaching" ALTA Metallurgical Services. 2011
- [3] Монголын Алт Корпорац (МАК-)ийн Технологийн судалгааны төв. Бороогийн нуруудан уусгалтын үлдэгдэл нөөц алтын ялгаж авах боломжийг судлах баганаан уусгалтын туршилтын тайлан. 2019
- [4] Column Leaching Procedure, www.911metallurgist.com.
- [5] Тчаро Х. Изучение процесса извлечения золота и серебра при цианировании //Материалы XV Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие малоотходные и природоохранительные технологии освоения недр» в рамках симпозиума "Восстановление национальной экономики Сирии". М.: Изд- во РУДН. 2016. С. 182-183

ХӨДӨЛГҮҮРИЙГ ДОРГИОНЫ БА ХАЛАЛТЫН СПЕКТР ШИНЖИЛГЭЭНИЙ АРГААР ОНОШЛОХ СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ҮР ДҮН

Ч.Отгончимэг¹, П.Ариунболор²

¹ШУТИС, ГУУС, Эрдэс боловсруулалт, инженерчлэлийн салбарын докторант

²ШУТИС, ГУУС, Эрдэс боловсруулалт, инженерчлэлийн салбар, доктор (Ph.D), дэд профессор

E-mail: ¹ Otgongchimeg@erdenetis.edu.mn

Хураангуй - Хөдөлгүүрийн гэмтлийг доргионы болон халалтын аргаар судалсан. Энэ өгүүлэлд Баяжуулах үйлдвэрийн технологийн үндсэн тоног төхөөрөмжүүдийн цахилгаан хөтлүүрийн системд ашиглагдаж буй хөдөлгүүрүүдийн техникийн байдлыг доргионы болон халалтын үл задлах аргын оношилгоогоор гэмтлийг эрт илрүүлэх, засвар үйлчилгээг оновчтой төлөвлөх судалгааны ажлын үр дүнг авч үзнэ.

Түлхүүр үг - Үл задлах арга, Гэмтэл, Давтамжийн шинжилгээ

I. ОРШИЛ

Баяжуулах үйлдвэрийн технологийн үндсэн тоног төхөөрөмжүүдэд бага, дунд, их чадлын хувьсах гүйдлийн асинхрон, синхрон хөдөлгүүрүүд ашиглаж байна. Тус үйлдвэрт тээрэм, бутлуур, шигшүүр, насос, вентилятор, компрессор, кран зэрэг тоног төхөөрөмжүүдэд нийт 3000 гаруй цахилгаан хөдөлгүүр ашиглагдаж байна. Ашиглалтын явцад гадаад болон дотоод хүчин зүйлүүдийн нөлөөллөөр хөдөлгүүрт механик болон цахилгааны гэмтэл үүсдэг. Хөдөлгүүрийн хэвийн ажиллагаа алдагдаж, гэмтэл, эвдрэл үүссэнээр төлөвлөгөөт бус сул зогсолт гарч засварын зардлыг ихэсгэдэг.

Тоног төхөөрөмжийн ашиглалтыг дээшлүүлэх, хөдөлгүүрийн сул зогсолтыг багасгах, засвар үйлчилгээний зардлыг бууруулах, үр өгөөжийг дээшлүүлэхийн тулд үл эвдэх аргаар хөдөлгүүрийн техникийн байдлыг тодорхойлон гэмтэл согогийг тухай бүрд эрт илрүүлэх техникийн үзлэг, үйлчилгээг нэвтрүүлэх явдал чухал юм.

Иймд ажиллагааны явцад нь үл эвдэх сорилын төрөл бүрийн технологи ашиглан гэмтэл саатлыг эрт илрүүлэх аргачлал боловсруулах, үзлэг үйлчилгээний хугацааг оновчтой тогтоох, засвар үйлчилгээг оновчтой төлөвлөх шаардлага тавигдаж байна.

Хөдөлгүүрийг үл задлах аргаар оношилсноор ажиллаж байгаа хөдөлгүүрийн гэмтлийг богино хугацаанд, эрт илрүүлж, засварыг оновчтой төлөвлөж, зардлыг бууруулах боломжийг бүрдүүлнэ.

II. ЦАХИЛГААН ХӨДӨЛГҮҮРИЙН ХЭМЖИЛТ ТУРШИЛТ

“Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ-ын Баяжуулах үйлдвэрийн Нунтаглан баяжуулах, Өөрөө нунтаглах хэсэг, Бутлан тээвэрлэх хэсгийн цахилгаан

хөдөлгүүрүүдэд халалтын ба доргионы хэмжилтийг гүйцэтгэв.

Хэмжилт авсан нийт 19 хөдөлгүүрийг хүчин чадлаар нь ангилан 1-р хүснэгтэд үзүүлэв.

1-Р ХҮСНЭГТ. ХЭМЖСЭН ХӨДӨЛГҮҮР (ЧАДЛААР)

Хэсэг	Бага	Дунд	Их	Нийт тоо
	<100 кВт	101 кВт - 1000 кВт	1000 кВт<	
	Тоогоор			
Нунтаглан баяжуулах хэсэг	1	0	2	3
Өөрөө нунтаглах хэсэг	1	3	7	11
Бутлан тээвэрлэх хэсэг	0	5	0	5
Нийт	2	8	9	19

Нийт хөдөлгүүрийн 11% нь 100 кВт хүртэлх бага чадлын, 42% нь 101кВт-аас 1000 кВт хоорондох, 47% нь 1000кВт-аас дээш чадлын хөдөлгүүрүүд тус тус эзэлж байна.

2.1 Хөдөлгүүрийн халалтын хэмжилт

Ашиглалтын үед хөдөлгүүрийн эд ангийн температур ихэссэн тохиолдолд холхивчийн шингэний өөрчлөлт, роторын ба статорын ороомгийн ороодсуудын гэмтэл, сүлжээний давтамжийн өөрчлөлт, хөргөлтийн системийн зэрэг гэмтлүүд гарах магадлалтай тул эд ангийг зайлшгүй шалгах шаардлагатай.

Температурын хэмжилтийн арга нь ерөнхийдөө хөдөлгүүрийн халалтыг тодорхойлдог боловч эд ангийн гэмтлийг нарийвчлан тогтооход дутагдалтай. Иймд бусад гүйдлийн, доргионы, цахилгаан соронзон урсгалын, эргэлдүүлэх цахилгаан соронзон момент аргуудтай хамт хэрэглэдэг.

Хөдөлгүүрийн гадаргуугийн температур нь ороомгийн температураас 300°C-аар бага байдаг. NEMA-ийн хийцийн хөдөлгүүрүүдийн халалтын түвшнийг 3-р хүснэгтэд харуулав [1].

2-Р ХҮСНЭГТ. NEMA-ИЙН ХИЙЦИЙН
ХӨДӨЛГҮҮРҮҮДИЙН ХАЛАЛТЫН ТҮВШИН

Ангилал	Ороомгийн даах хамгийн их халалт	Зөвшөөрөгдөх ихсэлт
A	105°C	60°C
B	130°C	80°C
F	155°C	105°C
H	180°C	125°C

Цахилгаан хөдөлгүүрийн ашиглалтын байдлаас харахад эвдрэлийн гол шалтгаан нь ороомгийн хэт халалт юм. Ороомгийн тусгаарлагчийн температур зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс хэтрэхгүй бол тусгаарлагчийн дулааны элэгдэл удаан хугацаанд явагддаг. Хөдөлгүүрийн халалт нэмэгдэх тусам тусгаарлагч эрс мууддаг.

Бодит байдал дээр халалт 8 °C ихсэх тул тутамд ашиглалтын хугацааг хоёр дахин бууруулдаг. Жишээлбэл тухайн нэрлэсэн ачаалал бүхий ороомог тусгаарлагчтай, 105 хэм хүртэл халалтын температуртай хөдөлгүүр нь 15 орчим жил ажиллах боломжтой ба энэ хөдөлгүүр хэт ачаалал өгч халалтыг 145°C хүртэл нэмэгдэхэд хөдөлгүүр 1.5 сарын дараа ажиллахгүй болдог [2].

Нунтаглан баяжуулах хэсгийн МШ1-ийн СДМЗ 2-21-91-40 УХЛ4 хөдөлгүүрийн халалтын хэмжилтийг 1-р зурагт, хөдөлгүүрийг 2-р зурагт тус тус үзүүлэв.



1-р зураг. МШ1-ийн СДМЗ 2-21-91-40 УХЛ4 хөдөлгүүрийн халалт



2-р зураг. МШ1-ийн СДМЗ 2-21-91-40 УХЛ4 хөдөлгүүр

Баяжуулах үйлдвэрийн дээрх хэсгүүдийн 18 цахилгаан хөдөлгүүрт халалтын хэмжилтийг хийж үр дүнг 3-р хүснэгтэд харуулав.

3-Р ХҮСНЭГТ. ХӨДӨЛГҮҮРҮҮДИЙН ХАЛАЛТЫН
ХЭМЖИЛТ

№	Нэр	Марк, төрөл	Холхивчийн халалт, СО	Хөдөлгүүрийн халалт, СО
Нунтаглан баяжуулах хэсэг				
1	Конвейер 21	5AM250S6Y3	36.5	35.2
2	МШ-1	СДМЗ 2-21-91-40 УХЛ4	54.4	51.5
3	МШ-1А	СДМЗ 2-24-59-80 УХЛ4	52	39.1
4	Шахуурга 33	A4-450УК-8У3	48.9	44.8

5	Шахуурга 38	A4-450УК-8У3	58.9	51.7
Өөрөө нунтаглах хэсэг				
4	Конвейер 23	5AM250S6Y3	32.2	39.5
5	Бутлуур ШДП-2	OK-250-6-12У1	47.5	51.3
6	Конвейер 71	K4-400У-6У3	24.3	36.5
7	Насос 25	YSP500-4	34	40
9	ММС-1	СДМЗ32-24-59-80У4	53.1	48.1
8	МЩЦ-3	СДМЗ34-21-91-40УХЛ4	47.3	39.2
10	МЩЦ-4	СДМЗ34-21-91-40УХЛ4	51.5	53.5
11	МЩЦ-6	EN217954	44.4	41.6
12	МПЦИ-5	EN217954	35.4	41.2
Бутлан тээвэрлэх хэсэг				
14	Конвейер 18	1LA4450-6AN60	59.2	54.2
15	Конвейер 9	XR355MH4	65.8	60.5
16	Конвейер 11	XR355MH4	59.2	52.2
17	Конвейер 17	XR355MH4	33.3	38.7
18	Бутлуур 13	HXR400LC6	51.8	47.5

Хөдөлгүүрүүдийн халалтын зургаас дүгнэхэд халалт стандартын дагуу хэвийн байгаа боловч хөдөлгүүрийн хоёр талын холхивчийн халалтын зөрүү 100°C-ээс дээш байгаа хөдөлгүүрүүдэд нэмэлт доргио чичиргээ, эргэлдэх цахилгаан соронзон хүчний шинжилгээг хийх шаардлагатай гэж үзэв.

2.2 Хөдөлгүүрийн доргио чичиргээний хэмжилт

Хөдөлгүүрийн гэмтлүүд нь олон тооны давтамжуудыг агуулсан доргио, чичиргээг үүсгэдэг бөгөөд гэмтлийг илэрхийлэх давтамжууд нь тухайн хөдөлгүүрийн параметрээс хамааран харилцан адилгүй байна [4].

Олон тооны цахилгаан механик хүчнүүд хөдөлгүүрт доргио чичиргээ үүсгэдэг тул нэн түрүүнд хүчний үүсэх байдал, чиглэл, амплитудын тодорхойломж дахь резонанс, хөдөлгүүрийн бүтцийн бат бөх, дотоод ба гадаад хүчний харилцан үйлчлэл зэрэг шалтгааныг судлах шаардлагатай [5].

Эргэлдэх тоног төхөөрөмж үйлдвэрлэгчид нь ихэвчлэн доргио чичиргээний зөвшөөрөгдөх хэмжээг өгдөг.

Тухайн тоног төхөөрөмжийн доргио чичиргээний зөвшөөрөгдсөн хэмжээг өгөөгүй бол ISO 10816 стандартын дагуу доргио чичиргээний үйлчлэх утгаар нь өгөгдсөн зөвшөөрөгдөх хэмжээг авдаг.

4-Р ХҮСНЭГТ. ISO 10816 СТАНДАРТЫН ДАГУУ ДОРГИО
ЧИЧИРГЭЭНИЙ ҮЙЛЧЛЭХ УТГА

Хурлын үйлчлэх утга, мм/сек	15 кВт-аас дээш хөдөлгүүр (дагуу, хөндлөн, босоо чиглэл)				15 кВт-аас 300 кВт				300 кВт-аас 50 МВт			
	Стандарт		Завсрын гол ба туузан хөдөлгүүр		150 мм<H<315 мм		315 мм<H					
	Хатуу	Зөөлөн	Хатуу	Зөөлөн	Хатуу	Зөөлөн	Хатуу	Зөөлөн	Хатуу	Зөөлөн	Хатуу	Зөөлөн
	1-р бүлэг	2-р бүлэг	3-р бүлэг	4-р бүлэг	3-р бүлэг	4-р бүлэг	3-р бүлэг	4-р бүлэг	3-р бүлэг	4-р бүлэг	3-р бүлэг	4-р бүлэг
11	Зөвшөөрөгдөхгүй				Зөвшөөрөгдөхгүй							
7.1												
4.5	Критик түвшин				Критик түвшин							
3.5												
2.8	Зөвшөөрөгдөх түвшин				Зөвшөөрөгдөх түвшин							
2.3												
1.4												
0.71	Тохирсон түвшин				Тохирсон түвшин							

Нунтаглан баяжуулах хэсгийн хөдөлгүүрийн доргио, чичиргээний хэмжилтийг 5-р хүснэгтэд үзүүлэв.

5-Р ХҮСНЭГТ. НУНТАГЛАН БАЯЖУУЛАХ ХЭСГИЙН
ХӨДӨЛГҮҮРҮҮДИЙН ДОРГИО, ЧИЧИРГЭЭНИЙ ХҮРД,
ХУРДАТГАЛЫН ХЭМЖЭЭ

Нэр	Хөдөлгүүр	Чадал, кВт	RMS мм/с	ISO 10816 мм/с
МШ-1А МШ-1	СДМЗ 2-21- 91-40 УХЛ4	4000	0.39	Тохирсон түвшин
		4000	2.98	Зөвшөөрөх түвшин
		4000	0.68	Тохирсон түвшин
		4000	1.25	Тохирсон түвшин
		4000	0.75	Тохирсон түвшин
		4000	1.48	Тохирсон түвшин
Конвейер 21	5AM250S6Y3	45	1.01	Тохирсон түвшин
		45	0.70	Тохирсон түвшин
		45	1.22	Тохирсон түвшин
Шахуурга 33	А4-450УК- 8У3	500	5.30	Критик түвшин
		500	1.68	Зөвшөөрөх түвшин
Шахуурга 38	А4-450УК- 8У3	500	2.51	Зөвшөөрөх түвшин
		500	2.79	Зөвшөөрөх түвшин

6-Р ХҮСНЭГТ. ӨӨРӨӨ НУНТАГЛАХ ХЭСГИЙН
ХӨДӨЛГҮҮРҮҮДИЙН ДОРГИО ЧИЧИРГЭЭНИЙ ҮЗҮҮЛЭЛТ

Нэр	Хөдөлгүүр	Чадал, кВт	RMS мм/с	ISO 10816 мм/с
Конвейер 71	АК4-400У- 6У3	500	24.16	Зөвшөөрөхгүй
		500	2.51	Зөвшөөрөх түвшин
		500	5.40	Критик түвшин
		500	1.76	Зөвшөөрөх түвшин
		500	1.79	Зөвшөөрөх түвшин
		500	2.15	Зөвшөөрөх түвшин
		500	1.38	Тохирсон түвшин

Насос 25	YSP500-4	500	1.47	Зөвшөөрөх түвшин
		1000	5.65	Критик түвшин
		1000	2.74	Зөвшөөрөх түвшин
		1000	3.06	Зөвшөөрөх түвшин
		1000	2.62	Зөвшөөрөх түвшин
		1000	4.50	Критик түвшин
		1000	6.59	Критик түвшин
Бутлуур ШДП-2	АОК-250-6- 12У1	250	7.37	Зөвшөөрөхгүй
		250	1.46	Зөвшөөрөх түвшин
		250	4.49	Критик түвшин
		250	2.64	Зөвшөөрөх түвшин
		250	0.61	Тохирсон түвшин
		250	1.29	Тохирсон түвшин
		250	2.22	Зөвшөөрөх түвшин
		250	6.86	Критик түвшин
		250	5.05	Критик түвшин
		250	5.29	Критик түвшин
ММС-1	СДМ32-24- 59-80У4	4000	0.89	Тохирсон түвшин
		4000	0.84	Тохирсон түвшин
		4000	0.43	Тохирсон түвшин
МПЦИ-5	EN217954	4200	0.82	Тохирсон түвшин
		4200	0.70	Тохирсон түвшин
		4200	3.16	Зөвшөөрөх түвшин
		4200	0.79	Тохирсон түвшин
МЦЦ-3	СДМ34-21- 91-40УХЛ4	4000	1.27	Тохирсон түвшин
		4000	3.57	Зөвшөөрөх түвшин
МЦЦ-6	EN217954	4200	1.78	Тохирсон түвшин
		4200	0.41	Тохирсон түвшин
МЦЦ-4	СДМ34-21- 91-40УХЛ4	4000	2.21	Тохирсон түвшин
		4000	0.73	Тохирсон түвшин

Хэсэг тус бүрийн доргио чичиргээний хэмжилтийг хийж гүйцэтгэв.

III. ХӨДӨЛГҮҮРИЙН ТЕХНИКИЙН НӨХЦӨЛ
БАЙДЛЫГ ТОДОРХОЙЛОХ ГЭМТЛИЙН
ДАВТАМЖИЙН ШИНЖИЛГЭЭ

1.1. Хөдөлгүүрийн холхивчийн гэмтлийн
давтамжийн шинжилгээ

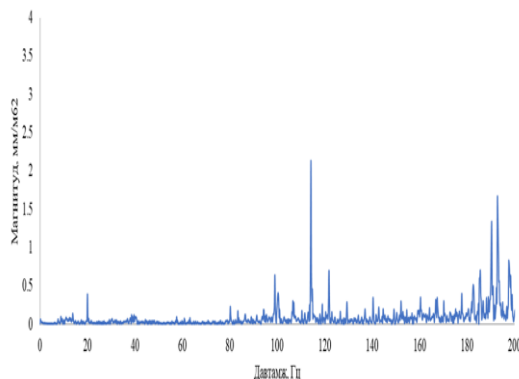
Доргионы спектр шинжилгээнд хөдөлгүүрийн агаарын завсар өөрчлөгдөхөд сүлжээний давтамжийн хоёрдугаар гармониктай холбоотой доргио бий болдгоос гадна соронзон урсгал өөрчлөгдсөнөөр гулсалтын давтамжийн доргио үүсдэг болохыг илрүүлсэн боловч шалтгааныг нь нарийвчлан судлаагүй байна.

Сүлжээний давтамжийн хоёрдугаар гармоникийг сүлжээний-хоёр дахин их-давтамж (twice-line-frequency vibration) гэж нэрлэнэ.

Холхивчид үрлүүд нь маш бага хэмжээний доргио үүсгэх боловч гэмтэл үүсэж эхлэхэд эрс ихэсдэг. Холхивчийн хийцээс (үрлийн тоо, диаметр, холхивчийн дундаж диаметр) болон хөдөлгүүрийн эргэлтийн (ажлын) хурдаас хамааран холхивчид үүсэх гэмтлүүд нь хөдөлгүүрийн доргионы спектр шинжилгээнд тусгай давтамжийг гаргадаг [14] [15].

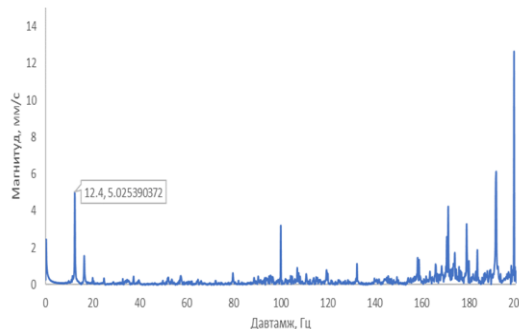
Нунтаглан баяжуулах, Өөрөө нунтаглах, Бутлан тээвэрлэх хэсгүүдийн цахилгаан хөдөлгүүрийн холхивчийн үзүүлэлтүүдээс хамааруулан гэмтлийг тодорхойлов.

Эдгээрээс конвейер 21-ийн 5AM250S6Y3 хөдөлгүүрийн холхивчийн гэмтлийн давтамжийн шинжилгээг доорх зурагт харуулсан болно.



3-р зураг. Конвейер 21-ийн 5AM250S6Y3 хөдөлгүүрийн холхивчийн гэмтлийн давтамжийн шинжилгээ

Дээрх зургаас харахад Конвейер 21-ийн 5AM250S6Y3 хөдөлгүүрийн хөтлүүрийн эсрэг талын холхивчийн дотоод цагариг нь гэмтсэн байна.



4-р зураг. Шахуурга 33-ын A4-450YK-8Y3 хөдөлгүүрийн холхивчийн гэмтлийн давтамжийн шинжилгээ

Дээрх зургаас харахад Шахуурга 33-ын 5AM250S6Y3 хөдөлгүүрийн хөтлүүрийн талын болон эсрэг талын холхивч гэмтэлгүй байна.

Хөдөлгүүрүүдийн холхивчийн судалгаанаас тодорхойлогдсон холхивчийн гэмтлийн давтамжийг Хавсралт-1 үзүүлэв.

3.2 Хөдөлгүүрийн тэнхлэгжилт ба тэнцвэржилтийг тодорхойлох давтамжийн шинжилгээ

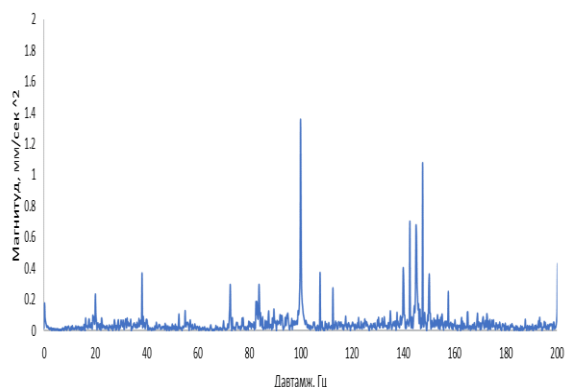
Орчин үеийн техник технологийн дэвшил, хэрэглэгчийн шаардлагатай уялдан эргэх тоног төхөөрөмжийн хурдыг улам нэмэгдүүлж шаардлага гарч байна. Доргионы амплитуд нь эргэлтийн хурдны квадратад шууд пропорциональ байдаг тул эргэх тоног төхөөрөмжийн цахилгаан хөдөлгүүрийн хурдыг улам нэмэгдүүлэхэд доргио төдий чинээ ихэсдэг. Өндөр хурдтай эргэх тоног төхөөрөмжид бага зэргийн тэнцвэр алдагдахад хүчтэй доргиж эвдрэлд хүргэх аюултай [18].

Хөдөлгүүрийн роторын тэнцвэр алдагдах нь машин тоног төхөөрөмжийн согог үүсэх, эвдрэх ерөнхий шалтгаан болдог. Тэнцвэр алдагдсан машинд хэт их доргио бий болдгоос хөдөлгүүрийн эд ангийн элэгдэл хурдасдаг. Дэлхий дээрх доргио, доргионы асуудлын 85%-ийг тэнцвэрээр шийддэг гэж судалгаанд тэмдэглэсэн байна [19]. Эргэлдэх элементийн хүндийн хүчний төв эргэлтийн төвтэй давхцахгүйгээс өөрөөр хэлбэл ротор дээр тэнцвэрт бус байдал үүссэнээс болж тэнцвэржилт алдагддаг.

Тэнцвэр алдагдсан үед спектрийн шинжилгээнд эхний гармоникийн амплитуд өндөр болддогийг олон эрдэмтэд тэмдэглэж байна.

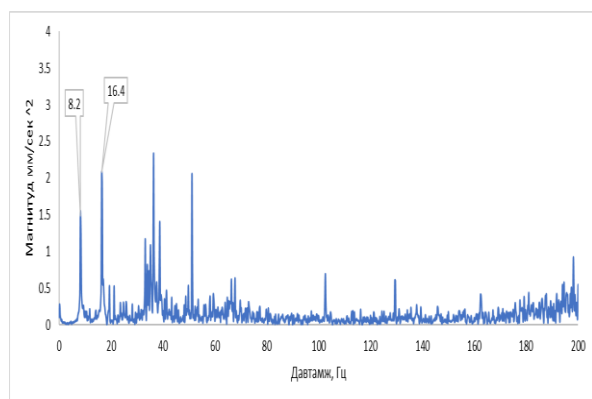
Тэнхлэгжилт алдагдах нь цахилгаан эргэлдэх тоног төхөөрөмжүүдэд гардаг түгээмэл асуудлуудын нэг байдаг. Хөдөлгүүрийг редуктортой болох болон бусад роторын төхөөрөмжтэй холбоход нэг гол дээр бүрэн таруулж суулгаагүйгээс болж тэнхлэгжилт алдагддаг. Тэнхлэгжилт алдагдахад холхивч нурах, их хэмжээний доргио чичиргээг үүсгэх, боолт хугарах, хэт хаалтаас болж цахилгаан тусгаарлагчууд муудах, цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ ихсэх гэх мэт хор хохирол учруулдаг тул эргэлдэх тоног төхөөрөмжийг хооронд холбосны дараа доргио чичиргээний түвшнийг болон давтамжийн спектрээр нягтлан үздэг. Тэнхлэгжилт алдагдсан хөдөлгүүрийн дагуу болон хөндлөн, босоо чиглэлийн доргио чичиргээний давтамжийн спектрт 1, 2, 3-р гармоникүүд ихэсдэг.

МШ-1-ийн СДМЗ 2-21-91-40 УХЛ4 хөдөлгүүрийн давтамжийн спектрийг 5-р зурагт үзүүлэв.



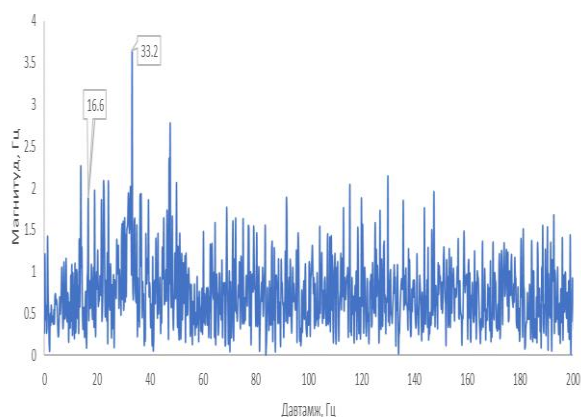
5-р зураг 5. МШ-1-ийн СДМЗ 2-21-91-40 УХЛ4 хөдөлгүүрийн давтамжийн спектр

МШ-1-ийн СДМЗ 2-21-91-40 УХЛ4 хөдөлгүүрт тэнхлэгжилт болон тэнцвэржилт алдагдаагүй байна.



6-р зураг. Бутлуур ШДП-2-ын АОК-250-6-12У1 хөдөлгүүрийн давтамжийн спектр

Бутлуур ШДП-2-ын АОК-250-6-12У1 хөдөлгүүрт тэнхлэгжилт алдагдсан ба тэнцвэржилт алдагдаагүй.



7-р зураг. Бутлуур 13-ын HXR400LC6 хөдөлгүүрийн давтамжийн спектр

Бутлуур 13-ын HXR400LC6 хөдөлгүүрт тэнцвэржилт хэвийн хэмжээнд, тэнхлэгжилтийг шалгах нь зүйтэй.

ДҮГНЭЛТ

Хэмжилтийг нийт 19 хөдөлгүүр дээр явууллаа. Эдгээрээс 100 кВт хүртэлх чадлын хөдөлгүүр 13%, 101-1000 кВт чадлын хөдөлгүүр 42%, 1000кВт-аас дээш чадлын хөдөлгүүрүүд 47% тус тус эзэлж байна.

Халалтын спектр шинжилгээний хэмжилтээр хөдөлгүүрүүдийн халалт хэвийн хэмжээнд байсан боловч хоёр талын холхивчийн халалтын зөрүү 10С-ээс дээш байгаа хөдөлгүүрүүдэд доргио чичиргээний болон эргэлдэх цахилгаан соронзон хүчний шинжилгээ хийх шаардлагатай.

ISO 10815 олон улсын стандартыг үндэслэн хөдөлгүүрүүдийн доргионы хэмжилтийг үл эвдэх аргаар ROGA, VibExpert багажуудыг ашиглан хийж гүйцэтгэв.

Нунтаглан баяжуулах хэсгийн хэмжилтэд хамрагдсан хөдөлгүүрүүдийн доргио чичиргээний хэмжээ “Зөвшөөрөгдөх түвшин”-д байна.

Бутлан тээвэрлэх хэсгийн Бутлуур 13, Конвейер 9-ын хөдөлгүүрийн доргио чичиргээ “Зөвшөөрөгдөхгүй түвшин”-д хэмжилтэнд хамрагдсан бусад хөдөлгүүр дээр “Зөвшөөрөгдөх түвшин”-д байна.

Өөрөө нунтаглах хэсгийн Конвейер 71, Бутлуур ШДП-2 хөдөлгүүрүүдийн доргио чичиргээ “Зөвшөөрөгдөхгүй түвшин”-д хэмжилтэнд хамрагдсан бусад хөдөлгүүр дээр “Зөвшөөрөгдөх түвшин”-д байна.

Хөдөлгүүрийн холхивчийн гэмтлийн давтамжийн шинжилгээг 13 хөдөлгүүр дээр хийж гүйцэтгэлээ. Эдгээр хөдөлгүүрүүдийн 46%-нь холхивчны гадаад болон дотоод цагаригийн гэмтэлтэй, 54%-нь холхивчны болон бусад гэмтэлгүй гэж тодорхойлогдсон.

Хөдөлгүүрүүдийн тэнцвэржилт болон тэнхлэгжилтийн шинжилгээг хийж гүйцэтгэсэн болно.

ЗӨВЛӨМЖ

Хөдөлгүүрийн пайзны өгөгдлөөс гадна холхивчны төрөл, роторын савхны тоо, статорын ховилын тоо, ороомгийн тоо, ороодосны тоо зэргийг бүртгэж эдгээр үзүүлэлтүүдийг ашиглан гэмтлийг эрт оношлох, гэмтэхээс сэргийлэх арга хэмжээг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй гаргаж авах нь зүйтэй гэж үзэж байна.

Хөдөлгүүрийг суурилуулахдаа доргионы багажаар хэмжиж, зохих стандарт хэмжээнд хүртэл зүгшрүүлэн суурилуулах нь зүйтэй гэж үзэж байна.

Хөдөлгүүрийн халалт, тэнхлэгжилт, тэнцвэржилтийг 14 хоног тутамд шалгаж байх нь зүйтэй.

QR код бүхий цахилгаан хөдөлгүүрийн программ хийж ашиглалтад нэвтрүүлэх шаардлагатай гэж үзэж байна.

Оношилгооны мэргэжилтэн бэлтгэх нь зүйтэй гэж үзэж байна. Орчин үеийн үл эвдэх аргын оношилгооны сургалтад мэргэжилтнүүдийг хамруулах, мэдлэг ур чадварыг дээшлүүлэх нь зүйтэй гэж үзэж байна.

АШИГЛАСАН БҮТЭЭЛИЙН ЖАГСААЛТ

- [1] "NEMA insulation classes for motors – Drives and Automation." <http://www.drivesandautomation.co.uk/useful-information/nema-insulation-classes/> (accessed Oct. 12, 2021).
- [2] "Тепловой режим и номинальная мощность двигателя» Школа для электрика: электротехника и электроника." <http://electricalschool.info/elprivod/884-teplovoyj-rezhim-i-nominalnaja.html> (accessed Oct. 12, 2021).
- [3] "Температура нагрева двигателя электрического." <https://avtika.ru/temperatura-nagreva-dvigatelya-elektricheskogo/> (accessed Oct. 12, 2021).
- [4] Mohamed El Hachemi Benbouzid, "A Review of Induction Motors Signature Analysis as a Medium for Faults Detection," *EEE Trans. on Ind. Electronics*, vol. 47, no. 5, pp. 984–993, 2000.
- [5] M. M. H. W. G. Holter. William R. Finley, "An Analytical Approach to Solving Motor Vibration Problems," *EEE Transactions On Industry Applications*, vol. 36, no. 5, pp. 1467–1480, 2000.
- [6] SpectraQuest Ins, "Applied Vibration Analysis Training Manual," in SpectraQuest Ins, 2006, p. 132.
- [7] SpectraQuest, Rotating Machinery Faulty Diagnosis Techniques –Envelope and Cepstrum Analyses. VA: Spectra Quest, 2006.
- [8] SpectraQuest, "Some Observations of the Detection of Rolling Element Bearing Outer Race Faults," Hermitage Road Richmond, VA, Sep. 2006.
- [9] I. Spectra Quest, A Study of Rolling Element Bearing Defect Analysis, vol. 804. VA: Spectra Quest, 2007.
- [10] Dhanesh N Manik, Condition Monitoring Using Machinery Vibration", Textbook, Continuing Education Program, IIT. Bombay: Indian Institute of Technology, 2003.
- [11] Adam Mayers, "Vibration acceptance criteria," *Vibration Effects*, pp. 54–56, Mar. 2009.
- [12] Lifetime Reliability Solutions, "The Lifetime Reliability Solutions Certificate Course in Maintenance and Reliability Module 2-Machinery Vibration Analysis Fundamentals," in Standards for Machinery Acceptance Testing and Balancing, vol. 11, 2020, pp. 1–7. [Online]. Available: www.lifetime-reliability.com
- [13] "ISO 10816-3 Guidelines: Vibration Monitoring - CBM CONNECT®." [https://www.cbmconnect.com/simplified-](https://www.cbmconnect.com/simplified-vibration-monitoring-iso-10816-3-guidelines/)

[vibration-monitoring-iso-10816-3-guidelines/](https://www.cbmconnect.com/simplified-vibration-monitoring-iso-10816-3-guidelines/) (accessed Oct. 31, 2021).

- [14] O. S. Akiyama Yuji, "Study of 2sf Beat Phenomena in induction Motors," *Industry Application Society Annual Meeting*, vol. 1, pp. 100–106, Oct. 1992.
- [15] Thanis Sribovornmongko, "Evaluation of motor online diagnosis by FEM Simulations," Stockholm, 2006.
- [16] K. A. L. Afshari Nader, "A Model-Based Technique for the Fault Detection of Rolling Element Bearings Using Detection Filter Design and Sliding Mode Technique," in *37th IEEE Conference on Decision & Control*, 1998, pp. 2593–2598.

"China High-Quality Variable Frequency YSP Series Motor - China Energy Saving Motor, Asynchronous Motor." <https://xdmotor.en.made-in-china.com/product/cKsJqTvolORV/China-High-Quality-Variable-Frequency-YSP-Series-Motor.html> (accessed Nov. 14, 2021). P. G. Kini, R. C. Bansal, and R. S. Aithal, "Impact of voltage unbalance on the performance of three-phase induction motor," Karnataka, 2020